

Атлас

Ф. ХАРТ В. ХЕНН Х. ЗОН

СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

МНОГОЭТАЖНЫЕ ЗДАНИЯ

Перевод с немецкого канд. техн. наук. Л. В. Руфа
и инж. Е. К. Гриневой

Под редакцией д-ра техн. наук проф. А. Н. Попова,
канд. техн. наук доц. Т. Н. Морачевского, канд. техн. наук
О. М. Попковой

Москва Стройиздат 1977

X 22

Авторы:

дипл.-инж. Франц Харт, проф. Технического университета (Мюнхен);
докт.-инж. Вальтер Хенн, проф. Технического университета (Брауншвейг);
докт.-инж. Хансюрген Зонтаг (Западный Берлин)

Соавторы:

дипл.-инж. Иоахим Борштель, дипл.-инж. Петер Циффер, дипл.-инж. Инго Грюн, дипл.-инж. Гунтер Хенн, дипл.-инж. Ханс-Георг Келер, дипл.-инж. Аннелизе Цандер

Печатается по решению секции литературы по строительной физике и конструкциям редакционного совета Стройиздата.

Харт Ф., Хенн В., Зонтаг Х. Атлас стальных конструкций. Многоэтажные здания. Пер. с нем. М., Стройиздат, 1977. 351 с.

Приведен исторический обзор строительства зданий со стальными несущими каркасами, показаны возможности создания новых архитектурных форм при использовании металла. Даны архитектурные и планировочные решения многоэтажных зданий. Большое место уделено основным положениям проектирования и конструирования зданий со стальным каркасом: рассмотрены возможные решения элементов каркаса, вопросы противопожарной и антикоррозионной защиты стальных конструкций, особенности их изготовления и монтажа. Книга иллюстрирована многочисленными фотографиями и чертежами. Предназначена для инженерно-технических работников проектных и строительных организаций.

СОДЕРЖАНИЕ

<p>Предисловие к русскому изданию 7</p> <p>Стальные конструкции и архитектура.</p> <p><i>Редактор перевода А. Н. ПОПОВ</i></p> <p>Столетие каркасного строительства из стали. Развитие и достижения 9</p> <p style="padding-left: 20px;">Начальные этапы развития стальных каркасных конструкций в многоэтажном строительстве (1790—1872 гг.) 9</p> <p style="padding-left: 20px;">Чикагская архитектурная школа (1880—1910 гг.) 12</p> <p style="padding-left: 20px;">Начало каркасного строительства в Европе — во Франции, Бельгии, Западной Швейцарии (1890—1930 гг.) 16</p> <p style="padding-left: 20px;">Поиски новой архитектуры для каркасного строительства в Германии (1910—1930 гг.) 20</p> <p style="padding-left: 20px;">Архитектура небоскребов в США (1890—1940 гг.) 22</p> <p style="padding-left: 20px;">«Решетчатое строительство» (1940—1955 гг.) 25</p> <p style="padding-left: 20px;">Международная архитектура стальных конструкций. Навесные стены (1945—1960 гг.) 27</p> <p style="padding-left: 20px;">Реакция против строгой архитектуры из металла и стекла 31</p> <p style="padding-left: 20px;">Выносные стальные каркасы 35</p> <p>Современное каркасное строительство из стальных конструкций. Применение и возможности 40</p> <p style="padding-left: 20px;">Сталь — строительный материал для большепролетных и тяжелых несущих конструкций 40</p> <p style="padding-left: 20px;">Сталь в жилищном и школьном строительстве 42</p> <p style="padding-left: 20px;">Сталь в других категориях зданий 44</p> <p style="padding-left: 20px;">Стальной каркас и инженерные коммуникации 46</p> <p style="padding-left: 20px;">Видимый или скрытый стальной каркас 47</p> <p style="padding-left: 20px;">Сталь и традиционные строительные материалы. Стальные строения в историческом окружении. 49</p> <p style="padding-left: 20px;">Сталь и стекло 52</p> <p style="padding-left: 20px;">Сталь и бетон 54</p> <p style="padding-left: 20px;">Сталь или железобетон 56</p>	<p>Примеры многоэтажных зданий со стальными конструкциями.</p> <p><i>Редакторы перевода О. М. ПОПКОВА,</i></p> <p><i>Т. Н. МОРАЧЕВСКИЙ</i></p> <p>Жилые здания 59</p> <p>Детские учреждения и общежития 73</p> <p>Гостиницы 78</p> <p>Больницы 83</p> <p>Школы 88</p> <p>Университеты и исследовательские институты 94</p> <p>Выставочные здания 105</p> <p>Транспортные сооружения 108</p> <p>Торговые здания 114</p> <p>Общественные здания 120</p> <p>Административные здания 133</p> <p>Основы расчета и конструирования.</p> <p><i>Редактор перевода А. Н. ПОПОВ</i></p> <p>Основные положения проектирования зданий 165</p> <p style="padding-left: 20px;">Особенности строительства с применением стальных конструкций. Экономичность строительства с применением стальных конструкций. Система измерений</p> <p>Типы многоэтажных зданий со стальными конструкциями 179</p> <p style="padding-left: 20px;">Примеры: детские сады, школы, высшие учебные заведения, административные здания, магазины, жилые дома, больницы, гаражи</p> <p>Формы несущих конструкций 187</p> <p style="padding-left: 20px;">Несущие стальные конструкции многоэтажных зданий. Формы плана зданий со стальным каркасом.</p> <p style="padding-left: 20px;">Вертикальные конструкции зданий со стальным каркасом. Обеспечение жесткости зданий со стальным каркасом.</p> <p style="padding-left: 20px;">Швы в зданиях стальной каркас. 225</p> <p><i>Редактор перевода Т. Н. МОРАЧЕВСКИЙ</i></p> <p style="padding-left: 20px;">Колонны. Балки. Элементы обеспечения жесткости</p> <p>Перекрытия и лестницы 271</p> <p style="padding-left: 20px;">Междуэтажные перекрытия. Сталь-</p>
---	---

ные перекрытия. Железобетонные перекрытия. Противопожарная защита перекрытий. Подвесные потолки. Горизонтальная прокладка инженерных коммуникаций. Полы. Лестницы		профилактика и противопожарная защита стальных элементов. Тезисы противопожарной безопасности сооружений со стальными конструкциями	
Покрытия. Наружные и внутренние стены	299	Изготовление стальных конструкций. Монтаж	337
Противопожарная защита	327	Сталь	345
Воздействие огня при пожаре. Меры противопожарной защиты. Устойчивость строительных сооружений при пожаре. Противопожарная		Редактор перевода Т. Н. МОРАЧЕВСКИЙ	
		Строительные стали. Изделия из строительной стали. Виды соединений. Защита от коррозии.	

Более подробные оглавления приведены в начале раздела «Примеры расчета многоэтажных зданий со стальными конструкциями» и в начале каждой главы раздела «Основы расчета и конструирования».

ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ

Книга знакомит читателя с зарубежным опытом строительства гражданских, главным образом, многоэтажных зданий с применением металлических конструкций. Она может быть полезна архитекторам, занимающимся проектированием зданий с применением металла, который обладает специфическими свойствами по сравнению с другими материалами — камнем и бетоном. Она будет интересна также инженерам-строителям, поскольку в ней рассмотрены принципы компоновки здания в целом и конструирование отдельных его узлов с широкой иллюстрацией удачно подобранных реальных примеров.

Книга состоит из трех частей.

В первой рассматриваются в историческом аспекте вопросы архитектуры зданий с применением металлических конструкций и возможности современных архитектурных решений таких зданий. Уделено внимание архитектурному сочетанию стали и стекла, стали и бетона и области рационального применения стали и железобетона в городском строительстве.

Во второй части на примерах 62 построенных зданий разобраны наиболее типичные объемно-планировочные и конструктивные решения зданий различного назначения. Показаны преимущества применения в них металлических конструкций исходя из учета их специфических особенностей, приведены данные о расходе материала и стоимости строительства. Рассмотрены назначение и основные геометрические параметры здания, компоновка каркаса и конструкции основных узлов, инженерное оборудование, защита металлических конструкций от пожарной опасности и коррозии.

Третья часть посвящена основам проектирования и возведения зданий с применением металлических конструкций. Ставятся основные проблемы, связанные с проектированием и строительством этих зданий. В последовательном порядке разобраны основы объемно-планировочных решений, возможные формы несущих каркасов с учетом архитектурных и конструктивных требований, элементы металлического каркаса, конструкции перекрытий и покрытий, лестниц, перегородок, показана связь инженерного оборудования с несущими конструкциями. Большое внимание уделено противопожарной защите, приведены сведения о сталях, применяемых в строительстве.

Многие приведенные в книге примеры и решения с точки зрения отечественной практики использования металлических конструкций не отвечают современным требованиям о рациональном расходе металла в гражданском строительстве, что нельзя не учитывать при ознакомлении с зарубежным опытом.

Заслуженный деятель
науки и техники, д-р техн. наук
проф. Е. И. Беленя

В современном строительстве наблюдается большое многообразие планировочных, конструктивных и художественных направлений. При этом во многих случаях особое значение имеют следующие требования: 1) требование рентабельности; оно связано с последовательной индустриализацией строительства, а также с рационализацией проектирования; 2) требование трансформации зданий; оно диктует применение и разработку таких способов строительства и таких конструкций, которые делали бы возможным расширение, перестройку либо демонтаж зданий. Этим объясняется возрастающее стремление к сборности и применению каркасов во всех областях многоэтажного строительства, что прежде всего связано с использованием стали.

Сталь имеет разнообразные свойства и специфические особенности, которые необходимо учитывать, чтобы извлечь все преимущества от ее применения в строительстве. Они определяют проект в целом и его детали — конструкцию каркаса, характер его заполнения и отделки. В распоряжении многоэтажного строительства с применением стальных конструкций сегодня имеются многократно проверенные, эксплуатационно и экономически благоприятные, в ряде случаев оптимальные решения.

Если распространение строительства с применением стальных конструкций в Европе до сих пор не соответствует возможностям, которые оно может дать, то это объясняется тем, что правила строительства, нормы проектирования и конструирования для стальных конструкций являются недостаточно современными.

«Атлас стальных конструкций» должен облегчить архитектору выбор стальных конструкций и довести его подготовку до уровня подготовки профессионального инженера-проектировщика стальных конструкций. В инженере должно быть развито понимание связи между архитектурным проектом и конструкцией, чтобы он мог выполнить несущие конструкции в соответствии с архитектурным замыслом. «Атлас стальных конструкций» должен оказать помощь архитекторам и инженерам в их

повседневной практике. Эта книга должна ознакомить молодое поколение с многоэтажным строительством из стальных конструкций.

Первая часть представляет краткий очерк развития строительства с применением стальных конструкций. Она объясняет, почему применение металлического каркаса в многоэтажном строительстве получило признание относительно поздно. Она показывает, как возникла современная архитектура стальных конструкций и какое многообразие возможностей оформления дают архитекторам стальные конструкции.

Вторая часть — примеры стальных каркасов в многоэтажном строительстве в различных странах за последнее десятилетие!

В 62 примерах показаны типичные структурные формы и проектные решения зданий различного назначения.

В третьей части рассмотрены конструктивные возможности, возникающие из законов многоэтажного строительства со стальным каркасом. Помимо изложения условий применения стальных конструкций, модульной системы и ее использования рассматриваются различные формы несущих конструкций в свете теоретических расчетов и архитектурного проектирования. Формирование деталей стального каркаса, конструкции несущих междуэтажных перекрытий и лестниц показаны как в схемах, так и на примерах. Показана также связь несущих конструкций с наружными стенами, перегородками, покрытиями и инженерным оборудованием. Отдельная глава посвящена противопожарной защите. Приведены указания по изготовлению и монтажу конструкций, а также сведения о стали как о строительном материале.

Строительство из стальных конструкций достигло в Европе несомненного успеха. Прежде всего это относится к сооружениям, для которых выбор способа строительства вызывал наибольшие затруднения.

¹ В период с 1963 по 1973 г. (Примеч. науч. ред.)

Столетие каркасного строительства из стали. Развитие и достижения

Начальные этапы развития стальных каркасных конструкций в многоэтажном строительстве (1790–1872 гг.)

Основная часть этой книги была подготовлена в 1972 г. — через 100 лет после сооружения фабричного здания фирмы «Солнье» в Нуазье-на-Марне, которое можно считать первым стальным каркасным строением. По сравнению с общим развитием металлургии и применением металла в строительстве 1872 г. является довольно поздним периодом. Вспомним коротко важнейшие даты. В 1720 г. Абрахаму Дерби в Колбрукдейле удается выплавить чугун в доменной печи на коксе вместо древесного угля и этим создать предпосылки для массового производства доменного чугуна¹. В 1784 г. стало возможным путем усовершенствования пудлинговых печей переделывать доменный чугун в ковкое железо, которое начинает вытеснять чугун. С изобретением в 1855 г. Генри Бессемером конверторов и введением в 1864 г. фирмой «Сименс» мартеновских печей начинается эра массового применения стали.

Одновременно с большим скачком в производстве стали наблюдался прогресс и в ее обработке; уже в середине XVIII в. в Англии начинается прокат листового железа, в 1830 г. — железнодорожных рельсов, в 1854 г. во Франции — двутавров из ковкого железа. Двутавровая балка — основной профиль современного строительства из стали и в то же время первый строго нормированный строительный элемент — является развитием формы железнодорожного рельса, который можно считать символом индустриального века.

Мост через р. Северн в Колбрукдейле (1779 г.) — первое значительное сооружение из чугуна как конструктивного материала, примененного для больших пролетов, начиная примерно с 30 м. Чугунные арочные мосты вскоре вытесняются различными типами мостов из ковкого железа, имеющего большую прочность на изгиб: висячими, балочными

и мостами с решетчатыми фермами. Среди ранних американских и английских цепных мостов выделяется мост пролетом 173 м Томаса Тельфорда через р. Бангор. После того как вместо цепей стали применяться несущие тросы, рекордные пролеты висячих мостов около 1850 г. превысили предельные 300 м и к 1870 г. при строительстве Бруклинского моста в Нью-Йорке достигли 500 м.

Смелым инженерным решением был сооруженный в Англии Стефенсоном в 1855 г. первый большепролетный балочный мост через улицу Менай, при строительстве которого применены швеллерные балки со сплошной стенкой. Мосты с решетчатыми фермами отвечали главным образом требованиям железнодорожного транспорта и преобладали в мостостроении с середины до конца столетия. В качестве примеров мостов с применением решетчатых ферм пролетом 100 м и более можно назвать сооруженные в 1859 г. Кёльнский соборный мост и трубчатый мост Дж. К. Брунеля через р. Салташ в Плимуте. Около середины прошлого столетия уже сформировались все основные конструктивные и несущие системы, которые определяют строительство металлических мостов до сегодняшних дней.

Кульминационным моментом в строительстве металлических покрытий залов было сооружение в 1851 г. лондонского «Хрустального дворца». Почти одновременно начинается строительство станции «Кинг-кросс» в Лондоне, Восточного вокзала в Париже и ряда больших железнодорожных сооружений — стальных сводчатых покрытий перронов; в 1866 г. в Лондоне (станция «Панкрас») был установлен европейский рекорд — возведен 78-метровый пролет покрытия перрона.

Однако в этот период, отмеченный возведением перечисленных мостов и покрытий, стальные конструкции все же не нашли широкого применения. Здесь можно отметить четыре основных положения, вызванных теми же архитектурными затруднениями, которые препятствовали и до сих пор еще препятствуют всеобщему признанию и широкой практике применения стальных конструкций.

1. Строительство в сравнении с другими отраслями техники с давних пор весьма консервативно. Консерватизм строителей в какой-то мере связан с представлениями человека о своем жилище и об общественных зданиях как о постоянных надежных помещениях, не только защищающих от непогоды, но и строящихся на века. Увековечивая себя в архитектурных сооружениях, человек проявляет определенный уровень культуры и развития.

2. «Архитектура» в историческом смысле, связанная с представлениями о греческих храмах или средневековых соборах, на протяжении столетий остающихся произведениями искусства большой выразительности и совершенства, стала несомненно с наступлением эпохи техники.

Строители и архитекторы XIX столетия создали художественную традицию, основанную на эклектике, т. е. на использовании элементов архитектуры прежних эпох. Таким образом, строительное искусство прошлого века можно рассматривать как один из этапов исторического маскарада, подделки под старину.

Преклонение перед историческими архитектурными формами длительное время препятствовало развитию новых архитектурных форм, ставшему неизбежным по мере того, как с применением стали в качестве несущего строительного материала старые догмы строительной науки и старые типы конструкций подверглись коренному пересмотру.

3. Исторически сложившаяся предубежденность архитекторов углубляла в возрастающей степени их разногласия с инженерами. Разделение старой строительной профессии, выделение инженера в самостоятельную профессиональную единицу, появление современной статической сооружений — все это произошло одновременно с первыми шагами индустриальной революции и стало важнейшим признаком новой эпохи в строительном деле. Архитекторы не успевали за быстро совершенствовавшимися методами расчета: неудивительно, что они продолжали углубленно изучать исторические строительные формы. Это стало предпосылкой создания монументальной архитектуры, а промышленное строительство было оставлено инженерам. Первые сооружения из

¹ На самом деле первая плавка чугуна на коксе была выполнена А. Дерби в 1735 г. (Примеч. науч. ред.)

стальных конструкций — мосты и большепролетные залы — стали объектами деятельности только инженеров-строителей. Возможно, инженеры тоже находились под влиянием старых представлений о конструктивных формах, так как упорно применяли сводчатые конструкции, но тем не менее понимали объективную необходимость создания новых конструктивных форм, соответствующих металлу.

4. В возведении многоэтажных зданий, ставшем самостоятельной областью деятельности архитекторов, долгое время отсутствовали тенденции, которые побуждали ко все более смелым решениям при строительстве мостов и большепролетных покрытий. Ни число этажей, ни размеры пролетов перекрытий и нагрузки на них не выходили за пределы обычных решений, свойственных дворцовому или жилищному строительству. Если в ответственных зданиях деревянные или сводчатые перекрытия и заменялись перекрытиями по стальным балкам, то это не вносило в структуру многоэтажного строительства существенных изменений. Внешний облик здания с традиционным членением фасадов оставался неизменным. Поэтому в больших городах — Париже, Милане, Риме, несмотря на количественное преобладание зданий, сооруженных в XIX в., они прекрасно гармонируют со старыми постройками.

Даже в тех случаях, когда архитекторы предусматривали возведение металлического покрытия, как, например, в библиотеке Св. Женеьевы в Париже (Х. Лабруст), тщательно проработанная двухпролетная арочная конструкция из чугуна не просматривается снаружи. Ограждающая стена в смелой завершенности и оригинальной композиции выразительна и пол-

ностью скрывает конструкцию здания. По-видимому, архитектор чувствовал себя здесь более уверенно. В вокзальных постройках конца XIX в. во Франкфурте-на-Майне наглядно проявляется противоречие между ажурными стальными арочными покрытиями перрона и расположенным перед ним монументальным зданием конструкции перрона.

Первые шаги на пути к стальному каркасу в многоэтажном промышленном строительстве были сделаны еще очень давно. Так, в английском ткацком производстве с целью выиграть рабочую площадь и получить более прочные перекрытия для станков деревянные столбы были заменены чугунными колоннами и деревянные балки — чугунными балками. Самым известным зданием из первых промышленных многоэтажных сооружений было здание, построенное в 1801 г. для фирмы «Филипп и Ли» в Салфорде (Манчестер). Проект принадлежал Боултоном и Уатту, изобретателю паровой машины. Подобные текстильные фабрики с внутренним чугунным каркасом появились уже в 80-х годах XVIII в., однако здание в Салфорде превзошло их как размерами, так и более зрелым конструктивным решением и стало образцом для дальнейшего развития. Здание имело длину 42 м, ширину 14 м и было необычной для того времени высоты — в семь этажей. Чугунные балки, расположенные поперек здания с шагом ~2,7 м, были оперты на двойной ряд чугунных колонн. Балки перекрытий, впервые принятые двутаврового профиля, были перекрыты пологими кирпичными сводами.

Существенное изменение претерпела

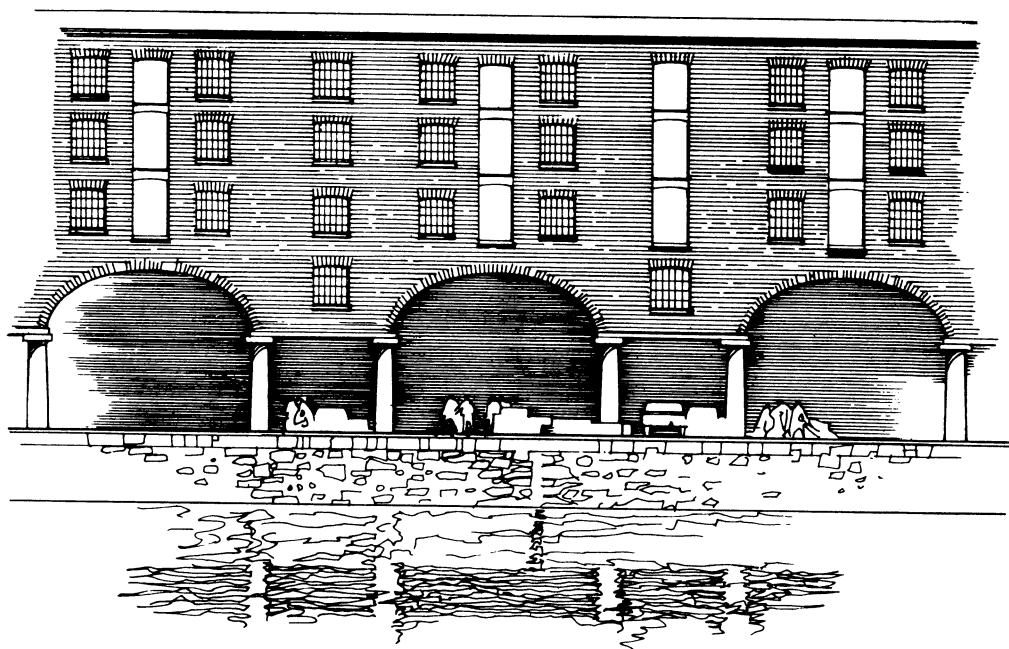
эта конструкция лишь в 1845 г., когда Вильям Фейрберн применил на строительстве сахаро-рафинадного завода вместо чугунных балок кованные балки двутаврового профиля. В том же году А. Цорес включил прокатную двутавровую балку в конструкцию перекрытия для жилых зданий. Начиная с этого момента, стальные балки из мягкой стали распространились не только в промышленном строительстве.

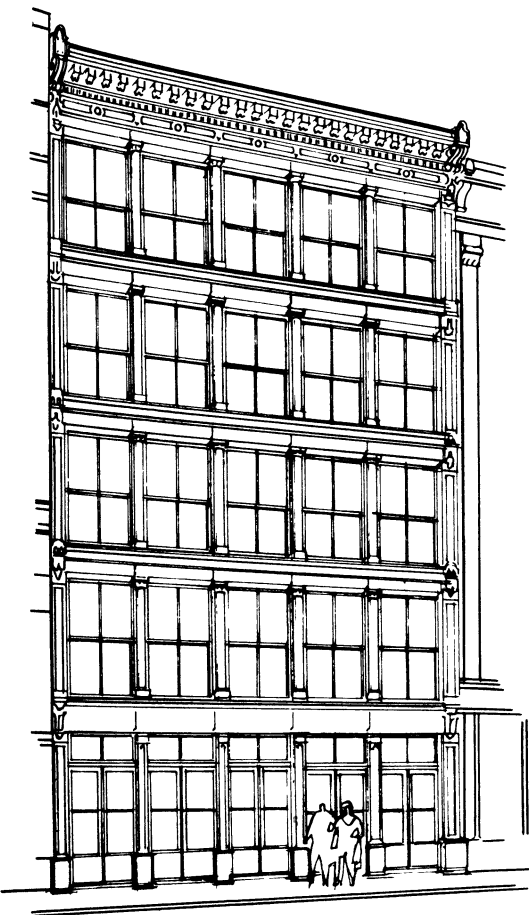
Перекрытия со стальными балками имели преимущества в сравнении с деревянными балками как по огнестойкости, так и в силу значительно более высокой несущей способности. По сравнению со сводами они обладали явными преимуществами не только благодаря малой трудоемкости, но прежде всего благодаря резкому уменьшению высоты этажа и сечения стоек ввиду устранения распора от сводчатых перекрытий. Сам факт, что стальные балки заменили своды как несущую конструкцию и как важнейшее средство создания формы в монументальной архитектуре, позволяет говорить о новой архитектурной эпохе. Однако в перекрытии по стальным балкам еще долго сохранялись кирпичные или бетонные своды как вспомогательная конструкция, как своеобразная дань традициям архитектуры, с помощью которой в XIX в. пытались облагородить технические новшества.

Еще более ярко проявился разлад между романтикой и прогрессом в строительном элементе, который мог бы служить символом архитектуры буржуазного столетия, в чугунной колонне — этом стройном несущем элементе со старинными декоративными формами капителей, баз или каннелюр. Оригинальные образцы подобных чугунных колонн были установлены на первых английских железнодорожных вокзалах и в павильоне «Ройяль» в Париже. Они были изготовлены в 1821 г. Джоном Нэшем и представляли собой трубы с капителями в форме пальмовых листьев из гнутого листового железа. Позднее чугунная колонна стала массовым конструктивным элементом, который по каталогу можно было заказать любой высоты и в любом стиле — дорическом, тосканском, коринфском, готическом или мавританском.

Созданный Боултоном и Уаттом «способ балочного строительства» господствовал в промышленном строительстве на протяжении всего XIX в., но его нельзя полностью отнести к каркасному строительству, так как несущие стены воспринимали большую долю нагрузки от перекрытия и ветровые нагрузки. Это становится очевидным при рассмотрении строительных правил США и европейских стран того периода. Они предусматривали в промышленных зданиях усиление наружных

Ливерпуль. Альберт-док, 1845 г.





Сент-Луис. „Гант-билдинг“, 1877 г.

стен одного или двух нижних этажей, т. е. увеличение толщины этих стен на полкирпича по сравнению с толщиной несущих стен многоэтажных жилых и служебных зданий. Это требование, которое, например, в немецких строительных правилах сохранялось до второй мировой войны, оказалось весьма рациональным: ныне действующие нормы по допускаемым напряжениям на кирпичную кладку подтверждают необходимость увеличения толщины стен для сооружений такого типа.

Следующий шаг на пути к стальному каркасу — передача нагрузок с наружной стены на металлический несущий осто́в — долго не был сделан, главным образом из-за того, что он изменил бы архитектуру зданий. Первые попытки сделать этот шаг исходили из древнейших строительных форм аркад и крытых галерей, которые с античных времен играли важнейшую роль как в формировании дома, так и в градостроительстве. Великолепны большепролетные аркады в строгих кирпичных фасадах английских доков — Катерин-док в Лондоне (1828 г.) и Альберт-док в Ливерпуле (1845 г.). Архаично сужающиеся кверху стволы чугунных колонн с дорическими капителями в этих зданиях имели в основании метровый диаметр.

Другой попыткой создания осто́ва наружных стен, приближающейся к основам современного каркасного строительства,

является использование железных перемычек и стоек, которые впервые применены в Париже для огромных витрин на фасадах зданий в виде пологого арочного фахверка или несущей решетки с мелкими параллельными элементами, включенными в каменную стену.

Между 1850 и 1880 гг. в США было построено много складов, универсальных магазинов и различных контор, в которых фасады были полностью выполнены из стальных конструкций. Начал это строительство Джемс Богардус, многосторонний исследователь и конструктор. Одна из главных его работ — здание издательства «Харпер и братья» (1854 г.). Фасад пятиэтажного здания состоит из архитектурно обработанных чугунных элементов; внутренний каркас впервые в США выполнен из прокатных стальных балок. Архитектура фасадов основана на примерах венецианского ренессанса и характерных для того времени тяжелых, богатых форм, которым следовал эклектизм во второй половине XIX в.

Значительно более современный вид имеют чугунные фасады на Ривер-Фронт в Сент-Луисе. Применение архаических элементов сократилось до предела, они сохранились только в качестве украшения и рельефа. Строгий карнизный профиль и изящные простые колонны, скромные капители и базы подчеркивают элементарный контраст мощных горизонталей и легких вертикалей, призматических и цилиндрических профилированных несущих элементов.

В то же время в Европе появляется несколько замечательных фасадов из металла, например на здании «Гарднерс Айрон билдинг» в Глазго (1856 г.). В Ливерпуле на здании «Ориэль Чэмберс» особенно привлекательно чередование изящных простенков из песчаника и стальных оконных переплетов (1864 г.). Такое решение оконных витражей позднее сыграет важную роль в Чикагской архитектурной школе.

Большие пожары 70-х годов в Бостоне и Чикаго рассеяли иллюзию об огнестойкости стальных конструкций, доказав, что этот негорючий строительный материал не может долго противостоять огню. Это было учтено в Европе раньше, чем в США, и проявилось в усиленных поисках огнезащиты и в попытках установить новые требования к металлическим конструкциям.

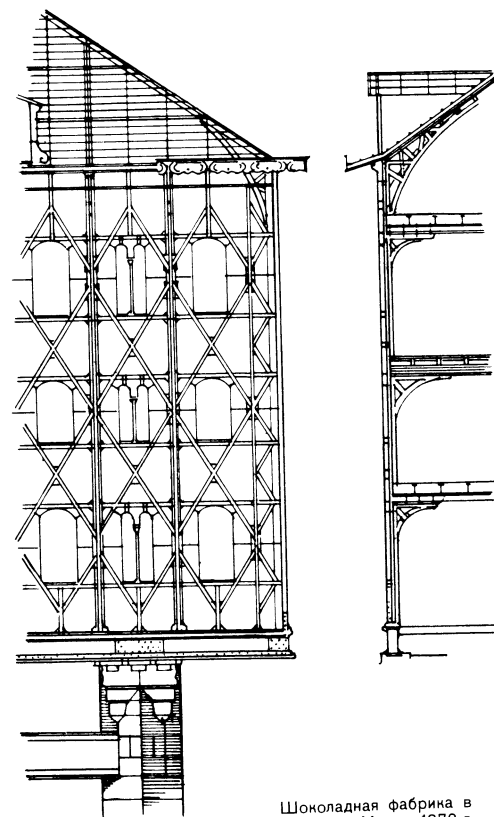
Первым многоэтажным зданием с усовершенствованным стальным каркасом была шоколадная фабрика Менье в Нуазье-на-Марне близ Парижа, построенная в 1871—1872 гг. Жюлем Солнье. Как и в английских текстильных фабриках, производственные требования промышленного здания заставили инженеров использо-

вать все конструктивные возможности и несущую способность стали как строительного материала.

Здание, выстроенное непосредственно над Марной, покоится на четырех мощных контрфорсах плотины, которая сдерживает напор речной воды. Каркас наружной стены стоит на широкой нижней обвязке из швеллеров, которая распределяет общий вес здания и ветровые нагрузки на восемь точек опоры. Поперечные стены отсутствуют, торцовые стены также не могут воспринять горизонтальных усилий, поэтому для повышения жесткости здания каркас усилен ромбическими связями. Для обеспечения поперечной жесткости балки перекрытий связаны жесткими консолями фахверка с главными стойками фасада.

Две стойки над опорами моста несколько выступают за линию колонн, в остальном же весь фасад ровный при незначительной толщине кирпичного заполнения. Формат окон точно определен диагоналями ромбической сетки связей.

Строительство фабрики Менье предвосхищало различные структурные элементы современного каркасного строительства: свободно висящие углы, диагональная сетка раскосов, которые играют столь значительную роль в установленных снаружи ветровых связях небоскребов и в каркасах мостовых строений. С другой стороны, конструкция каркаса создана по аналогии со средневековыми постройками с деревянным фахверком, что служит блестящим подтверждением уче-



Шоколадная фабрика в Нуазье-на-Марне, 1872 г.

ния Виоле ле Дюка, о котором еще пойдет речь. Строительная система Солнье все же не нашла непосредственного и серьезного подражания. Развитие металлических каркасов требовало новых конструктивных решений; такое развитие началось в Чикаго около 1880 г.

Чикагская архитектурная школа (1880—1910 гг.)

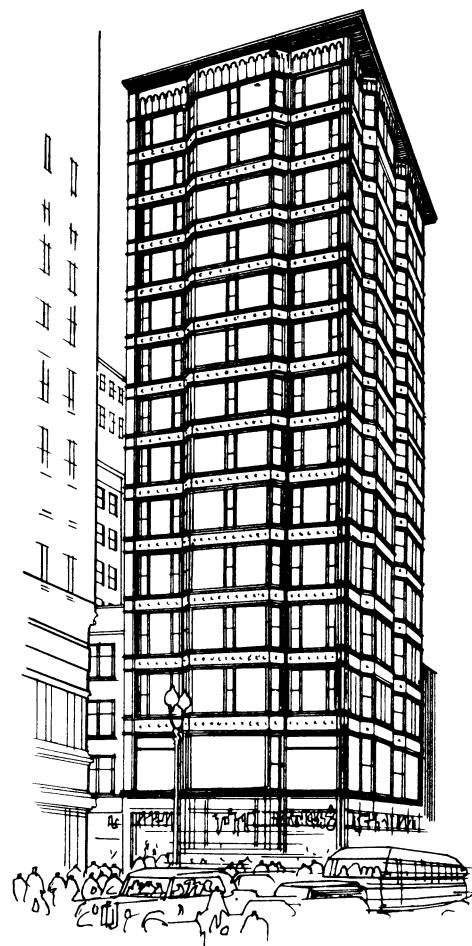
Скромный поселок первых переселенцев у впадения р. Чикаго в оз. Мичиган получил в 1830 г. статус города. В 1871 г. численность населения в нем достигла 30 тыс. человек. Город состоял почти из одних деревянных домов, выполненных в конструктивном стиле «baloon frame», который и теперь применяется в США. Пожаром 1871 г. город был почти полностью уничтожен; восстановление про-

двигалось вначале неравномерно. Около 1880 г. начинается беспрецедентный подъем строительной деятельности.

Освоение Среднего Запада, развитие железнодорожной сети и водных путей, реализация полезных ископаемых сделали Чикаго крупнейшим промышленным центром, величайшим хлебным рынком мира, основным пунктом торговли лесом и пищевой промышленности, центром машиностроения и инструментальной промышленности. Строительная индустрия едва могла успеть за неравномерно возрастающей потребностью в служебных помещениях; складах и магазинах: стремительно росли цены на основные товары, резко уплотнялась внутриквартальная застройка, высокие дома перерастали в небоскребы. Лишь благодаря стальному каркасному строительству стало возможным экономно использовать земельные участки и площадь застройки, а также повысить темпы строительства. Уже около 1895 г. новый метод строительства стал обычным во всех крупных американских городах, но в Чикаго к тому времени высотных домов с металлическими каркасами было больше, чем во всех других американских городах, вместе взятых.

Были и другие предпосылки, которые вынуждали обращаться к каркасному строительству. Прежде всего топографическая ситуация, которая вместе с трудностями развития транспорта длительное время препятствовала расширению административного центра Чикаго. Большое значение придавалось свободной «открытой» планировке города с возможностью ее изменения в дальнейшем; различные ранее построенные каркасные здания превращались из складов в учреждения и наоборот. Уже тогда предусматривали возможность надстройки зданий и часто осуществляли ее.

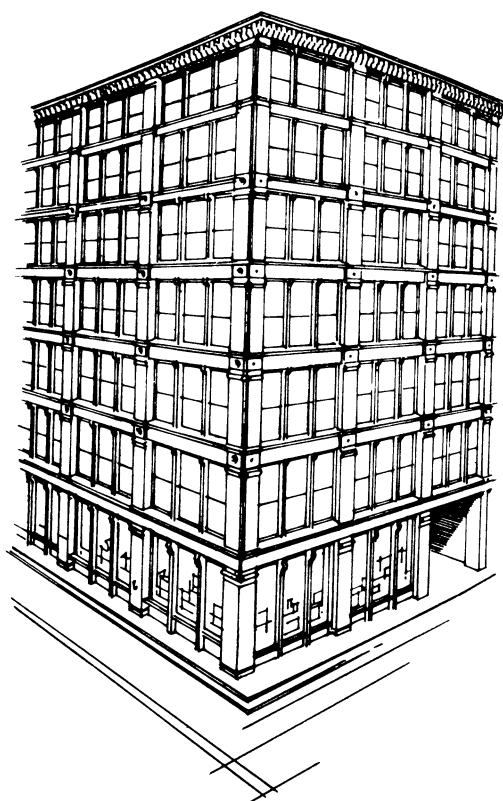
Но высотные административные здания оказались бы непрактичными, если бы их не оснастили необходимой техникой. Важнейшим условием было устройство пассажирских лифтов. Первый подъемник сконструировал Е. Г. Отис, продемонстрировавший его на выставке 1853 г. в «Хрустальном дворце»; первый лифт он применил в 1857 г. в одном из магазинов на Бродвее. Начиная с этого момента, Нью-Йорк приобрел первенство в строительстве высотных домов и завоевал славу сооружением в середине 70-х годов XIX в. первых девяти — десятиэтажных административных зданий. В этот период, когда электричество стало вытеснять пар, развиваются и другие виды оборудования зданий — телефон, пневматическая почта, центральное отопление и вентиляция. За техническими достижениями нельзя было забывать о моральных принципах, положенных в основу первых современных каркасных зданий Чикаго. Это неистребимый дух пионеров, вдохновляю-



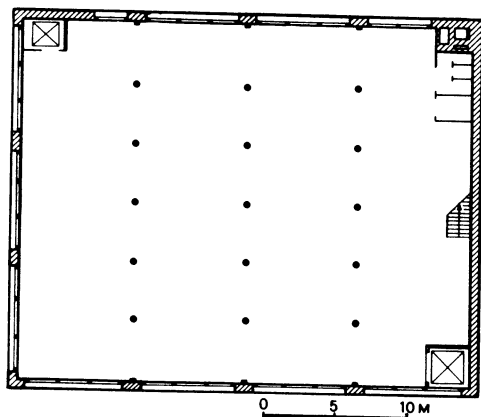
Чикаго. «Релайнс-билдинг», 1894 г.

щий архитекторов и придающий их строениям своеобразную силу, свежесть и самостоятельность архитектурных решений.

Основателем Чикагской архитектурной школы и ее главой является Уильям Дженни. В 1868 г. он открывает в Чикаго архитектурную мастерскую; успех пришел к нему после постройки в 1879 г. «Лайтер-билдинг I». Это сооружение по своей архитектуре напоминает древнеримские здания. Конструктивно это пятиэтажное здание, позже надстроенное двумя этажами, может быть отнесено к смешанному строительству: деревянные балки на кованых железных прогонах, опертых на внутренние чугунные колонны, и расположенные по периметру кирпичные колонны. Новыми здесь являются смелая стройность наружных колонн, большая ширина оконных проемов и кованые металлические балки, использованные как перемычки и одновременно как крайние прогоны и рандбалки. Кирпичная кладка усилена внутренним металлическим каркасом, что отчетливо выражено в конструкциях главных балок и в капителях колонн. Еще более прогрессивен план «Лайтер-билдинг I»; здесь проявляются



Чикаго «Лайтер-билдинг», 1879 г.



четкость конструктивной сетки и свобода планировки, а расход строительных материалов сокращен настолько, что не превышает расхода материалов на современное каркасное строительство из железобетона. Это становится еще более ясным при сравнении с планом «Монаднок-билдинг» (1891 г.), последнего высотного здания с несущими монолитными стенами в США.

В следующем крупном сооружении Дженни — здании страховой компании (1883—1885 гг.) — в каркас наружных стен были включены стальные стойки. В фасаде этого здания нет единства и структурной ясности, присущих зданию «Лайтер-билдинг I»; сильно подчеркнутый цокольный этаж, завершающий полуциркулярные арки в верхних этажах и увенчивающая основной карниз баллюстрада — все эти эклектические мотивы противоречат характеру каркасного строительства.

Основные постройки Дженни — «Фэйр-билдинг» (1891 г.) и «Лайтер-билдинг II» (1889 г.) — более современны. Исторические отголоски сведены до минимума: в фасаде видны лишь легкие профили баз колонн и их капителей, которые служат для того, чтобы зрительно превратить колонны в пилястры; можно было бы отчетливо представить себе эти колонны и без украшения. Глядя на них, кажется, что сам Дженни с большим удовольствием исключил бы этот декор. Оба эти здания имеют полный стальной каркас; кирпичная кладка выполняет только роль облицовки стальных колонн.

Последовательное превращение ограждающей стены в несущий металлический каркас было впервые осуществлено Холабердом и Рошем в «Такома-билдинг» высотой 14 этажей. Здание, построенное в 1884 г., сейчас, к сожалению, снесено. В нем было применено сплошное остекление в эркерах, идущих сверху до низу, — мотив, перешедший за рубеж столетия. В своей важнейшей постройке — торговом здании «Маркет-билдинг» (1894 г.) — Холаберд и Рош очень близко подошли к четкому горизонтальному и вертикальному членению, примененному в «Фэйр-билдинг» и «Лайтер-билдинг II», и даже превзошли их в сокращении декоративных элементов.

Работы чикагских мастеров не следует оценивать с точки зрения современных представлений о каркасном строительстве. Строители не ставили перед собой цели развивать новую архитектуру — их задачей было возводить высотные дома наиболее совершенным методом. Насколько широко при этом они могли использовать архитектурные стили своего времени, зависело в значительной мере от требований заказчика. Они не нашли бы даже времени, чтобы теоретически обосновать архитектуру своих зданий.

Наиболее ярко выражен дух чикагской школы в «Релайнс-билдинг» и «Монаднок-билдинг». «Релайнс-билдинг» заслуживает

высокой оценки. Здание отличается стройностью членений фасада и максимальным остеклением. Каркас здания четко выявлен. Эркерные окна здесь вдвое шире, но значительно более плоские, чем в ранее построенных зданиях. Они не воспринимаются как декоративное дополнение, а органически объединяются со структурой складчатого фасада. При этом сами несущие конструкции на фасаде закрыты — каждый выступ фасада охватывает три стойки наружной стены металлического каркаса, благодаря чему средняя стойка скрыта за плоскостью окон, а обе крайние наполовину закрыты оконными коробками. Несущие элементы заметны только в углах и в нижних этажах. «Релайнс-билдинг» имел первоначально только пять этажей и был надстроен в дальнейшем десятью этажами.

Настоящий прогресс сказался в архитектуре «открытых форм», проповедовавшей массовое применение одинаковых типовых деталей, — принцип, который для большепролетного строительства уже воплотился Пакстоном в проекте «Хрустального дворца» — скорее в результате случая, чем творческого поиска.

«Монаднок-билдинг» — оригинальнейшее из всех сооружений Чикаго, оно не имеет металлического каркаса; это настоящее массивное здание — высочайшая постройка своего времени с несущими кирпичными стенами. Консервативные заказчики отклонили первые эскизы металлического каркаса с терракотовой облицовкой фирмы «Бернхейм, Рут» и настояли на строительстве чисто кирпичного здания. Рут постепенно заинтересовался кирпичной коробкой и с увлечением приступил к работе. Интенсивное закругление, с которого начинается наружная стена над далеко выступающим цокольным этажом и которая соответствует мягкому, взлетающему вверх выступу, и в дополнение ко всему — закругление углов — все это придает каркасу здания динамику и усиливает впечатление огромной несущей способности, которое внушают и глубоко врезанные оконные проемы.

С помощью эркерных окон, размещенных по каждой третьей оси, Рут вводил в фасад стальной каркас, уменьшая тем самым строительную массу и устанавливая связь с окружающими зданиями так, что на первый взгляд даже не чувствовалось коренной разницы в их структуре.

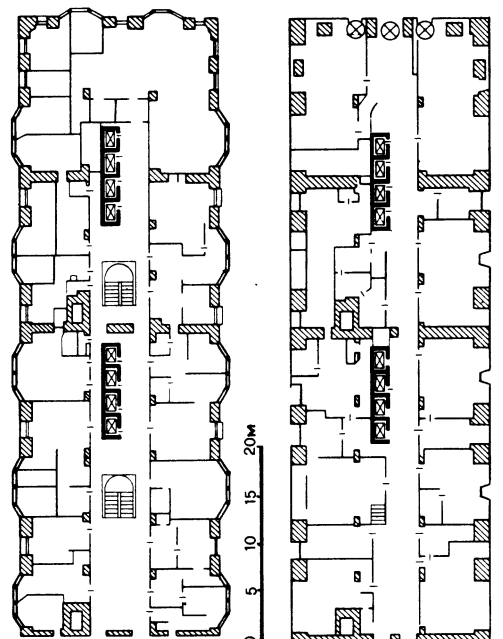
Возведенные к тому времени сооружения дают слабое представление о развитии стальных конструкций. Специальные публикации исчерпывались появившейся в 1901 г. в Нью-Йорке работой Дж. К. Фрейтага «Архитектурная инженерия» («Architectural Engineering»), которая ставила перед собой примерно такую же задачу, как и настоящая книга. То, что инженеры играли в американском высотном строительстве важную роль, следует уже из заглавия, которое означало



применение инженерных методов в планировке зданий и проектировании строительных конструкций.

Фрейтаг установил в чикагских конструкциях два типа, две степени развития. Прежде всего основанная Дженни, созревшая в «Такома-билдинг» конструкция несущего

Чикаго. «Монаднок-билдинг» 1891 г.



каркаса, воспринимающего все нагрузки от перекрытий, крыши и стен и передающего их на фундаменты колонн и неполный каркас с передачей горизонтальных усилий на кирпичную кладку стен. Неполный каркас вскоре был вытеснен новым конструктивным типом, названным «клеткой» (Cage). Здесь несущий каркас обладает горизонтальной жесткостью; ветровые связи относятся к общим элементам стального каркаса. Благодаря независимости несущего каркаса от стен, являющихся только ограждающими конструкциями, стали возможным создание

он описывает опыт, который был накоплен при пожарах высотных домов с металлическим каркасом в 90-х годах и кратко характеризует мероприятия по покрытию огнезащитной оболочкой стальных несущих элементов.

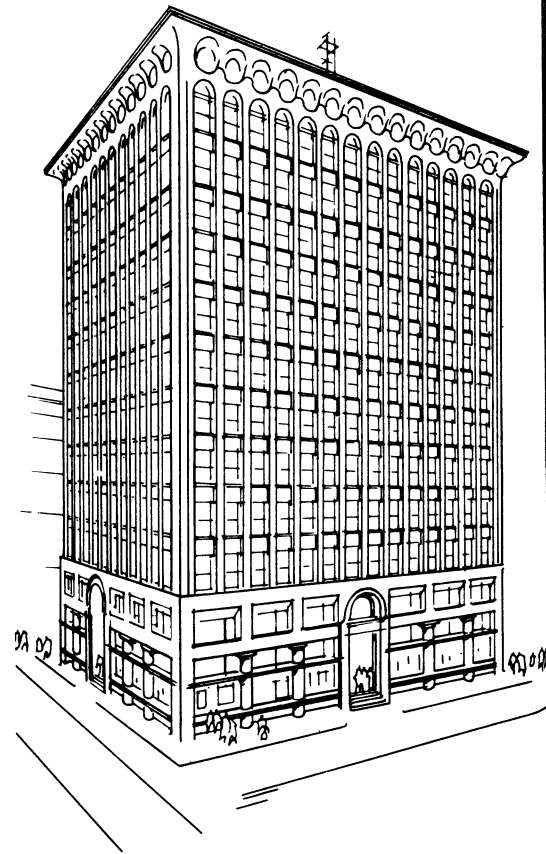
Ветровые связи трех еще и сегодня применяемых типов были введены в практику уже в 90-х годах:

- 1) ветровые связи в виде перекрещивающихся диагональных круглых стержней;
- 2) порталы и ветровые рамы — там, где для размещения крестовых ветровых связей не было глухих стеновых плоскостей;
- 3) решетчатые балки или балки фахверка с возможно большей высотой, жестко связанные с несущими колоннами в виде рам.

Устройство фундаментов в каркасном строительстве представляло третью проблему, для решения которой требовалось изменение знакомых уже основных форм. Чикаго принадлежала ведущая роль в развитии сплошных оснований по типу «плавающего фундамента», что было обусловлено строением почвы: мощный слой пластичной глины, на котором по всей площади фундамента происходила равномерная осадка. Обычные типы фундаментов под массивные несущие стены с крутыми уступами, очень глубокими из-за необходимости расширения основания, нельзя было перенести на отдельно стоящие фундаменты каркасных высотных зданий. Огромные массивные пирамиды под тяжелые колонны отнимали бы много места в подвальных этажах либо, если бы они располагались глубже, требовали дополнительных расходов и значительно усложняли работу. Поэтому на бетонные плиты основания вместо уступов из кирпичной кладки стали укладывать железнодорожные рельсы в несколько слоев, которые потом послойно обетонировались; таким способом можно было значительно уменьшить высоту фундаментов. Рельсы были впоследствии заменены двутавровыми балками. При возрастающем числе этажей несколько колонн стали устанавливать на общий ростверк, а их основание выполнять в виде сплошной фундаментной плиты.

Свайные основания с момента возникновения каркасного строительства получили сравнительно небольшое развитие; они имели преимущества при опирании на скальные грунты в условиях Нью-Йорка и Бостона. При деревянных сваях возникала проблема снижения уровня грунтовой воды, разрушавшей деревянные сваи.

Здание «Парк Роу билдинг» в Нью-Йорке, которое около 1900 г. было высочайшим зданием в мире (36 этажей), поставлено на деревянные сваи. Кессонное основание применялось в особо тяжелых почвенных условиях. Этот тип оснований, опробованный в строительстве железнодорожных мостов, получил дальнейшее развитие в Нью-Йорке при строительстве высотных зданий со стальным каркасом.

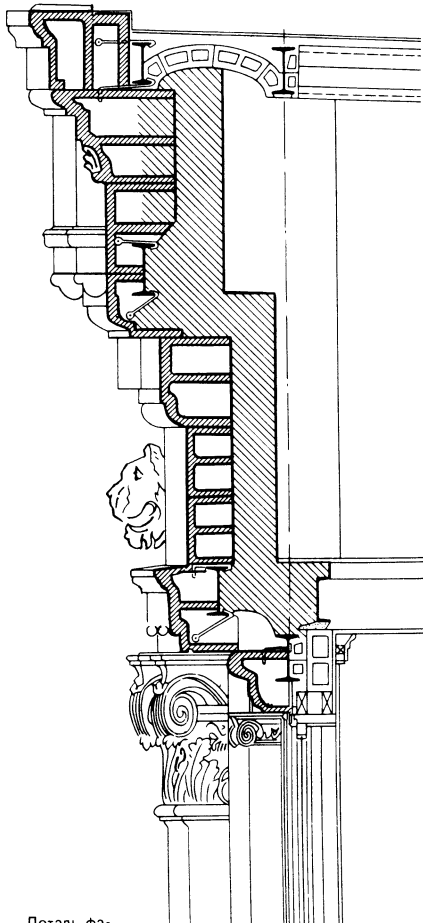


Буффало. «Гаранти-билдинг», 1895 г.

Прокатные балки из ковкого железа были в 1885 г. заменены прокатными балками из литой стали, изготовленными в США «Карнеги Стел компани». С этого времени перестали применять и чугунные колонны, на смену которым пришли стандартные профили или квадратные коробчатые сечения из прокатной стали. Болты как средство соединения стали вытесняться заклепками. Таким образом, на рубеже двух столетий были разработаны все основные конструктивные элементы, необходимые для следующего этапа развития каркасного строительства.

Для архитекторов представляют особый интерес проблемы обработки фасадов, которые принесло с собой строительство с применением стальных каркасов. Прежде всего изменилась конструкция окон, которые стали непривычно большой ширины. Вначале три или четыре вертикальных раздвижных окна соединялись в одном проеме. В дальнейшем из этого решения развилось типичное «чикагское остекление»: в середине нерасчлененное, глухое остекление, а сбоку две более узкие боковые створки. Так же остекление стало использоваться и для устройства временных перегородок.

Особенно важны в обработке фасадов детали перемычек между окнами двух соседних этажей. С переходом к конструкциям системы «кейдж» оконные перемычки,



Деталь фасада «Форд Дриборн билдинг» по И. К. Фрейтагу

сплошного остекления, замена внутренних стен перегородками и уменьшение толщины стен. Появилась возможность значительно ускорить ход строительства — теперь можно было производить заполнение или облицовку наружных стен одновременно в нескольких этажах.

Значительное внимание в работе Фрейтага уделено огнезащите. Для инженеров и архитекторов Чикаго проверка на огнестойкость была первоочередной задачей; ужас пожарной катастрофы 1871 г. долго не забывался. Фрейтаг приводит статистические материалы о погибших при пожарах,

рандбалки и подоконники были объединены в одно целое. Такие оконные секции кажутся нам курьезными из-за смешения стальных конструкций и классических деталей фасада, но конструктивные проблемы и вопросы строительной физики здесь тщательно продуманы, в том числе колебания температуры стальных колонн, разгрузка оконных конструкций, выравнивание осадки облицовки фасада и устройство каменной кладки.

Для отделки фасада применялась керамика — огнестойкий и легкий материал для заполнения покрытий и внутренней облицовки. Древняя техника облицовки керамическими плитками давала архитекторам разнообразную возможность орнаментального и цветового украшения. Мелкий рельеф создавал необходимый масштаб и впечатление легкости, соответствующие каркасному строительству. Очень хорошо выглядела эта облицовка в карнизах, в обрамлении окон и в межоконных поясах совместно с кирпичной облицовкой фасадов высотных домов, например на «Маркет-билдинг».

Для выдающихся зданий была использована вся гамма облицовочных материалов: натуральный камень в нижних этажах, кирпич для промежуточных этажей и керамика для завершающего этажа и карниза. Облицовка стен натуральным камнем, несмотря на ряд недостатков: трудоемкость связи со стальным каркасом и необходимость заполнения бетоном пазух между камнем и стеной, имела повсеместное применение в строительстве административных высотных зданий и пользовалась особой популярностью в конце столетия как следствие исторической традиции века. И хотя естественный камень и был оттеснен на второй план чикагской школой, но вытеснен окончательно не был.

По мере того как каркасный способ строительства в Соединенных Штатах совер-

Фрагмент фасада универсального магазина «Карсон, Пири и Скотт», Чикаго, 1901 г.



шенствовался и расширялся, становились заметными перемены в отношении к архитектуре — наметился решительный поворот к академическому историзму. Некоторые историки современной архитектуры, например Гидион, считают толчком для этой перемены Всемирную чикагскую выставку 1893 г. Пышный декоративный стиль, импортированный парижской Высшей школой изящных искусств, праздновавший свой триумф, задушил в зародыше стремление к новой архитектуре и отбросил ее развитие на 50 лет.

— Конечно, выставка 1893 г. не была источником неоклассического движения, а послужила только первым признаком его. Успехи чикагской школы были стихийными; она была признана народом и архитекторами всей страны; она была созвучна выросшим строительным объемам и более строгим техническим правилам, однако для функциональной архитектуры, свободной от исторических отзвуков, время еще не настало.

Проблематика архитектуры небоскребов в 90-е годы отчетливо проявилась в сооружениях Л. Салливена. Его мастерская в Париже входила в проектное бюро Д. Адлера, с которым он проработал до 1895 г.

Первым торговым высотным зданием с металлическим каркасом является выстроенный в 1890—1891 гг. «Уэйнрайт-билдинг» в Сент-Луисе. Салливан пытался в нем решить архитектурную проблему небоскребов как замкнутой, уравновешенной в перспективе композиции. Согласно классической схеме цоколь — стена — карниз он разделил корпус здания на три зоны: три нижних этажа, выполненных из натурального камня, над ними ряд этажей в кирпичной кладке с узкими выступающими колоннами и утопленным орнаментированным поясом, а затем мощный богато украшенный орнаментом фриз, на котором покоятся сильно выступающие карнизные плиты. Угловые колонны сильно расширены по сравнению с промежуточными.

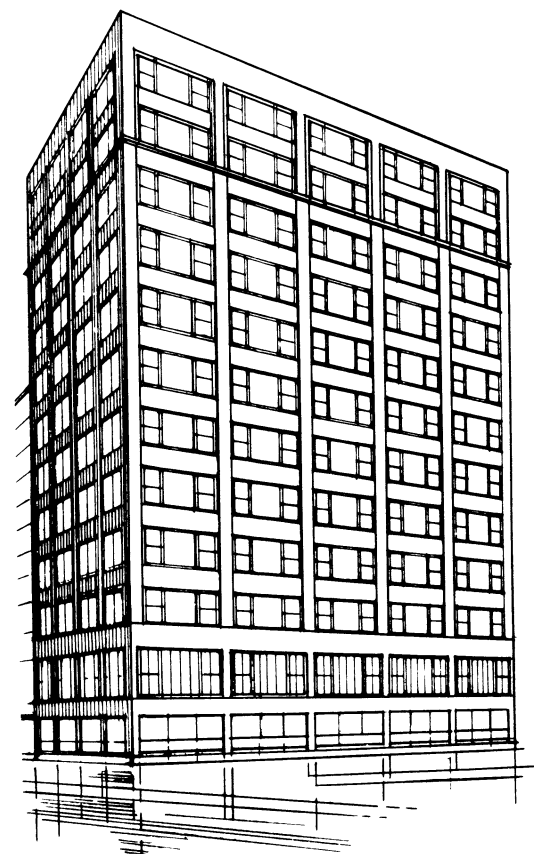
В 1894—1895 гг. Салливан усовершенствует этот принцип членения в «Гранти-билдинг», выстроенном в Буффало, и одновременно усиливает масштабный эффект вертикального членения: цезура между тремя зонами, а также мощь угловых колонн и венчающего карниза сильно смягчены, все элементы обобщены в одно органически нарастающее целое.

Архитектура этих двух небоскребов с их виртуозной орнаментикой не могла стать школой, поскольку она была слишком индивидуальна. Салливан сам это хорошо чувствовал; во всяком случае, в своей последней знаменитой работе — здании универсального магазина фирмы «Карсон, Пири и Скотт» в Чикаго (1899—1901 гг.) — он вернулся к элементарно простому членению фасада, точно соответствовавшему структуре каркаса — орнамент сохранился в нижних эта-

жах и в обрамлении окон, классические принципы композиции были отброшены. Для самого Салливена это строительство было трагическим промахом, современники не могли его понять и видели в нем рецидив к примитивному каркасному строительству.

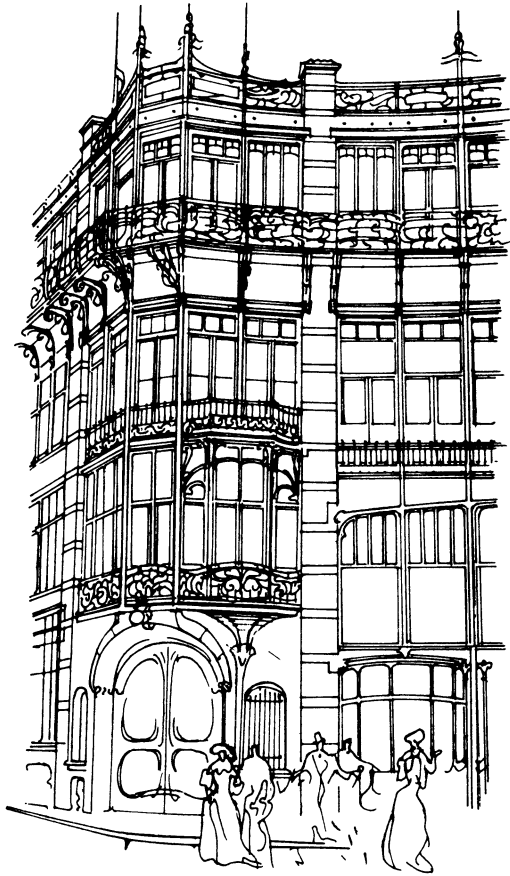
В заключение мы должны назвать еще ряд работ, в которых пионерский дух строителей Чикаго находил отражение вплоть до первой мировой войны. Это несколько зданий, в которых с помощью простых средств воплощалось то, что удалось выкристаллизовать Салливану в качестве квинтэссенции чикагской школы в здании универсального магазина фирмы «Карсон, Пири и Скотт». В скромной кирпичной одежде с изящным членением на вертикальные элементы и горизонтальные полосы его здания практически не стареют. Характерным представителем этой группы ранних сооружений с металлическим каркасом является «Либерти Мьючиал Иншуренс билдинг» (1908 г.).

Чикаго. «Либерти Мьючиал Иншуренс билдинг», 1908 г.



Начало каркасного строительства в Европе — во Франции, Бельгии, Западной Швейцарии (1890—1930 гг.)

Франция и Бельгия были первыми европейскими странами, в которых получили применение конструкции стального каркаса многоэтажных зданий. Это не случайно — материальные и психологические предпо-



Брюссель. Народный дом, 1899 г.

сылки были здесь особенно благоприятны. Уже на заре строительства с применением металла Франция оспаривала приоритет англичан. Первые строительные фермы из ковкого железа появились во Франции еще раньше английских чугунных мостов. Соорудив остекленные металлические своды Орлеанской галереи и ботанического сада, Фонтэн и Руо создали образцы строительного искусства XIX в.

К 1860 г. Франция занимала первое место в строительстве покрытий больших пролетов и металлических мостов. Всю свою жизнь знаменитый инженер Эйфель посвятил строительству металлических мостов и других сооружений, которым немецкие конструкторы противопоставили свои решетчатые фермы. В итоге парижских всемирных выставок 1855, 1867 и 1878 гг. был достигнут очередной успех в сооружении стального трехшарнирного свода галереи машин (1889 г.) пролетом 110 м. Этот зал, пожалуй, наиболее внуши-

тельный из построенных когда-либо, возможно не был бы снесен в 1910 г., если бы его не затмила Эйфелева башня, которая, будучи на первых порах весьма спорной, стала знаменем времени и способствовала формированию нового восприятия пространства и структуры художниками и архитекторами.

Французские архитекторы по сравнению с архитекторами других европейских стран издавна отличались рациональным и ясным конструктивным мышлением. Французские архитекторы-теоретики XVIII в. впервые указывали на рационализм, конструктивную и формальную логику готических соборов и с этих позиций оценивали современные строения. Около 1850 г., когда возрождение готики достигло в Англии апогея, Виоле ле Дюк создал десятитомный систематизированный научный труд по средневековому строительному искусству и строительной технике «*Dictionnaire raisonné*». Он сводил все развитие форм к конструктивной необходимости. Для него крестовый ребристый свод, система колонн, нервюр и контрфорсов готических соборов являются завершением длительной эволюции, которая всегда стремилась к все более явному осуществлению каркасного принципа в строительстве сводчатых церковных помещений базиликального типа. «Готические конструкции гениальны», — писал он в знаменитой статье «*Construction*». Страстность, с которой Виоле ле Дюк оценивал достижения средневековых мастеров, обращалась против коллег академического направления, которые придерживались идеалов античности и ренессанса и отрицательно или враждебно относились к новым направлениям в строительстве из металла.

«Римляне конструируют так, как пчелы строят свои соты. Это чудесно, но в этом нет никаких достижений. Соты времен римлян выглядят точно так же, как во времена Ноя. Дайте римскому мастеру чугун, железо, стекло — он не будет знать, что с ними делать. Современный дух совершенно иной ...» — писал Виоле ле Дюк. Слова «современный» и «готический» он употребляет почти как синонимы.

Дух рационализма в архитектуре, который отстаивал Виоле ле Дюк, наряду с английским реформистским движением Рэскина и Морриса создали важную предпосылку для нового модернистского течения в международной архитектуре, которое одержало полную победу над архаизмом.

«Новое искусство» (югендстиль)¹ предстало перед современниками действительно как нечто новое; оно было импульсом интенсивным, но недолговечным, оно было необходимо как переходная стадия. Чтобы опрокинуть устаревшие представления об архитектурных формах, передаваемых из

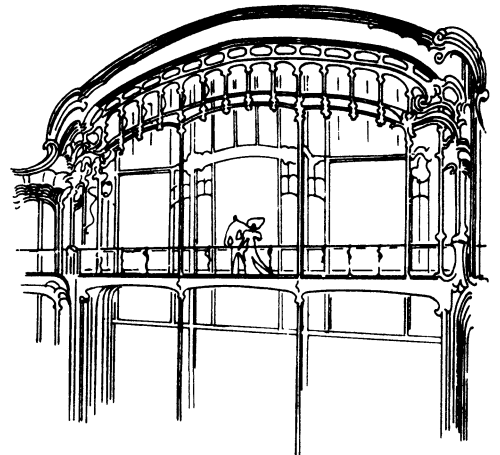
¹ В России это направление называлось «стиль модерн». (Примеч. науч. ред.)

поколения в поколение, ведущие архитекторы должны были, очевидно, начать с орнаментики. Они должны были предложить совершенно новый набор декоративных форм, взятых непосредственно из природы, форм, какими они были представлены в современной живописи, графике и внутренней отделке, например, у Манча и Бердслея — английских художников школы Морриса.

Воплощению в строительстве этих идей изменения архитектурных форм способствовали преимущества стали как строительного материала. Проектные предложения Виоле ле Дюка по оформлению стальных несущих конструкций побудили к дальнейшему развитию техники. Необходимо было сделать непокорный металл способным повторять причудливые растительные формы, абстрактные по современным понятиям комбинации из чугуна, гнутых профилированных стержней и листового железа. Используя стройность и пластику железных несущих элементов и заставив считаться с ними, сторонники модерна возродили приемы раннего периода использования чугуна в строительстве, начиная с внутренних помещений павильона Рояль архитектора Ж. Нэша и кончая фасадами из железа в Сент-Луисе (1860 г.). Они, правда, не осуществили настоящего синтеза конструкций и формы, однако им все же удалось в своих лучших творениях достигнуть гармонии между конструкциями и их оформлением. Сторонники «нового искусства» сохранили идею открытых стальных конструкций.

Именно к этому периоду относятся первые важнейшие творения нового искусства — здания В. Хорта в Брюсселе. Здание фирмы «Тассел», построенное в 1892—1893 гг., сразу сделало его архитектора знаменитым. Конфигурация плана, изменяющаяся на различных этажах расположение помещений не были чем-либо принципиально новым для брюссельского городского дома. Новой была пространственная динамика, взлет и образная сила открытых конструкций в лестничных клетках: опоры решеток ограждения для лестничных пло-

Брюссель. Магазин «Иновасьон», 1901 г.



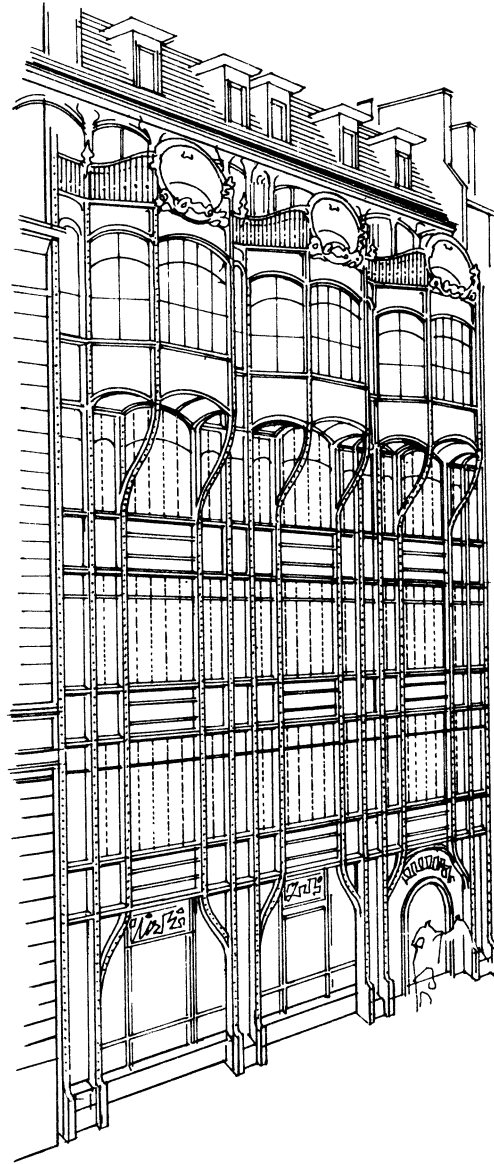
щадок, косоуры, вырастающие из чугунных промежуточных столбов, с причудливыми сплетениями стержней.

Еще богаче и насыщеннее декор из железа, еще убедительнее его связь с открытыми стальными несущими элементами в лекционном зале Народного дома — здания профсоюзов, построенного в 1899 г. Профиль изящных рам фахверка, многократно изогнутый и закругленный, вписанный в трапецию, имеет заметное сходство с контуром всего здания в плане, расположенного на круглой площади между двумя радиально отходящими от нее улицами. Этот вогнуто-выпуклый фасад заключен в ажурный стальной каркас; только лестничная клетка с главным входом на одном из углов здания и две узкие полосы на стыках с соседними домами выполнены в кирпичной кладке. Количество стальных колонн в фасадах верхних этажей удвоено, из-за этого окна стали очень узкими, причем сохранился масштаб, свойственный домам провинциального города.

Этот фасад является шедевром архитектуры, и трудно понять, как случилось, что в 1967 г., несмотря на неоднократные возражения, Народный дом был снесен. Насыщение наружных каркасов декоративными элементами для стиля модерн было относительно скромным — пологие арки под нижними горизонтальными элементами, изогнутые консоли балконов верхних этажей. С большой тщательностью были выполнены стыки отдельных элементов. Пять различных материалов были соединены здесь в единый ансамбль — стекло и деревянное обрамление окон, железо несущего каркаса, решетки и перила, светлая кирпичная кладка пилонов, перемежающаяся с гранитом, и гранитные порталы. Такой роскоши, созданной ценой огромных затрат ручного труда, впоследствии уже больше не встречалось.

По-видимому, эти трудности привели Хорта к тому, что он в своем следующем большом фасаде из стекла и металла при строительстве магазина «Иновасьон» в Брюсселе (1901 г.) сократил разнообразие материалов.

Каменная кладка здесь имеет лишь узкие гранитные обрамления, сам же фасад состоит из двойных стен. Несущий каркас внутренней стены воспринимает нагрузку от больших плоскостей остекления, а наружный стальной остов — только нагрузку от декоративного оформления фасада. Здание, сгоревшее в 1967 г., представляло заметный шаг вперед благодаря решению его фасада; неблагоприятное впечатление производили тяготеющие к барокко изгибы и изломы верхних замыкающих арок. Еще в большей степени ощущалось чрезмерное увлечение орнаментами в универсальном магазине «Самаритэн», построенном в 1905 г. Ф. Журденом; среди парижских шедевров это здание представляет образец



Париж. Торговый дом на улице Реомюра, 1905 г.

периода созревания и перезревания модерна.

Зато удивительно строгое и свежее впечатление производил выстроенный в 1903—1905 гг. архитектором Г. Шеданом торговый дом на улице Реомюра в Париже. Согласованность элементов фасада и несущих конструкций здесь полная. Впервые в многоэтажном здании — стальной фасад. Именно здесь за 50 лет до новейших крупных построек школы Мис ван дер Роэ был применен как выразительное средство типичный для стали конструктивный элемент — балка со сплошной стенкой.

Строительство торгового дома на улице Реомюра подтверждает, что Франция уже тогда была на правильном пути, принесшем нашему столетию подлинную архитектуру металлического строительства и поставившем ее во главе международного развития архитектуры. В этот же период получил

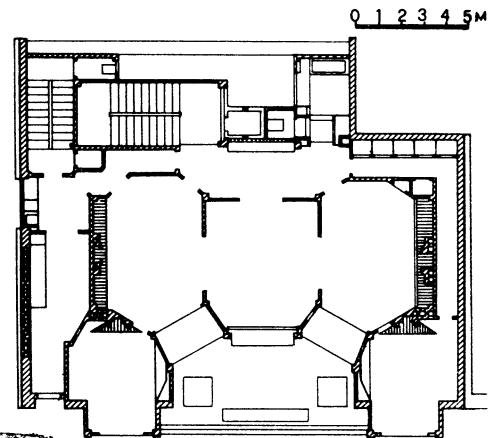
развитие железобетон, который, зародившись во Франции, оттеснил сталь в европейских каркасных зданиях на пять десятилетий. В 1903 г. А. Перре построил свой знаменитый дом на улице Франклина, 25 — первый дом с полным железобетонным каркасом, соответствующий требованиям архитектуры.

Железобетонные конструкции здесь еще были облицованы глазурованными плитками; в своих более поздних постройках Перре всегда оставлял бетон обнаженным. Несущий каркас отчетливо читается в цветовом контрасте светлых элементов рам с пестрым заполнением — цветным узором на больших плоскостях, употреблявшихся еще школой нового искусства. Работа железобетонного каркаса дополнительно демонстрировалась искусным приемом: соответственно продуманному расположению квартир верхних этажей уличный фасад был в середине сильно утеплен, а по краям выступал вперед над подвалом, где размещались конторские помещения.

Если сравнить это здание с лучшими работами в Чикаго, создается впечатление, что архитектурный замысел довлеет над конструкцией здания, что инженер Перре подчиняется архитектору Перре. Горизонтали и вертикали в этом фасаде не производят впечатления несущих элементов, а читаются как декоративное расчленение оставшихся между окнами плоскостей. Это впечатление еще более усиливается в последующих постройках Перре — в жилом квартале на площади Пасси (1930 г.) и в огромном комплексе восстановления Гавра (1950 г.). Даже его самые смелые ранние работы, как, например, гараж на улице Понтье, не свободны от чисто оформительских тенденций.

Весьма интересны работы Тони Гарнье, современника Перре, сооснователя международной архитектуры нашего столетия из бетона. Хотя он был менее популярен, чем Перре, он оказал на развитие архитектуры существенное влияние. Гарнье впервые разработал полностью в железобетоне идеализированный проект современного

Париж. Дом Перре на улице Франклина, 1903 г.



БЫЛ ПОЛУЧЕН
ВНИМАНИЕ
ИЛЛ. 1179386

города с жилыми кварталами, школами, больницами, вокзалами и т. д. Многие из своих идей Гарнье смог осуществить еще начиная с 1908 г. в обширной программе общественных работ Лиона; с тех пор градостроители и планировщики этого города мыслят преимущественно категориями железобетона.

Однако Гарнье отлично разбирался также в постройках из металла; это видно на примере строительства скотного двора Лионской бойни пролетом 80 м. Здесь он применил несущую систему и пространственный образ большой Парижской галереи машин (1889 г.), заменив в соответствии с требованиями времени и назначением помещения трехшарнирные арки трехшарнирными рамами и уменьшив площадь остекления. То, что он считал необходимым поставить по фронтонам грандиозных стальных конструкций массивные ступенчатые стены с высокими сегментными окнами, представляет еще один пример консервативных тенденций в архитектуре, о которых мы уже говорили вначале.

После первой мировой войны, когда строительная деятельность вновь оживилась, строительство и проектирование зданий из металла отступило на задний план. Постоянно усиливавшаяся конкуренция между сталью и железобетоном оказала в то же время очень плодотворное влияние на развитие строительной техники и инженерной науки в целом.

Уже в 20-х годах металлостроители почувствовали необходимость в совершенствовании конструкций, чтобы для высоких зданий и больших пролетов использовать преимущество стали перед железобетоном. Уровень развития конструкций стального каркаса многоэтажных зданий сделал едва

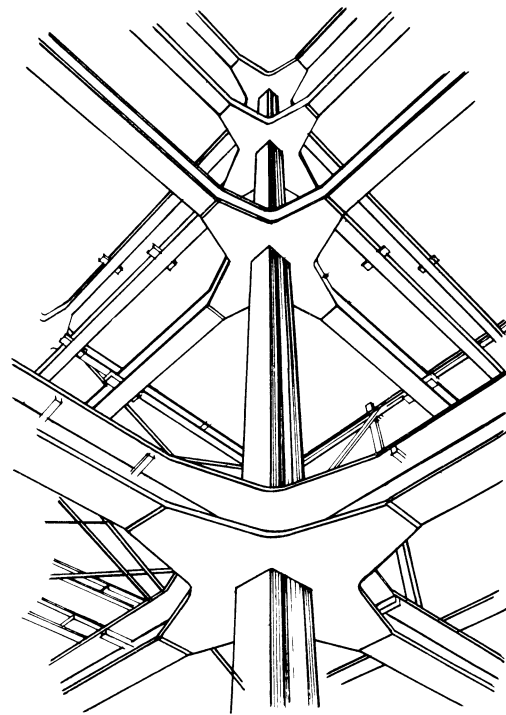
заметный шаг вперед по сравнению с уровнем, достигнутым в Америке около 1900 г. Прежде всего методы расчета стальных конструкций были еще сравнительно мало развиты, каждая балка перекрытия, прогон или стойка рассматривались как самостоятельный элемент и связи между ними принимались шарнирными — старые металлостроители сами говорят о «методе кирпичика», когда хотят охарактеризовать применявшиеся ими статические методы.

Применение железобетона еще раньше вынуждало учитывать монолитную природу этого материала, его пространственную взаимосвязь, влияние неразрезности и жесткости узлов и перейти от статики стержня к статике жестких рам. Переход от перекрытия из тавровых балок к ребристому перекрытию, применение перекрестно-армированных плит, безбалочных перекрытий, безраскосных ферм и многоэтажных рам — все это очередные этапы в освоении неразрезности железобетонных сооружений.

На примере характерного узла стального каркаса построенного в 1931 г. в Антверпене здания «Торренгебау» отчетливо видно, насколько трудно было металлостроителям, применявшим железобетон, имея в распоряжении тогдашние конструктивные средства: фасонки, соединительные уголки и заклепочные соединения. Из сравнения с соответствующими узлами стального каркаса, возведенного в 50-х годах близ Цюриха, будет ясно даже неспециалисту, какие усилия были необходимы, чтобы прийти к решению проблемы пространственных конструкций, какие огромные успехи были достигнуты с тех пор благодаря переходу от заклепочных соединений к соединениям на сварке и высокопрочных болтах.

Двадцатишестиэтажное здание «Торренгебау» было высочайшим зданием в Европе; это подтверждает, что развитие строительства из стальных конструкций в Бельгии и Франции не останавливалось и что Европа уже начала догонять США в строительстве высотных домов.

Среди важнейших прогрессивных решений с применением стали во Франции особо отмечены работы Ле Корбюзье, который обладал наиболее многосторонними творческими способностями; его целенаправленные идеи охватывали одинаково все области строительного искусства — функцию, конструкцию и форму. Он начал свою архитектурную карьеру в ателье Перре, которого всегда признавал своим учителем. С самого начала своей деятельности Корбюзье был приверженцем бетона и своими строениями из него превзошел работы учителя. Корбюзье органично вывел железобетонный каркас выразительными архитектурными средствами и в течение



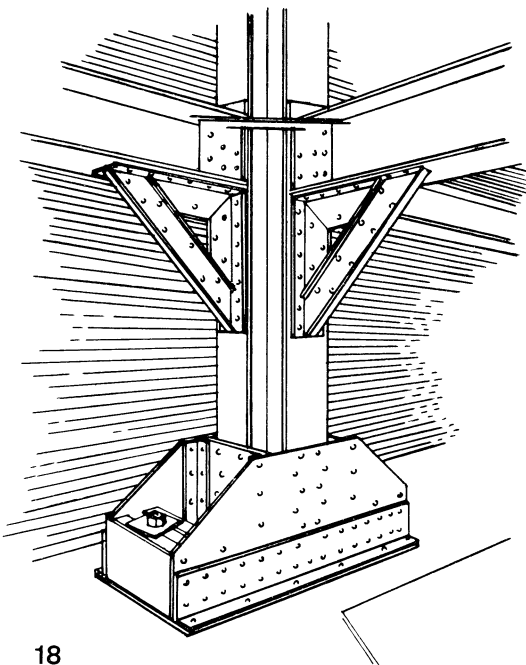
Стальной каркас магазина «Эрлинен» в Цюрихе, 1955 г.

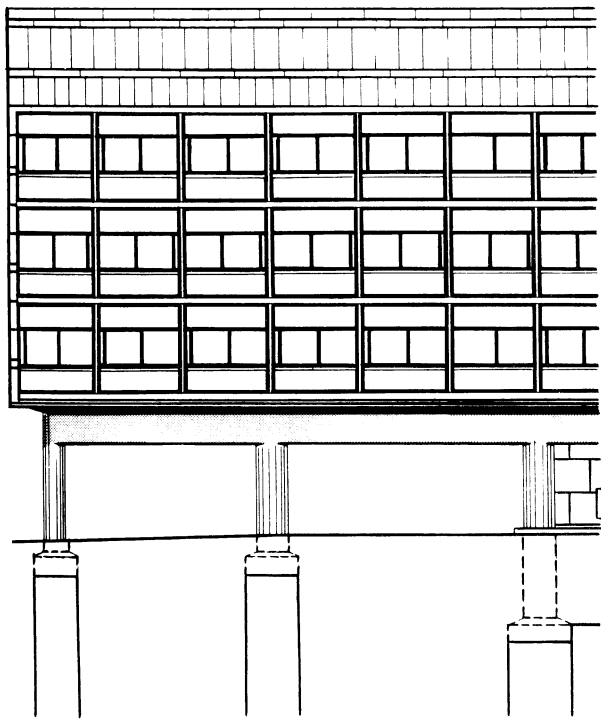
всей своей жизни неустанно открывал и развивал многообразные возможности бетона как строительного материала. Направление, которое приняла международная архитектура в последние 20 лет, без него немыслимо.

Однако Ле Корбюзье занимался также и стальными конструкциями и внес в этот вид строительства существенный вклад. В павильоне Швейцарии парижского университетского городка он осуществил в 1930—1932 гг. идею свайного основания — важную составную часть знаменитой программы из пяти пунктов, создав опоры, с помощью которых здание было поднято вверх, чтобы освободить земельную площадь. Это было комбинированное строительство с применением железобетона и стали. С тех пор такая комбинация очень часто повторялась, и в последние годы особенно широко снова применяется и преобразуется.

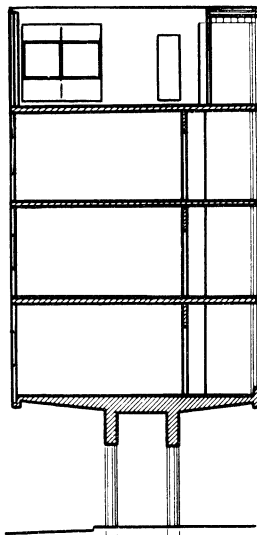
Нигде эта строительная идея не реализована так хорошо, как в этом здании; сильно вытянутое основание стоит на шести далеко расставленных железобетонных двойных колоннах, которые непосредственно опираются на шесть погруженных на 20-метровую глубину парных свай; они несут двойной нижней прогон, на котором расположена мощная плита. В данном строительстве это было необходимо, так как позволило в четырех верхних этажах показать стальной каркас, который четко просматривается на главном фасаде во всей своей подчеркнутой стройности — заполнение полностью из стекла с изысканно ритмичным поперечным делением. Такое

Узел стального каркаса, здание «Торренгебау», Антверпен 1931 г.



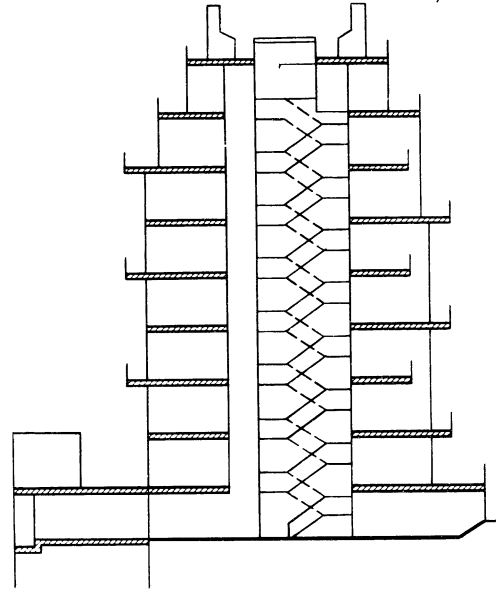


Фрагмент фасада и поперечный разрез Швейцарского павильона в университетском городке Парижа, 1932 г



Поперечный разрез и фрагмент фасада „Мезон Кларие“ Женева 1931 г

с применением стальных конструкций, Ле Корбюзье создал проект маленького необычного сооружения, которое, однако, вошло в историю строительства из металла — жилого дома по улице Гильом в Париже. Этот дом был построен в 1929—1931 гг. П. Шарре, который до этого работал архитектором по интерьерам. Здесь ему пришлось строить дом полностью из стекла и металла, вплоть до лестничных ступеней, передвижных перегородок и встроенной мебели; здесь воплощена со спортивным азартом и изысканным вкусом идея «машины для жилья», которую Ле Корбюзье выдвигал в 1922 г. в своей книге «Строительное искусство будущего» («Vers une Architecture» — «Kommende Baukunst»).

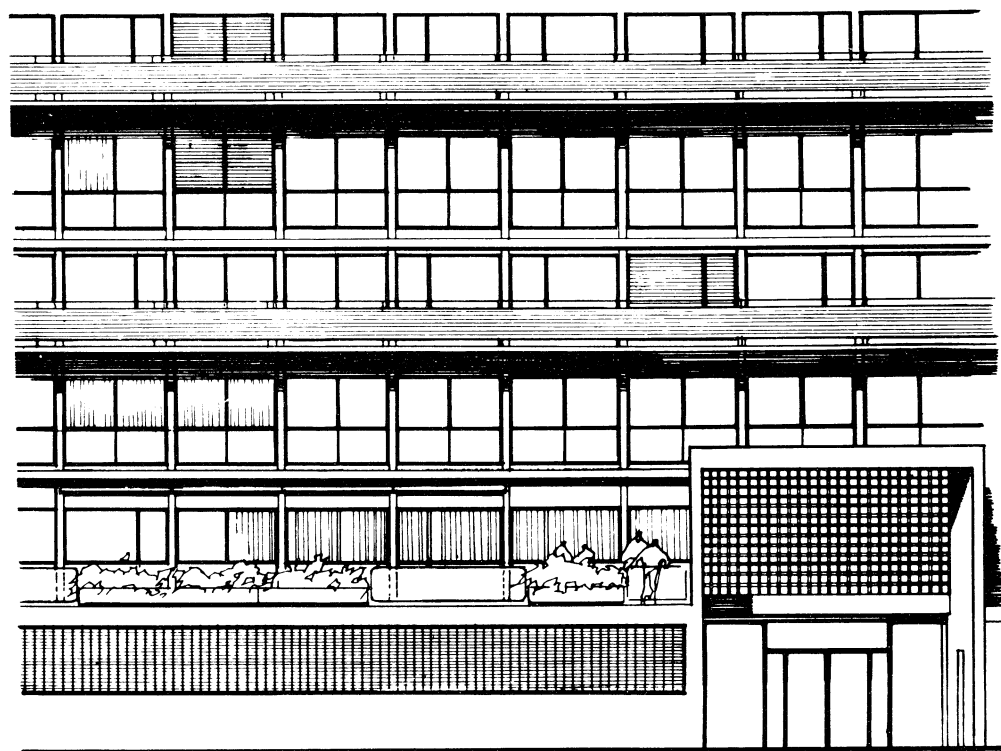


решение явилось непосредственным предшественником стиля «стена-экран» (curtain wall).

В поселке Белый Двор в Штутгарте в 1927 г. Ле Корбюзье высоко поднял двухэтажный жилой дом из металла на стальные колонны, тем самым подчеркнув стальные конструкции. Построенный в 1930—1932 гг. в Женеве дом «Мезон Кларте» является еще более перспективным — он стал предпосылкой для создания жилого комплекса в Марселе, для которого Ле Корбюзье также первоначально запроектировал стальные конструкции. Впоследствии он выполнил его в грубом необработанном бетоне. На очень точном плане дома на 45 квартир, занимающих один или два этажа и размещенных вокруг двух лестничных клеток, создана привлекательная игра внутренних объемов. Корпус сооружения, вырастая из широкого нижнего этажа, в верхних этажах дважды сужается уступами. Вся эта сложная пространственная система включена в стальной сварной каркас из стандартных профилей, расположенный на строгой сетке колонн, которая придает главному фасаду, полностью состоящему из стекла и металла, основу ритмического строя, четкий порядок. Ритм достигался простыми средствами: выступающие, проходящие через весь фасад в каждом втором этаже балконы с изящными металлическими поручнями, чередование оконного и литого стекла, легкое смещение импостов, свободное размещение и чередование солнцезащитных жалюзи. Здесь действительно создается впечатление яркости,

свежести, воплощенное в термине «кларте» (свет).

Занимаясь разработкой подробных эскизов по поручению промышленника Ваннера, сделавшего заказ на жилые дома

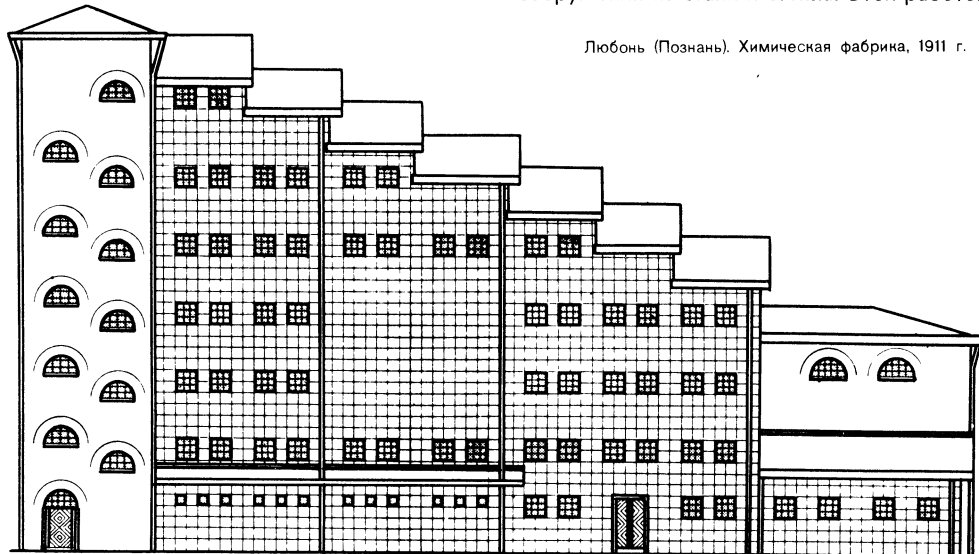


Поиски новой архитектуры для каркасного строительства в Германии (1910—1930 гг.)

Впервые в Германии каркасная конструкция в многоэтажном строительстве появилась лишь после первой мировой войны. Железобетонные конструкции перекрытий применялись в кирпичных зданиях с 1905 г. После 1920 г. неоднократно использовались смешанные конструкции — внутренний несущий каркас из железобетона с массивными несущими ограждениями; в каркасном строительстве 20-х годов процент применения стальных конструкций был незначителен.

Тем не менее немецкая архитектура 1910—1930 гг. вписала важную главу в развитие строительства с применением стальных конструкций. При этом основной вклад внесен новыми представлениями об архитектурных формах, которые были выработаны мастерами «Баухауса» — Гропиусом и Мис ван дер Роз и, развившись после второй мировой войны в Америке покорили мир и обеспечили бурный подъем архитектуры в строительстве из стали. Новый стиль проявился около 1910 г. в сфере промышленного строительства. Каждый из архитекторов пытался представить функциональный облик фабрики в стальных каркасных конструкциях, тем не менее архитектурный характер первых сооружений был совершенно различен — соответственно направлениям искусства переходного периода.

Турбинный зал Всеобщей электрической компании (AEG) архитектора П. Беренса в Берлине с выдвинутыми вперед, сильно утолщенными стойками рам, с яркой выразительностью выступающей крыши и симметричным фронтоном является почти архаичным и строго монументальным. Можно критиковать классический вид этого специального строения, но оно до сих пор не потеряло своего покоряющего воздействия.



Любонь (Познань). Химическая фабрика, 1911 г.

По проекту архит. Х. Польцига, представителя экспрессионизма в немецкой архитектуре, была построена химическая фабрика в Любони (Познань). Внешний вид этого огромного динамичного здания полностью подчинен технологической схеме производства. Особую выразительную силу придают последовательные переходы и подчеркнутый контраст в конструктивных решениях отдельных частей здания. В производственном корпусе четко видна структура каркаса — тонкие «стены Кесслера» — несущие сетки из полосовой стали, заполненные кирпичом на ребро. В то же время лестничные клетки, бытовые помещения, склады и т. д. выполнены из несущей кирпичной кладки с глубоко врезанными арочными окнами.

Предприятие Фагуса в Альфельде архитектора Вальтера Гропиуса прославилось как прогрессивнейшее творение тех лет, как предвестник «конструктивизма» или «рационализма», поскольку несущая конструкция здесь еще более отчетлива, чем в турбинном зале Всеобщей электрической компании и химической фабрике в Любони. Современники восприняли сплошное остекление трехэтажной заводской секции с выступающими прозрачными углами как смелую сенсацию.

Этот фасад считают первым, выполненным в стиле «стена-экран». Было бы правильнее говорить о нем как о предшественнике навесного фасада из стекла и стали в сегодняшнем понимании этой проблемы. Строительная техника того времени еще не была подготовлена к решению этой задачи. Непосредственно после первой мировой войны накопленный опыт еще не мог воплотиться в реальных объектах; в основном он был использован в теоретических работах и идеализированных проектах. Среди них выделяется фантастический проект остекленного высотного здания в Берлине Мис ван дер Роз (1919 г.) — сказочный апофеоз каркасного сооружения из стали и стекла. Этой работой



Берлин. Издательство «Моссе», 1923 г.

Мис ван дер Роз опередил свое время на 50 лет и на 20 лет собственные проекты, осуществленные позднее в Чикаго.

Строительство 20-х годов в Германии характеризуется высоким профессиональным уровнем; очевидно стремление к созданию самобытных выразительных форм каркасного строительства. Характерна также и немецкая обстоятельность, с которой экстремальные решения были возведены в ранг основной задачи, в мировоззренческую альтернативу, разделившую архитекторов на два враждебных лагеря. Девизы этих лагерей гласили: «только вертикальное членение» и «только горизонтальное членение».

Вертикальному членению было оказано предпочтение правым, консервативным крылом немецких архитекторов. Особенно сильно это проявилось, например, в высотном здании «Штуммхауз» в Дюссельдорфе. Сильнейший отклик у архитектурной общности нашло здание «Хилехауз» в Гамбурге. Часто расположенные, стремящиеся вверх пилястры, завершающие арки под венчающим карнизом, керамический орнамент, выступающие вперед несущие конструкции широко расставленных сводов подвала — все это сильно напоминает «Гэранти-билдинг» Салливена в Буффало.

Группа архитекторов, придерживавшаяся старых традиций, была явно смущена появлением исторических форм в каркасном строительстве — расположением столбов как в постройках с деревянным фахверком, каркасом, напоминавшим каменный каркас готических соборов. В то время в теории архитектуры была выдвинута идея «Строительства из готовых деталей», которая в противоположность «моноклитному строительству» проявилась в вертикальности линий. На вертикально расчлененных фасадах не было видно, имеют они металлический или железобетонный каркас; многие из

них могли также быть выполнены из несущей кладки с соответствующим усилением.

Левое, прогрессивное крыло архитекторов с еще большей решительностью, с полемической страстностью выдвигало идею горизонтального членения фасадов каркасных зданий. Это формальное направление воплотилось в сооружении, которое было разрушено во время второй мировой войны и сегодня почти забыто,— здании книгоиздательства «Моссе» в Берлине, реконструированном по проекту Э. Мендельсона совместно с Р. Нейтра (1921—1923 гг.). Среди старой скучной архитектуры из арок и колонн возникла новая по стилю конструкция углового здания, которое возвышалось над старыми трехэтажными домами, простирая, как крылья, свои надстройки и подавляя эти дома. Наряду с трудностями

за канцелярским зданием Мис ван дер Роэ следует назвать торговые дома Шока, разработанные Э. Мендельсоном, и прежде всего здание Хемниц, которое своим выпуклым уличным фасадом и сплошным ленточным остеклением производит весьма эффектное впечатление.

Хотя в целом усилия немецких архитекторов 20-х годов, направленные на создание новых выразительных форм каркасного строительства, были весьма плодотворны, они не служили непосредственно развитию стальных конструкций. Все же имеются три больших сооружения в Берлине, которые считаются лучшими работами 20-х годов и занимают свое место в истории каркасного строительства из металла.

В многоэтажном здании коммутаторного цеха предприятий «Сименс-Шуккерт» в Сименсштадте в 1926—1928 гг. Хансом Хертлайном был возведен стальной каркас, несущий большепролетные перекрытия сквозных залов; лишь верхние этажи были разделены перегородками под конторские помещения. Клинкерная облицовка на продольном фасаде расчленена мощными выступающими пилонами, перехваченными ровной поверхностью отступающих вглубь стен административных этажей, и ограничена с боков массивными выступающими башнями лестничных клеток. Так, во внешнем облике выделяется часть строительного объема с большими пролетами и нагрузками; вертикальное членение не имеет ничего романтически праздничного, оно производит приятное впечатление, представительное и одновременно деловое.

Самым блистательным из берлинского каркасного строительства 20-х годов является административное здание фирмы «Ренания-Оссаг», названное «Шеллхауз» (дом-оболочка), завершенное в 1931 г. Э. Фаренкампом. Строительная площадка имела здесь трапециевидную форму в плане. Фасад, выходящий к Ландвер-каналу, расположен уступами; этот мотив усилен тем,

что корпус здания также устремлен к своей наивысшей точке уступами — эта актуальная строительная идея имеет широкое применение в настоящее время. Ступенчатость приобретает особую убедительность благодаря горизонтальному членению фасада — утопленные оконные стойки, горизонтальные парапеты, подчеркнутые выступающим обрамлением. Она удачно связана с другим уже применявшимся и часто повторяющимся мотивом, названным «крейсерской архитектурой», характерной особенностью которой являются закругленные выпуклые и вогнутые углы. Все здание приобретает благодаря этому пластичность и напряжение, сделавшие его одним из первых среди зданий немецкого каркасного строительства того времени, в которых явно ощущаются свойства металла. Оно продолжало выделяться даже рядом с более поздним зданием Национальной галереи, которое прославил через несколько лет своего автора — Мис ван дер Роэ.

«Колумбус-хауз», построенный в 1931 г. Э. Мендельсоном, можно было бы назвать самым прогрессивным зданием со стальным каркасом, перешагнувшим за пределы своего времени; оно представляет собой такое же образцовое решение городского административного здания с многочисленными функциями, какое Ле Корбюзье осуществил в строительстве жилых домов. Сложные требования проекта — магазины и проезды в первом этаже, гибкое использование верхних этажей под конторы и рестораны — были удовлетворены, несмотря на резко пересеченный рельеф земельного участка. Для этого были использованы конструктивные особенности металлического каркаса: широко расставленные отступающие внутрь колонны, разгружающие балки в первом этаже с огромными для того времени пролетами и консолями, в верхних этажах ряд несущих наружных колонн, которые, как было доказано, оказались конструктивно и экономически особенно выгодными.

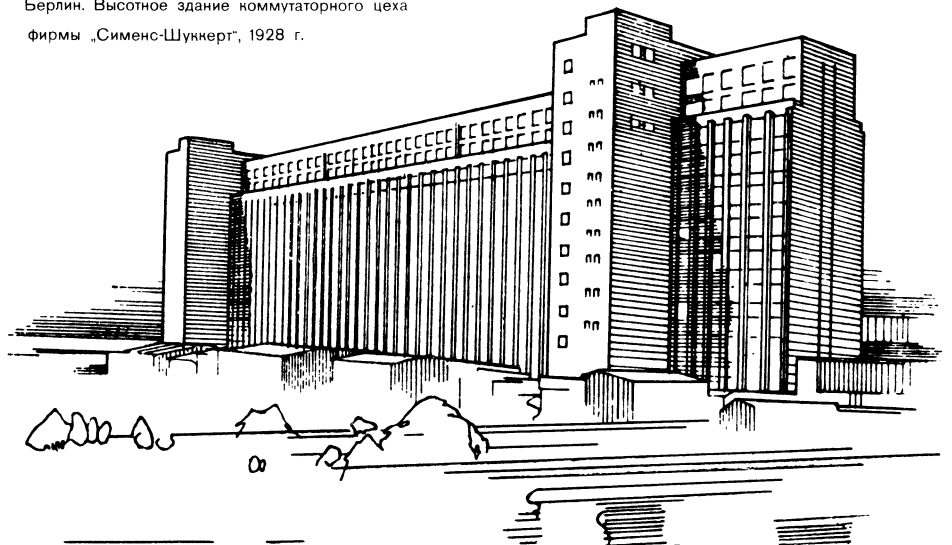
Берлин. «Шеллхауз», 1931 г.



расчета консольных частей возникли осложнения и с парапетами на сильно закругленных углах с их большими пролетами и крутящими моментами, сочетающимися одновременно в одной металлической конструкции.

Увлечение горизонтальным членением, конструктивно оформленным и утвержденным, проявилось в проекте канцелярского здания Мис ван дер Роэ для Берлина в 1922 г; здесь оконные переплеты не имели внутренних стоек и позволяли видеть каркас с его отступающими назад колоннами и консольно выступающими прогонами; к массивным парапетам подвешивался стеклянный фартук — тоже проявление идеи «стены-экрана». Здесь структура каркаса многоэтажного здания представлена совершенно определенно. Эта структура никак не может быть принята за массивное строение, но каркас является не стальным, а типичным железобетонным каркасом. Вслед

Берлин. Высотное здание коммутаторного цеха фирмы «Сименс-Шуккерт», 1928 г.



Архитектура небоскребов в США (1890—1940 гг.)

В последних работах ведущих архитектурных бюро чикагской школы особенно заметно возвращение к историзму, по крайней мере в огромных сооружениях, к которым заказчики предъявляли большие требования.

Показательно сопоставление построенного в 1894 г. «Релайнс-билдинг» (автор Бернхем) и «Фишер-билдинг», построенного двумя годами позже тем же архитектором. На первый взгляд, оба сооружения имеют большое сходство: включение эркерных окон в систему фасада, остекление больших плоскостей, насыщенный орнамент на горизонтальных простенках и поясах. По сравнению с плоским орнаментом фасада «Релайнс-билдинг» форма ажурной каменной резьбы подоконных простенков «Фишер-билдинг» производит впечатление ярко выраженной готики; это впечатление достигается тем, что здесь вертикали были сконструированы наподобие готических составных колонн. Этот фасад уже заметно академичнее, чем его предшественники, но он имеет то изящество, которое хорошо соответствует металлическому каркасу, и сделан с воодушевлением, хотя и имеет противоречия в верхней, завершающей части здания. Главные стойки объединяются под карнизом арками, под выпуклым консольным карнизом размещены фризы узких арочных окон и эркерные окна, которые не вписались в архитектуру карнизов, а были обрваны этажом ниже.

Естественность, которая придала очарование ошибочному в классическом смысле решению, была потеряна в последующих строениях Чикаго, которые оказались под влиянием вышедшего с восточного побережья классического направления. Первыми к «нью-йоркской моде» обратились Дженни и Манди. Здания нью-йоркской страховой компании и здание «Форт Дирборн» значительно отличаются от ранних работ, например от зданий «Лайтер-билдинг I» и «Лайтер-билдинг II». Незадолго до конца 90-х годов Нью-Йорк как по объему строительства и рекордам высоты, так и в области архитектурных достижений опережает Чикаго. В течение примерно 30 лет продолжалось использование эклектики в архитектуре небоскребов, собравшей стили всех эпох. Прежде всего торжествовало классическое направление, которое основывалось на примерах из эпох ренессанса и классицизма — от Брунеллески до Палладио.

Характерным сооружением в стиле эпохи возрождения является бродвейский «Чемберс-билдинг» в Нью-Йорке. Классическая трехчленность сказывается здесь особенно остро и поддержана цветовой сменой трех материалов: в обоих нижних этажах и переходах между этажами архитектурное оформ-

ление колонн из серого гранита; следующие 11 этажей — из темной кирпичной кладки; узкие окна соединены попарно, в остальном все просто, без украшений; завершающий верхний ярус — из керамики светлого оттенка, покрывающей еще один переходной этаж, усиленный зрительно богатой аркадой (наподобие Сансовино), простирающейся на два этажа, и также низкий чердачный этаж в виде фриза под консольным карнизом.

При критическом рассмотрении этой и похожей на нее архитектуры небоскребов следует уяснить, какие нужны были эмоции, какое требовалось господство классических строительных форм, чтобы можно было преодолеть трудности новых смелых начинаний. Классическое членение фасадов на цоколь, пилястры, пилоны, арки, карнизы создает уравновешенный в зависимости от длины, ширины и высоты здания, одним взглядом обозримый, архитектурный объем. Перспективная и масштабная, заботливо выполненная архитектура фасадов бродвейского «Чемберс-билдинг» вряд ли была понята; не случайно на старых фото эти первые башни Манхэттена всегда сняты с соседних высотных домов.

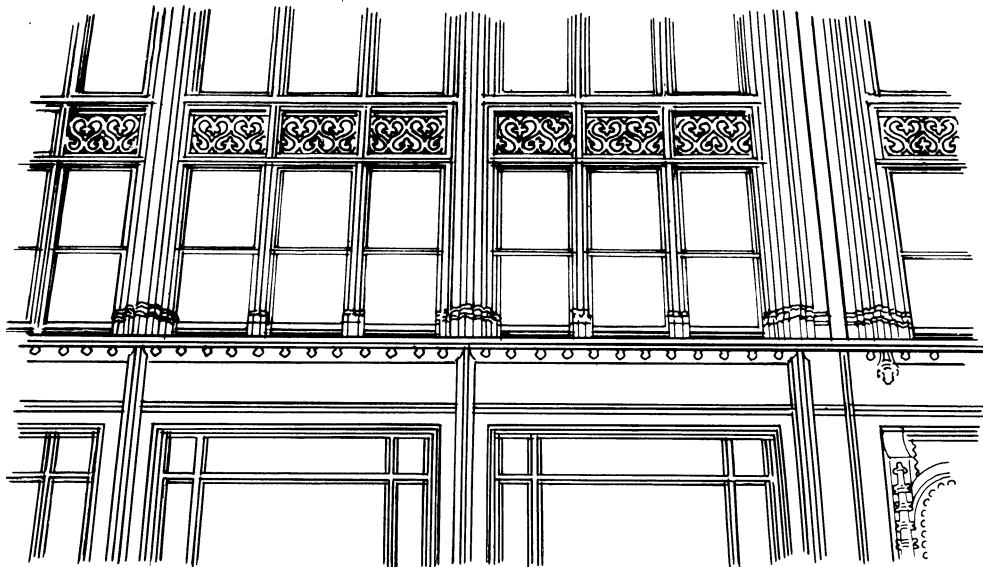
Гордая стройность подлинной архитектуры ренессанса с ее симметрией и гармонией пропорций, была еще ощутимой и до некоторой степени оправданной, пока дома-башни не превышали 20 этажей и стояли в одиночку; но она была гротескно искажена, когда их высота возросла вдвое и более, и они все больше подавляли окружающее. Лучшие архитекторы знали об этой проблеме и искали решений, чтобы быть к ней готовыми. Уже раньше была сделана попытка отказаться от формы замкнутой призматической башни и расположить объем высотного дома уступами примерно так, чтобы центральный ризалит здания сильно возвышался и тем самым

узаконил свое стремление вверх, как, например, силуэт кампаниллы Сан-Марко в Венеции, в то время как боковые крылья достигали только половины высоты центральной части.

Вполне логично, что за классической волной эклектизма небоскребов последовала средневеково-романтическая волна. Сильный импульс в этом направлении дало выстроенное в 1913 г. архитектором Кассом Жильбером 52-этажное здание «Вульворт-билдинг». В этом здании башнеобразная средняя часть удвоенной высоты вырастает из относительно приземистого строительного объема, но зрительно вся совокупность не распадается на три части, а объединяется в одно целое посредством идущего насквозь вертикального членения.

Готический стиль для небоскребов более подходит, чем классический; во-первых, в готической архитектуре есть характер каркасного здания, тенденция к развитию вверх; во-вторых, членение стен ступенчатыми или собранными в пучки колоннами, характерное для позднего средневековья, открывает возможность поставить в ряд и связать между собой без нарушения масштаба и конструктивной логики различные по высоте несущие элементы или элементы, одинаковые по высоте, но различные в поперечном сечении, — имеются в виду боковые и средние колонны пятиного собора или усиленные колонны в месте пересечения нефов или под башнями. Профилированные колонны, из которых впоследствии развились пучковые колонны и колонны с отделкой валиками по ребрам, являются важнейшим структурным элементом средневековых религиозных помещений. Все это применялось в США как выразительное средство на фасадах высотных зданий. Это не следовало бы ставить в вину архитекторам как осквернение

Чикаго. Фрагмент фасада «Фишер-билдинг» 1896 г.



святыни — еще древние римляне переносили порядок расположения колонн и балок с наружных фасадов греческих храмов на внутренние стены своих огромных сводчатых сооружений, где они, строго говоря, подходили еще меньше.

Во всяком случае формами колонн на «Вульворт-билдинг» Жильберу удалось отчетливо выразить различное назначение несущих элементов в ступенчатой структуре здания и тем самым оживить фасады ритмичным расположением его фрагментов — он добился этого исходя из ретроспективной точки зрения получить функциональное в своей основе решение, как Салливан со своими авангардистскими новшествами. Профилированные колонны сами по себе не производят впечатления архаичных в противоположность, например, вертикальному членению на «Фишер-билдинг» в Чикаго. Готические украшения, стрельчатые своды, остроконечные колонны и т. д. концентрировались на верхней завершающей части здания, на горизонтальных опоясывающих карнизах и прежде всего на шлемообразной башне, которая является более убедительным завершением, придает более яркое звучание всей композиции, чем при горизонтальном фронтоне на такой высоте.

Появление «Вульворт-билдинг» возвестило о кризисе эклектической, или, как ее называют в XX столетии, традиционной архитектуры небоскребов. Современная несущая структура видна здесь так отчетливо, что историческое обрамление действует не более как тонкий налет, как ажурная прозрачная одежда. Сходное развитие можно отметить в лучших традиционных европейских сооружениях в годы до и после первой мировой войны, например, стокгольмская ратуша или жилые дома архитекторов Шоу и Войси в Англии.

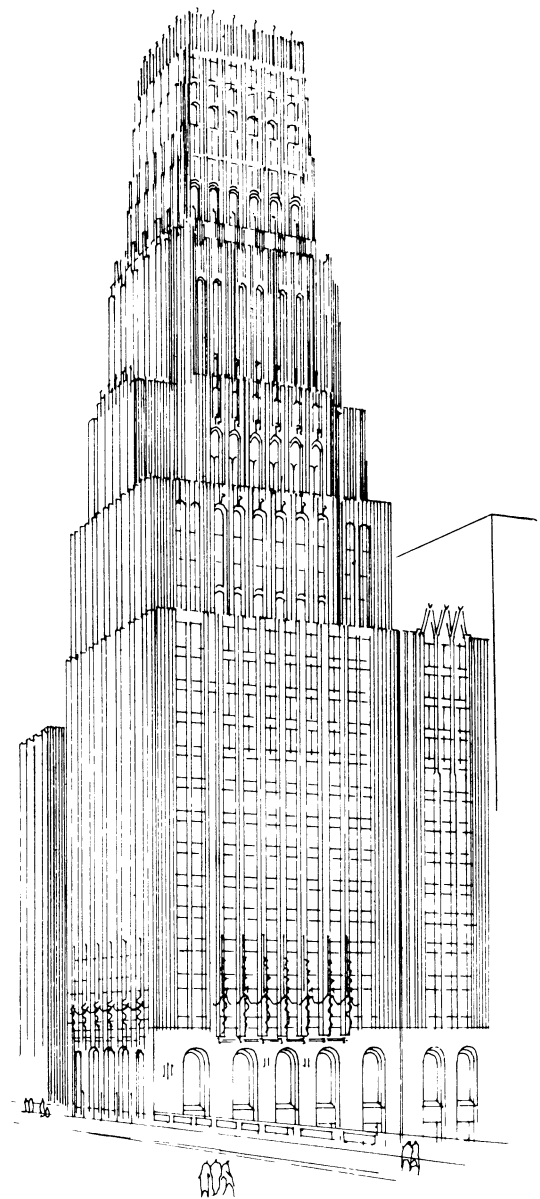
Концом первой фазы строительства американских деловых высотных домов, которую определяло увлечение историзмом, можно, пожалуй, назвать возведение чикагского «Трибюн Тауэр» — сооружения, которое само по себе не привлекало бы такого большого внимания, если бы оно не получило первую премию из 263 проектов на международном конкурсе, который относится к выдающимся событиям истории строительства нашего столетия.

*Получивший первую премию проект нью-йоркских архитекторов Дж. М. Хауэлса и Р. М. Худа выполнен с помощью тех же средств, что и проект «Вульворт-билдинг». Как законченная архитектурная композиция он завоевал приз среди американских работ, выполненных в стиле умеренного эклектизма. «Трибюн Тауэр» имеет в 2 раза меньшую высоту, чем Вульворт-билдинг, и квадратный план. Колонны тоже сильно расчленены по ширине, главная колонна отступает от угла, чем подготавливается переход к вышерасположенному

восьмиугольнику башенной надстройки, уменьшенной в плане. Главные колонны как бы прорастают сквозь блок здания. На верхних концах колонн расположены мощные арки, обрамляя все строение. Остов высотного здания полностью лишен украшений и поднимается со своими вертикальными членениями из двухэтажного гладкого цоколя; орнаментика ограничивается переходной зоной и башней, а также арками, которые при ближайшем рассмотрении оказываются не стрельчатыми, а сегментообразными, приближающимися к полуциркульным.

Проект Элиэля Сааринена, удостоенный второй премии, без сомнения уступает проекту Хауэлса и Худа как по архитектонике, так и по замыслу. Вертикальное членение с помощью колонн и лопаток и строгая плоскость средней части были сходны с осуществленным проектом. Три отдельные друг от друга части, имеющие горизонтальное членение, подняты и сильно сдвинуты назад; завершение башни органично вырастает из массива сооружения. Орнаментика не содержит в себе готических пережитков, скорее она тяготеет к модерну, окрашенному северной мистикой. Если бы здание по этому проекту было построено, оно стало бы главной достопримечательностью Чикаго, столь богатого памятниками модерна.

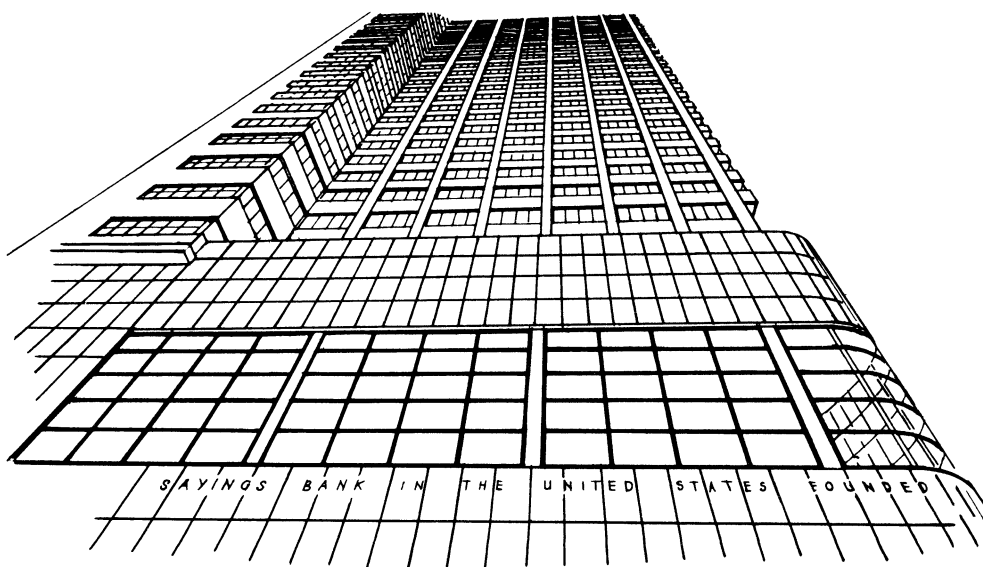
Известный, часто публикуемый проект Вальтера Гропиуса должен был произвести ошеломляющее и шокирующее впечатление на членов жюри чикагского конкурса и на современников. Из строго призматического корпуса высотного здания выростала башнеобразно в высоту узкая прямоугольная призма, отодвинутая назад и в сторону. Весь строительный объем обрамлен решетчатым каркасом с типично чикагскими окнами. Лишь на флангах башенной части встречается незначительная аномалия: два узких стержня и замкнутых отсека, которые имели очевидную цель усилить вертикальность линий башни и связать ее с нижней частью строения. Все это является определенным поворотом к строгим, в сегодняшнем понимании передовым, решениям чикагской школы; утверждение Гидиона, что Гропиус не знал ранних каркасных сооружений Чикаго, кажется совершенно невероятным. С другой стороны, здесь очень четко выявился тот тип современного каркасного строительства, который в 50-х годах распространился под названием «решетчатого строительства» и был особенно поддержан в ФРГ, но вскоре оказался как бы в тупике. Проект «Трибюн Тауэр» Гропиуса при всей своей смелости кажется нам, так же как его современникам, немногим устаревшим, но он волнует в большей степени, чем награжденные проекты. Этому впечатлению значительно способствует одна деталь, которая должна была уже 20 лет назад казаться слишком модной,



Конкурсный проект чикагского «Трибюн Тауэр». архит. Элиэл Сааринен 1922 г.

быстро проходящей: углубленные лоджии и сильно выступающие толстые балконные плиты, которые на различных высотах огибали углы подобно поясам или обручам; они должны были придать зыбкому на вид корпусу здания при его общей гармоничности пропорций зрительную устойчивость и более энергичное впечатление; они внесли в чикагскую систему каркаса струю увлечения горизонтальностью членений.

В целом из изучения конкурсных проектов создавалось впечатление, что внешний облик высотных домов со стальным каркасом не мог быть решен одним гениальным архитектором в могучем творческом порыве; для этого требовались опыт и усилия нескольких десятилетий. Американские проекты показывают ясное понимание сущности архитектурной проблемы и высокую надежность решений; курьезные



Филадельфия Центральная сберегательная касса, 1932 г.

промахи можно найти среди европейских работ, присланных на конкурс. Знаменитый проект Адольфа Лооса, который представил небоскреб в виде огромной смоделированной дорической колонны, в каннелюрах которой карабкались вверх на высоту 30 этажей окна, можно понять как карикатуру на умирающий эклектизм. В те же годы Ле Корбюзье опубликовал свое полемическое произведение «Об архитектуре» («Vers une architecture»), рассчитанное на то, чтобы нанести смертельный удар эклектизму.

Вторая эпоха американских небоскребов относится к периоду с 1920 г. до второй мировой войны. Она началась с огромного подъема строительной активности, продолжавшегося до экономического кризиса 1929 г. Этот период характеризуется новыми рекордами высоты — «Крейслер-билдинг» (320 м), «Эмпайр Стейт билдинг» (380 м), но прежде всего отчетливой переменой в архитектурном понимании каркасного способа строительства. Декоративные формы историзма, орнаментальные украшения завершающих или переходных частей встречаются все реже и, наконец, совсем отживают. Традиционные расчлененные элементы уступают место системе выступающих фасадных плоскостей, вертикальному и горизонтальному членению, которые делает зримой несущую систему и металлический каркас и осязательным пластический строй корпуса здания. Идеальную картину высотного делового дома представляет изолированная самостоятельная башня с фронтально или центрально симметричным ступенчатым расположением; широко применяются прямоугольная форма плана и свободная асимметричная группировка. Такой облик здания соответствует требованиям и положениям новых нормативных материалов, изданных в Нью-Йорке в 1916 г.

Характерным решением отличается выстроенное в 1931 г. высотное здание газеты «Дейли Ньюс» в Нью-Йорке. Вертикальные полосы, подчеркнутые светлой окраской, устремляются ввысь не имея завершения, вертикальность проявляется более четко благодаря ступенчатости этажей, винтообразно обвивающих корпус здания, в силу чего получается привлекательное смещение здания в перспективе. Трудно представить, что авторами этого сооружения были те же архитекторы, которые создали чикагский «Трибюн Тауэр». Вертикальное членение здания «Дейли Ньюс» теряет свою убедительность и получает оттенок графического схематизма, если его сравнить со зданием издательства «Мак Гроу Хилл», построенным годом позже Худом и Хауэлсом: здесь точно так же в рельефе выделяются горизонтали, подчеркнутые с помощью светлой керамической облицовки, вертикали основных и второстепенных колонн и косяки окон, объединенные темной краской, что как бы углубляет их. В здании «Дейли Ньюс» вертикали сделаны одинаковыми, что вскрывает их структурный недостаток — нагрузку несет только каждая третья колонна.

Филадельфийское здание Центральной сберегательной кассы, построенное в 1932 г. Г. Хоу и В. Лескейзом, выдвинулось как чуждое, противоречащее принципам второй эры небоскребов. Корпус высотного здания с вертикалями, сильно выступающими на длинной стороне здания, и с парапетной полосой, обведенной вокруг свободной выступающей лобовой стороны, совершенно отчетливо демонстрирует несущую структуру каркаса; последняя приблизительно сходна со зданием стального треста («Инлэнд Стил билдинг») в Чикаго, построенным в 1957 г. Различие состоит лишь в том, что в филадельфийском здании структурные элементы фасада облицованы не металлом,

а камнем. Эта постройка имела и другие слабые места: узкий пилон, выступающий на лобовой стороне, переходит в сильно выступающую нижнюю часть сооружения с угловой округлостью, которую повторяет остекление промежуточного этажа, — все это очень напоминает увлечение горизонтальностью, свойственное берлинской школе 30-х годов.

Строительным сооружением, достойным лучших архитектурных образцов эпохи и переросшим их, явился комплекс «Рокфеллер-центр» в Нью-Йорке, который был начат в 1931 г. и создавался группой архитекторов во главе с Р. М. Худом. Его возведение затянулось до второй мировой войны. «Рокфеллер-центр» запланирован как центр отдыха, связи и торговли, как пресс-центр, как комплекс с систематизированной застройкой, и хотя в этом направлении позднее были еще попытки таких разработок, например нью-йоркский комплекс ООН или «Линкольн-центр», они даже примерно не достигли такого уровня. Вся группа «Рокфеллер-центр» состоит из 15 зданий: над рядом низких домов по Пятой авеню возвышается несколько высотных домов вокруг среднего высотного здания радиоконпании RCA. Здания размещены таким образом, чтобы падающие тени возможно меньше мешали и чтобы создавалось возможно большее количество привлекательных ракурсов и сочетаний разных объектов.

70-этажное возвышающееся над всем комплексом здание «Радио-Сити» фасадной стороной обращено к небольшой площади, летом представляющей цветочную клумбу, а зимой используемой под кошек. План здания имеет хорошую планировку; использование помещений и их освещение согласованы с рациональной статической системой. Расположение корпуса здания уступами по высоте также обусловлено функционально; выступающие части плана вырезаны ступенями. В соответствии с требованием нормальной глубины помещения расстояние между несущими колоннами принято примерно 8,1 м, они отчетливо угадываются снаружи в равномерном чередовании двух узких и одного широкого вертикального элементов; эти вертикали лежат в одной плоскости и выступают только по отношению к подоконным панелям, образуя слабый рельеф.

Такое чередование элементов повторяется во всех строениях «Рокфеллер-центра»; иногда оно несколько изменяется, появляясь то в упрощенном, то в сконцентрированном виде; в более низких строениях и в нижних частях здания все колонны одинаковой ширины и лежат в одной плоскости с подоконными панелями. Контраст представляет сплошная глухая наружная плоскость большого мюзик-холла, который присоединен сзади к блоку здания RCA. Здесь ярко проявляется строго подобранное единство материалов — шлифованный серо-зеленый

песчаник, содействующее гармонии всего ансамбля. Вертикальное членение не имеет монументального пафоса, оно носит отпечаток романтизма и производит праздничное впечатление гармонической силы пра-

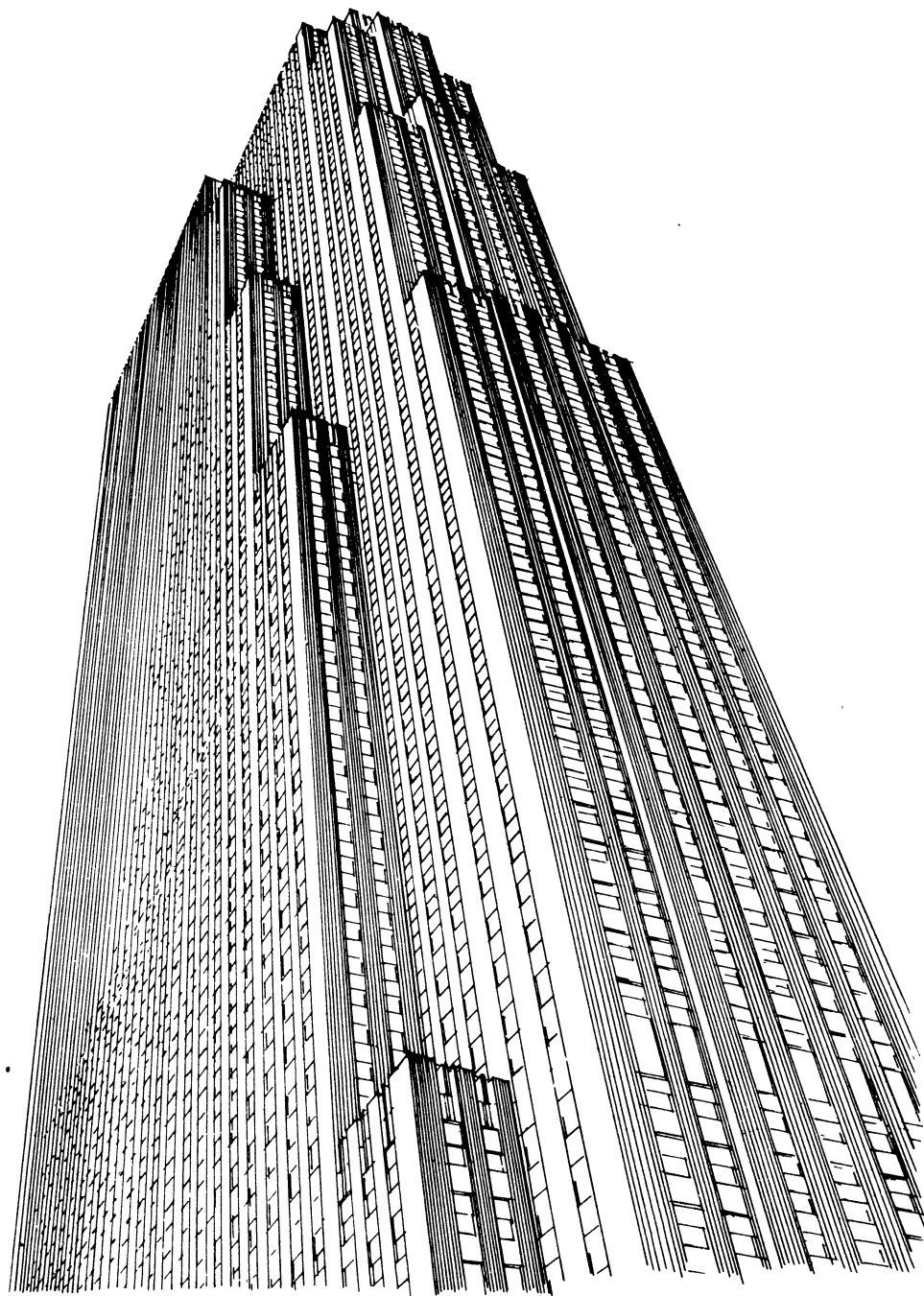
вильно поставленного современного каркасного строения. В этом сооружении впервые осуществлено единство функционального назначения, современной стальной конструкции и продуманной формы.

«Решетчатое строительство» [1940—1955 гг.]

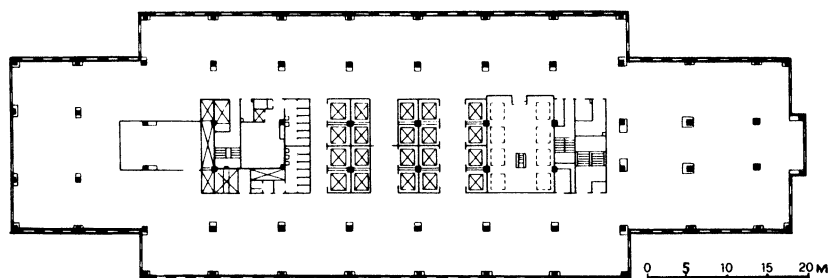
После второй мировой войны принцип каркасного строительства быстро получил всеобщее признание во всех европейских странах. Он стал применяться не только при сооружении административных высотных зданий и промышленных зданий, но и при строительстве школ, больниц и т. д. Монолитный способ строительства был оттеснен в область жилищного строительства, но и там не остался неоспоримым. Такое развитие обусловлено не только практической потребностью, но и идейными соображениями; понятно, что немецкие архитекторы после крушения фашистской диктатуры были воодушевлены прогрессивными идеями «Баухауса» и стремились к тому, чтобы сделать достижения этой школы широко доступными. Но они не имели опыта работы с новыми конструкциями; в связи с многократными нарушениями требований строительной техники и строительной физики они скомпрометировали «новое строительство». В формальном, ложно понятом применении современных конструктивных элементов даже неспециалистам вскоре стало очевидным широко распространенное легкомыслие. Эта критическая оценка относится прежде всего к решетчатому строительству, которое в течение многих лет применялось в ФРГ с удивительным упорством.

Под решетчатым строительством в узком смысле следует понимать строительство каркасных сооружений, фасад которых состоит из равномерной решетки, или сетки, с выступающими одинаковыми вертикальными и горизонтальными элементами членения фасада; утепленные окна и подоконные стеновые панели играют во внешнем облике зданий второстепенную роль. Расстояние между вертикалями составляет, как правило, от 1,6 до 1,8 м и делает возможной градацию ширины помещений, кратной расстоянию между осями. При этом зрительно нельзя установить, где главные и где второстепенные колонны и как распределяется нагрузка от перекрытий между колоннами; это можно выяснить только по колоннам, расположенным в подвале здания, где до фундамента доходит лишь каждая вторая или третья колонна фасадной решетки. Эта решетка либо опоясывает весь корпус здания, либо заканчивается на одном из глухих простенков, выступающих перед фасадной стороной.

Прототип этого вида каркасного строительства — созданный в 1938 г. Х. Сальвибергом Белильный двор в Цюрихе. В 40-х годах был построен ряд деловых домов, расположенных поблизости и имевших такое единообразие фасадных структур, что пытались говорить по аналогии с чикаг-



Нью-Йорк, Рокфеллер-центр, здание «Радио-Сити», 1931—1932 гг.



ской школой о «цюрихской школе». Этот пример немецкие архитекторы с воодушевлением приняли за основу, когда около 1950 г. вновь оживила строительная активность. Автор вспоминает первую после войны поездку в Цюрих группы мюнхенских архитекторов и реакцию польщенных и смущенных швейцарских коллег, с которой они отклоняли комплименты по адресу нового торгового квартала, заверяя, что решетчатый каркас никоим образом не является швейцарской выдумкой, и приводя ранние и лучшие примеры аналогичного строительства в Финляндии и в других странах.

Действительно, решетчатые фасады стали применять в Скандинавии и Италии еще раньше или одновременно с ФРГ. Зародыш, из которого выросли эти решения, можно ясно увидеть в «Блейхерхофе» — синтезе зданий «Колумбус-хауз» в Берлине,

Эта архитектура не нашла бы в свое время такого сильного отклика, не будь она в основе абсолютно классической с общепринятой точки зрения.

Здание «Каса дель Фаскио», запроектированное в 1936 г. Терраньи и рассматривавшееся в свое время как грандиозный успех прогрессивной архитектуры, воспринимается сегодня едва ли менее «фашистским», чем работы архитекторов традиционной школы — Пьяцентини, Муцио и др. В решетчатых фасадах вертикали не воспринимаются как несущие стойки, а горизонталь — как балки и перемычки, но являются только повторением оконных обрамлений. Характер современного каркасного строения здесь полностью отрицается, облик здания становится еще более напыщенным и более скучным, если его рамные конструкции закрыты глухими стеновыми полосами по периметру фасада.

ных колонн, ритмизацией оконных переплетов или расположением колонн изжить монотонность. Не стоит критиковать эти отдельные эксперименты, так как вряд ли они смогли сделать какой-либо вклад, достойный сравнения с идеями, пролагающими новые пути концепциям французских и немецких мастеров 20-х годов, или с лучшими американскими высотными домами постройки 1930 г.; к тому же фаза развития решетчатого строительства означает для стальных сооружений скорее регресс, чем выигрыш.

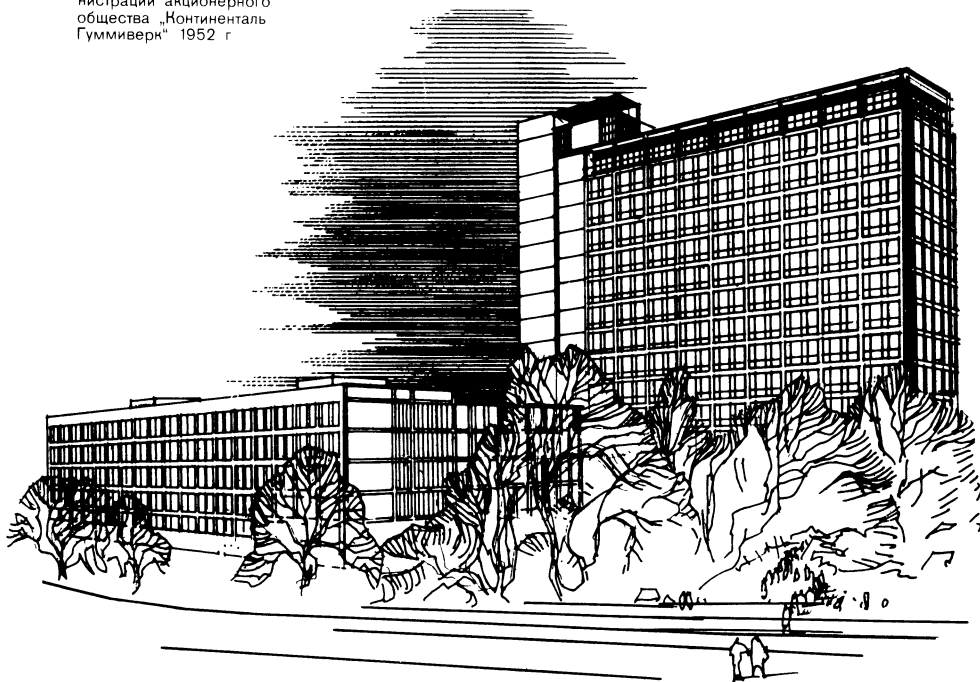
Приверженцы бетона сознательно использовали толчок строительной конъюнктуры для того, чтобы в дальнейшем отдать предпочтение этому материалу в каркасном строительстве и внушить архитекторам и расчетчикам, что простой и удобный в процессе возведения железобетонный каркас вполне может конкурировать со стальным каркасом благодаря высокой прочности бетона на сжатие.

Для этой ситуации доказательным является строительство высотного здания БАСФ в Людвигсхафене (1954 г.), где впервые железобетонный каркас перешагнул отметку 100 м и побил европейский рекорд в строительстве высотных домов по крайней мере на несколько лет. С точки зрения архитектуры, это здание не представляет большого достижения. Его нельзя в никакой мере сравнить с высотным домом «Феникс-Рейнрор», запроектированным тем же коллективом архитекторов, домом, появившимся с 1960 г. в ФРГ начало новому направлению развития стальных конструкций и связи с международной архитектурой.

Среди наиболее значительных немецких решетчатых сооружений 50-х годов имеется несколько, в которых успешно был применен стальной каркас. Строительство зданий акционерного общества «Континенталь Гуммиверк» в Ганновере архитектора Цинсера в 1952 г. привлекло международное внимание. Архитектор сумел избежать монотонности, присущей решетчатой схеме, дифференцированным формированием верхних завершающих частей зданий. По внешнему виду зданий нельзя уверенно определить, какой каркас в них применен — стальной или железобетонный.

Уже в середине 50-х годов стало весьма заметным все возрастающее пресыщение решетчатой схемой. Поиски архитекторов шли в двух направлениях: подчеркнуто структурной пластичной проработки фасада или моделирования всего строительного объема, например в административном здании главной фабрики красок с бумерангообразным планом Г. Вебера. Этот способ планировки — веретенообразной, обтекаемой формы, шестиугольной в плане и т. д. — получил тогда распространение во многих странах: неосуществленный проект «Бэкбей-центр» в Бостоне архитектора Гропиуса, высотный дом Пирелли в

Ганновер. Здание администрации акционерного общества «Континенталь Гуммиверк» 1952 г.

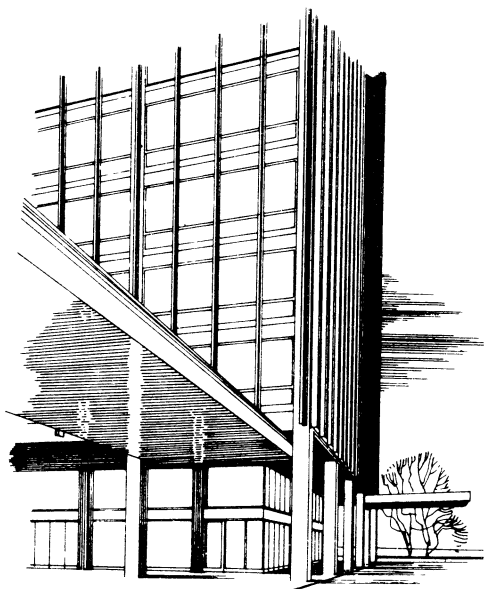


«Цепелин-хауз» в Штутгарте и «Каса дель Фаскио» в Комо.

Архитектор Сальвисберг успешно работал в Берлине в 20-х годах, он был хорошо знаком с идеями консервативных и прогрессивных немецких архитекторов, связанными с поисками новых выразительных форм каркасных строений; он знал также другой тип фасада, в котором несущий каркас был скрыт за сплошной облицовкой плитами из натурального камня — «Цепелин-отель» в Штутгарте, административное здание фирмы «Хоффман-Ларош» в Базеле. Его Белильный двор представлял собой не только законченный компромисс между горизонтализмом и вертикализмом, но продемонстрировал также и благородство каменной облицовки.

Показательно, что схема Белильного двора не нашла последователей во Франции, хотя и там, как и во всех странах в 30-е годы, стало заметным ярко выраженное неоклассическое течение. Французы оказались невосприимчивыми к этому виду компромиссной архитектуры, они еще в работах Перре имели образец культивируемой, логически убедительной связи современной строительной конструкции с традиционным фасадным членением.

Недостатки решетчатой схемы, убожество выразительных средств, недостаток пластических и графических качеств вскоре были осознаны архитекторами ФРГ 50-х годов, которые попытались с помощью дифференцирования горизонталей и вертикалей, чередования главных и второстепен-

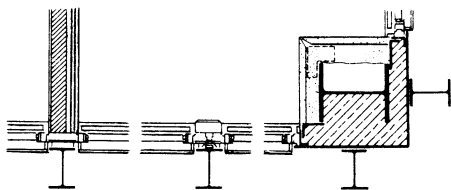


Чикаго Жилой комплекс на Лейк-Шор-Драйв
1949-1950 гг

но оцинкованными и сваренными между собой стальными листами. Они не только образуют металлическую облицовку, но и дополнительно повышают жесткость стального каркаса и уменьшают колебания здания при ветровой нагрузке. Торцы перекрытий также обшиты стальными листами. Основная структура фасадной плоскости закрыта выступающей вперед системой вертикального членения с второстепенными колоннами, проходящими через все верхние этажи. Четыре второстепенные колонны приходятся на одну основную колонну; их интервал 1,6 м является модулем, определяющим ширину окон и ритм простенков. Второстепенные колонны оставлены без огнезащитной оболочки, так как они не несут нагрузки и стоят за пределами фасада; они воспринимают только ветровое давление и служат для укрепления алюминиевых профилей, которые окаймляют глухое остекление.

Структурная логика системы легко воспринимается. В цокольном этаже остекление вестибюля несколько отступает назад, колонны, облицованные листовой сталью, выдаются вперед и вся несущая структура представляется объемной. В нижней части фасада также отчетливо читается двутавровый профиль второстепенных колонн. Перспективная композиция придает зданию еще более величественное

Деталь фасада жилого комплекса на Лейк-Шор-Драйв



впечатление, хотя оно не имеет ни обычного деления на несколько зон, ни завершающего парапета. Корпус здания строго соответствует его функциональному назначению. Размер окон и шаг второстепенных колонн соответствуют масштабам человека. Соотношение длины, ширины и высоты, как всегда у Мис ван дер Роэ, тщательно уравновешено так же, как и расположение корпусов под прямым углом друг к другу. Эта деталь дает богатый эффект: с какого бы места не рассматривалась группа зданий, всегда одна боковая плоскость выглядит укороченной, так что выступающие двутавровые профили окон скрываются и сливаются в одну плоскость. При всей прозрачности решений каркасного строительства сохраняется и телесность строительного объема.

Какое умственное напряжение, какая многолетняя интенсивная работа были необходимы для возникновения новой архитектуры каркасных зданий в подлинном смысле этого слова!

Коротко рассмотрим, как Мис ван дер Роэ искал решение фасадов в своих более поздних высотных домах на озере Мичиган.

Уже опыт возведения первых зданий показал, что недостаточная точность установки второстепенных колонн на высоту более 20 этажей легко заметна на глаз и нарушает стройность фасада. Можно было бы устранить этот недостаток путем устройства стыков во второстепенных колоннах в уровне перекрытий, выделяя эти стыки листовыми прокладками в каждом этаже и прерывая таким образом сплошную линию колонн. Смещения колонн при таком решении были бы едва заметны. Кроме того, на фасадах получалась переменная ширина окон, так как каждая четвертая или пятая колонна фасада совпадала с основной, более широкой стальной колонной; поэтому простенок с обеих сторон несущей колонны должен быть уже чем простенки между средними окнами фасада. В жилых комплексах «Комонуэлс променад апартментс» и «Эспланад апартментс» постройки 1953 — 1956 гг. Мис ван дер Роэ сохранил строгую рядность двутавровых фасадных стоек, но сделал все окна одинаково широкими, установив несущие конструкции на расстоянии примерно 30 см позади фасада и проведя в образовавшемся промежутке обогревающие трубопроводы. Усовершенствованная Мис ван дер Роэ система стального фасада скрывала и железобетонные несущие конструкции.

Навесная стена представляет собой легкую стеновую конструкцию, укрепленную перед несущим каркасом и состоящую из заранее заготовленных, унифицированных элементов высотой в один этаж или более, которые выполняют все функции наружного ограждения. Преимущества этой системы очевидны: выигрыш в объеме помещения, уменьшение веса здания, ускорение и рационализация строительного

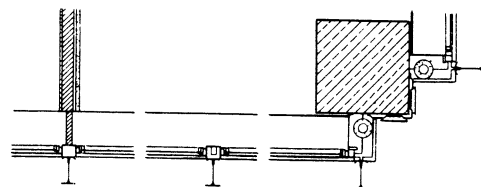
процесса и не в последнюю очередь парадность и блеск, который исходит от стекла и металла, создавая впечатление современного решения фасадов. Закономерность и высокая архитектурность металлических фасадов Мис ван дер Роэ служат если не образцом, то мериллом для лучших решений высотных зданий.

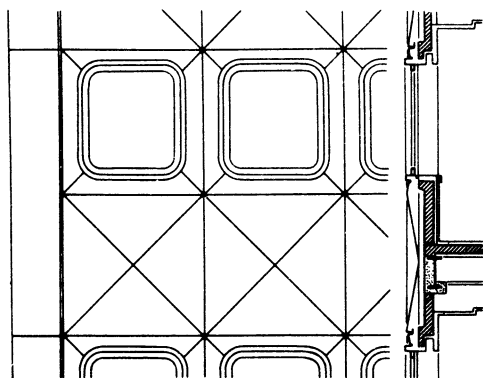
Однако жилые дома на Лейк-Шор-Драйв и комплекса «Комонуэлс» представляют с конструктивной точки зрения лишь небольшой шаг в развитии идеи навесных стен. В США, так же как и в Европе, применение навесных стен имело свои этапы развития. Можно было бы назвать различные переходные стадии, например плоский фасад из алюминия и стекла с хорошими пропорциями «Эквитейбл-билдинг» в Портленде (штат Орегон) (архит. П. Беллуши, 1948 г.).

Американскими высотными домами, с которых началась эра применения навесных стен, были «Алкоа-билдинг» в Питтсбурге архитекторов Гаррисона и Абрамовица и «Левер-хауз» в Нью-Йорке архитекторов Скидмора, Оуингса и Мерилла. Оба здания выстроены примерно одновременно вскоре после зданий на Лейк-Шор-Драйв. В конструкции стального каркаса высотного дома «Алкоа» впервые применены металлические крупные панели перекрытий и, таким образом, создана чисто металлическая конструкция здания.

Фасад здания «Алкоа» представляет собой прототип панельного способа строительства: в нем применены панели высотой в один этаж из алюминиевого листа, имеющие для жесткости по краям профилированную окантовку, которая одновременно служит для соединения элементов друг с другом и для прикрепления их к металлическому каркасу. Плоскость панели разделена на два поля, каждому из которых придана дополнительная жесткость выштамповкой плоской пирамиды, сопоставимой с историческим «алмазным рустом» облицовок из натурального камня с той лишь разницей, что грани здесь значительно больше и имеют вогнутую форму вместо выпуклой. В верхней половине фасадного элемента проходит тисненная грань над поворотными окнами в профилированном обрамлении, причем окна открываются пневматически только для очистки. Идея навесных стен здесь еще не завершена; во-первых, не все поле несущего каркаса заполнено унифицированными элементами, перед колоннами вставлены дополнительные элементы в виде отдельных

Деталь фасада жилого комплекса «Комонуэлс»





Деталь фасада высотного здания фирмы «Алкоа» в Питтсбурге

узких полос; во-вторых, за лицевыми панелями устроены дополнительные огнезащитные стены путем нанесения торкретированным на металлическую сетку легкого бетона. Но все-таки в здании «Алкоа» впервые применены навесные стены.

С технической стороны способ строительства из алюминиевых панелей является вполне удачным способом: он сравнительно прост и экономичен, лишен сложной проблемы заделки швов, упругая окантовка из листового металла выравнивает температурные колебания и неточности размеров.

В последующих строениях в США скоро выяснилось, что удобный способ придавать нужную форму листам алюминия привел к формалистическому приему, который низводил фасады небоскребов до незначительности парфюмерной упаковки. С «Алкоа-билдинг» уже началась оппозиция против строгих форм — та декоративно-фольклорная модная волна, которую последователи Мис ван дер Роэ назвали «развлекательной архитектурой».

В «Леввер-билдинг» в Нью-Йорке появился впервые другой тип навесной стены — «реечный способ строительства». Фасадные металлические детали уменьшены до изящной сетки из реек; в остальном же весь фасад состоит из стекла. Такая элегантная конструкция стала возможной потому, что в этом решении кладка из шлаковых камней и стеклянных блоков выполняла одновременно теплозащитные и огнезащитные функции. Колонны несущего каркаса поставлены так далеко позади стекла, что днем они едва видны. Ночью, когда мелко расчлененный, стремящийся ввысь корпус из стекла как по мановению волшебной палочки превращается в сочетание световых полос — несущая структура становится прозрачной. В конструктивной проработке, в структурной четкости «Леввер-билдинг» несколько уступает жилым домам Мис ван дер Роэ в Чикаго, что же касается архитектурного качества, то сам Мис ван дер Роэ предложил для сравнения построенный им в 1955—1957 гг. «Сигрэм-билдинг» в Нью-Йорке.

Этот небоскреб очень ценится как знаменитейшее сооружение Мис ван дер Роэ, бо-

лее совершенное, чем здания на Лейк-Шор-Драйв. Высота здания почти удвоена, вертикальность усилена с помощью узких рядов двутавровых второстепенных стоек. Особый оттенок благородства сооружение получает благодаря тому, что в трех верхних этажах отсутствует остекление, и второстепенные стойки выступают перед сплошной металлической поверхностью, которая производит впечатление венчающей диадемы. Отличие здания «Сигрэм» становится особенно заметным благодаря осесимметричному приземистому зданию, расположенному перед высотной частью, — неслыханное расточительство площади для Нью-Йорка — и, конечно, благодаря знаменитому бронзированному фасаду.

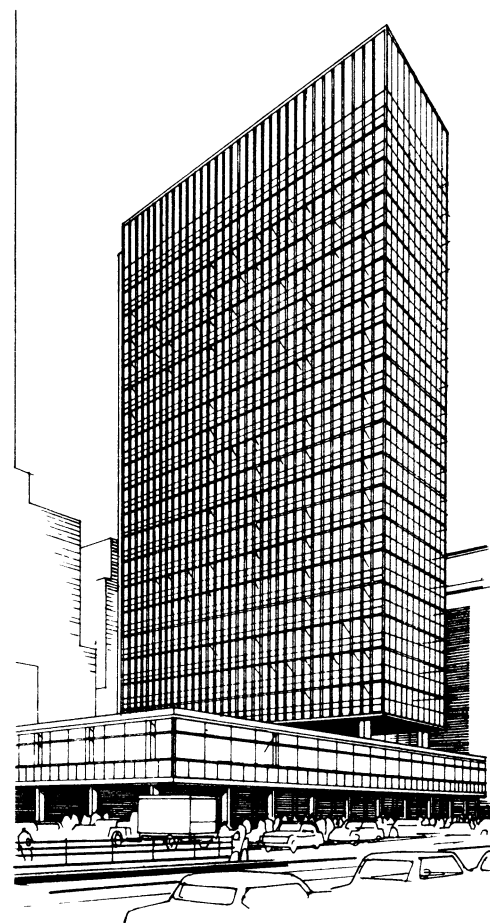
В здании «Леввер-билдинг» фасад тоже выполнен из благородного материала — все реечное покрытие из нержавеющей стали. В основании его также расположено большое приземистое здание, но оно не выдвинуто вперед к улице, а находится под высотной частью, которая как бы оторвана от него и стоит на открытых колоннах. Приземистый корпус вдвинут под высокостоящий высотный корпус, который кажется парящим в воздухе. «Леввер-билдинг» имеет скромный вид, который вполне отвечает назначению здания, рассчитанного на 25 лет эксплуатации.

«Леввер-билдинг» и «Сигрэм-билдинг» обязаны в значительной мере своим сверкающим первоначальным впечатлением контрасту с низкой окружающей застройкой того времени. Уже через пять лет оба эти здания терялись среди ряда новых, выросших вдоль Пятой авеню, зданий из металла и стекла. Устройство навесных стен было все еще трудоемким методом строительства, который требовал высокой степени совершенства в пропорциях, рельефе и материале и предоставлял относительно ограниченные выразительные возможности.

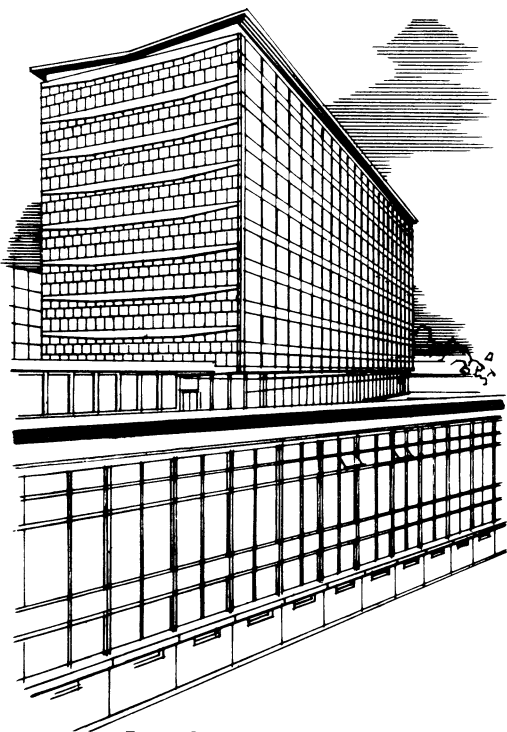
Американские архитекторы успешно комбинировали и совершенствовали элементы каркасного и панельного способов строительства, а также реечную систему Мис ван дер Роэ. Так, например, в «Леввер-билдинг» применение каркасного заполнения стен привело к невыразительному однообразному рисунку вертикальных и горизонтальных элементов. Опытный архитектор должен был уже при одной мысли о стекающей воде почувствовать несовершенство выступающих горизонтальных уступов. В очень элегантной навесной стене здания главного управления компании «Пепси Кола» в Нью-Йорке представлена удачная комбинация сетчатого фасада Мис ван дер Роэ с гладкими подоконными плитами из алюминия. Привлекателен также изысканный фасад Федерального банка в Сан-Франциско с подчеркнутыми вертикалями из нержавеющей стали, ритмическим рядом оконных импостов, имеющих повторяющийся через этаж рисунок, что создает тонкую диагональную структуру.

Когда навесная стена около 1955 г. проникла в Европу и быстро распространилась в ней, она уже не имела прежних технических недостатков и была конструктивно улучшена и обогащена различными комбинациями материалов и профилей. Вот только некоторые, произвольно отобранные примеры: отличный панельный способ строительства, предложенный Жаном Пруве совместно с фирмой «Штудал и Ц.И.Т.М.» в Париже, со стеновыми элементами высотой в один этаж, встроенным глухим остеклением и вертикально или горизонтально раз-

Нью-Йорк. Леввер-билдинг, 1951 г.



движными створками. Внутренний и наружный слои панелей из алюминиевых листов с деревянным обрамлением; жесткость стеновых панелей обеспечена с помощью расположенных между листами рам из стального профиля, которые одновременно служат для соединения панелей; пространство между связями заполнено пенным теплоизоляционным материалом. Система членений фасада здания главного управления фирмы «Пепси Кола» — вертикальные стержни с гладкими подоконными вставками — была соединена с помощью горизонтальных стержней с каменной кладкой. В торговом доме Хортена в Дюссельдорфе эта система проя-



Париж. Здание „Кэсс Сантрал д'Алокасьон Фамильял“. 1955–1958 гг.

вилась уже как настоящая навесная стена; то же мы видим в конторских зданиях фирмы «Декель и Осрам» в Мюнхене (см. с. 313, 140).

Развитие навесных стен не способствовало распространению в Европе металлических конструкций. Навесные стены сочетались и с железобетонным каркасом, который в Европе преобладал. Этому содействовала сложившаяся практика ставить несущие колонны позади фасада, чтобы сделать его прозрачным и полностью независимым от каркаса. Так, например, в здании ратуши А. Якобсена всякая стена подвешена к консольным плитам железобетонных перекрытий. Так же устроен несущий каркас коммерческого банка в Дюссельдорфе с той лишь разницей, что железобетонные консоли выступают наружу в открытый цокольный этаж. В обоих зданиях ветровые усилия передаются на массивные ядра жесткости лестничных клеток.

Желание совместить прозрачность и точность навесных фасадов из стекла и металла с каркасными конструкциями было осложнено необходимостью выбора материала для каркаса. Поучительно сравнение двух огромных сооружений, в которых была сделана попытка освободить продольный фасад от присоединения к каркасу, что делалось также с целью свободной планировки помещений и выявления несущих конструкций.

В высотном доме Пирелли в Милане, построенном в 1955—1957 гг. Гю Понти при участии П. Л. Нерви, перекрытия в средней части веретенообразного, заостренного по концам плана имели необычный пролет 20 м; для обеспечения жесткости были

использованы предварительно-напряженные железобетонные рамные конструкции. Массивные поперечные стеновые диски сильно сужены сверху и разделены внизу на две несущие опоры, вырисовываясь на фасаде, и даже специалисты не сразу различают в этом облике несущую систему.

Административное здание «Кэсс Сантрал д'Алокасьон Фамильял» в Париже, построенное в 1955—1958 гг. архитекторами Лопецом и Реби и инженером Паско, имеет стальной каркас в виде многоэтажных рам, у которых мощные ригели пролетом 9 м имеют на концах консоли по 5,5 м; крайние ригели вынесены на торцовые фасады. Навесная стена продольной стороны подвешена к верхнему ряду консолей и последовательно проходит мимо всех перекрытий (см. с. 204). Чередование высоких подоконных полос с заполнением из полистирола и узких оконных лент, которые, обегая здание кругом, объединяют его в одно целое, и синкопически смещенные стержневые элементы придают фасаду особую ритмическую привлекательность и контрастный эффект как днем, так и ночью.

Во Франции и в Бельгии имеется ряд выдающихся решений, в которых фасады четко расчленены с помощью наружных колонн, которые вырисовываются в подвесной стене, как, например, в выстроенном в Париже 1958 г. архитекторами Балладуром и Лёбейлем и очень умело вписанном в узкий участок земли административном здании «Кэсс Сантрал де Реассюранс». Расчленение фасада достигалось также благодаря выступающим наружу полкам внешних колонн, как, например, в 14 этажах, поднявшихся выше нижней железобетонной части здания социального страхования в Брюсселе, 1956 г. (архиг. Х. ван Куик).

В заключение можно сослаться на два здания в Дюссельдорфе, как на выдающиеся достижения эры навесных стен — здание фирмы «Маннесман» архитекторов Шнайдер-Эслебена и Кнотхе и инженера Левентона, а также здание управления фирмы «Феникс-Рейнрор» архитекторов Хентриха и Петчнига — оба начаты в 1957 г. Среди архитекторов долгое время не было единого мнения, какому зданию отдать предпочтение. Многие склонялись к тому, чтобы дать премию зданию «Маннесман».

Завершенность деталей, гармоничность структуры фасада, несущей системы и внутренней обстановки, эффект узких, высококонтрастных башен на рейнском берегу перед широко раскинувшейся массой старых административных зданий — все это создает прекрасное впечатление. Особенность здания также состоит в том, что в нем применен традиционный принцип трехчленного деления, особенно ярко подчеркнутый цилиндрическими наружными колоннами нижнего этажа. Благородное впечатление еще усиливается строгой замкнутостью планов, изоляцией строительных корпусов,

обусловленной узким земельным участком и противопожарными разрывами от существующих сооружений. Элегантные навесные фасады из алюминиевых профилей, стекла и эмалированных стальных листов огибают здание кругом; колонны из круглых труб, спрятанные за фасадом, соединены на шарнирах, ветровые нагрузки передаются на массивное ядро жесткости, которое, лишь немного отступая от продольного фасада, стесняет и без того узкий план здания.

«Феникс-Рейнрор», называемый теперь «Тиссен-хауз», выигрывает благодаря свободному размещению на большом пространстве на окраине городского парка. Группировкой из трех вытянутых в длину, различных по высоте плоских корпусов архитекторы показали блестящий пример «открытых форм»: корпус высотного здания, оживленный ступенчатостью в плане и на разрезах, повторяет проектный замысел, который был на 25 лет раньше с успехом воплощен в центральном здании RCA в Нью-Йорке. Здесь он доведен до логического завершения. Так же как и в «Маннесман-хауз», трубчатые колонны расположены позади фасада, но они стоят на больших расстояниях и в зависимости от конкретных условий иногда попадают в середину окон. Гибкая планировка помещений благодаря этому предельно упрощена. Ветровые нагрузки не воспринимаются массивным ядром жесткости, а передаются через ветровые связи на торцовые плоскости корпусов (см. с. 214). Статические функции лишено окон торца здания подчеркнуты переменной материала — вместо алюминия применена облицовка из нержавеющей стали.

Весь замысел проекта благодаря интенсивной совместной работе архитекторов и инженеров — расчет, проблемы вертикального транспорта, развитие помещений и их планировка, направленность освещения, оборудование и коммуникации и т. д. — воплотился в объединенной, геометрически замкнутой, легко запоминающейся центрально-симметричной форме, «красивом» плане. Этот план представляет собой образец, по которому можно судить, что задача настоящих архитекторов не исчерпывается лишь тем, чтобы навесить на какую-либо конструкцию красивый фасад.

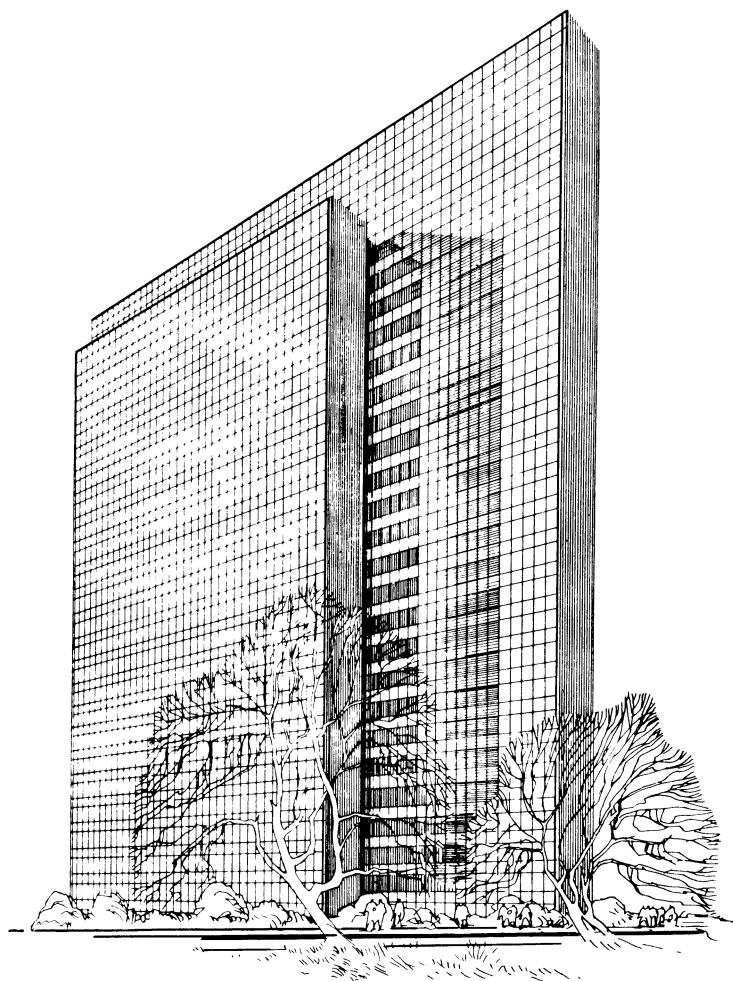
Реакция против строгой архитектуры из металла и стекла

Реакция против «функционализма» в международной архитектуре, протест против строгой конструктивной дисциплины, которая была установлена Мис ван дер Роэ в Чикаго, наступила очень рано. Это означало для стального строительства весьма ощутимый удар.

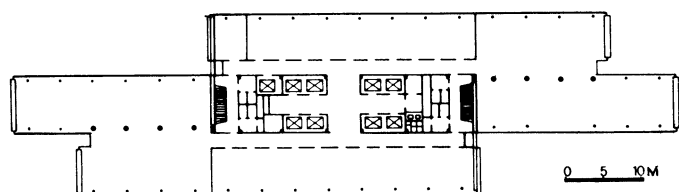
Более серьезно и обоснованно, чем в поверхностной модной волне, которая была начата с алюминиевых граней фасада здания «Алкоа», появляются новая архитектурная точка зрения, новые выразительные средства в работах рано умершего Ээро Сааринена. Его первое большое сооружение — комплекс зданий технического института фирмы «Дженерал Моторс» в г. Уоррене близ Детройта, запроектированных и выполненных в период с 1946 по 1955 г., — демонстрирует еще строгую дисциплину школы Мис ван дер Роэ. Однако общий план является противоположностью плану Иллинойского технологического института в Чикаго. В нем доминирующее значение имеют искусственное озеро с фонтанами, поднимающаяся из воды водонапорная башня из нержавеющей стали и сводчатое сооружение выставочного зала.

Прямоугольно расположенная группа зданий конторы и цехов отчетливо демонстрирует несущий стальной каркас; конструкция фасадов по сравнению с небоскребами значительно упрощена: стройные колонны, поставленные на расстоянии 1,6 м, немного выступают наружу, между ними расположены оконные элементы из зеленого стекла, а также выступающие элементы покрытий и парапеты из эмалированных стальных листов. Вся эта стройная структура основного фасада всех зданий вставлена между глухими плоскостями из глазурованной кирпичной кладки. Разнообразием и игрой красок этот фасад напоминает латиноамериканскую фольклорную строительную керамику, которую архитекторы пытались снова воскресить в Мехико.

Еще один острый контраст материалов применил Сааринен в научно-исследовательском центре в Йорктаун-Хейтсе (штат Нью-Йорк). Двухэтажное здание длиной около 300 м в виде кругового сегмента расположено вокруг плоской вершины холма. Впечатление огромной длины усилено вертикальным членением фасада — остеклена лишь крытая галерея, идущая через все здание и служащая для отдыха и обозрения местности. Лаборатории и исследовательские помещения, расположенные внутри здания, наглухо отгорожены от окружающего пространства и имеют искусственное освещение. Для торцовых стен с редкими оконными проемами применена рустированная кладка из очень круп-



Дюссельдорф „Тиссен-хауз“ (ранее „Феникс-Рейнрор“), 1957–1960 гг



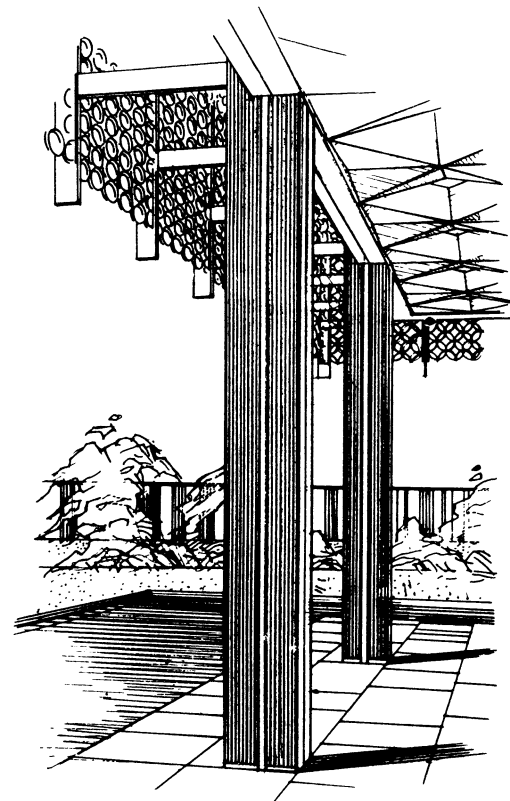
ных неровных камней. При ближайшем рассмотрении видно, что это не циклопическая кладка, а каменная крошка, покрывающая бетонную стену. Этот искусственный прием особенно неприятен в сочетании с огромными сильно заостренными сверху колоннообразными пилястрами, которые поддерживают вырастающий из стеклянной стены закругленный навес над главным входом.

Стремление к более оживленным, если не сказать более грубым эффектам, к включению традиционных строительных материалов не ограничилось обрамлением, а стало проявляться и в конструкциях навесных стен. Классическая навесная стена из металлических импостов и стеклянных плоскостей оказалось не только хрупкой, трудоемкой и плохо поддающейся реконструкции, но и при безупречном исполнении также довольно дорогой, а для многих зданий — несовместимой с производственными требованиями. С другой стороны, принцип навесной стены — разбивка фасада на сборные элементы высотой в один этаж — сомнению не подвергался. Благодаря усилиям архитекторов сделать навес-

3) панели из натурального камня, вставленные в металлические рамы или свободно навешенные.

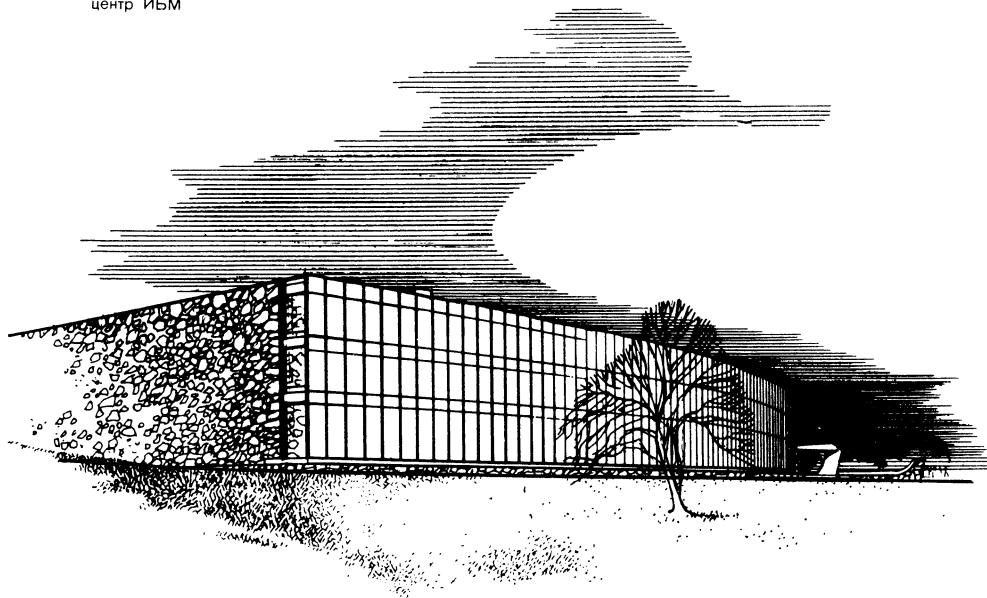
Экран как прием облицовки встречался в истории строительного искусства. Его возрождение в каркасном строительстве было заслугой американской алюминиевой промышленности, сделавшей из него хорошую рекламу. Так, торговое бюро «Рейнолдс Металл компани» в Детройте явно служило в качестве рекламного объекта. Архитектор М. Ямасаки навесил на металлический каркас своего рода кольчугу, которая хорошо гармонировала со свободными металлическими колоннами нижнего этажа. Она производила сильное впечатление своей прозрачностью и одновременно создавала приятный теневой рисунок на фасаде.

Экран очень близок солнцезащитным устройствам, которые, по инициативе Ле Корбюзье, были использованы уже в 40-х годах в южноамериканских железобетонных каркасных зданиях. Около 1950—1951 гг. в административном здании «Пан-Американ Лайф Иншуренс компани» в Новом Орлеане, выстроенном почти одновременно со зданием «Левер», между сквозными балконными плитами, выступаю-



Детроит. Торговое бюро «Рейнолдс Металл компани»

Йорктаун-Хейтс, штат Нью-Йорк. Исследовательский центр ИБМ



ную стену более дешевой и универсальной в эксплуатации, а также более выразительной и интересной определились три основных типа фасадных конструкций:

1) «экран» (screen) — навесная сетка из металлических частей, прорезанная керамическими элементами, которая скрывает наружную стену с небольшим числом окон или совсем без окон, обычно крайне невыразительную;

2) навесные панельные элементы из искусственного камня, в которых более богатое и сильное пластическое членение также возможно, как и сокращение площади остекления;

щими из перекрытий, были установлены на расстоянии около 1 м вертикальные, прочно закрепленные алюминиевые экраны. Таким образом, одновременно с солнцезащитой создавалась возможность наружной очистки окон.

Передовые европейские архитекторы рассматривали экран как упадочническое решение, но усердно его практиковали, например, при строительстве магазинов. Это было выгодно с коммерческой точки зрения, так как давало возможность закрывать старые, запущенные каменные фасады ажурным металлическим плетением как модной сверкающей одеждой. Именно

такое применение экранов, правильно понятое, могло бы быть для архитекторов благотворным приемом, позволяющим увеличить срок службы старых зданий и легко трансформировать фасады при реконструкции, так как экранирующие сетки легко устанавливаются и снимаются.

Близкими по замыслу были панельные навесные элементы, выполненные из бетона или искусственного камня. Ранние попытки их применения были сделаны архитекторами Гаррисоном и Абрамовицем при строительстве «Вачовиа Банк» в Шарлотте (США) и в здании «Алкоа» в Питтсбурге. В бетонном фасаде здания банка пластически оживлены тонкостенные основные элементы и одновременно увеличена их жесткость благодаря складчатости и введению ребер по контуру. Между краями перекрытий установлены вспомогательные колонны, так как элементы, размещенные в шахматном порядке от оконной до парапетной зоны, занимают лишь половину высоты этажа. Теплоизолирующая вермикулитовая штукатурка нанесена на стены торкретированием изнутри; дополнительная облицовка вспомогательных колонн и оборудования создает впечатление, что наружные стены состоят из толстых несущих простенков. Площадь окон здесь еще меньше, чем в фасаде «Алкоа».

Имеет элегантный вид и полностью соответствует современному каркасному строительству остроумная конструкция фасада 28-этажного высотного здания мичиганского газового завода в Детройте архитектора М. Ямасаки (1961 г.). Оконные проемы здесь предельно узки — всего

около 50 см — и очень тесно поставлены: они имеют высоту от пола до потолка и завершаются сверху и снизу ломаными линиями, так что остекление имеет форму сильно вытянутого в длину шестиугольника. Все вместе создает своеобразный декоративный эффект и выглядит некоторым подобием восточной гаремной решетки, которая отлично гармонирует с эклектической архитектурой соседних небоскребов. Это впечатление усиливается удивительным подбором материалов: фасадные элементы изготовлены из белых сверкающих кварцитовых плит и почти не отличаются от мраморных плит, которыми облицованы наружные колонны, подчеркивающие несущий каркас. Навесные элементы высотой в два этажа состоят из узких ребер, из которых вырастают низкие полосы перекрытий. Вертикальный стык панелей расположен в нижнем углу шестиугольника, что делает стык сравнительно нечувствительным к неточностям изготовления и монтажа.

Среди американских архитекторов Ямасаки сумел противостоять пуританскому функционализму. Его навесная стена из искусственного камня была уже проверена раньше в четырехэтажном здании университетского корпуса, где он применил эклектический викторианско-готический или скорее индийский стиль. Многие архитекторы были шокированы тем, что он перенес эту экзотически-декоративную фасадную филигрань на небоскреб; однако этот прием вполне допустим. Так, бронзовый фасад «Сигрэм-билдинг» был перенесен на низкие сооружения, находящиеся в отдаленном географическом районе, например на здание парламента в Штутгарте. Фасады, похожие на фасады М. Ямасаки, нашли широкое распространение и копировались не только в США, но в Англии и

ФРГ, частично даже выполненные в металле, но при этом сделанные более грубо. Чтобы не потерять из виду ход развития конструкций металлического каркаса, мы должны еще заметить, что при строительстве высотного здания газового завода в Детройте был применен стальной каркас, выполненный полностью на электросварке.

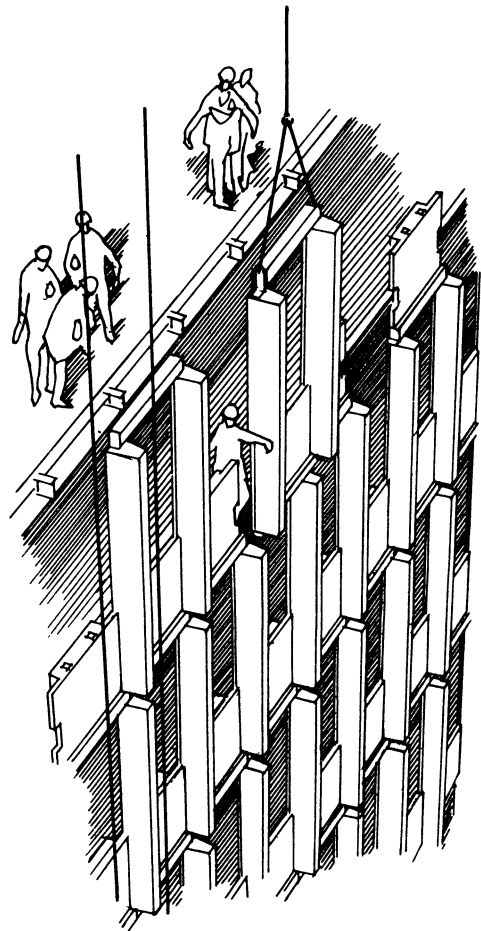
Построенное в 1963 г. высотное здание «Пан Американ билдинг» в Нью-Йорке группой архитекторов во главе с В. Гропиусом (совместно с Е. Ротом и П. Беллуши) имеет строгий фасад из железобетонных панелей, поверхность которых была обложена добавкой кварца. Основные элементы фасада, жесткость которых увеличена по вертикальным краям с помощью выступающих ребер, расположены в шахматном порядке от этажа к этажу и включают простые подоконные панели и окна. Фасадная система Мис ван дер Роэ, несомненно, служит здесь образцом. При грубом рельефе бетона вполне логично, что горизонтальные фрагменты между вертикальными ребрами подчеркнуты сильнее; очевидно, что это не несущие, а только ограждающие элементы. Несущие колонны выявлены благодаря сильно утопленному остеклению обеих технических этажей, которые эффектно делают высоту и усиливают общее впечатление от здания.

Комбинация фасадных элементов из бетона со стальным каркасом не более ошибочна, чем комбинация металлических элементов фасада с железобетонным каркасом, хотя она и противоречит старому принципу, что более легкие строительные детали должны всегда крепиться к более тяжелым. При постройке «Пан Американ билдинг» тщательно взвешивалось, насколько более высокая нагрузка на стальной каркас может быть компенсирована снижением стоимости бетонного фасада, и то, что здесь применены тяжелые конструкции, служит еще одним доводом, говорящим о высокой несущей способности стальных конструкций, которая здесь уже граничит с фантастикой: башнеобразное сооружение высотой 246 м стоит над железнодорожным полотном Центрального вокзала в Нью-Йорке и должно было быть построено так, чтобы не прерывать или не мешать эксплуатации железной дороги.

Стремление придавать зданиям богатый и внушительный вид не могло обойтись без возврата к естественному камню, к этому древнему строительному материалу монументальной архитектуры, к применению его в навесных фасадах. Первые шаги в этом направлении были сделаны при строительстве зданий банков и страховых обществ. Начало положили Гаррисон и Абрамовиц — они доказали свое пристрастие к естественному камню мраморной облицовкой огромной фасадной стены здания ООН в Нью-Йорке, построенном в 1955 г., плос-

кости колонн и подоконных панелей облицованы полированными гранитными плитами на растворе; нащельники из нержавеющей стали над стыками производят впечатление элементов висячей стены.

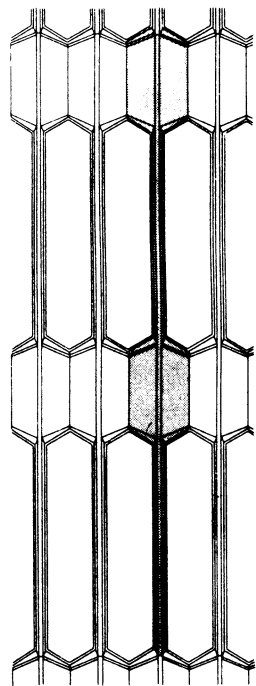
Фасад из натурального камня был осуществлен несколькими годами позже архитектором Альбертом Каном при строительстве Национального банка в Детройте.



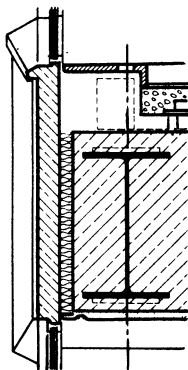
Нью-Йорк. Монтаж фасада «Пан Американ билдинг»

Плиты из шлифованного кристаллического мрамора заключены в профилированные рамы из нержавеющей стали и чередуются с рамами из нержавеющей стали оконных и подоконных элементов. Однако здесь высокие декоративные качества этих прекрасных материалов использованы далеко не полностью.

Знатки и любители каменных материалов считали недопустимым вставлять естественный камень в оправу из металла, но другой возможности создавать из камня панельные элементы высотой на этаж не было. Если на несущий каркас или кирпичную кладку в качестве облицовки пилонов и простенков непосредственно навешиваются плиты из естественного камня, размеры которых ограничены размерами камня, то такую конструкцию уже нельзя рассматривать как навесную стену — она представ-



Детройт. Деталь фасада высотного здания газового завода



ляет собой обычную облицовку фасада, в ней возникают детали, неспецифичные для каркасного строительства.

Протест против функционализма, против строгого и сдержанного идеала строительства Мис ван дер Роэ в конце 50-х годов приобрел особую остроту. На смену объективной, конструктивно подчеркнутой архитектуре с ровными поверхностями и простыми цветовыми контрастами пришла субъективно-экспрессивная, пластически подвижная форма с живописными эффектами и оживленной структурой. Эта форма не останавливалась перед использованием историко-фольклорных мотивов и банальных приемов, прибегая к ним для усиления внешнего эффекта. Перелом происходил так, что были основания предполагать скрывающуюся за этим историческую закономерность в смене фаз, в противоборстве классических и романтических течений на различных этапах новой истории архитектуры. Для подчеркнutoй выразительной, пластичной архитектуры бетон оказался более подходящим и предпочтительным материалом. Таким образом, этот поворот имел серьезные последствия для международного развития каркасного строительства и особенно для стальных конструкций.

В 1961 г. было возведено 20-этажное административное здание «Хартфорд Иншуренс компани», представляющее собой чисто железобетонное каркасное сооружение с массивным ядром жесткости и безбалочными перекрытиями при квадратной сетке колонн. Создание этого сооружения, запроектированного в Чикаго, означало вторжение железобетона в американское металлическое строительство, в конструкцию деловых высотных зданий. Здесь продемонстрирован новый принцип оформления фасадов, отражавший новую фазу развития современных каркасов высотных зданий, которая в мировом строительстве 50-х годов уже созревала. Этот принцип позднее снова нашел блестящее подтверждение в стальных конструкциях: это выдвинутые несущие каркасы, различные утопленные и вставленные элементы фасадов.

Непривычная пластичность выявленной на фасаде несущей структуры производила почти шокирующее впечатление — в соседстве с современными фасадами из металла появлялись капители, которые на внешней стороне зданий выглядели расчеченной шляпкой гриба, образованной переходом от тонких плит покрытия к наружным колоннам и фактически создающей впечатление свода. Невольно вспоминается, и этому содействует гранитная облицовка, фашистско-патетическая монументальная архитектура дворца итальянской нации, названного устами народа «черным сыром» из-за глубоких крупных отверстий на фасаде. Вероятно, сегодня здание «Хартфорд Иншуренс компани» не вызывает больше

подобной ассоциации, так как мы до некоторой степени привыкли к сильным пластическим эффектам архитектуры истекшего десятилетия.

В 1964 г. в Чикаго была построена первая из двух круглых башен «Марина Сити». Мотив выведенных на фасад плит перекрытий, несомненно, заимствован из здания «Хартфорд Иншуренс» и доведен до полного пластичного совершенства. Вырастающие из радиальных стеновых дисков в одну пространственную кривую и имеющие форму полуокружности балконы, на которые выходят отдельные квартиры, придают башням поразительную структуру «кукурузного початка». В башнях «Марина Сити» выразительно подчеркнута новая тенденция бетонного строительства того времени: они сделаны из конструктивного легкого бетона, имеющего меньший вес без снижения прочности на сжатие по сравнению с обычным тяжелым бетоном; бетона, который по отношению прочности к весу, правда, еще не достиг показателя стали, но все же несколько приблизился к нему.

Синтез изобразительных и конструктивных тенденций новой фазы развития нашел отражение в железобетонном здании «Колумбия Бродкастинг Систем» в Нью-Йорке, построенном Ээро Саариненом. При сравнении с разновидностями архитектуры Мис ван дер Роэ это здание производит впечатление очень строгое и внешне простое. В действительности оно служит острейшим вызовом работам Мис ван дер Роэ, в частности зданию «Сигрэм».

Сааринену удалось усилить выразительность отдельно стоящего небоскреба. Башня поставлена свободно, членение фасада совпадает с несущей конструкцией, колонны и оконные полосы имеют одинаковую ширину 1,7 м. Применен только один модульный размер и практически только один материал: все здание, так же как и заглубленное приземистое сооружение в основании, облицовано гранитными плитами. Нет никаких следов иерархического трехчленного деления или ступенчатости, нет даже уширения основного модуля для входной двери — одно только строгое вертикальное стремление фасада. Несмотря на крайнее сокращение числа типоразмеров элементов, здание не производит скучного впечатления. Внешний вид башни превосходит захватывающую элегантность «Релайнс-билдинг», конструктивную силу «Сигрем-билдинг» и находится уже в области фантастики, которая проявлялась до сих пор, и то с большой осторожностью, только в работах отца Ээро Сааринена — Элиэла Сааринена, в частности в неосуществленном проекте чикагского «Трибюн Тауэр».

Тем, что силуэт здания так удивительно бесплотен и кажется почти призрачным, он обязан прежде всего с особой тщатель-

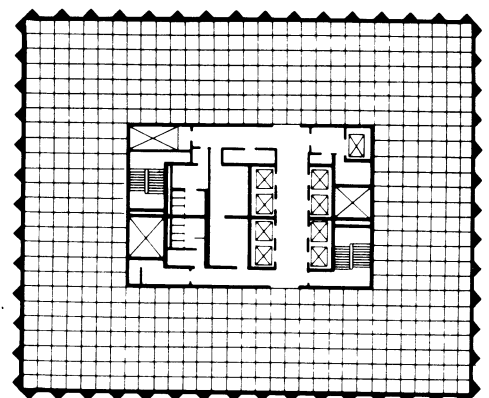
ностью выбранным и обработанным каменным материалам. Это — темно-серый канадский гранит, который принимает после термической обработки структуру и блеск неровной от трещин горной породы. На углу колонны сливаются, образуя диагональную плоскость удвоенной ширины; скашивание углов придает призматическому корпусу жесткость и точность.

Настоящей находкой здания Сааринена стало единство конструкций и формы, строго выдержанное архитектурное оформление фасадов. Поперечное сечение колонн имеет одинаковые размеры во всех верхних этажах, но внутренний зазор в них возрастает с высотой. По сравнению с этим решением уменьшающиеся кверху ступенями колонны железобетонных сооружений Мис ван дер Роэ, полученные на основании расчета на прочность, производят впечатление почти архаичных.

Правда, здание тоже имеет одну архаичную черту, которая хорошо видна в плане: колонны стоят очень часто, создавая впечатление почти массивной сплошной стены с прорезанными оконными щелями. Между наружной облицовкой и внутренней стеной, охватывающей ядро жесткости здания, закреплены ребристые перекрытия, которые увеличивают общую жесткость здания, опирающегося на фундамент, как две огромные трубы прямоугольного сечения. Так возникла строительная конструкция очень большой жесткости, благодаря которой впервые стало возможным применить железобетон для небоскребов, что прежде рассматривалось специалистами как утопия. Здесь был впервые применен способ строительства в передвижной опалубке. Одновременно проект разрабатывался в металлическом варианте, что сделало возможным, спустя несколько лет, достичь рекордной высоты при сооружении небоскребов, в которых сталь продемонстрировала свои преимущества.



Нью-Йорк Поперечное сечение колонн и план типового этажа «НБС-билдинг»



Выносные стальные нарнысы

В целом международная архитектура представляла после 1950 г. пеструю запутанную картину, демонстрируя чрезвычайное расширение творческих и технических возможностей, крутые перемены, резкие столкновения между противоположными точками зрения и тенденциями в образовании новых архитектурных форм. Возможность составить достоверное мнение в этом обилии новых идей, условностей и масштабов и удержаться на уровне современной строительной техники для практикующих архитекторов скорее осложнилась, чем облегчилась, активным выпуском специальной литературы и растущим влиянием, которое приобретали теоретические умозаключения и полемические дискуссии.

Для лихорадочного архитектурного оживления характерен тот факт, что даже смелые проекты передовых архитектурных бюро, например конструкция оболочка здания аэропорта, разработанная Саариненом, имеющая вид воздушного змея, или сложная, полная пластичности конструкция фасада из готовых элементов брюссельского «Ламберт-банка» (проектное бюро СОМ), были опубликованы в виде моделей, выполненных настолько реально, что они казались снимками с натуры. Теория архитектуры сделала решительный поворот при появлении понятия «брутализм». Этот термин был введен Р. Банхемом, назвавшим так свою книгу, хотя фактически в архитектуре никаких симптомов такого течения в то время не наблюдалось.

В нашу задачу не входит давать определения и критиковать строительно-эстетические и историко-эстетические понятия, ставить прогнозы относительно будущей архитектуры. Мы ограничимся нашей собственной темой — конструкциями стальных каркасов многоэтажных зданий, которые за последние 15—20 лет, бесспорно, достигли больших успехов в своем развитии; строительство с применением стальных конструкций безостановочно росло, несмотря на обостряющуюся конкуренцию; тенденция узаконить видимый несущий каркас привела к новым формам архитектуры металлического строительства. Эти стремления стимулировали основательную разработку и развитие новых решений проблем огнезащиты и предохранения от ржавчины, вопросов строительной физики, новых несущих систем.

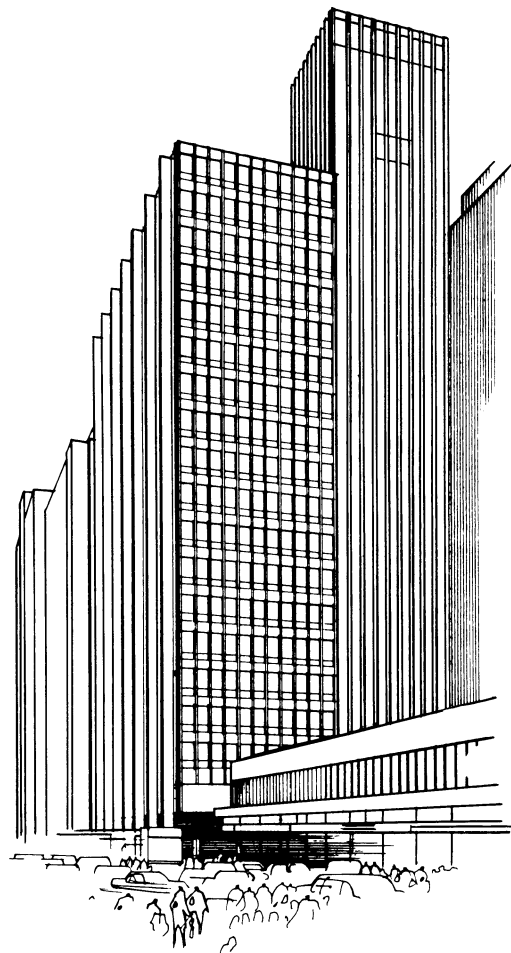
Начать мы хотели бы с более старого сооружения, которое создало хорошую подготовку для настоящего и будущего стальных конструкций, которое включено в историю строительства как пример «брутализма». Это — средняя школа в Ханстэнтоне (Англия), запроектированная

архитекторами Алисоном и Петером Смитсоном в 1949 г., т. е. вскоре после строительства двух наиболее значительных сооружений послевоенного времени — жилого комплекса в Марселе (архит. Ле Корбюзье, 1948—1954 гг.) и первого институтского здания Мис ван дер Роэ в Чикаго. Здание школы в Ханстэнтоне как бы занимает промежуточное положение между бетонным массивом в Марселе и стальной архитектурой Иллинойского технологического института. Симметрия, прямоугольность и замкнутость корпуса здания, последовательность, с которой стальной каркас отделяется от плоскости стекла и от клинкерной кладки, — все это явное возвращение к эпохе Мис ван дер Роэ, но детальная обработка стальных конструкций здесь свободна от строгой геометричности; несущие и вспомогательные конструкции открыты; проводки, трубы, каналы и решетки оборудования, сборные железобетонные элементы перекрытий сильно упрощены, если не сказать грубоваты, но в основе функционально правильны.

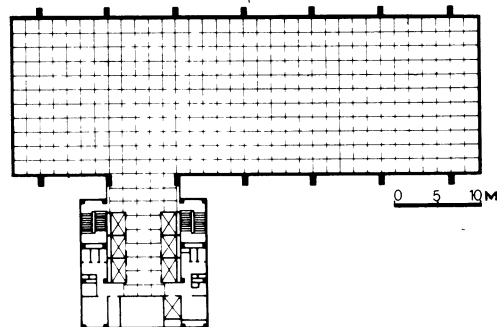
Строительство этого здания позволило Англии вновь занять ведущее место в международной архитектуре, как и в XIX столетии. Англичане нашли выход из дилеммы — пуритански-чистая статика, с одной стороны, и экспрессивная динамика, с другой, благодаря своим национальным особенностям — отрицанию доктринерской систематики, склонности к эксцентричным решениям.

Открытый стальной каркас, примененный как архитектурное средство в комплексе Иллинойского технологического института, должен был в высотном строительстве отступить. Сторонники стальных конструкций должны были воспринять это следствие стиля «навесных стен» как шаг назад, как обнищание стиля. Было много попыток вмонтировать несущий каркас в висячий фасад или сделать каркас видимым через него. В середине 50-х годов были построены первые многоэтажные здания с выступающими несущими конструкциями. Начало было положено вновь Мис ван дер Роэ строительством «Гроунхолла» — резиденции архитектурного факультета Иллинойского технологического института (1952—1956 гг.); в этом здании стальные рамные сплошные конструкции, решенные крайне последовательно и геометрически строго, полностью вынесены наружу, что для строительства залов не является принципиально новым.

Строительством административного здания «Инленд Стил билдинг» в 1954—1957 гг. Чикаго снова заняло ведущее положение в развитии многоэтажных деловых домов. В отношении разделения функций отдельных элементов зданий это сооружение представляет идеальную каркасную структуру. Огромная (960 м²) площадь пла-



Чикаго. «Инленд Стил билдинг». 1954—1957 гг.



на 19-этажного административного здания полностью свободна и позволяет в пределах внутренней модульной сетки осуществлять любую планировку. Проходы, лестницы, санитарные узлы и другие виды оборудования объединены в квадратной башне, которая расположена асимметрично вдоль продольной стороны здания. Стойки многоэтажных сварных рам пролетом 18 м выступают за наружные стены здания. Выступающие торцовые поверхности и утепленное остекление в нижних этажах настойчиво демонстрируют несущую структуру. Стойки рам обетонированы, вся же остальная фасадная структура и



Густавсбург. Административное здание фирмы МАН. 1955 г.

безоконая башня облицованы нержавеющей сталью.

В 1955 г. в ФРГ было воздвигнуто небольшое здание, внесшее важное новшество: оно было, вероятно, первым многоэтажным административным зданием, в котором наружные стальные колонны остались без огнезащитной облицовки. В этом административном здании в Густавсбурге стальные конструкции были особенно тщательно проработаны. По соображениям экономики и учитывая чрезвычайно короткое время, отведенное на строительство, с самого начала была поставлена задача — оставить стальные конструкции открытыми. Наружные колонны поставлены в 15 см от фасада; поскольку экспериментально была доказана их огнестойкость, органы надзора за строительством разрешили даже применение дерева для элементов фасада.

Начиная примерно с 1960 г. открытый несущий каркас был признан повсеместно. Проектировавшееся в 1956 г., но построенное лишь в 1961—1964 гг. административное здание «Джон Дир компани» в Молине (штат Иллинойс, США) архитектора Ээро Сааринена послужило стимулом для дальнейшего развития стальных конструкций. Архитектору и заказчику удалось, несмотря на противодействие противопожарного надзора, оставить стальные конструкции открытыми. Система солнцезащитных галерей во всех этажах подчеркивает несущий каркас: на продольной стороне выступают наружу колонны и главные балки, на поперечной стороне — второстепенные балки. Галереи вокруг здания служат для навешивания солнцезащитных жалюзи и решеток. Во всех узлах главные, второстепенные и вспомогательные балки либо уложены друг на друга, либо перерезают друг друга. Все сечения элементов доступны обозрению.

Высокие затраты на прокатные и листовые профили для солнцезащиты вряд ли могли быть компенсированы упрощением системы кондиционирования воздуха и значительно повысили стоимость строительства. Однако весь комплекс с самого начала был задуман как демонстрация стального сплава кор-тен, который под атмосферным

воздействием образует на своей поверхности защитный слой, предохраняющий металл от коррозии, и применяется лишь для железнодорожных рельсов. Темный цвет этой стали придает вместе с пятнами тени и игрой света на остеклении особую выразительность стальному каркасу. Здание вырастает из окружающего ландшафта как монумент культуре американского континента.

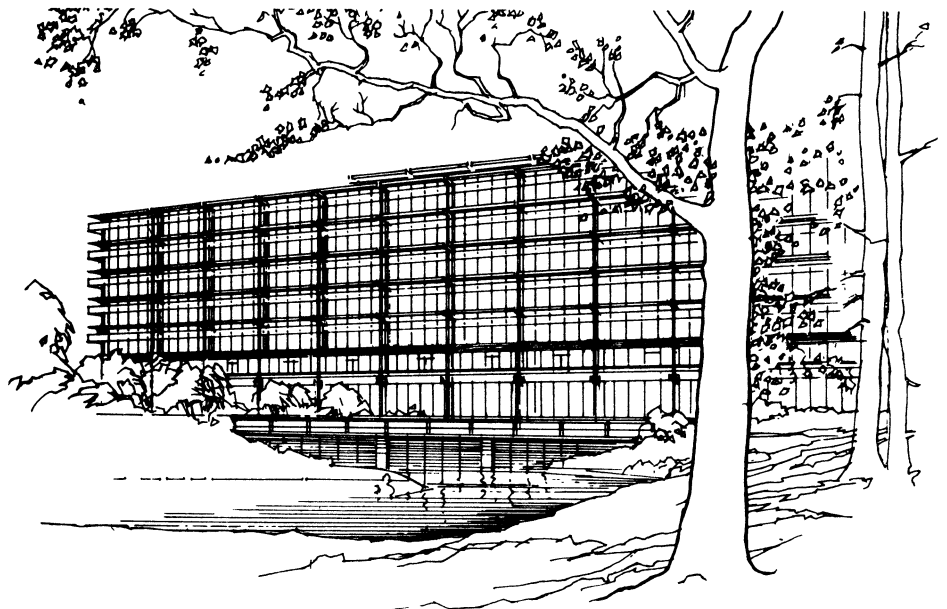
Мысль оживить открытый стальной каркас навесными солнцезащитными галереями нашла воплощение в здании посольства в Вашингтоне, запроектированном в 1958 г. Эгоном Айерманом и построенном в 1964 г. Наружные колонны несущего каркаса не облицованы. Стальной каркас обрамлен балконами: изящные консоли из перфорированного, поставленного на ребро стального листа, связаны швеллерным профилем, а на узких косяках из стальных труб висят продольные бруски перил и вертикальные элементы солнцезащиты из деревянных реек. Покрытые решеткой балконы создают дополнительную защиту от солнца и служат для очистки окон; они используются также и как эвакуационные проходы, благодаря чему было разрешено применить необлицованные несущие колонны в соединении с деревянными оконными рамами из древесины оregonской сосны.

Противоположностью зданию «Джон Дир компани» является проект Штирлинга административного и исследовательского центра «Дорман Лонг» при прокатном заводе в Мидлсбро (Англия). Вытянутый в длину 14-этажный корпус здания приобрел мощную динамику благодаря тому, что остекленный фасад в нижней части здания установлен с наклоном; этому могучему взлету на обратной стороне соответствуют

выступающие вперед башни с лестницами и лифтами. Ломаной фасадной плоскости следуют выставленные наружу стойки перекрывающих всю глубину здания многоэтажных рам; ветровые раскосы и продольные балки, обеспечивающие жесткость, дополняют впечатление огромной мощи сооружения. Весь каркас находится на расстоянии ~ 60 см от остекления по требованию органов строительного надзора. Этим проектом Штирлинг доказал, что и в стали можно решать задачи «бруталистической» архитектуры и что строительному сооружению можно придать индивидуальный образ.

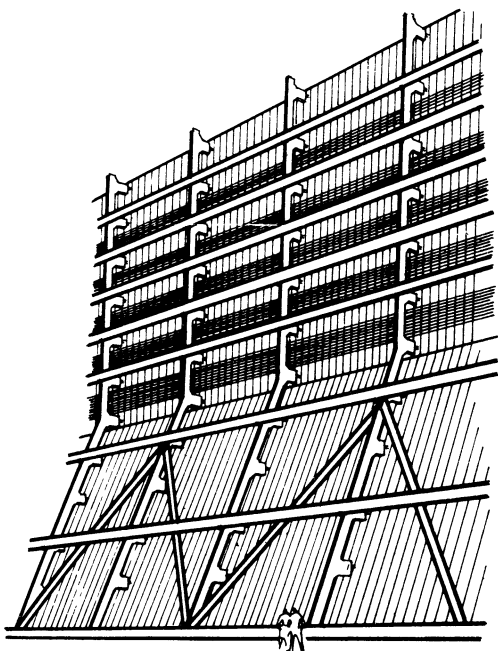
С точки зрения строительной физики, поставленные снаружи колонны непосредственно передают температурные колебания наружного воздуха всей несущей структуре, что в классическом варианте и в старых каркасных решениях устраняется наличием наружных ограждающих стен. Глубокие исследования каркасных сооружений из металла и железобетона, которые начиная с 1960 г. выполнялись преимущественно по новому конструктивному типу, показали, что температурные напряжения в несущей конструкции не вызывают значительных перенапряжений. Так появилась новая, третья фаза развития современного каркасного строительства — отодвинутый вглубь фасад с обнаженными несущими конструкциями. Он внес помимо более сильного пластического и структурного впечатления различные конструктивные преимущества, например удобную защиту стен от атмосферных воздействий и солнца, упрощение вопросов размещения и ухода за дополнительными, лежащими снаружи, солнцезащитными приспособлениями и очистки фасада.

Молине. «Джон Дир билдинг». 1962—1964 гг.



Очень убедительно выглядит переход от скрытого к четко выявленному несущему каркасу, от сплошной фасадной стены к поставленным вне плоскости фасада стальным конструкциям на примере типа зданий, который сложился в США в 50-е годы. Это двух-трехэтажные строения, развернутые в ширину и поставленные на свободной территории или за городом, с внутренним двором для освещения и огромными поме-

Мидлсбро. Проект административного центра «Дорман Лонг»



щениями для конструкторских залов, складов, лабораторий и т. д., которые занимают всю глубину плана. Наряду с преимуществами расположения среди природы малоэтажные здания экономичны благодаря сокращению внутренних коммуникаций и при соответствующей планировке — в силу высокой степени гибкости функционального использования.

Характерными ранними примерами малоэтажных зданий второй половины 50-х годов могут служить здание «Коннектикут Дженерал Лайф Иншуренс» в Хартфорде (США), ставшее известным как первое сооружение с огромным рабочим помещением, и административное здание «Рейнолдс Металл компани» в Ричмонде (штат Виргиния, США). Оба здания проектного бюро СОМ. Они имеют гладкое стеклянное заполнение с мелким членением навесных стен. Часто поставленные, облицованные алюминием, наружные колонны в верхних этажах этого здания так изящны, что можно принять их за impostы окон, похожие на применявшиеся в институтском здании Сааринена, здании фирмы «Дженерал Моторс» в Детройте и исследовательском центре ИБМ, которые тоже

представляют интересный вклад в развитие строительства малоэтажных зданий.

С изяществом этих фасадов контрастирует мощь выступающих стальных каркасов в зданиях нового типа, например в инженерном корпусе «Армстронг Корк компани» в Ланкастере (штат Пенсильвания), построенном в 1965 г. (проектное бюро СОМ). Низкий нижний этаж с конторскими и бытовыми помещениями имеет сетку колонн $5 \times 8,75$ м; в верхнем этаже высотой 4 м продолжают вверх лишь наружные колонны продольной стороны; весь этаж полностью свободен от опор. Внутри просторного конструкторского помещения выделяются на основе модульной сетки с шагом 1,25 м с помощью передвижных стеклянных перегородок высотой до потолка отдельные помещения для конференций и кабинеты. Остекление внешней поверхности имеет горизонтальный модуль 2,5 м и расположено позади несущих стальных конструкций. Колонны и рандбалки, различающиеся в обоих этажах соответственно нагрузке и длине пролета, четкая форма связей — все это, несомненно, относится к строгой школе Мис ван дер Роз, но только еще в более отчетливой форме.

Около 1963 г. начался огромный подъем в американском высотном строительстве. При этом во главе остается Чикаго — из пяти высочайших зданий в мире три построены в городе, который в 90-е годы прошлого столетия приступил к строительству первых высотных домов. Для новейших американских небоскребов особенно типичны поставленные снаружи несущие каркасы — не только как средство архитектурного оформления, но и как исходный пункт и основа для высокоэффективных несущих конструкций нового типа. В течение нескольких лет высота торговых и жилых высотных зданий возрастала до 40, 60 и, наконец, более 100 этажей без чрезмерного увеличения строительных расходов в пересчете на единицу полезной площади.

Чем выше здание, тем сложнее передача горизонтальных сил и обеспечение горизонтальной жесткости каркаса. Различные типы конструкций, обеспечивающих жесткость, которые применялись в США в последние десять лет, символизируют этапы определенного прогресса в современном строительстве. В то же время это были раунды упорного состязания между двумя видами строительства — с применением стальных или железобетонных конструкций. Железобетон благодаря монолитной природе материала и применению конструктивного легкого бетона получил широкое распространение и применялся до тех пор, пока небоскребы не достигли такой высоты, когда железобетон уже не мог конкурировать со сталью.

Более жесткие функциональные требования и экономические условия, интенсивная проработка, более высокие требования к проектированию и экономический контроль — все это придает архитектуре построек незнакомое до сих пор напряжение. Из инженеров, которые изобрели новые несущие конструкции и системы обеспечения жесткости и выработали новую методику проектирования для высотных зданий, здесь назовем только двоих: Фазлура Хана и инженера-архитектора Мирона Гольдсмита; оба работали в бюро СОМ и оба учились в Иллиноиском технологическом институте.

Соревнование железобетона и стали в высотном строительстве началось еще в 1959 г. при проектировании здания «Хартфорд Иншуренс» в Чикаго. Передача ветровых сил в нем еще не составляла проблемы; она могла быть осуществлена с помощью массивных ядер жесткости, чему способствовала большая глубина здания. Выставленные на фасад горизонтали и вертикали конструкции перекрытий демонстрируют передачу вертикальных нагрузок, они олицетворяют традиционный архитектурный принцип — принцип балок и стоек, нагрузки и опор.

Пластический эффект свободно стоящего высотного каркаса удалось еще больше усилить в конструкции стального каркаса «БМА-билдинг» в Канзас-Сити, законченного в 1964 г. Сетка колонн здесь значительно крупнее — 10,8 м вместо 6,6 м, число колонн существенно меньше; окна заглублены, причем это впечатление усиливается темным цветом остекления и алюминиевых рам; башня при одинаковой приблизительно высоте имеет меньшие размеры в плане и открыто стоит на холме. При таких размерах пролета и при таком соотношении сторон корпуса здания железобетонный каркас не мог конкурировать с металлом. Каркас выполнен из высокопрочной стали, прогоны в обоих направлениях жестко сварены с колоннами. Каркас облицован белым мрамором.

Общественный центр в Чикаго, выстроенный с 1963 по 1966 г. К. Ф. Мерфи в содружестве с проектным бюро СОМ и с привлечением широкой группы архитекторов, представляет собой сооружение, непревзойденное по смелости и четкости форм из стальных конструкций. Это — наивысшая точка расцвета среди работ второй Чикагской архитектурной школы. Здание превосходит «БМА-билдинг» в Канзас-Сити, «Эквитейбл-билдинг» в Чикаго проектного бюро СОМ и «Континенталь-центр» в Чикаго К. Ф. Мерфи не столько высотой (31 этаж, 195 м), сколько неслыханными до сих пор пролетами перекрытия ($26,5 \times 14,7$ м)

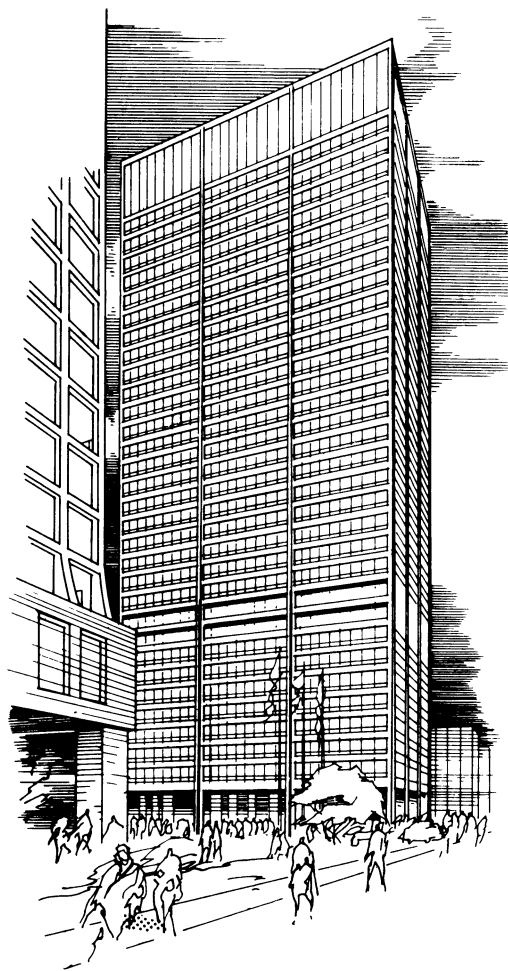
Большой шаг колонн был обусловлен, во-первых, трудностями устройства основания с помощью кессонов на 30-метровой глубине на подстилающей скале; во-вторых, особенно высокими требованиями, которые

предъявлялись к многочисленным помещениям непостоянного назначения: контор, конференц-залов, больших и маленьких залов судебных заседаний и т. д. Гибкость планировки простирается здесь даже на третье измерение, так как большие залы заседаний проходят через два этажа, а промежуточное перекрытие может раздвигаться. В качестве несущих элементов перекрытий в обоих направлениях применены решетчатые сварные балки высотой 1,5 м. Колонны крестообразного сечения из высокопрочной стали, примененные впервые, оказались очень удобными для приварки прогонов в любом направлении в зависимости от сетки колонн с двух, трех или четырех сторон (см. с. 315).

Разделением вертикалей и горизонталей и сокращением сечений колонн в верхних этажах достигнута наглядность всей структуры в отличие от скрытого намека на несущую структуру в фасаде здания на Лейк-Шор-Драйв. Заимствованная у того же здания металлическая облицовка несущего каркаса оптически и статически активизирована: рандбалки, как и колонны, одеты в бетон, поверх которого размещено покрытие из сваренных листов стали кортен. Листы стали, как и рандбалки, заанкерены в бетоне; это обеспечивает лучшее соединение и более высокую прочность несущего каркаса — колебания верхней части здания при порывах ветра значительно уменьшены. Поскольку для восприятия горизонтальных усилий недостаточно одних многоэтажных рам, предусмотрено похожее на примененное раньше в здании Сигрэм (см. с. 220) комбинированное обеспечение жесткости: в верхней половине здания только рамы, в нижней — рамы и расположенные между колоннами ветровые связи.

Построенный в 1962 г. «Брунсвик-билдинг» стоит напротив Общественного центра в Чикаго и убедительно демонстрирует наступление железобетона. Для обеспечения жесткости против воздействия ветра здесь применена система рам вместе с массивным ядром жесткости. Устойчивость наружной стены сильно подчеркнута: фасадные пилястры вырастают из мощного цокольного корпуса. Но, к сожалению, цоколь стоит не на земле, а поставлен, как на ходулях, на широко расставленные опоры. Такое решение продиктовано требованиями городского транспорта, а также сложностью устройства кессонного основания.

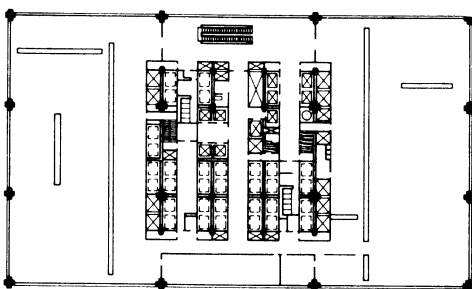
Постройкой в 1963 г. жилого «Каштанового дома» высотой 143 м было начато применение системы «труба» для железобетонного остова зданий. Продолговатый план и изменяемость квартирной планировки не позволили устроить ядро жесткости, поэтому горизонтальные усилия полностью воспринимаются монолитной пространственной структурой наружных стен, действующей как вставленная в фундамент труба. Рекорд высоты для американских железобетонных небоскребов был достигнут в 1968 г. постройкой 52-этажного (218 м) здания «Уан Шелл Плаза» в Хьюстоне (штат Техас). Здесь ограждение действует совместно с внутренней трубой массивного ядра жесткости («труба в трубе») — сходно со зданиями «КБС-билдинг» в Нью-Йорке, а также «Брунсвик-билдинг» в Чикаго.



Чикаго. Общественный центр, 1963–1966 гг.

Стремление к более эффективному методу обеспечения жесткости против воздействий ветра, более интенсивному использованию прочности и большой ширины диска наружной стены наблюдается и в металлическом каркасном строительстве. Однако здесь эти меры могут быть экономически оправданы для зданий на 20, 40,

60 этажей выше, чем железобетонные здания.



60 этажей выше, чем железобетонные здания.

В здании «Юс Стил билдинг» высотой 256 м в Питтсбурге ограждения треугольного ядра жесткости превращены в каркасные диски и на углах жестко связаны друг с другом, образуя жесткую трубу, укрепленную в фундаменте и воспринимающую все горизонтальные нагрузки (см. с. 160, 220). В верхнем этаже эта конструкция в виде трубы соединена с помощью жестких консолей с наружными колоннами, которые включаются в работу при порывах ветра, воспринимая сжимающие и растягивающие усилия при деформациях трубчатого ядра и предотвращая искривление плоскости крыши; при этом они уменьшают размах колебаний верха здания. Необычно далеко выставленные, необлицованные главные колонны имеют наряду со статическими функциями другое важное значение для заказчика — мощнейшего объединения стальной индустрии: они демонстрируют успех, которого строительство их стальных конструкций добилось в борьбе против обеих «наследственных болезней» — пожарной и коррозионной опасности. Профили коробчатого сечения, как и облицовка отступающего назад фасада, состоят из атмосферостойкой стали и заполнены водой, подаваемой системой охлаждения, которая в случае пожара должна срабатывать автоматически (см. с. 240).

С помощью пространственных рам оказалось вполне возможным преодолеть высоту от 70 до 80 этажей. Эта высота теоретически могла бы быть удвоена, если перейти от внутренних пространственных рам к жесткому фахверку наружных стен, а прочность дисков и колонн каркаса наружных стен усилить диагональными элементами, т. е. если бы фасады решались в сетке диагональных стержней, как в высотном доме ИБМ в Питтсбурге (см. с. 222), или если бы главные колонны были включены в фахверк, как в высотном доме «Алкоа» в Сан-Франциско, где наружный фахверк в соединении с добавочными многоэтажными рамами в центре здания служит для восприятия горизонтальных усилий и сейсмических воздействий (см. с. 156, 216).

В 100-этажном здании «Джон Ханкок-центр» в Чикаго (архитекторы Б. Грехэм и фирма СОМ, 1968 г.) не только мощные диагонали с вертикальными элементами были объединены в жесткие узлы, но и горизонтальные рандбалки включены в решетку фасадов. Необходимая прочность оболочки и экономичность решения достигались при достаточно простом решении окон; расход стали на 1 м² поверхности при этом не выше чем в 50-этажных домах (см. с. 221). Сильное сужение башни кверху значительно увеличило ее устойчивость; сочетание этой характерной формы, которая напоминает буровую вышку или решетча-

тую опору, с огромными размерами распорных крестов придавало зданию высшую степень архитектурной выразительности. Монументальность приобретает здесь несколько мрачный, угрожающий вид отчасти из-за облицовки стального каркаса черными анодированными алюминиевыми листами. Такая облицовка с расположенной под ней огнезащитной и тепловой изоляцией оказалась нерентабельной.

Непрерывно уменьшающиеся по мере увеличения высоты зданий площади и глубина помещений также были запланированы и обусловлены — они соответствовали чрезвычайному разнообразию функциональных назначений. «Джон Ханкок-центр» является целым городом. Он включает парковую зону, магазины, бюро проката, общественные помещения, спортивные сооружения, комбинат бытового обслуживания; начиная с 46-го этажа, расположены жилые квартиры и, наконец, на самом вершине — ресторан и телевизионная станция. Внутренний несущий каркас рассчитан лишь на вертикальную нагрузку; внутренние колонны и балки перекрытий шарнирно связаны, а подвесные потолки могут быть удалены и вновь поставлены на место.

Международный торговый центр в Нью-Йорке, строительство которого началось в 1966 г., со своими 110-этажными близнецами-башнями высотой по 411 м отражает градостроительную идею, которая была реализована в Чикаго при возведении первого блока на Лейк-Шор-Драйв. Строгое вертикальное членение напоминает «КБС-билдинг» Сааринена, но архитектура Международного торгового центра не имеет ни строгости чикагской школы, ни бурной мощи «КБС-билдинг».

Статически речь шла вновь о системе «трубы», заделанной в фундамент, которая воспринимает ветровые усилия, а внутренние колонны, как и в «Ханкок-центр», были рассчитаны лишь на вертикальные нагрузки. С помощью жесткой связи облицовочных плит с колоннами наружная стена превращается в безраскосную раму Виренделя с тысячей ячеек — вся оболочка «трубы» состоит из металлических пластин, прорезанных узкими оконными щелями и укрепленных ребрами жесткости коробчатого профиля.

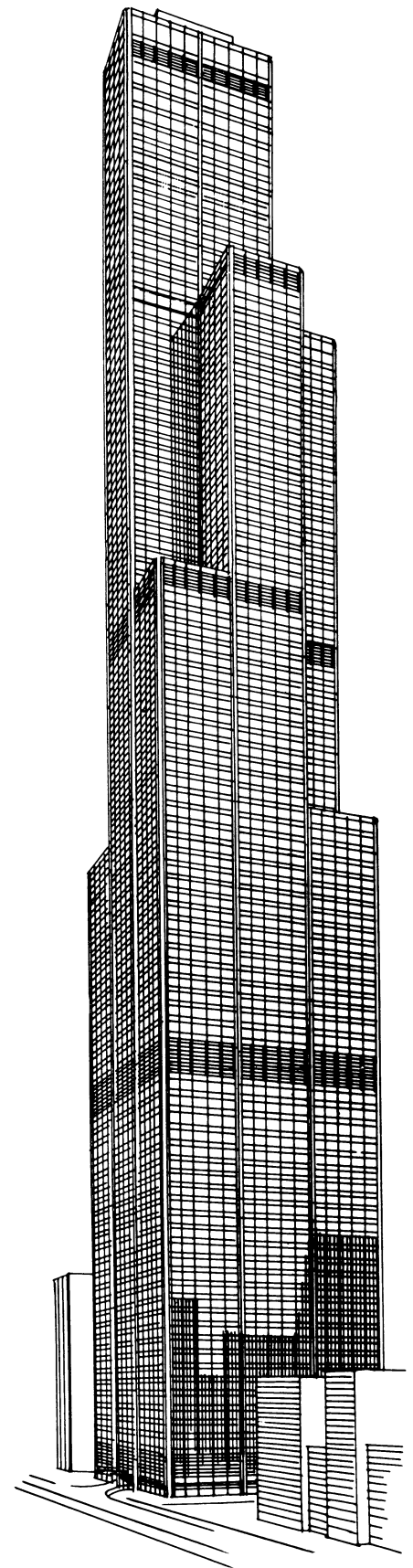
Сборные элементы, из которых собрана на болтах гигантская стальная сетка фасада, состоят из трех подоконных листов и трех трубчатых колонн, объединенных вместе; они имеют в принципе одинаковую форму и основаны на идее железобетонных сборных элементов, которыми был облицован высотный дом Газовой компании в Детройте архитектора Ямасаки; только здесь их значение неизмеримо возросло в связи с высокими требованиями и высокой стоимостью здания. Внешняя утонченность фасадов небоскреба стоит относительно

дорого, а расход стали значительно выше, чем в «Ханкок-центре».

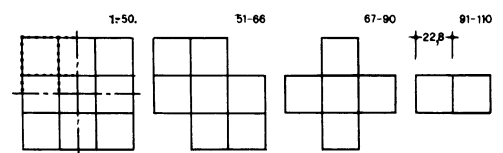
Международный торговый центр еще не был облицован, а в Чикаго уже завершалось строительство третьего здания из числа супернебоскребов — 109-этажного корпуса «Сирс-билдинг» высотой 445 м, запроектированного Б. Грехэмом, — крупнейшего административного здания. Жесткость здания обеспечивается целой серией решетчатых систем: 3×3 квадрата с длиной стороны каждого квадрата по 22,5 м, соединенных вместе. При использовании здания только для конторских помещений двойной крест внутренних рядов колонн практически не мешает; умелым расположением лифтовых групп можно достичь значительной гибкости помещений, однако этому препятствовало расположение диагональных связей жесткости. Таким образом, Грехэм пришел к системе из рам Виренделя, как Ямасаки в нью-йоркской двойной башне. Расположение колонн и окон в башне «Сирс-билдинг», однако, значительно более редкое. Высокий расход стали был компенсирован удивительно коротким периодом строительства — здание сооружено за 15 месяцев. Фасады были смонтированы из готовых элементов высотой на три этажа.

Башня «Сирс-билдинг» не только самая высокая из трех нью-йоркских башен, но и, вероятно, самая ценная с точки зрения той архитектуры, которая укоренилась в американских высотных зданиях. Металлический внешний каркас башни указывает на принадлежность ее ко второй Чикагской школе; уступчатость корпуса здания менее ярко выражена, чем в зданиях «Рокфеллер-центр» и «Вульворт-билдинг» в Нью-Йорке и в более ранних зданиях, которые имеют схожую схему из девяти квадратных призм, расположенных ступенями.

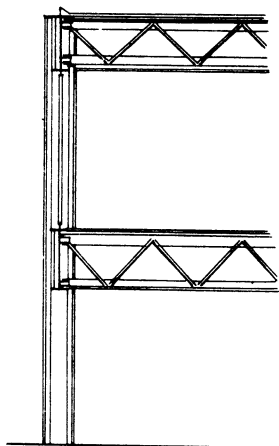
Если башня «Сирс» является венцом первых 100 лет каркасного строительства с применением стальных конструкций, то это не значит, что в перспективе они будут применяться только для сооружения небоскребов. Современные каркасные конструкции, как и все значительные конструкции в истории строительного искусства, там, где к ним предъявлены высочайшие требования, приводят архитекторов к простым и совершенным геометрическим формам. План башни «Сирс», закономерность, с которой девять квадратов постепенно прерываются по мере подъема вверх, имеет что-то от «магического квадрата». Геометрия здесь — родоначальница и основной принцип строительного искусства, духовная связь между архитектурным и инженерным замыслом. Стальные конструкции в наибольшей степени способствуют воспитанию ясного геометрического мышления. Таковы выводы, которые мы извлекаем из развития строительства высотных зданий в США.



Чикаго «Сирс-билдинг» 1972–1974 гг.



Современное каркасное строительство из стальных конструкций. Применение и возможности



Сталь — строительный материал для большепролетных и тяжелых несущих конструкций

Если попытаться коротко обрисовать многообразные возможности, которые предлагают сегодня архитекторы для строительства с применением стали, то следует, исходя из успешного применения стальных каркасов в сооружениях огромной высоты, начать с рассмотрения группы зданий, строительство которых было сопряжено с большими трудностями, в силу чего они могли быть выполнены только из стальных конструкций. Сюда относятся и те особые случаи многоэтажных сооружений, в которых заданные пролеты и нагрузки, возникающие моменты и усилия принимают такие большие значения, которые обычно встречаются лишь в мостовых конструкциях.

Убедительный пример такого большепролетного строения — надстройка здания Национального собрания в Праге (см. с. 207). На основной площади размером 60×80 м на четырех колоннах поставлено двухэтажное здание с конторскими помещениями, залами и внутренним двором, который занят старым залом пленарных заседаний с верхним светом.

Среди домов с мостовыми конструкциями выделится также новый тип зданий — ресторан над автострадой, который свободно перекинут над транспортной магистралью с двухсторонним движением. Сопоставление здания ресторана над автострадой около Монтепульчиано в Мексике (см. с. 108) с его динамичными рамными конструкциями и здания ресторана «Оазис Авраама Линкольна» в Иллинойсе архитектора Д. Хейда (здание заключено в однопролетную раму с консолями) показывает, как разнообразны возможности этой давно изученной схемы. Строгие геометрические формы стальных конструкций со сплошной стенкой появляются здесь эффектно оживленными благодаря переменной частоте установки поперечных ребер жесткости и усилению поясных

листов соответственно изменению поперечной силы и моментов.

Ошеломляющее впечатление производят конструкции стального каркаса, которые всю нагрузку сооружения передают на несколько узкопоставленных колонн. Так, например, в гостинице «Дю Лак» в Тунисе (см. с. 78), где массив здания раскинулся, как крылья огромной птицы, по необходимости пришлось сконцентрировать всю нагрузку здания на двух группах колонн в середине, что привело к необычной форме здания. Нечто похожее задумано в проекте отеля «Панорама» возле Брно (Чехословакия). Здесь корпус здания односторонне расширяется в поперечном направлении от этажа к этажу, одновременно уменьшаясь уступами в продольном направлении таким образом, что его центральности возвышается над верхушками хвойного леса и нависает над ними.

Несколько менее эксцентрично выглядит, но представляет большой успех в расчете многоэтажных зданий и достойна внимания несущая конструкция Федерального резервного банка в Миннеаполисе (США) (см. с. 207). 12-этажный корпус здания пролетом 84 м перекинут между двумя массивными опорами с помощью висячей мостовой конструкции, опоры которой были заранее построены в расчете на последующую надстройку. Сходное по конструкции вытянутое в длину здание павильонного типа, с помощью подвесных канатов опертое на мощные устои, было возведено в 1962 г. П. Л. Нерви при строительстве бумажной фабрики около г. Мантуи. В здании Федерального резервного банка пролет невелик, зато нагрузки значительно больше, висячие и опорные конструкции спрятаны в самом здании, чтобы не нарушать его очертания. Архитекторам было очень важно оставить свободное пространство под зданием для связи с широкой предфасадной площадью.

Неоднократно встречаются проекты, убедительно демонстрирующие легкость, прозрачность и высокую несущую способ-

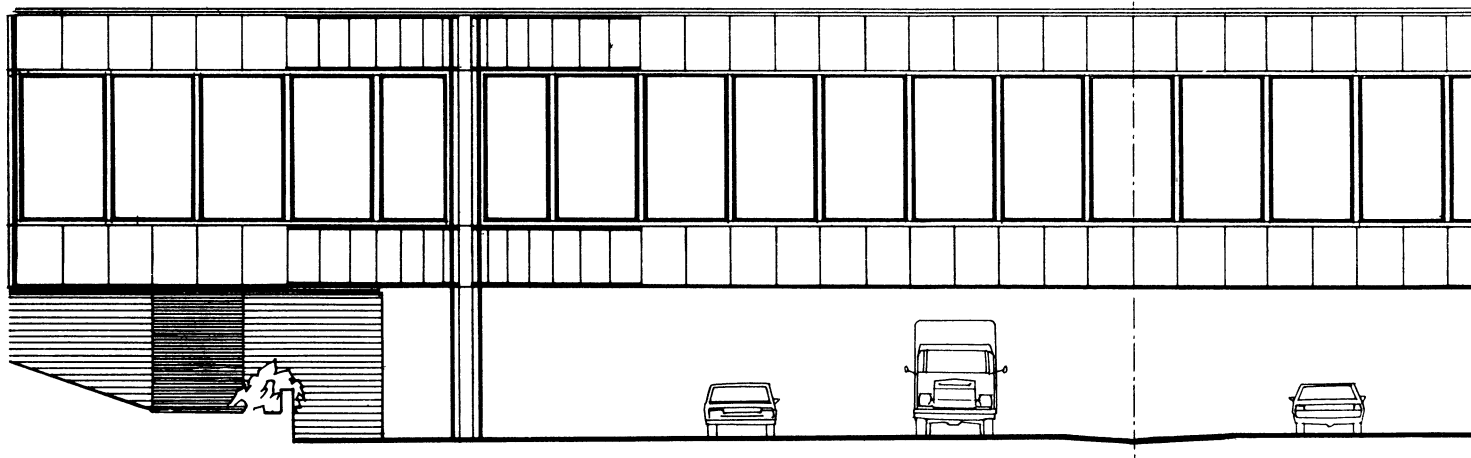
ность современного каркасного строительства благодаря открытым нижним этажам с широко расставленными, свободно стоящими опорами; впервые это осуществил Ле Корбюзье в Швейцарском павильоне Парижского университета. Эта идея является почти исключительным достижением каркасного строительства. Консольные или рамные конструкции, с помощью которых нагрузка от здания передается на небольшое основание или широко расставленные наружные опорные точки, либо распределяются по площади этажей, либо объединяются в мощную пару консольных балок или рамный ригель над первым или над верхним этажом; на ригеле устанавливается несущий каркас этажей или этот каркас подвешивается к нему.

Административное здание «Тур дю Миди» в Брюсселе — пример высотного дома, в котором стальные конструкции перекрытий в каждом этаже консольно выступают из внутреннего ядра; этот структурный принцип очень ясно выражен во внешнем облике, в обтекающих вокруг лентх остекления (см. с. 158).

Насколько динамичной может быть консольная конструкция, когда она, выдаваясь над первым этажом, воспринимает общую нагрузку высотного здания, ясно видно на примере административного здания в Путо (Франция) (см. с. 152). В этом здании проблема очень искусно решена с помощью комбинированных конструкций — вытянутый в длину корпус высотного здания имеет в обоих направлениях консоли, нависающие над нижним этажом.

Определенную выразительность приобретают выступающие в обоих направлениях опорные конструкции, контраст массивной нижней части и верхней части из стекла и металла в здании «Ройяль Белж» в Брюсселе (см. с. 154) благодаря сдвоенным железобетонным прогонам и пропущенным между ними металлическим балкам, а также благородным пропорциям крестообразного корпуса сооружения.

Для продолжающейся тенденции добиться сочетания мощности большепро-



Иллинойс. Ресторан «Оазис Авраама Линкольна», 1968 г.

летных стальных конструкций с выразительными средствами архитектуры характерно относительно большое число висячих домов, которые стали появляться в последние годы (см. с. 205). В таких зданиях сверху ядра жесткости устанавливаются консоли жесткой конструкции — сплошные или решетчатые стальные балки с подвеской к ним этажей, как это сделано в административных зданиях фирмы «Филипс» в Эйндховене и в здании «Альпинен Монтан» в Леобене, или через верхний край здания перекидывается подвеска, пропущенная перед фасадом наискось, как это сделано в административном здании в Сен-Дени (см. с. 144).

Подлинную элегантность представляет навесной каркасный фасад на административном здании страховой компании в Лондоне (см. с. 146): раздельная несущая конструкция, круговая рандбалка и консольная конструкция скрыты лентами фасада.

В качестве характерных примеров рамных зданий можно назвать южный отель «Рэдиссон» в Миннеаполисе (США), где функции здания позволили применить большепролетный ригель рамы в качестве решетчатой балки высотой в этаж; иранский павильон в Парижском университетском городке, в котором четыре жилых этажа навешены на стальные рамы квадратного профиля в два яруса (см. с. 76, 206), или телевизионный центр в Западном Берлине (район Шарлоттенбург) (см. с. 128).

С опиранием каркаса здания на стойки часто связывается проектная идея, значение которой, хотя она и не является абсолютно новой, возрастает вследствие увеличивающейся сложности функциональных требований — это возможность устройства под высотными домами малоэтажных строений, например специального лечебного корпуса под корпусом для стационара в госпитале, кассовых залов под конторой банка и т. д. Конструкция стального каркаса особенно подходит для этого способа благодаря малым поперечным сечениям колонн при больших пролетах (см. с. 130, 154). Классический случай цокольного мало-

этажного строительства представляет построенное в 1951 г. в Нью-Йорке здание «Левер».

Спортивная школа в Магглингене состоит из двух примерно одинаковых по высоте корпусов, поставленных друг на друга; их разделяет открытый входной вестибюль, в котором видны стройные, проходящие насквозь, колонны; благодаря просветам между нижней и верхней частями здания и ступенчатости объема масса корпуса смотрится раздробленной и хорошо вписывается в окружающую местность.

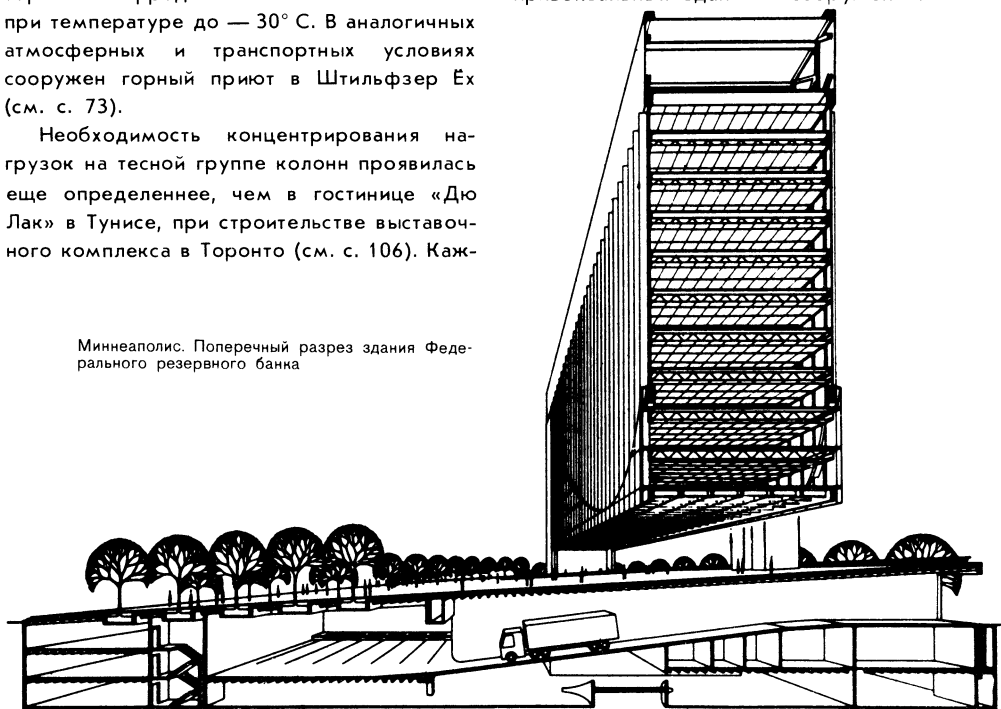
Сталь — единственно приемлемый материал для сооружений, которые должны возводиться в особо тяжелых топографических и климатических условиях, на слабых грунтах, в высокогорных областях или в открытом море. Так было смонтировано без мокрых процессов из стальных рам рабочее общежитие на строительной площадке подпорного сооружения плотины Гранд Диксенс в Уэллсе (Англия) архитектора А. Перродэна на высоте 2140 м и при температуре до -30°C . В аналогичных атмосферных и транспортных условиях сооружен горный приют в Штильфзер Ех (см. с. 73).

Необходимость концентрирования нагрузок на тесной группе колонн проявилась еще определеннее, чем в гостинице «Дю Лак» в Тунисе, при строительстве выставочного комплекса в Торонто (см. с. 106). Каж-

дый из шести квадратных павильонов возвышается почти на 10 м над поверхностью воды на четырех стальных трубах, пронизывающих корпус и несущих на верхнем конце канаты, поддерживающие углы здания.

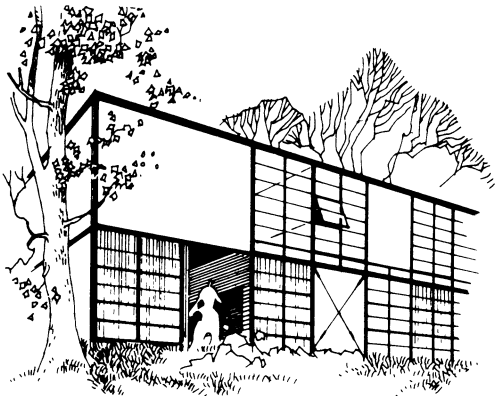
В сегодняшней архитектуре выявляются будущие направления стальных конструкций: пространственные структуры, городские сооружения и, наконец, развиваемое французскими и немецкими архитекторами направление — трехмерные каркасы для многофункционального переменного использования. Как бы ни были иногда утопичны многие из этих систем и как бы ни было трудно представить, что одна из них станет решающей для концентрированной застройки, тем не менее эти направления заслуживают внимания, так как они способствуют появлению новых проектных идей. Первые попытки к осуществлению такого рода объемных структур обнаруживаются уже в различных проектах вокзальных или привокзальных зданий и сооружений.

Миннеаполис. Поперечный разрез здания Федерального резервного банка



Сталь в жилищном и школьном строительстве

Успешное применение стальных конструкций в высотных сооружениях распространялось в последние 20 лет сначала медленно, а за последнее время ускоренно и на строительство малоэтажных зданий. Металлоконструкции стали применяться и в зданиях такого типа, к которым не предъявляются особые требования в смысле размеров пролетов и нагрузок. Кроме того, экономически целесообразными для таких зданий были другие способы строительства. Тем не менее и здесь были преодолены психологические препятствия и предубеждения. Это относится прежде всего к жилищному



Дом-студия в Санта-Моника, штат Калифорния

строительству, в котором консервативные привычки сказываются особенно сильно.

Представления о доме как первоначальном виде жилища (укрытии, пещере), вытеснялись с распространением нового свободного идеала жилья, соответствующего потребности современных людей, как это сформулировал Гёте: «жить непосредственно в природе». К такому идеалу относятся пионерские работы передовых архитекторов, которые, главным образом в строительстве особняков, прокладывали путь стальным конструкциям, вначале в домах для одной семьи.

Своего рода толчком послужил также и знаменитый «Фарнсворт-хауз» Мис ван дер Роэ со строгим модульным планом, свободным переходом жилых зон друг в друга и скрытыми инженерными коммуникациями. Заботливо вписанный в ландшафт, выкрашенный в белый цвет стальной каркас с поставленной над болотистой ложиной открытой террасой является скорее представителем монументальной архитектуры, манифестом нового объемного замысла, сравнимого скорее с Барселонским павильоном 1929 г., чем с обычным жилым домом.

В следующем за этим образцом доме, разработанном последователем Мис ван дер Роэ Ф. Джонсоном в Нью-Канаане, жилые помещения расположены на спрятанном в расщелине первом этаже. По сравнению с этим домом стальной дом, выстроенный

Жаном Пруве в Нанси в 1952 г., ошеломляюще легко и непритязателен; в нем нет никакого «классического» стального каркаса — только пространственная легкая конструкция из стальных листов, алюминия и деревянных плит.

Первая группа архитекторов для проектирования многоквартирных жилых домов с применением металла была создана в 50-х годах в Калифорнии, чему способствовал конкурс, объявленный ведущим архитектурным журналом. Самыми известными в проектах этой группы были экспериментальные дома К. Эллууда. Стальной каркас этих домов особенно изящен, вместо двутавровых колонн почти везде использованы четырехгранные трубы, стеновые плоскости заполнены стеклом и кирпичной кладкой, потолок обшит деревом, так что несущий каркас не бросается в глаза, а производит впечатление четкого членения плоскостей. Особенно привлекательна группа жилых домов в Голливуде: крестосимметричное расположение четырех домов рядовой застройки — смешанный способ строительства из несущих кирпичных стен в продольном направлении и металлической стержневой системы в поперечном направлении.

Благодаря особой чистоте форм рамных стальных конструкций, кессонному перекрытию и эмалированным стальным листам в качестве наружного покрытия стеновых элементов выделяется экспериментальный дом в Голливуде Пьера Кёнига.

Все эти сооружения прежде всего узаконивают стальные конструкции и усиливают их воздействие благодаря связи домов, веранд, открытых террас и зеленых дворишков с ландшафтом. Особенно привлекательны для архитекторов участки на крутых склонах, которые наиболее пригодны для размещения стройных, частично большепролетных стальных каркасов.

Лучшие калифорнийские дома из стальных конструкций выделяются продуманной планировкой помещений, изысканными удобствами; здесь, несомненно, развита традиция американских жилых домов, которая появилась уже около 1880 г. в деревянных строениях и достигла расцвета в ранних работах Франка Ллойда Райта, получив затем новый импульс в работах Р. Нейтра.

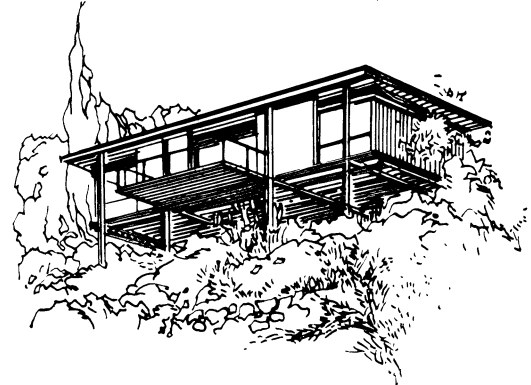
Жилые дома в металле получили развитие во всех странах старого и нового света, главным образом двух- и трехэтажные многоквартирные дома или жилые дома с мастерскими архитекторов или художников. Особое место в группе калифорнийских зданий занял двухэтажный жилой дом в Санта-Моника Ч. Имса, известного проектировщика мебели, с подчеркнутыми плоскостями, необычными японскими горизонтальными оконными дисками, выразительной комбинацией материалов — стали, дерева, асбестоцемента.

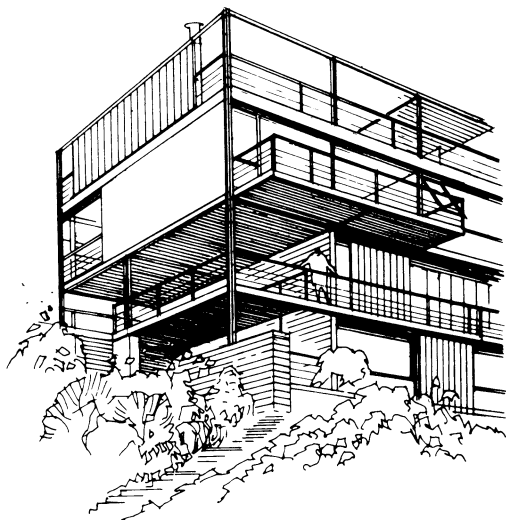
Для того чтобы выявить объем дома из металла, не обязательно размещать его среди пышной растительности субтропического сада. Это подтверждается сравнением прекрасного висячего дома в Буэнос-Айресе (архит. А. Бонет) и висячего дома с садом на крыше в Люттихе (архит. Д. Мозин). В последнем стальной каркас производит значительно более естественное впечатление. Очень хорошо проявилось пространственное развитие благодаря трем прозрачным этажам, поднимающимся вверх до сада на крыше; на сравнительно узком земельном участке дом отлично вписан в пригородное окружение. Примером использования стальных конструкций в строительстве малоэтажных домов является дом архитектора М. Лодда на склоне скалы в Ле Тигне. Дом представляет собой простую рамную конструкцию, заполненную плитами-сэндвичами.

Заметен прогресс в оформлении многоквартирных домов, построенных за последние годы (см. с. 59—62): во-первых, применение комбинаций из эффективных материалов, как в доме в Ландскроне; во-вторых, выставленные наружу несущие конструкции, как в жилом павильоне в Сталликоне; повышенные требования к облицованному атмосферостойкой сталью фасаду, как в жилых домах для архитекторов в Лондоне.

Однако хорошо оформленный многоквартирный дом из стальных конструкций остается пока еще довольно нераспространенным типом. Промышленность, выпускающая такие сборные дома, имеется до сих пор далеко не повсеместно, и даже там, где она есть, она не признает домов из стальных конструкций. Более перспективными для будущего строительства из стали являются сборно-разборные дома в жилых поселках. Способ строительства с применением стального каркаса мог бы завоевать значительные успехи и для жилых зданий; он успешно конкурирует с крупнопанельным строительством, с помощью которого в разных странах, прежде всего во Франции, пытаются выполнить насущные задачи социального жилищного строительства (см. с. 184).

Ле Тигне, дача под Па-де-Пик Франция





Лютих Висячий дом с садом на крыше

Уже в середине 50-х годов была принята попытка перейти к сборным стальным конструкциям при строительстве жилого блока Порт-де-Лила в Париже; этот принцип применяется до сегодняшнего времени и заключается в применении многэтажных рам, которые сваривают на земле, поднимают и соединяют с железобетонными плитами. Плиты также изготавливают на стройплощадке и поднимают вверх при монтаже. Жилой поселок Гран Марс (см. с. 64), характерное типовое строительство последнего времени, примечателен огромными плоскостями готовых элементов, ветровыми элементами высотой на все здание и перекрытием всего жилого помещения легкой несущей сеткой.

Представление о широте замыслов и архитектурном уровне французского жилищного строительства в металле создают следующие большие сооружения: Дом юности в новом городе Сарсель возле Парижа (архитекторы Буало и Ляурдетт) с ритмизированными элементами стоек и парапетов между фланцами наружных колонн; жилой высотный дом на улице Крулебарб в Париже (архитекторы Альберт, Буало и Ляурдетт), которому особую прелесть придают выступающие колонны из труб с ветровыми связями на боковых стенах (см. с. 216), и, наконец, жилой комплекс «Буальдьё» (архитекторы Рабо и Жильбер) с 479 жилыми квартирами в Путо. В этих домах применена частично предварительно-напряженная металлическая конструкция.

Жилые дома «Бургмстр Махтенс» в Брюсселе, жилой квартал в Боланокке (см. с. 68, 70), поселки в Пьомбино и в Таренто (см. с. 63, 66) могли бы служить доказательством того, что стальные конструкции в жилом строительстве получили международное признание; они доказывают также, какое многообразие возможностей оформления, какое изменение ритма дает игра остеклением в зданиях, в которых каждая конструкция обусловлена строгим требованием экономики.

Интересны разнообразные эксперименты с новыми системами стальных конструкций в Японии, где проблема квартирной нужды и недостаточности строительных участков особенно актуальна. В противоположность сложным системам и проектам, которые направлены на выделение несущего остова, применяются сравнительно простые традиционные рамные конструкции стальных каркасов с ветровыми связями в квартирных перегородках и огнезащитной облицовкой колонн легким бетоном, которые со своими балконами и лоджиями, может быть, несколько скучнее и беднее, но зато намного практичнее.

Заслуживают внимания успехи, которые были достигнуты в применении стального каркаса при строительстве школ. В первых школьных зданиях 50-х годов применение стали диктовалось не только функциональными и экономическими соображениями, как в жилых домах, а стремлением передовых архитекторов придать прозрачность и легкость школьным зданиям, что должно было оказывать воспитательное воздействие на учащихся. Здесь следовало бы назвать народную школу в Бирмингеме (штат Мичиган, США) (архит. Е. М. Смит) с вытянутыми в ряд классами — павильонами и озелененными дворами; среднюю школу в Жолье (штат Иллинойс, США) со строениями, окружающими двор (проектное бюро СОМ). В Англии знаменитая средняя школа в Ханстэнтоне стала прообразом таких каркасных школьных зданий; появились различные народные и средние школы аналогичного архитектурного облика с более свободной или более строгой группировкой из одно-трехэтажных корпусов.

В 60-е годы сильно расширяется объем строительства школьных зданий, обусловленный возрастающей рождаемостью, продлением времени обучения, повышенными требованиями к образовательному делу и введением технических дисциплин.

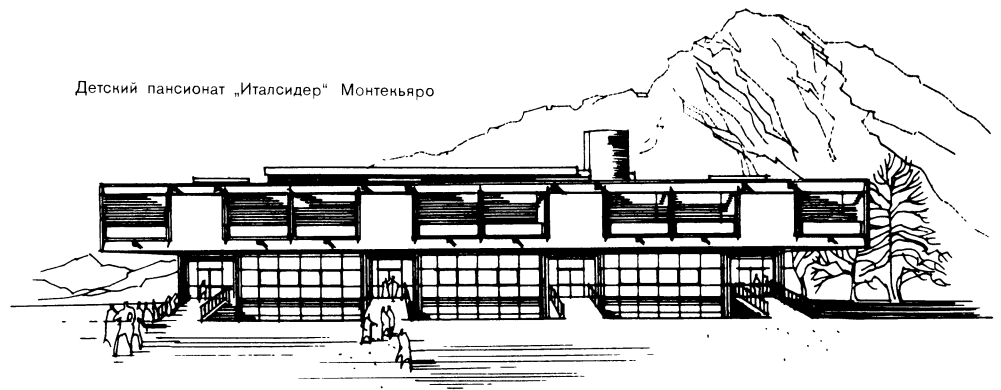
Традиционный тип школьных зданий и зданий высших школ в связи с новыми педагогическими воззрениями и методами претерпел значительные изменения. Прежние требования к учебному процессу, как, например, замкнутость классных комнат, были отменены; жесткие требования к коммуникациям, универсальность поме-

щений, изменение числа учащихся и учебных мероприятий приводят к новым многофункциональным изменяемым помещениям. Если сравнить названную уже школу в Бирмингеме с типичным школьным строительным комплексом более раннего времени, например школой в Изенбурге или высшей школой-интернатом в Остербуркене (см. с. 180), то основное различие будет так же ясно, как превосходство изящного большепролетного стального каркаса для осуществления больших пространственных структур. Требования производства дали действенный импульс для развития модульного способа строительства с унифицированными основными размерами — в дальнейшем была внедрена международная модульная система с модульным рядом 30, 60, 120 см.

В Англии модульное строительство составило 50% объема строительства народных и высших школ, из этого на долю школ из металла падало 75%; во Франции до 1970 г. было уже 90% модульных сооружений, при этом половина из них в металле. В Италии, ФРГ и Австрии также отмечался быстрый подъем модульного строительства. Унифицированные основные размеры придают определенную ясность внешнему виду зданий и одновременно упорядочивают соотношение частей; наружные колонны чаще всего помещаются сзади фасада, но структура каркаса отчетливо ощутима в свободных и широких окнах так же, как в вертикальных стыках навесных элементов фасада. В этой системе имеются возможности и стимулы к дифференциальной группировке, что хорошо видно на примере строительства немецкой школы в Брюсселе (архит. К. Отто).

За последнее время строительство с применением стальных конструкций сделало успехи еще в одной категории зданий, промежуточной между жилыми домами и школами, — это детские сады и пансионаты (см. с. 74, 75, 179). Замечательно пространственное решение, которое сделало возможным стальной каркас, так же как и размещение в величественном горном ландшафте каникулярного пансионата итальянского предприятия стальных конструкций «Италсидер» для детей служащих в Монтекьяро (архит. Р. Северино).

Детский пансионат «Италсидер» Монтекьяро



Сталь в других категориях зданий

Специфические особенности объемного построения, размеров и степени оснащения оборудованием имеют такие учебные заведения, как ремесленные училища, средние и высшие технические учебные заведения. Особенно тщательно спроектированные здания этого типа — более старые в железобетоне, несколько новых в металле — мы находим в Швейцарии (см. с.90).

В строительстве высших учебных заведений в 60-х годах также наблюдается большой подъем вследствие возросшего числа студентов, расширения дисциплин и повышенных требований к техническим производственным дисциплинам, но удельный вес применения металлических конструкций по сравнению со школьными зданиями относительно невелик.

Строительство высших учебных заведений в Великобритании имеет некоторые особенности — рассредоточение вузов по всей стране, ограничение числа студентов и строительных комплексов, приспособление к ландшафтной ситуации; в Англии развито соревнование между традиционными и индустриальными способами строительства. Применение стали в зданиях высших учебных заведений могло быть использовано так же, как и в строительстве школ. Хорошим примером модульного строительства с применением легких стальных конструкций служит университетский город Йорк. На убежденного приверженца металла мог бы произвести неприятное впечатление вид двух-трехэтажных, свободно сгруппированных зданий, в процессе строительства представлявших комбинацию тонких стоек из труб, стальных легких балок, частично заполненных деревом, и фасадных панелей из искусственного камня; конечный же результат очень отраден.

Во Франции строительство зданий высших учебных заведений из стали развивалось медленно, однако в конце 60-х годов был сооружен ряд новых факультетов на окраине Парижа и в центре огромного комплекса научных учреждений (см. с. 100) с полезной площадью 400 000 м².

Унификация планов и конструктивных систем положена в основу расширения университетов или новостроек в Карлсруэ, Марбурге, Бохуме. Поучительно проследить, как после многообещающего широкого внедрения в первых строениях Рурского университета в Бохуме стальной каркас шаг за шагом был заменен в других объектах железобетонными элементами. Наивысшей точки достигло применение железобетона в строительстве высших учебных заведений после постройки университета в Марбурге, в котором принцип возможности объемных и коммуникационных изменений был включен в оценку экономичности.

Еще более строгие требования к изменчивости и расширению поставили перед собой проектировщики зданий унифицированного типа в железобетоне для пяти новых университетов на земле Северный Рейн-Вестфалия. В Билефельдском университете стальные конструкции с расчетом на трансформацию зданий смогли бы конкурировать с железобетоном и, вероятно, могла быть снижена стоимость строительства, если бы при проектировании с самого начала был организован открытый конкурс.

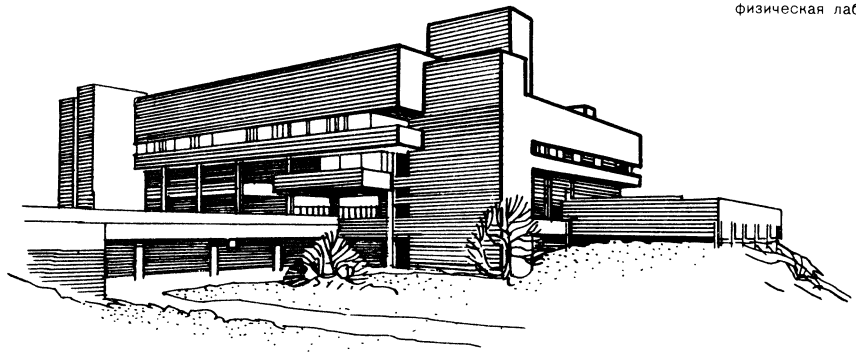
Гуманитарные институты университета в Западном Берлине (Далем), проект которых был принят на международном конкурсе, представляют особый интерес (см. с. 181). Здесь была достигнута максимальная гибкость в использовании зданий, для чего предусмотрена возможность их перестройки и надстройки в зависимости от условий. Обращает внимание необычная модульная система плана. Несущий каркас, элементы фасада, подвесной потолок и т. п. имеют, смотря по обстоятельствам, разную модульную сетку, а конструктивные элементы каркаса соединены не на колоннах, а проходят мимо колонн; благодаря этому получен максимум свободы при монтаже и проводке коммуникаций.

В формальном отношении это строительство проложило новые пути: постоянно меняющаяся форма углов уютного внутренне-

в отодвинутом назад первом этаже и в узкой ленте окон, которая рассекает верхнюю часть сооружения, чувствуется напряженная сила стального каркаса. Противоположностью является медицинская исследовательская лаборатория Калифорнийского университета (см. с. 99). Едва ли сегодня в каком-нибудь другом типе зданий стальные конструкции обнаруживают более широкую амплитуду архитектурной экспрессии, чем в обоих этих сооружениях и в упомянутом выше институтском комплексе университета в Западном Берлине.

Последняя значительная область, в которую проникли стальные конструкции, — это больничные сооружения. Здесь пришлось преодолевать более сложные препятствия, чем в строительстве высших учебных заведений; между тем оказались удачными несколько сооружений, доказывающих, что стальные конструкции вполне конкурентноспособны и в этой области, например огромное больничное сооружение в Гонесе во Франции (см. с. 185) или примененный в Оксфорде модульный способ строительства, который к этому времени уже зарекомендовал себя при сооружении 30 английских больниц.

Рассмотрим характерный пример — больницу скорой помощи в Вене (см. с. 86); здесь были предъявлены крайне высокие требования к техническому оснащению, что



Принстонский университет, физическая лаборатория

го двора, подчеркнутая асимметрия и окраска плоского фасада из атмосферостойкой стали, проектирование перекрытий в разных уровнях с соединением их пандусами и т. д.

Переходную группу зданий от высших учебных заведений к зданиям больниц составляют научно-исследовательские институты с усложнением технического оборудования и повышенными требованиями к режиму зданий. Физическая лаборатория Принстонского университета показывает, как сложную функциональную планировку здания можно решить с помощью каркасного способа строительства в одном комплексе.

Закрытый корпус, облицованный кирпичной кладкой, кажется очень компактным, но

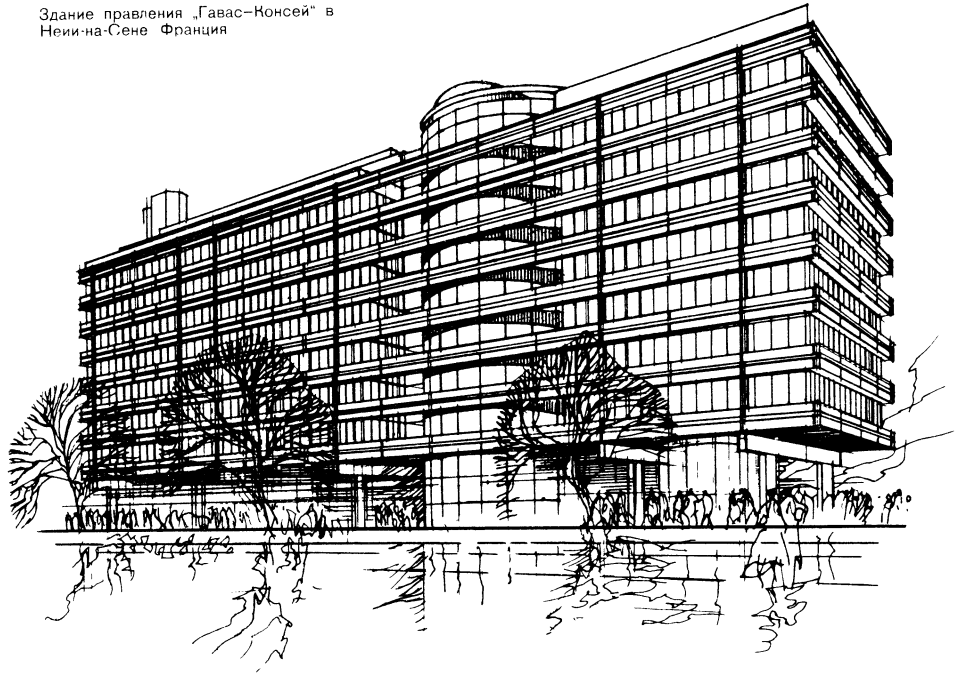
благоприятствовало применению стальных конструкций. Уже в конкурсе на проектирование было поставлено условие, чтобы все инженерные коммуникации внутри стен и перекрытий могли быть в любое время без ощутимого нарушения работы больницы доступны и изменяемы. Эти условия могли быть выполнены лишь при каркасном способе строительства, благодаря которому создается возможность образования большого свободного пространства внутри перекрытий; несущие наружные колонны из прокатных профилей переходят в сдвоенные оконные стойки с размещением между ними отопительных установок; главные и второстепенные балки в виде балок Виренделя, применение облегченных конструкций пере-

крытий с созданием в них свободного зазора, соответствующего размеру зазора в двойных стенах; перекрытия из стальных оцинкованных листов имеют толщину лишь 4 см.

Традиционная проблема каркасного строительства из металла — огнезащита и коррозионная защита — не играет в стоимости существенной роли, так как гигиенические и звукотехнические требования к съемным стеновым плитам и плитам перекрытия приводят к созданию конструкций, которые обеспечивают огнезащиту без дополнительных затрат. Доля строительных работ (без отделочных) по возведению несущих конструкций составляет в смете только 10% общих расходов на строительство. Возможное повышение стоимости при применении облегченных конструкций для перекрытий по сравнению с обычными конструкциями из прокатных балок или по сравнению с железобетонным каркасом компенсируется меньшей протяженностью инженерных коммуникаций, легкостью их монтажа благодаря высокой точности изготовления конструкций стального каркаса. Внешний вид зданий такого типа соответствует каркасному способу строительства.

Требования устройства гибких, изменяемых объемов, непрерывного приспособления к успехам техники, доступности к инженерным коммуникациям без нарушения режима больничного учреждения были учтены при планировании госпиталя в Бостон-Сити (архитекторы Х. Стуббинс и Р. Аллен). Основная часть комплекса — 15-этажное высотное здание на 1300 больничных мест, вырастающее из плоского четырехэтажного здания, — имеет каркасную стальную конструкцию. Балки перекрытий чередуются по высоте в виде сплошных балок и ферм, между которыми расположены технические этажи, так что каждое отделение, каждая палата могут быть присоединены к коммуникациям сверху или снизу. В этом заключается предельное завершение идеи зависимости структуры сооружения от высоко-развитого оборудования.

Здание правления „Гавас-Нонсей“ в Неи-на-Сене Франция



Максимальная концентрация помещений, осуществленная в этом здании, не является единственным путем для будущего развития больничных зданий; то обстоятельство, что и в небольших зданиях возможны современные формы больничного ухода, а также то, что стальные конструкции могут обеспечить благоприятные производственные предпосылки и удобства для больных, становится ясным при рассмотрении родильного отделения госпиталя в Кенте (см. с. 83).

На остальных типах зданий — отелях, транспортных сооружениях, универсамах и торговых центрах, учреждениях и т. п. — нет надобности останавливаться более подробно; во всех случаях стальные конструкции имеют преимущества в приспособляемости, легкости и рациональности монтажа, т. е. во всем, чему строительство с

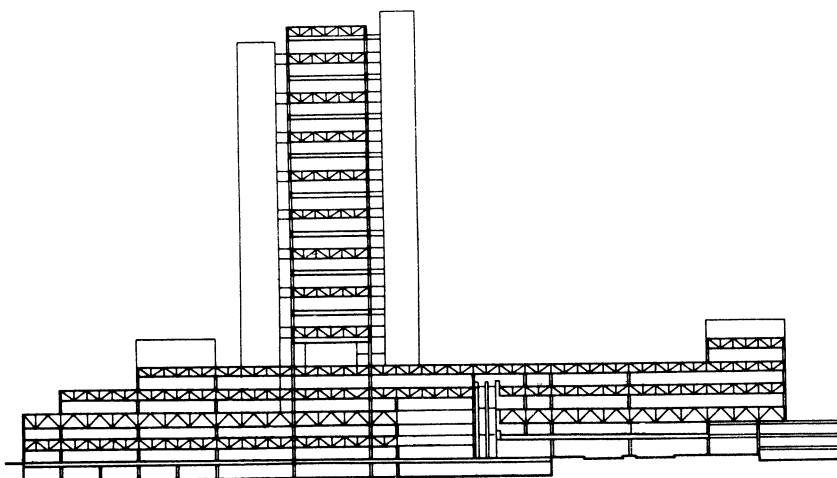
применением стальных конструкций обязано своим успехом. Можно сослаться лишь на одну новую область применения, поскольку это, пожалуй, единственная группа зданий, которая позволяет оставить несущий каркас почти без ограждающих конструкций и перегородок, — это крытые гаражи (см. с. 110).

В заключение можно было бы указать еще на некоторые новые решения административных зданий. Архитектура этих зданий была с самого начала определена характером их использования. Хотя уже давно стали придавать значение возможностям изменения зданий в процессе эксплуатации, но до сих пор проектирование в значительной степени ориентировалось на специализированные здания больших и маленьких частных контор. Решетчатые фасады 40-х и 50-х годов выразили эту ориентацию очень ясно.

Огромные административные здания, запроектированные в США около 1960 г., распространились в Европе и получили, прежде всего в ФРГ, дальнейшее развитие в оформлении, размещении оборудования и мебели (см. с. 182, 140). Свободные от опор внутренние помещения приводили к соответствующему оформлению фасадов, типичному для эры навесных стен. Стало возможным отойти от строительства мелких контор — «коробок» — и осуществить стремление к свободной планировке помещений.

С другой стороны, принцип модульных сеток при проектировании ограничивает построение рациональных плачов, затрудняет замену квадратной или прямоугольной формы плана, принятой в качестве основной, другими многоугольными формами. Выход

Госпиталь в Бостон-Сити. Поперечный разрез



предлагается в треугольной или шестиугольной сетке, которая в настоящее время очень популярна прежде всего в сооружениях с железобетонным каркасом. Но эти формы могут применяться и при использовании стальных конструкций, что подтверждается проектными вариантами административного здания Гамбургского акционерного общества страхования (см. с. 197). Впрочем, одно из первых конторских зданий, основанное на шестиугольной сетке, имеет стальной каркас; это административный корпус ЕНИ в Сан-Дonato близ Милана (архитекторы М. Ниццолли и М. Оливери).

Заслуживает внимания другая попытка ослабить строгость прямоугольного несущего каркаса и оживить фасады здания, заключающаяся во введении в них цилиндрических объемов, как это было сделано в здании правления «Гавас-Консей» в Нейна-Сене (архитекторы М. Андро, П. Пара и Ж. П. Саразэн). Обширный разветвленный транспортный поток проходит по всему плану неправильной формы, первый этаж основного корпуса широко раскрыт, проветры и проходы ведут к различным обслуживающим учреждениям и отделам, по всей площади этажа размещается цепь остекленных и закрытых цилиндрических объемов с вестибюлями, приемными бюро, переговорными помещениями. В здании имеются пять круглых лестниц и пандус для спуска в заглубленный гараж; позади большой лестничной башни главного здания во дворе расположено воронкообразное углубление, освещающее три нижних этажа, посетителям которых остается только догадываться, что большая часть объема сооружения помещена под землей. Вокруг воронки расположены еще два четырехэтажных цилиндрических здания, объединенных круглой лестничной башней. Необычное изобилие помещений, гибкость пространственного развития, независимость вертикальных и горизонтальных коммуникаций—все это служит удобству сообщения между помещениями, способствует контактам, хорошо воспринимается и обеспечивает легкую приспособляемость. Такая архитектура действительно функциональна.

Тяготение к обтекаемым, изогнутым очертаниям, которое появилось уже в 50-е годы, приостанавливается и вновь оживает благодаря сенсационному проекту ратуши в Торонто (архит. В. Ревель) с двумя высотными дисками, которые как бы двумя половинками раковины окружают круглый зал заседаний. Это здание выполнено в железобетонных конструкциях в соответствии с результатами Международного конкурса 1957 г.

Высочайшее здание Европы — башня Мэн на Монпарнасе в Париже высотой 210 м архитектора Е. Бодуэна — имеет веретенообразную форму в плане. Внутри расположены железобетонные стены жесткости, а стальной каркас и остекление открыты.

Стальной каркас и инженерные коммуникации

В ходе развития современного каркасного строительства техническое оснащение дома — отопление, вентиляция, санитарное оборудование, звукоизоляция, акустика помещений, освещение, установки слабого и сильного тока — составляет все большую долю в строительном объеме, расходах на строительство и в планово-проектных работах. Статические расчеты не представляют больше самую тяжелую проблему проектирования. Универсальность каркасных конструкций, и прежде всего стального каркаса, может удовлетворить самым высоким требованиям технологического процесса и строительной техники.

Несущие конструкции, которые на ранних ступенях развития были для архитектуры основой, не имеют сегодня первенствующего значения; лишь в сооружениях максимальной высоты и большого пролета архитектура целиком определяется решением несущих конструкций. С этим связано также и то, что вопреки господствующему предпочтению открытых несущих каркасов мы встречаем много сооружений из металла, в которых каркас скрыт в ограждающих конструкциях. При высоких требованиях технического оснащения несущие конструкции рассчитаны также и на то, чтобы создать свободное пространство для прокладки инженерных коммуникаций, как в названных выше больших больницах.

Сознание возрастающих требований к техническому оснащению зданий оформилось у отдельных ведущих архитекторов уже давно; например, в английском жилищном строительстве конца XIX в. архитектором Р. Н. Шоу группы дымовых труб оформлялись как система сосудов внутри строительной структуры. Скандинавские и английские архитекторы уже давно применяют в схожих проектах открытое оборудование как функционально выразительное средство, частично даже в церковном строительстве. Английские «бруталисты» сделали видимые трубопроводы, каналы и кабели своего рода официальной принадлежностью архитектуры. Растущие требования к изменчивости инженерных коммуникаций и к их универсальности привели даже к попыткам, например в строительстве высших учебных заведений, не скрывать оборудование подвесными потолками, а располагать инженерные коммуникации открыто. Это имеет свои преимущества, если к моменту строительства еще не установлены точные назначения разводов ответвлений и переключений. Возможность пропуска инженерных коммуникаций сквозь перекрытия современного каркасного сооружения из металла является большим преимуществом металлических конструкций. Особенно хорошо проработано техническое оборудование в здании ремес-



Административное здание фабрики «Надаракс»

ленного училища в Бёрне (архит. В. Пфистер), построенном из стальных конструкций.

Если понимать под техническим оснащением дома в общепринятом смысле все мероприятия, которые обеспечивают хорошее физическое и психологическое самочувствие людей, то для этого нужно также и хорошее естественное освещение и, следовательно, большие габариты окон, и их участие в естественной вентиляции; нужны приспособления для очистки стекол и конструктивные меры для солнцезащиты. Эти важнейшие проектные меры, связанные с окружающей средой, запланированное строительное окружение человека определяют лицо сооружений и поселений. Ле Корбюзье одним из первых осознал, что переворот, который сделал современный каркасный способ строительства в структуре наших сооружений, требовал разработки новых решений и для этой проблемы. Он изобрел, как современный вариант ставен, солнцезащитный козырек — «солнцелом». Он добился также в своем «Мезон Кларте» особой прелести металлических переплетов и жалюзи с делением их импостами. Позднее еще более совершенное решение металлических переплетов было достигнуто Ж. Пруве в доме на площади Моцарта в Париже.

Эта традиция была принята и продолжалась наряду с пережитком — применением ставен в парижских доходных жилых домах, которые способствовали впечатлению единства и исторической целостности городской застройки, например в здании библиотеки в Париже (см. с. 122), где складные ставни из перфорированных алюминии-

вых листов, приводимые в действие изнутри, обеспечивают защиту от солнца.

Горизонтальные солнцезащитные пояса превратились в вертикальные устройства, что привело к многообразию эффектов оформления и материалов: от наполненных мрачной силой стальных щитов на «Дирхауз» Сааринена через эффектные, сверкающие великолепием пластины из нержавеющей стали в административном здании фабрики «Кадарахе» архитекторов Бадани и Ру-Дорлю до деловитости решетки, вынесенной перед зданием «Юнеско-V» в Париже архитектора Зерфуса и инженера Пруве. Комбинация защиты от солнца с устройствами для очистки окон, балконных решеток с вертикальными щитками, как это было сделано Айерманом на каркасе внешней стены, очень привилась, как уже упоминалось, прежде всего в ФРГ (см. с. 130).

Намерение придать проектированию инженерного оборудования и коммуникаций значение, равноценное проектированию несущей структуры, выражено в ранних попытках подчеркивать кондиционеры, калориферы или иное оборудование в структуре фасада. Это направление отражено в проекте высотного административного здания «Мак-Кормик компани» (1953 г.) в Чикаго В. Гропиуса, где отопительные установки просматриваются в виде глухих плоскостей в подоконной зоне.

Эта идея развивается в направлении комплексного проектирования несущей системы, технических устройств здания в широком смысле, планировки и архитектуры. До сих пор строительство с применением стального каркаса не добилось в этом отношении таких убедительных, бросающихся в глаза результатов, какие достигнуты при применении железобетона в некоторых новых административных зданиях США, например в здании «Американ рипаблик иншуренс компани» в Де-Мойн (Проектное бюро SOM). В нем 20-метровый пролет между глухими торцовыми стенами перекрыт сборными предварительно-напряженными балками коробчатого профиля, в котором проходят как воздухопровод, так и электропроводка; эта система проходит наружу через остекление, чтобы подчеркнуть основную идею комплексного проекта.

В строительстве с применением стальных конструкций требования к проектированию становятся более комплексными, включая проектирование огнезащиты и коррозионной защиты конструкций. Напомним, например, о поставленных снаружи, наполненных водой трубчатых колоннах из атмосферостойкой стали в административном здании предприятия стальной индустрии в Питтсбурге (см. пример 61). Похожий способ огнезащиты применен в технологическом исследовательском институте в Дюссельдорфе (см. с. 98). Еще дальше пошла развитая фасадная система Гартнера; в этой системе

циркуляция воды во внешних опорах объединена с отоплением и вентиляцией.

Интересное решение интегрированного оборудования имеет здание факультета электротехники Высшей технической школы в Дельфте (см. с. 104). Во всех этажах по длинной стороне здания расположены остекленные балконы; проводка коммуникаций — перед подоконной стенкой фасада снаружи, так что все инженерные коммуникации легко доступны и одновременно достигается защита помещений от атмосферных воздействий.

Представление о комплексном проектировании в строительстве с применением стальных конструкций дает здание Высшего технического учебного заведения в Бругг-Виндише (см. с. 90), где выбор несущей системы, детализация несущих элементов, легко доступная и изменяемая проводка оборудования, рациональный метод строительства, огнезащита и совершенствование фасада согласованы особенно скрупулезно.

Видимый или скрытый стальной каркас

Многие архитекторы придерживаются мнения, что в современном строительстве на основе стальных конструкций несущий каркас должен быть обнажен; сооружения, в которых стальные конструкции скрыты, их не удовлетворяют. Развитие архитектуры стальных

конструкций в сочетании с новой экспрессивной архитектурой железобетона делает эту точку зрения вполне понятной. Однако мнение о необходимости видимого стального каркаса не было безоговорочно.

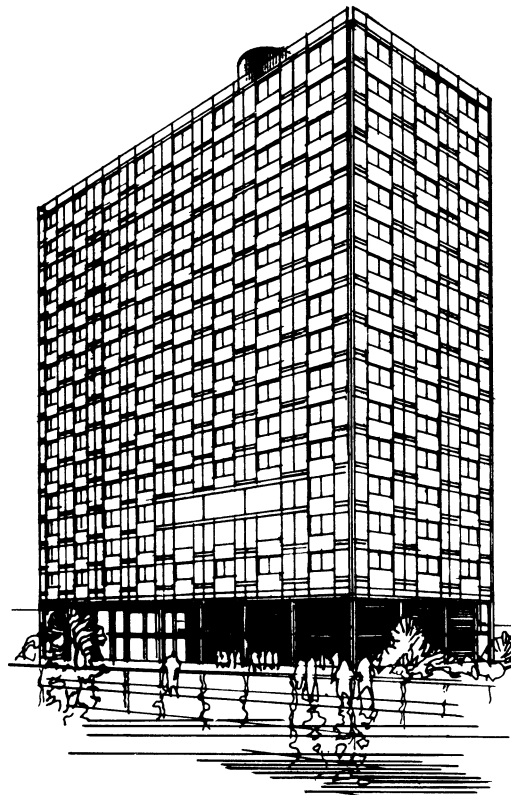
Примеры строительства, собранные во второй части книги, показывают много сооружений, запроектированных в стальных конструкциях со скрытым каркасом, который в ряде случаев сразу не угадывается. Можно добавить несколько новых сооружений, чтобы проиллюстрировать переход от совершенно скрытых до выставленных наружу стальных каркасов и показать, что более или менее отчетливая читаемость несущей конструкции не является безусловным критерием для архитектурного и функционального качества зданий. Необходима тщательная проработка всех строительно-технических, производственных и экономических вопросов, решение которых требуется от архитекторов и инженеров при строительстве зданий со стальными каркасами.

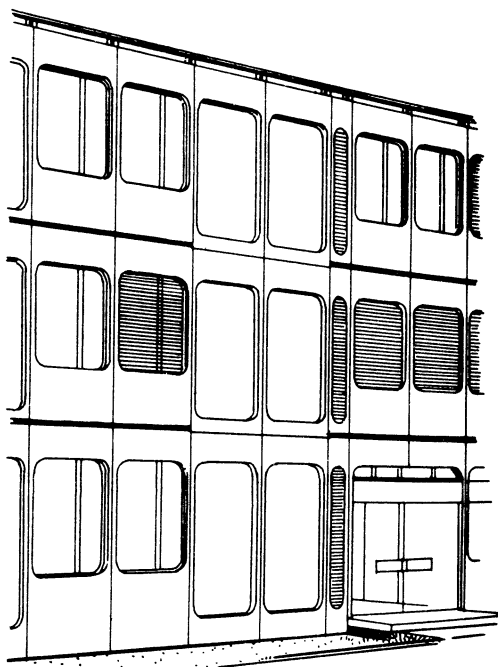
Остановимся на сооружении, в котором проектирование структуры и инженерных коммуникаций привело к гладкому решению фасада, а места расположения отступивших назад колонн не видны снаружи. Это — административное здание «Экюбленс» в Лозанне архитектора Ж. П. Каэна, который применил в своем проекте несущие конструкции, употребляемые до сих пор в постройке школьных зданий. Для фасада применены двухслойные панели из алюминиевых листов с отверстиями для окон в наружной решетке. В свободное пространство между алюминиевыми листами помещена противосолнечная защита — жалюзи и кондиционерные установки, и только в узких полосах элементов, вставленных после каждого четвертого окна, обрисована модульная сетка колонн.

Большой выразительной силы можно добиться совершенно гладким фасадом, скрывающим стальной каркас, как, например, в административном здании «Банкрасхоф» в Амстелвене (см. с. 148). Игра темного и светлого, горизонтальных и вертикальных линий придает пластическую силу корпусу здания, напоминает об элементарных средствах оформления, которые Мондрианом, Ризтфельдом и другими голландскими авангардистами были внесены в новое архитектурное движение 50-х годов. Отступившие назад, облицованные бетоном, несущие колонны вырисовываются темными полосами в лентах окон.

Особую структурную привлекательность этому сооружению придает оригинальная конструктивная идея асимметрично расположенных сплошных вертикальных полос, за которыми скрыты ветровые связи. Если этот скромный и

Проект высотного здания «Мак-Кормик компани», Чикаго





Административное здание „Энжобленс“. Лозанна

одновременно энергичный вариант современного строительства с выдвинутой наружу системой обеспечения жесткости здания сравнить с традиционными решениями, к которым были приучены строители в неоклассических зданиях 30-х годов, где ветровые связи скрыты глухими угловыми полосами, кажущимися монолитными массивами, то будут ясны огромные изменения в конструктивном мышлении, в структурном понимании архитектуры.

При сооружении больших жилых массивов, жилых домов рядовой застройки или высотных домов, для которых стоимость каркаса и ограждающих конструкций особенно тщательно обосновывается, встречаются решения, когда трудно бывает отдать предпочтение стальному каркасу или вообще каркасному способу строительства, как, например, в высотных жилых домах в Балорноке (см. с. 70) или в системе рядовой застройки в г. Стора Туна (см. с. 72), где стальной каркас скрыт заполнением из легкого бетона. Для сооружений, в которых по эксплуатационным соображениям требуется глухая наружная стена, можно считать неременным условием размещение стального каркаса полностью внутри здания, как, например, в торговом центре в Стокгольме (см. с. 116), где структура каркаса видна лишь сквозь витринные окна первого этажа.

Переход от этой первой группы зданий с глухими наружными стенами ко второй, в которой на фасаде проступают колонны, облицованные или необлицованные, виден при сравнении двух зданий: гостиницы «Альфа» в Амстер-

даме (см. с. 80) с отступившими вглубь стойками многоэтажных рам и жилого блока «Бургмистр Махтенс» в Брюсселе, где несущие колонны определяют ритм фасада как оконные стойки (см. с. 68). В здании технологического института в Аннап (см. с. 100) профилям перекрытий навесных стеновых панелей соответствует ясное вертикальное членение, но позади каждого второго элемента стоит несущая колонна.

Здание средней школы в Чикаго (см. с. 92), спроектированное в проектно-бюро Мис ван дер Роз, имеет широко расставленные колонны и рандбалки, обетонированные и облицованные стальными листами. Это — строгое решение в духе чикагской школы.

Очень изысканную структуру фасада имеет административное здание «Сен-Гобен компани» в Нейи архитекторов Бонена и Обера. Специальности фирмы по изготовлению стекла соответствует и вся поверхность фасада, лента высоких окон с выступающими делениями, так же как и узкие темные полосы из стекла против зоны перекрытий; изящная решетка связана со стоящими позади несущими колоннами вертикальными рейками из металла.

Постановка несущих наружных колонн непосредственно перед фасадом и связь фасадных членений с несущей системой становятся особенно понятными при малом шаге наружных колонн, соответствующем оконным осям и запланированному модулю, как, например, в новом здании ветеринарного факультета университета в Западном Берлине (см. с. 214, 312). При таком простом структурном членении фасада классический двутавровый профиль вытесняется четырехугольными трубчатыми профилями, что также дает известную выгоду для решения мероприятий по защите от пожара и коррозии. Хорошим примером элегантно фасада с трубчатыми стойками является здание аэропорта в Ирвине, штат Калифорния (архит. К. Эллвуд).

С особой силой выступают наружу четырехгранные трубы перед фасадом здания в г. Онуа (см. с. 134). В этом фасаде узкие трубчатые колонны высятся как копыта или мачты для флагов над верхней точкой балок покрытия, как бы подчеркивая, что здание принадлежит трубопрокатному заводу.

Повышенным вниманием пользовались также цилиндрические стальные трубы в качестве несущих элементов. Толчком в этом направлении стала конструкция фасада факультетского здания университета в Париже (см. с. 102). Анфилада колонн из круглых труб, изменяющихся как по шагу, так и по диа-

метру от открытого первого этажа до верхних этажей, и перерезающая эти трубы мощная рандбалка, в которую упираются большепролетные балки с верхним прямолинейным и нижним выгнутым вниз поясом, расположенные над залом первого этажа, — все это создает пластичное впечатление. Эта новая архитектура стальных конструкций имеет исторические корни: контраст призматических и цилиндрических элементов напоминает чугунные фасады здания «Ривер-фронт» в Сент-Луисе; они укоренились также во франко-бельгийских традициях строительства с применением стальных конструкций, напоминающих решения зданий эпохи чугуна, в которые инж. Пруве внес новые веяния современного машиностроения. В этих примерах открываются тенденции, которые выявляют выразительность стали как строительного материала еще решительнее, чем строгие прямоугольные формы и профили новейшей американской архитектуры.

Для выбора профиля колонн решающей является, как правило, их архитектурная форма; чаще всего это крестообразные колонны, которые представляют преимущества геометрически совершенного решения прямого угла и хорошо сопрягаются со стеновыми элементами. Такие колонны, например, применены в детском городке в Мюльгейме (см. с. 74).

В последние годы наблюдается стремление усилить выразительность вынесенного перед фасадом металлического каркаса включением в структуру здания мощных диагональных связей — влияние американских супернебоскребов, таких, как «Ханкок-центр». Поскольку эти диагонали не являются несущими элементами каркаса, как в мостовых или висячих конструкциях (примерно как несущая структура административного здания «Барлингтон корпорейшен» в Гринсборо, имеющая опоры в четырех точках), а работают только как элементы жесткости, они производят впечатление чрезмерно массивных. Если несущие колонны еще больше отодвинуты от фасада, то открываются и узлы присоединения к ним балок перекрытия или ригелей рам, как, например, в административном здании фирмы «Фабрица» в Беллинцоне (архитекторы Сноцци и Ваччини). Особенно далеко (на 1,3 м) от линии окон отступает каркас наружной стены в здании суда Европейского сообщества в Люксембурге (см. с. 126), так что вся несущая система выступает наружу. Эффект усиливается еще тем, что в четвертом этаже металлические конструкции выступают консольно с вылетом около 1,8 м благодаря горизонтальным солнцезащитным щитам. Зрительной пере-

грузке верхней части отвечает выступающий массивный цоколь; все это напоминает здание фирмы «Джон Дир» Сааринена, тем более что здесь тоже применена атмосферостойкая сталь.

В обработке верхней плоскости открытых выступающих стальных элементов также не могут быть установлены какие-нибудь рецепты. Самое прогрессивное, идеальное в смысле решения стальных конструкций применение атмосферостойкой стали, которая экспортируется сегодня различными фирмами и довольно широко распространяется во всех странах, еще не дает гарантий высокого архитектурного качества зданий. Сильнейшие по выразительности, но еще непривычные средства оформления требуют при их применении большого такта и опыта.

Цвет чистой ржавчины имеет своеобразную красоту и воспринимается как патина, как признак старины (как старое дерево или медь). Однако такая ржавчина появляется на атмосферостойкой стали очень неравномерно и в зависимости от соприкосновения с влагой имеет различные оттенки, пятна и полосы, которые нельзя заранее ни предвидеть, ни рассчитать. Стекающая ржавая вода в первое время после окончания строительства загрязняет строительные детали; хотя имеются методы искусственного старения стали, но они создают осложнения в работе и удорожают конструкции.

Атмосферостойкая сталь неоднократно применялась в различных типах зданий — многоквартирном доме в Лондоне (см. с. 62), транспортном доме в Люцерне, спортивной

школе в Магглингене (см. с. 89), Олимпийском спортивном центре в Мюнхене (см. с. 96), гуманитарном институте университета в Западном Берлине (см. с. 311). Два последних примера особенно поучительны; в спортивном центре архитекторы попытались отвести ржавую воду с оконных переплетов через искусно продуманную систему горизонтальных желобов, однако вода, отклоненная ветром, не всегда придерживается этой системы, к тому же большое число профилей на мелкорасчлененном фасаде мешает цветовому восприятию стальной патины. В этом отношении новому материалу лучше соответствуют многослойные тонкостенные фасадные элементы, закрывающие всю плоскость фасада, как это, например, сделано Ж. Пруве в здании университета в Западном Берлине.

Играющая шкала красок, от светло-красного до глубокого пурпурного или фиолетового проявляется наиболее сильно в том случае, когда она контрастирует со светлыми плоскостями и применяется в ограниченных размерах, как, например, в спортивном зале Мюнхенского спортивного центра. Интересный эксперимент в этом направлении был проведен в фасаде административного здания «Кэсс Патрональ» в Брюсселе (архит. Л. Баухер), где узкие вертикальные элементы из атмосферостойкой стали скombинированы с элементами заполнения из химически стойкой и удобной для очистки белой пластмассы.

Не вызывает возражений также облицовка стальных колонн или балок огнезащитной обшивкой или изоляция их листами светлого или темного алюминия, стальными листами или листами из нержавеющей стали — там, где они необходимы и целесообразны в соединениях с остальными конструкциями фасада. В ходе развития стальных фасадов и навесных стен были с успехом применены все возможные комбинации этого рода.

Наконец, следует высоко оценить давно применяемую усовершенствованную антикоррозионную окраску в качестве как технического, так и выразительного средства. Она дает то преимущество, что ее цвет можно выбирать, точно определяя и приспособлявая его к окружающей среде; нанесение окраски более экономично, чем применение облицовки. Что же касается эксплуатационных расходов, то при экономическом сравнении с более надежными и дорогостоящими техническими способами защиты следовало бы учесть и долговечность всего сооружения. Так, например, для здания, которое через 15 лет должно быть снесено или перестроено, применение патины неэкономично. Патину, даже если она получена искусственным путем с помощью современной химии и металлургии, не следует применять в стальных конструкциях, если здания не рассчитаны на очень продолжительный срок службы.

Сталь и традиционные строительные материалы. Стальные строения в историческом окружении

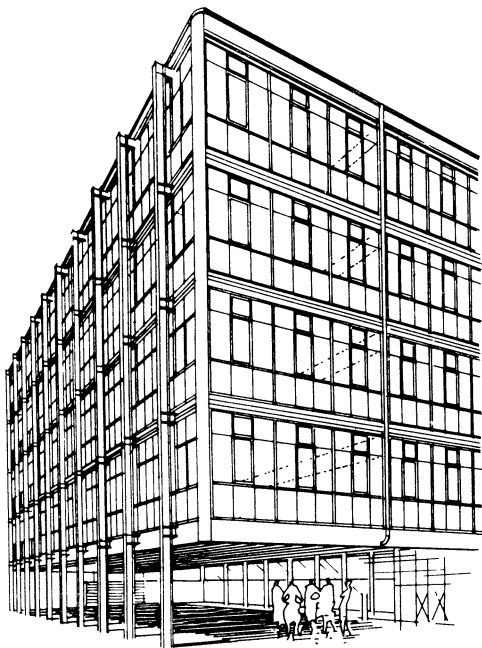
Стальной каркас не только допускает создание большого разнообразия конструкций фасадов, но также дает неограниченные возможности комбинации строительных материалов. Практически его можно сочетать со всеми естественными и искусственными старыми и новыми строительными материалами. Даже традиционные строительные материалы — естественный камень, кирпич, дерево — в комбинации со стальными конструкциями могут проявить свои технические и эстетические свойства.

На заре современного каркасного строительства, особенно в американских высотных постройках, природный камень для несущих конструкций не использовался. Он служил лишь для оформления фасада, придавая ему вид кирпичного строения и тем самым сближая его с традиционными архитектурными формами. Только с 1925 г., когда массивная кладка из тесаного штучного камня стала быстро вытесняться облицовочными плитами из естественного камня, в США и Европе появились многоэтажные здания, в которых плиты из натурального камня создают легкие пояса или пилястры, придающие фасадам легкость и изящество. Ярким примером служит здание «Радио-Сити» в Рокфеллер-центре в Нью-Йорке.

С развитием архитектуры стекла и стали натуральный камень был оттеснен и сведен к роли отделочного материала для стен и полов торжественных приемных залов. Но архитекторы не хотели отказываться от долговечной облицовки, так же как заказчики от благородного вида естественного материала, а потому возникли различные виды конструкций каменных фасадов, некоторые разновидности которых рассмотрены во второй части на примерах построенных зданий. В дальнейшем в архитектуре были вновь открыты способы применения натурального камня, которые в сочетании с железобетоном, несомненно, принесли плодотворные результаты. Речь идет о добавлении декоративных каменных пород в облицовочный бетон, сходный по фактуре с грубообработанным мрамором или гранитом.

Весьма убедительным представляется сочетание стального каркаса с облицовкой из естественного камня в жилом блоке в Рюэй Мальмезон (Париж) (архитекторы П. Сонрель и Ж. Дютиле). Этой застройке уже около 16 лет, но она превосходно сохранилась и выгодно отличается от жилых комплексов с домами из крупнопанельных железобетонных плит благодаря патине, которой покрывается натуральный камень, а также благодаря связи с французской традицией городского строительства, основанной на применении натурального камня. В этих жилых постройках особенно привлекает со-

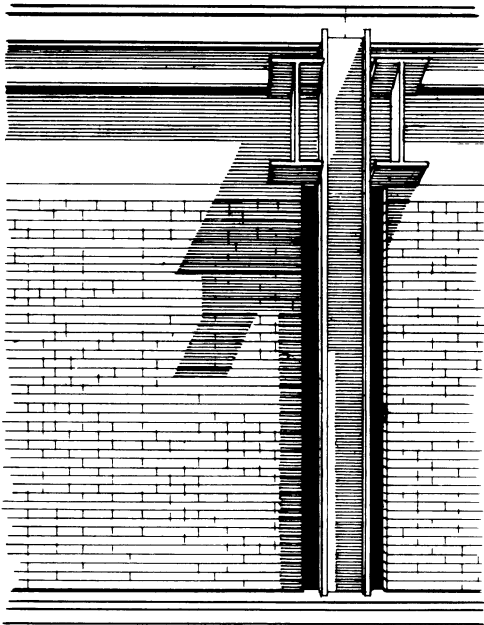
Беллинцона Административное здание фирмы «Фабриция»



четание скрытой структуры каркаса с видимыми стальными колоннами, которые легко просматриваются в углублениях лоджий.

Высотное здание «Вилль-Мари» в Монреале демонстрирует смелое решение облицовки натуральным камнем в большом масштабе: приземистое строение вестибюля, расположенное под крестообразным небоскребом, обрамлено большепролетными стальными фермами, на которые навешены мощные плиты из кварцита.

Интересный опыт был предпринят с фасадом новостройки фирмы «Дженерал Моторс» в Нью-Йорке: достигающие третьего



Деталь зала «Джон Дир», Молино

этажа элементы из легкого бетона облицованы снаружи шлифованным кристаллическим мрамором. В небоскребе «Стандарт Ойл компании» в Чикаго сделан дальнейший шаг: мраморные плиты прикреплены непосредственно к профилированным треугольным ребрам из листового железа несущей наружной стены.

Материал, который особенно хорошо сочетается со всякими строительными конструкциями, в том числе и со стальными, и который столетиями оправдывал себя в процессе исторического развития архитектуры, это — кирпич. Цвет и масштабность, которые присущи кирпичной кладке с перевязкой швов, дополняются такими ее качествами, как повышенная долговечность и высокая огнестойкость.

В раннем промышленном строительстве кирпичная кладка играла важную роль, так же как и при строительстве американских высотных домов, начиная с раннего периода чикагской школы. Здание «Бекман Тауэр» в Нью-Йорке с его строгой и спокойной стрельчатой архитектурой из малоформатного красного кирпича демонстрирует лучшие изобразительные возможности высот-

ной архитектуры примерно 1925 г. Это здание, в котором кирпичная кладка сочетается с алюминиевыми панелями, может конкурировать со зданием «Радио-Сити» в Нью-Йорке.

В современном строительстве, основанном на применении стали, кирпич снова завоевал прочное место, пройдя через все разновидности зданий. Важная инициатива исходила, несомненно, от Ээро Сааринена, который первым ввел керамические материалы для обогащения архитектуры из металла. Знаменитая деталь лекционного зала комплекса «Джон Дир» в Молино — кирпичная кладка наружных стен, связанных со стальными наружными колоннами.

Особое значение приобрел стальной каркас, заполненный кирпичом, для жилищного строительства. Каркас Мис ван дер Роэ из стали и стекла получил широкое применение сначала в жилищном строительстве в сочетании со стенами из кирпича и дерева, как это практиковал К. Эльвуд при строительстве домов в Калифорнии. Среди жилых строений раннего периода прежде всего оправдали себя жилые дома в рабочих поселках в Пьюмбино и Таренто (см. с. 63, 66), где комбинация наружного стального каркаса с двухслойной кирпичной кладкой оказалась приемлемой для жилья, удобной и экономически обоснованной.

Из всех природных строительных материалов дерево по своим свойствам ближе всего к стали. Не случайно мысль о создании стальных каркасов нашла в Чикаго такую плодотворную почву — там идея современных каркасных конструкций была уже подготовлена.

В строительстве из дерева за последние десять лет наблюдается большой подъем, главным образом, в связи с применением клееных деревянных конструкций; дерево применяется в строительстве крупных залов даже с очень большими пролетами и все в большей степени конкурирует со сталью. До сих пор комбинированное использование дерева и стали осложнялось тем, что оба материала в соответствии со строительными предписаниями относили к недостаточной огнестойким. Там, где дерево соперничает со сталью, как, например, при строительстве залов, специалистами постоянно выдвигается аргумент, что древесина, пропитанная специальными составами, имеет преимущество перед невоспламеняющейся, но деформирующейся при высокой температуре сталью. Предубеждение, которое существовало у службы противопожарного надзора против комбинации стали и дерева, заметно ослабло, когда эксперты начали приходить к выводу, что не существует абсолютно огнестойких материалов и что при выборе материалов нужно учитывать назначение здания, особенности его эксплуатации, оформление и внутренние средства сообщения.

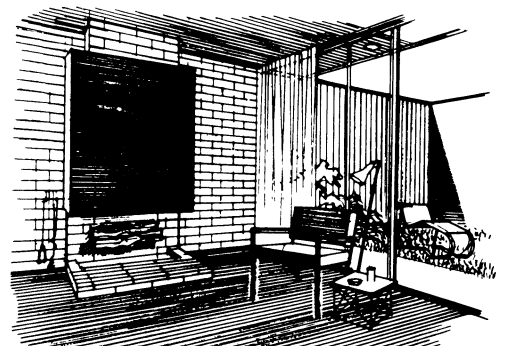
В современном стальном строительстве дерево применяется достаточно широко: оно используется в качестве оконных переплетов, элементов внешних стен, в виде опалубки или обшивки, как устойчивая к атмосферным воздействиям, красивая по цвету и приятная по фактуре наружная и внутренняя облицовка стен. Дерево с успехом может применяться в качестве оконных переплетов благодаря своему небольшому весу, нетрудоемкой обработке, легкой пригонке и удобству прикрепления к коробкам, затрудненному образованию конденсата, даже там, где оно не выступает на первый план как основной материал, как, например, в элементах внешних стен 30-этажных жилых домов в Балорноке (Англия) (см. с. 70). В этих домах рамные элементы снаружи заполнены асбестоцементными плитами, а внутри облицованы паронепроницаемыми пластинами. Полы и оконные переплеты деревянные. Еще проще сконструированы глухие элементы стен в многоквартирном доме в Ландскроне (Швеция) (см. с. 60): деревянный каркас наружной стены, заполненный изоляционным материалом и покрытый деревянной обшивкой изнутри, а снаружи облицованный пропитанной изолирующей древесиной и волнистыми асбестоцементными листами.

Деревянные переплеты наиболее приемлемы с точки зрения единообразия материала там, где глухие поверхности наружных стен также покрыты деревом. В настоящее время уже не кажется необычным, когда деревянные оконные переплеты и деревянная облицовка появляются на строгих стальных строениях, как, например, на здании студенческого самоуправления Технического университета в Брауншвейге (см. с. 94), где они сочетаются с выдвинутыми наружу стальными колоннами, или, например, в здании Федерального конституционного суда в Карлсруэ (см. с. 124).

Архитектор Э. Айерман применил принципиально новое сочетание деревянной обвязки для остекления высотой в этаж и солнцезащитных щитков из деревянных брусков с открытыми стальными конструкциями в здании посольства в Вашингтоне.

Древесина из оregonской сосны придает строгой архитектуре из стекла и стали осо-

Голливуд. Внутреннее помещение опытного дома типовой застройки





Гетеборг. Пристройка к зданию ратуши

бый оттенок элегантности и мягкости, весьма созвучный городскому строительству и особенно строительству аэропортов и аэровокзалов. Этот прием был с успехом использован архитекторами при строительстве пассажирских галерей аэровокзала в Копенгагене, а также в здании аэровокзала в Эдинбурге. Помимо конструктивного и эстетического аспекта, такого рода комбинация стального каркаса с деревом внутри и снаружи существенна еще и с точки зрения психологии. При возрастающей насыщенности техникой человек все больше стремится иметь в своем жилище и около своего рабочего места какой-нибудь элемент из естественного материала. Благодаря применению деревянных облицовочных панелей здания из стали и стекла, прежде всего жилые дома, впервые стали уютными.

Типичным примером современного здания со стальным каркасом является медицинская научно-исследовательская лаборатория в Сан-Франциско (см. с. 99), построенная на лесистом склоне. В этом здании архитектором удалось умело вмонтировать огромный комплекс специальных технологических разводов в каркас перекрытия, сделав его при этом доступным для обозрения. Балки перекрытия и пол деревянные, стальной каркас снаружи закрыт деревянным шинглом (чешуей). В целях противопожарной защиты здание оборудовано спринклерными установками, расположенными в вестибюлях и лестничных клетках.

Итак, стальные конструкции, там, где этого требуют задачи строительства, легко сочетаются с традиционными строительными материалами. Во многих случаях такое сочетание дает возможность включить новые здания, основанные на стальном каркасе, в исторически сложившийся строительный массив, в ансамбль зданий, выстроенных в духе традиционной архитектуры, тактично и в соответствии с современными требованиями сохранения памятников старины. Эта трудная, но привлекательная задача приобретает в настоящее время особенно важное значение ввиду растущего объема строительства, уменьшающегося числа исторических построек и возрастающего интере-

са к сохранению невосполнимых ценностей при учете все более строгих требований надзора за историческими памятниками.

Стальные конструкции могут оказаться незаменимыми, особенно когда стоит задача полностью обновить конструкцию старого ценного здания с тем, чтобы его можно было использовать для других нужд, как это делали в Италии, например при перестройке дворца в Комо под общественную библиотеку.

Прекрасный пример реконструкции памятника архитектуры с помощью современных строительных средств — расширение здания ратуши в Гетеборге архитектором Гуннаром Асплундом (1934—1937 гг.). Для того чтобы приступить к расширению здания ратуши, выстроенной в стиле классицизма, Асплунд разработал начиная с 1920 г. целый ряд проектов в традиционной строительной манере с формами, характерными для стиля классицизма. Это были проекты высокого качества, продемонстрировавшие такое мастерство, которое в настоящее время не обнаружишь ни у одного архитектора. Окончательным решением, к которому он в конце концов пришел, был стальной каркас, который на оштукатуренном фасаде выделяется в виде тонкого рельефа с асимметричными окнами различного размера в зависимости от назначения помещений. Проект Асплунда — шедевр, вершина ранней архитектуры функционализма и одновременно залог того, что и в стальном каркасном строительстве возможно высокое строительное искусство, т. е. архитектура в прежнем понимании этого слова. Долгое время после реконструкции ратуша оставалась непонятой многими архитекторами, и если бы этот проект был предложен сегодня, то официальная комиссия его, вероятно, не утвердила бы.

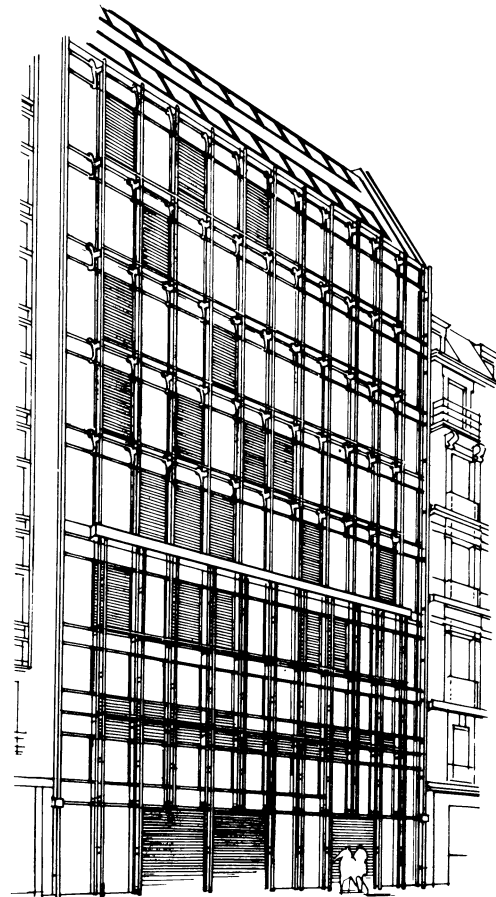
Поучительно сравнить различную степень контрастного воздействия, приспособления, заимствования или перенесения исторических элементов строительства в трех новейших итальянских стальных зданиях: первое из них — универсальный магазин «Ринацента» в Риме с решительно выдвинутым вперед каркасом и наружной стеной без окон, сложенной из красноватого искусственного камня; второй — отель «Жоли» в Риме также с сильно подчеркнутым открытым стальным каркасом, с нависающими солнцезащитными щитами (см. с. 82) и, наконец, «Чейз Манхеттен Банк» в Милане (см. с. 138), форма корпуса которого приближается к форме соседствующей с ним купольной церкви в стиле барокко, а нижний этаж представляет собой стремление перенести в рамки стальной конструкции традиционные аркады.

Во всех трех случаях архитекторам удалось вписать масштаб своих зданий в существующую застройку улицы или площади. Аркады из стальных рам нельзя перенять безоговорочно. Если представить себе

различные перемены, которые пришлось испытать строительной мысли при создании портиков и беседок, начиная со времен раннего средневековья в Болонье или Турине (деревянные столбы и балки, столбы из кирпича, арки, мраморные колонны и архивольты, железобетонные конструкции с облицовкой из натурального камня), то вполне возможно предположить, что стальная конструкция тоже найдет свое место в этой строительной цепочке. Во всяком случае соответствующая современным тенденциям развития формы в строительстве, возможно, несколько слишком подчеркнутая стальная конструкция отеля «Жоли» в Риме хорошо сочетается с окружающей архитектурой позднего классицизма.

Поразительна гармония видимого стального каркаса с расчлененными в духе классицизма фасадами соседних домов, которая так удалась при надстройке одного из домов на улице Жоффруа в Париже (архит. Е. Альбер) несколько лет тому назад. Типичный старинный парижский дом был перестроен с помощью изящно расчлененного стального каркаса из круглых трубчатых профилей, выступающего в сторону улицы. Это первый случай последовательного применения круглых труб в стальном строительстве. Здесь еще яснее, чем при строительстве научного факультета Парижского университета, видна переключка с эпохой чугуна и связь с ранней французской традицией строительства с применением железа.

Париж. Надстроенный дом на улице Жоффруа



Сталь и стекло

Представление об идеально чистой архитектуре из стекла и стали, несомненно, одна из важнейших и наиболее характерных движущих сил современной архитектуры. Первые шаги в этом направлении были сделаны на рубеже XVIII и XIX столетий непосредственно после того, как для несущих конструкций зданий в качестве строительного материала начали применять железо вместо дерева и кирпича. Во Франции еще в XVIII в. было сильно развито производство зеркальных стекол в связи с изобретением литьевого метода. Уже первый купол зернового элеватора, деревянная конструкция которого была заменена после пожара 1799 г. железной, был в значительной мере застеклен. При строительстве галереи в Орлеане был, как уже раньше упоминалось, применен свод из стекла и железа. Это, вероятно, одно из самых плодотворных достижений архитектуры XIX в., с которым пришло новое восприятие пространства и массы и принципиально новое оформление внутреннего и внешнего пространства.

Кровля или свод из стекла и железа стали характерным признаком городского строительства — крытые пассажи и галереи, рынки, перроны, зимние сады и стеклянные дворцы. По лондонскому «Хрустальному дворцу» можно судить, насколько технология стекла как строительного материала отставала от технологии железа. Весь проект, его строго модулированный порядок, проект организации работ и календарный график должны были быть ориентированы на вырабатываемые в то время форматы стекла с максимальной длиной 1,25 м.

Достичь идеала полной прозрачности или по крайней мере приблизиться к нему при постройке многоэтажных зданий было гораздо труднее, чем при строительстве залов. Все трудности и неудачи, которые приходилось преодолевать стальному строительству, проявлялись также почти всегда при уменьшении застекленных площадей, и, наоборот, самые удачные и элегантные решения архитектуры, использующей стальной каркас, шли рука об руку с максимально большими плоскостями остекления.

То, что архитектура стекла и металла при строительстве многоэтажных зданий смогла добиться успеха лишь с таким сильным опозданием — приблизительно через 100 лет после постройки «Хрустального дворца», отчасти является результатом технологической отсталости производства стекла. Только в начале 20-х годов нашего столетия техника производства стекла достигла уровня поточного производства с выпуском стекла большого формата.

Но именно в эти годы в Европе, которая в то время была источником новых идей

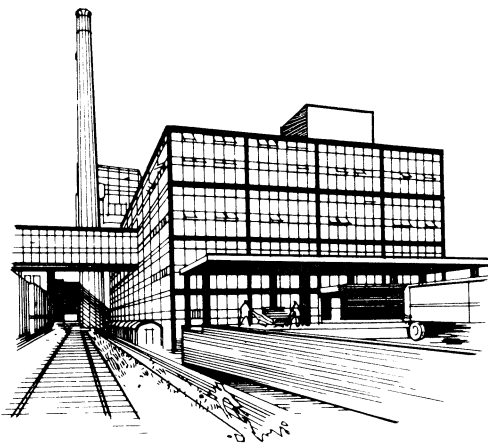
в области подлинно каркасной архитектуры, железобетон оттеснил стальное строительство на второй план. Поэтому идея дома из стекла в высотном строительстве была реализована сначала в комбинации не со стальным каркасом, а с железобетоном. Первыми постройками, в которых стекло целиком заменило другие строительные материалы в высотном строительстве, были табачная фабрика ван Нелле в Роттердаме 1927 г., «Диогенверзандхауз» архитектора Вутса в Бостоне (Англия). Это промышленные здания и склады, сплошное остекление которых было легче выполнить, чем в жилых домах или в учреждениях, так как оно диктовалось функцией этих зданий.

Первая постройка, в которой был использован целиком стальной каркас с застекленными переплетами большого формата, ставшими неотъемлемой частью всего сооружения, — необычайно прогрессивная конструкция для 1939 г. — это многоцелевой зал Народного дома в Клиши во Франции (архитекторы Бодуэн и Лодс, инженеры Бедянский и Пруве).

Фасады из стали и стекла жилых домов Мис ван дер Роэ, так же как и первые навесные стены, были технически несовершенны в том смысле, что они еще были застеклены обычным толстым стеклом. Долгое время пришлось заниматься проблемами утечки и лучистого распространения тепла и другими физиологическими и физико-строительными проблемами, которые связаны с применением обычного стекла. Эти проблемы были менее актуальны для США благодаря мягкому климату и меньшей стоимости энергии.

Мис ван дер Роэ способствовал прогрессу техники стекла. Промышленность, производящая стекло, быстро устранила недостатки своего материала (недостаточные теплозащитные свойства, ломкость, тепличный эффект при солнечном освещении) и добилась усовершенствования и быстрого повсеместного внедрения крупноразмерных стекол. В «Леве-хауз»

Питтсбург. Уксусная фабрика „Хейнц“



в Нью-Йорке было использовано для остекления зеленоватое, защищающее от солнца стекло «саталог», которое в то время использовалось в США для задних стекол автомобилей. Авторы проекта имели при этом в виду не только защиту от солнца — такое стекло относительно меньше отбраковывалось и легко достигалось единство в цветовом решении всей стеклянной оболочки здания, так как армированное остекление междуэтажных простенков было тоже зеленого цвета. Эта идея была сразу же повсеместно подхвачена. Самого большого эффекта Мис ван дер Роэ удалось достигнуть коричнево-золотой окраской, соответствующей бронзированным импостам здания «Сигрэм».

Среди ранних примеров применения навесных стен в американских небоскребах «Корнинг Гласс билдинг» — здание, построенное в Нью-Йорке архитекторами Гаррисоном и Абрамовицем, представляющее собой образец максимального использования стекла: чрезвычайно тонкие вертикали и едва заметные горизонтальные импосты и последовательное использование тонкого солнцезащитного стекла приводят к тому, что между окном и подоконной зоной почти незаметно различия. Европейцу сразу же бросается в глаза сильная волнистость и неравномерность тянутого стекла с искаженным размытым отражением соседних домов, поскольку в Европе принято считать, что в классической навесной стене необходимо абсолютно гладкое кристаллическое зеркальное стекло.

Фасад центра ИБМ архитектора Сааринена по окраске стекла намного темнее фасада «Корнинг Гласс билдинг», но темное стекло почти неощутимо изнутри. Чем темнее окраска стекол, тем сильнее они отражают лучи, как зеркало, и знаменательно то, что в архитектуре международного масштаба именно это волшебное действие стекла как строительного материала было вновь открыто и использовано при развитии романтической выразительности и символики. В основе этого направления лежит возврат к глубинам истории строительных материалов. Теперь в споре уже необязательно чистопрозрачное нематериальное стекло, к которому, видимо, стремилась архитектура функционалистов и которое широко применяется благодаря современному поточному производству зеркального стекла. Теперь известно, что можно использовать цветные прозрачные, непрозрачные или отражающие остекленные поверхности; такую роль стекло играло уже в готических соборах и в замках, построенных в стиле барокко.

При строительстве здания библиотеки редких книг в Нью-Хавене архитекторы заполнили пластическую сетку крестообразных готовых частей фасада ониксом. Это вызывает в памяти античную архи-

тектуру дворцов и храмов, эпоху, когда стекло было дороже, чем шлифованные полудрагоценные камни.

В этой перспективе следует рассматривать те проекты, в которых воплощены помертвенно мечты Мис ван дер Роэ о берлинском небоскребе из стекла (проект 1919 г.); это относится впрочем к зданию «Лейк Пойнт Тауэр» в Чикаго с очертанием, похожим на листок клевера, и с вздымающимися плоскостями из стекла. Здесь железобетон вновь опередил сталь. Это 65-этажное здание, оставшееся некоторое время самым высоким в мире, было построено с таким расчетом, чтобы самой формой плана способствовать уменьшению давления ветра с передачей горизонтальных усилий на массивное ядро жесткости.

Образцом чистой архитектуры стекла и стали 50-х годов в области строго делового промышленного многоэтажного строительства может служить укусная фабрика в Питтсбурге (проектное бюро SOM) с ее ритмическим делением импостами и с прекрасными пропорциями. Из европейских зданий с ней можно сравнить гараж и зал для продажи автомобилей в Барселоне (архит. Эхагу).

Примерно с 1950 г. в технологии стекла были достигнуты дальнейшие успехи. Различные системы заполнения оконных проемов, объединение двух или более переплетов с воздушными прослойками, которое снижает затраты на обогревание внешней остекленной стены и препятствует ее запотеванию, нашли самое широкое применение. Если сравнить, например, детали фасада здания «Сигрэм» с фасадом Федерального центра в Чикаго, в котором применена более совершенная теплозащита, то разница в решениях остекления едва заметна.

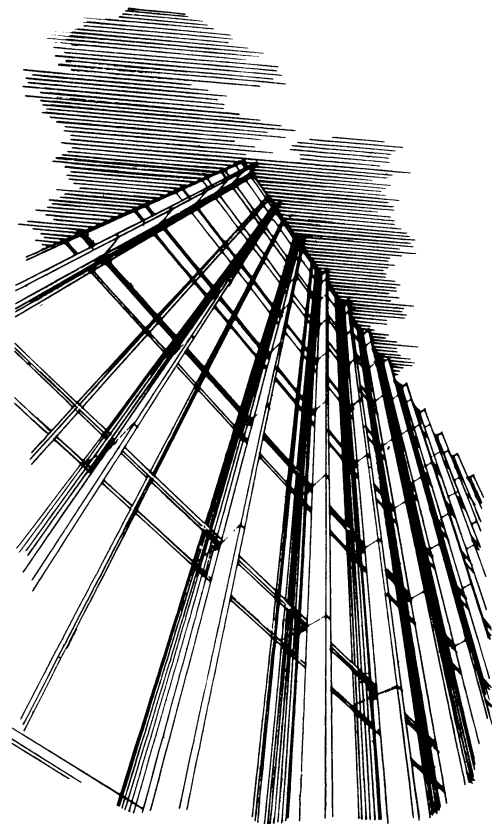
Одновременно с технологией изготовления теплозащитного стекла была разработана технология различных типов безопасных стекол — многослойного безопасного стекла и закаленного стекла. Цельностеклянные конструкции для стен и световых проемов открыли совершенно новые возможности для архитектуры. Новые знания о проницаемости цветного стекла различными лучами спектра стали источником новых возможностей уменьшения тепличного эффекта и обогащения выразительных возможностей архитектуры. К этому несколько лет назад добавились методы металлизации или создания дымчатости стекла, способствующие лучшему отражению тепловых лучей и придающие фасаду характер гигантского зеркала. Наиболее последовательно этот эффект использовал Сааринен при строительстве каркасного здания телефонной компании «Белл». Огромные плоскости этого гигантского здания заполнены

рефлектирующими солнцезащитными стеклами.

Уже сегодня обнаруживается богатство конструктивных и выразительных возможностей применения стекла — от гладкого до рифленого, от бесцветно-прозрачного до окрашенного, от непрозрачного до зеркального. К этому прибавляется еще одна альтернатива: какое стекло имеет перспективы — тянущее или зеркальное. Эта проблема станет, возможно, беспредметной, если перевесят преимущества третьей технологии — огневой полировки, при которой блестящая полированная поверхность тянущего стекла сочетается с ровной поверхностью стекла шлифованного.

Богатство красок и блеск, которые современная технология производства стекла предоставляет архитекторам, ярче всего выявляются в сочетании с изяществом чисто стальных каркасных строений. Среди международных стальных строений последних лет следует отметить деловые и конторские здания со сплошным остеклением высотой в этаж, а именно: административное здание завода в Штефа в Швейцарии (см. пример 47), здания страховой компании в Лондоне (см. с. 146) и пенсионной кассы в Люксембурге (см. с. 150). Особенно заметна красота стекла в сочетании с функциональной правдивостью в некоторых зданиях, в которых стеклянный фасад имеет вторую оболочку из навесных стеклянных солнцезащитных козырьков. Первые смелые опыты в этом направлении были предприняты архитекторами Зерфусом и Бройером при постройке здания «Юнеско» в Париже и здания правления «Ван Леер компани» в Амстердаме еще в начале 60-х годов. Строго функционально разработанное многоэтажное здание машиностроительного завода фирмы «Геберлейн» в Ватвиле (Швейцария, archit. Кустер) со стальным каркасом особенно привлекательно вследствие комбинации двух различных сортов стекла, используемых для наружной оболочки и солнцезащитных козырьков. Это дает впечатляющий эффект контрастного действия, противопоставления дня и ночи, который делает невесомым, воздушным огромное строгое строение.

К рекордному эффекту крупноформатного сплошного остекления стремился при сооружении приземистого здания генерального бюро ИБМ в Кошеме (Англия) архитектор Форстер, что было связано с известными трудностями при разработке каркаса фасада с учетом высокого насыщения здания инженерными коммуникациями. В этом здании на практике достигнуто впечатление стеклянной призмы, в которой отражаются деревья и облака. Такая маскировка несущей конструкции или стальных импостов не



Париж. Музей искусств и народного творчества

должна, однако, быть конечной целью идеалом архитектуры стекла и стали; изящное обрамление для стекол различного размера в сочетании с элегантно профилем выходящей наружу стальной конструкции представляет еще один шаг вперед в эстетическом отношении. Такое решение было применено при строительстве парижского Музея искусств и народного творчества (архит. Дюбюссон). Большой приемный зал отеля «Голубое небо» в Японии убеждает нас в том, что в последнее время архитекторы вновь вспомнили о цветном стекле и о том волшебном впечатлении, которое оно производит. Стальной каркас, стены и потолок этого здания целиком заполнены цветными стеклами большого формата.

Примером блестящего использования архитектуры стекла и стали в наши дни является здание управления «Ройаль Белж» в Бойтсфорте под Брюсселем. По фантастическому впечатлению, которое оно производит, оно сходно с построенным на 100 лет раньше «Хрустальным дворцом», который оказывал подобное же действие на своих современников. Зеркальные стекла высотой 7,5 м с обеспечивающими их жесткость металлостежками импостами в приземистом цокольном здании, дымчато-золотые солнцезащитные и теплоизолирующие стекла высотного дома в сущности впервые доводят впечатление от конструкции стального каркаса до такого яркого эффекта.

Сталь и бетон

Наиболее распространенная комбинация материалов — это комбинация стали и бетона. Эти столь различные строительные материалы прекрасно сочетаются друг с другом и дополняют друг друга. С момента изобретения железобетона сталь и бетон неразрывно связаны друг с другом. Так же как не существует железобетонного строения без стали, не существует и стального строительства без бетона. Каждое строение со стальным каркасом стоит на железобетонном фундаменте. Чаще всего бетонируются и подвальные помещения. Для плит перекрытий применяют железобетон, начиная с чистого железобетонного перекрытия и кончая профилированным стальным настилом с легкобетонным заполнением.

Особенно часто в современном стальном строительстве железобетон применяют в стеновых элементах, обеспечивающих жесткость здания в виде поперечных или торцовых стен, и еще более часто в виде железобетонных ядер жесткости, которые представляют в свободном внутреннем пространстве этажей жестко зафиксированные элементы, широко используемые для размещения лестничных клеток и лифтов, объединенных с санитарными узлами и вертикальными инженерными коммуникациями. Но и в этом случае существуют различные сочетания стали и бетона — от чисто железобетонного корпуса, который возводится заблаговременно и на который затем стальной каркас опирается, вплоть до внутреннего несущего каркаса из стальных колонн, который обетонируется с устройством ядра жесткости и тем самым придает зданию дополнительную жесткость.

Наряду с основным использованием железобетона, при котором он выполняет несущие функции в составе сооружения, его можно также применять как облицовочный или огнезащитный материал. Часто

его используют и как материал для наружных стен.

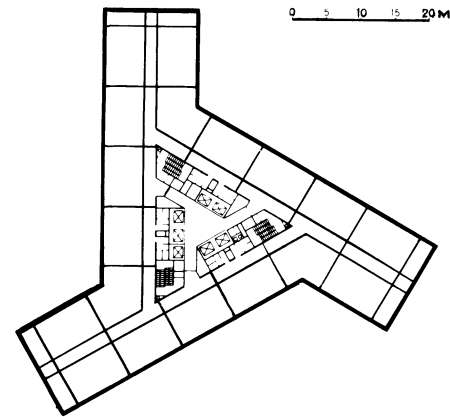
Вопрос о предпочтении чисто стального, железобетонного или смешанного строительства рассматривается в соответствующих разделах данной книги. Во всяком случае использование бетона внутри здания со стальным каркасом представляется оправданным в том случае, если с его помощью можно удовлетворить несколько конструктивных требований одновременно, например создание дисков жесткости, обеспечение звукоизоляции и огнестойкости плит перекрытия, восприятие бокового давления грунта, влагоизоляция, распределение вертикальной нагрузки в стенах подвалов и т. д.

Помимо требований рентабельного производства работ известную роль могут, конечно, играть и задачи придания строению определенного облика. Железобетонное ядро жесткости здания иногда по условиям планировки, а также для удобства движения и более полного восприятия внутреннего пространства делают не прямоугольным, а изогнутым, например в «Чейз Манхеттен Банк» в Милане (см. с. 138). В последнее время все чаще появляются цилиндрические ядра жесткости в плане зданий (см. с. 134, 136).

В зданиях со стальным каркасом отдельные несущие детали могут быть выполнены из железобетона, но возможен и обратный случай. Так, например, часто расположенные железобетонные несущие опоры внешних стен над большим пролетом подвального этажа могут быть поставлены на стальные балки со сплошной стенкой. Нередко в зданиях с железобетонным каркасом использовали стальные профили в качестве внешних опор. По этому принципу сконструирован в 50-х годах Дом стекольной промышленности в Дюссельдорфе (архит. Б. Пау) — высотное здание с особенно широким использованием стекла, здание, которое, несомненно, способствовало продвижению в ФРГ архитектуры стекла и стали.

Между строительством только из стали и только из железобетона имеется постепенный переход от одного вида к другому, причем границу между ними трудно установить. Многим архитекторам смешение стали и железобетона представляется ненадежным. С другой стороны, комбинация массивного, обеспечивающего жесткость ядра жесткости с внешним окружающим его стальным каркасом настолько часто используется и как по своему функциональному назначению, так и по общей системе распределения нагрузок является настолько убедительной, что такие решения не нуждаются в защите.

Классическим примером того, как комбинация стали и железобетона внутри большепролетной несущей системы за-



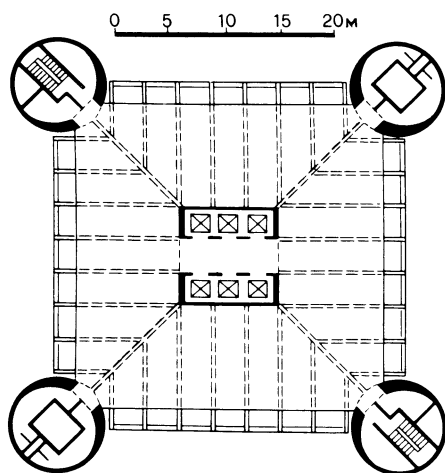
Гамбург План дома «Юнилевер-хауз»

кономерно выросла из технических и экономических условий и как замена материала привела к созданию новой формы и стала в сущности символом творческого проектирования, взятым из сферы строительства залов, является Большой выставочный зал Дворца труда в Турине инженера П. Л. Нерви, который до строительства этого здания работал только с железобетоном. Смелую конструкцию безбалочного перекрытия, которая придает плану здания свободу и гибкость, вначале запроектированную в железобетоне, пришлось ввиду крайне сжатых сроков строительства перепланировать в смешанную конструкцию. Из монолитного железобетона были возведены только мощные колонны; вместо капителей и ребер перекрытий применены стальные балки со сплошной стенкой, которые доставлялись на строительную площадку в готовом виде. Контраст между компактными, сужающимися кверху колоннами и выступающими стальными ребрами плоскостей перекрытий придает залу величественность и создает впечатление подлинного безбалочного перекрытия, которое до сих пор еще нигде не было достигнуто с помощью одних только железобетонных конструкций. Этот проект дал сильный толчок распространению безбалочных перекрытий и подвесных покрытий залов.

Несущие конструкции такого типа проникли в последнее время и в многоэтажное строительство (см. с. 114).

Рассмотренный пример послужил демонстрацией того, что смешанная конструкция может быть вполне разумной и обоснованной и что ее можно причислить к рангу архитектурных выразительных средств, если с ее помощью удастся достичь единства функции, конструкции и внешней формы. Во многих строениях это единство достигнуто. В них внешний вид здания является выражением структурного принципа комбинированного способа строительства; к их числу относятся висячие дома и дома с мостовыми конструкциями, о которых мы уже говорили. Массивность и жесткость лестничной

Нью-Хевен План здания «Найт оф Колумбус Иншуренс компани»

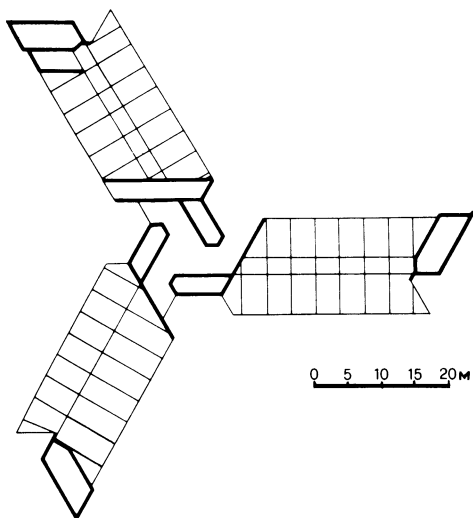


клетки не обязательно должны проявляться снаружи — в некоторых строениях фасад выявляет внутреннюю необходимость или оправданность компактного внутреннего ядра жесткости, как, например, в «Юнилевер-хауз» в Гамбурге (архитекторы Хантрих и Петчниг). Этому зданию можно противопоставить план французского здания ранних времен — филиал Министерства иностранных дел в Нанте, в котором одинаковое расположение корпусов в виде мельничных крыльев расчленяет и облегчает массу здания, но где индивидуализация достигается тем, что массивные лестничные проемы расположены не в центре, а в конце крыльев (архит. Ж. Дюмон).

Еще решительнее проявляется стремление вынести наружу ядро жесткости и несущие лестничные башни и тем самым выявить контраст между плотным телом бетона и прозрачным каркасом в здании «Найт оф Колумбус Иншуренс компани» в Нью-Хавене (архитекторы Кевин Рохе и Дж. Динкело). По углам квадратного 23-этажного здания выступают вперед мощные цилиндрические, облицованные клинкерным кирпичом железобетонные башни, которые совместно с внутренним железобетонным ядром жесткости воспринимают нагрузку от перекрытия и ветровую нагрузку. Стальные конструкции в этом здании использованы в дисках перекрытий; внешние открытые главные балки и рандбалки из атмосферостойкой стали образуют вместе с отодвинутым на второй план остеклением выразительное горизонтальное членение, которое поддерживается боковыми башнями как зрительно, так и по законам статики.

Остроумное, чрезвычайно наглядное архитектурное решение такого рода смешанной формы строительства, состоящего из несущего железобетонного ядра жесткости и подвешенного к нему стального каркаса, удалось архитектору Э. Айерману в двух башенных зданиях административного цент-

Нант План здания Министерства иностранных дел



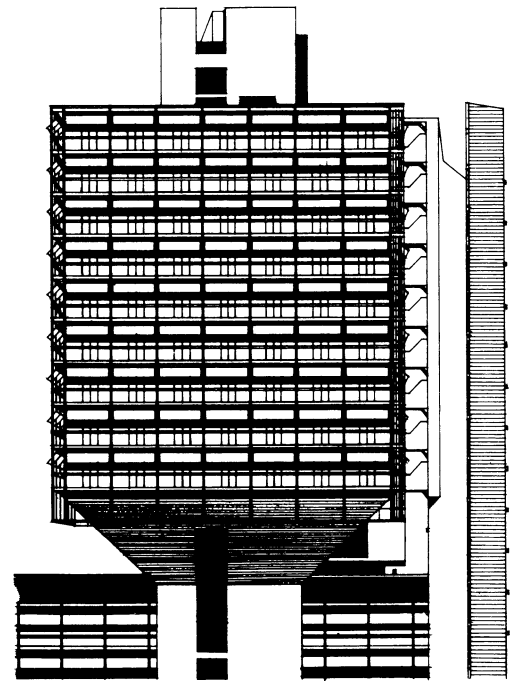
ра фирмы «Оливетти» во Франкфурте-на-Майне. Большая высота зданий была вызвана малыми размерами строительной площадки. Могучий несущий железобетонный ствол свободно вырастает из земли на 16 м в высоту, расширяясь в верхней трети в перевернутую усеченную пирамиду; благодаря глухим, выкрашенным в белый цвет плоскостям строение приобретает пространственную остроту, повышая и без того сильный контраст между поставленным на железобетонное основание стальным каркасом и филигранностью солнцезащитных галерей. Эти здания особенно выразительны потому, что несущие бетонные стволы выступают над корпусом высотного дома более, чем этого требует устройство лифтов и инженерных коммуникаций. Для современной ситуации в строительстве с применением стальных конструкций знаменательно, что такой интересный проект создан человеком, который незадолго до этого на одном из международных конгрессов по стальным конструкциям сказал, что бетон для него — неаппетитное месиво, тогда как стальной каркас воплощает в себе аристократический принцип архитектуры.

Конкурентная борьба двух видов строительства — из стали и из железобетона, которая все еще ведется в конструкторских бюро, на страницах специальных журналов, на съездах, в научно-исследовательских институтах и технических школах, является весьма плодотворным стимулом для развития современной строительной техники и архитектуры. Оба вида строительства всегда учились друг у друга и выигрывали от этого. Когда один из них делал скачок вперед, другой должен был прилагать усилия к тому, чтобы его догнать, и при этом многократно выигрывал, используя методы и достижения другой стороны. Таково, например, прогрессивное понимание неразрезности и пространственных связей в несущей конструкции, которое строители-бетонщики по необходимости должны были использовать и которое затем успешно применялось в строительстве из стальных конструкций. Наоборот, сторонники строительства из железобетона смогли кое-что перенять из стальных конструкций и строительной техники высотного строительства, поскольку они в результате необходимости рационализировать процесс строительства вынуждены были во всевозрастающей степени серьезно продумывать альтернативу — монолитный или сборный железобетон или целесообразная комбинация того и другого вместо стальных конструкций. В оформлении зданий сталь и железобетон все время соревновались, что особенно заметно в первоначальных течениях международной архитектуры.

Среди современного каркасного строительства нет, в сущности, никакого мотива, никакой структурной формы, которая вы-

текала бы или развивалась из определенного типа каркаса (стального или железобетонного), или такой выразительной особенности, которая была бы воспринята целиком у другой стороны. Так, творчески были использованы в ФРГ элементы классических стальных фасадов Мис ван дер Роэ для того, чтобы более четко выявить структуру фасадной сетки, прежде чем они на международном языке архитектуры превратились в импосты навесных стен.

Свободно стоящие перед фасадом несущие колонны, поднятые над кровлей ригели рам — все это в качестве выразительного мотива было использовано архитекторами в зданиях из железобетона. Такие характерные примеры имеются прежде всего в Италии. Вопрос о том, что целесообразнее для вынесенного наружу каркаса — смонтированный в него фасад или отодвинутый в глубь здания, решить не так просто; в



Франкфурт-на-Майне Административный центр «Оливетти»

американском высотном строительстве почти в равной мере выявлены возможности воздействия и конструктивные преимущества обеих форм строительства. Новые приемы решения фасадов проявились с такой же определенностью, как и в самых ранних американских малоэтажных строениях, в каркасе из сборного железобетона при строительстве университета в Марбурге. Наоборот, существуют характерные формы и конструктивные идеи в области железобетонного строительства, которые более или менее удачно или более или менее формалистично были заимствованы для применения в зданиях со стальными конструкциями. Архитектору не поставят в вину, если он, как это было применено в здании выставочного павильона фирмы «Тиссен»,

для демонстрации многообразия выразительных возможностей при использовании облицовки из нержавеющей стали в целях ее рекламы использует пластические эффекты массивной архитектуры (см. с. 105). Более спорным представляется такой случай, когда какая-либо характерная форма массивного строительства, например вынесенные перед фасадом треугольные колонны здания КБС Сааринена, вновь появляются в качестве рельефного элемента облицовки фасада из атмосферостойкой стали, как, например, в Доме транспорта в Люцерне. Особенно явным случаем заимствования являются элементы фасада стального каркасного здания «Стандарт Ойл компани» в Чикаго, в свое время пятого по величине небоскреба. Треугольные ребра из листовой стали в этом здании были сварены с подоконными элементами несущего и обеспечивающего жесткость здания стального фасада. Образованные при этом монтажные элементы очень похожи на пилястры, примененные в Нью-Йорке при строительстве Международного торгового центра, которые в свою очередь повторили принцип, использованный архитектором Ямаками при строительстве стекольного завода в Детройте.

Сталь или железобетон

К альтернативе — стальные или железобетонные конструкции — многие архитекторы и инженеры, даже те, кто не был связан по долгу службы или по призванию с тем или иным видом строительного производства, относились и по сей день относятся как к коренному вопросу в строительстве. Даже два таких компетентных и непредубежденных специалиста, как известный инженер и архитектор Э. Торроха и заслуженный автор по истории строительного искусства швейцарец Х. Штрауб, считают сталь конструкционным материалом, а не строительным в собственном смысле этого слова, так как ей не хватает «массы». Такой взгляд, который в настоящее время можно считать уже преодоленным, типичен для укрепившихся представлений многих мастеров строительства. Железобетон же не противоречил традиционным представлениям об архитектуре. Поэтому он намного быстрее нашел свой собственный, всеми принятый язык в области строительных форм. По этой же причине он долго препятствовал внедрению подлинной архитектуры стали.

Импульсы и течения в архитектуре нашего столетия могут быть грубо сведены к общему знаменателю: «или сталь, или бетон». Попытка такого упрощенного подхода тем более естественна, что в главных творениях Мис ван дер Роэ и Ле Корбюзье воплощены изобразительные возможности того и другого строительного материала.

Были высказаны и сомнительные соображения из истории архитектуры в том смысле, что в творениях этих двух мастеров воплощены истоки и главные возможности функциональной архитектуры в современном ее развитии: бетон, массивное строительство — как средиземноморский романский мотив, возникший из строительства стен и массивных конструкций, и сталь — как компонент англо-саксонско-германский, являющийся развитием деревянного каркасного строительства севера.

Ни Мис ван дер Роэ, ни Ле Корбюзье нельзя отводить роль приверженцев только стали или только бетона. Проект конторского здания 1922 г. или жилой комплекс «Промонтори» 1948 г. — это образцы строительства из железобетона. С «Мезон Кларте» мы, напротив, познакомились как с одним из самых значительных строений со стальным каркасом раннего европейского строительства. Очень положительным моментом является то, что информационный центр, сооруженный в Цюрихе в память Ле Корбюзье, является строением со стальным каркасом, правда, гораздо менее строгим, чем памятник классической стальной постройки — Национальная галерея Мис ван дер Роэ в Берлине.

Для настоящего архитектора и инженера не существует или во всяком случае не должно существовать серьезного предубеждения в выборе «сталь или железобетон», его девиз гласит: «сталь и железобетон».

Если он внимательно следит за прогрессом строительных конструкций, то он может только извлечь пользу из соревнования обоих видов строительства. И если не всегда принимаются к сведению шансы, предоставляемые свободным выбором того или иного вида строительства, а это еще и поныне отрицательно влияет на строительство из стали, то это объясняется различными причинами. Финансирование, утверждение проекта, составление сметы, разрешение и осуществление строительства при всевозрастающем усложнении заводских требований и требований к производству работ — все эти моменты осложняют работу проектировщиков и архитекторов, не оставляя времени на то, чтобы продумать множество структурных вариантов и сопоставить их, чтобы сделать вывод, какой из них лучше. При разработке и оценке вариантов с архитектурной точки зрения, к сожалению, игнорируются конструктивные и экономические интересы. Строительство же на основе проверенных конструктивных систем, которые облегчают выбор вариантов, использование привычных, часто повторяющихся строительных решений многие архитекторы и заказчики отклоняют или принимают с недоверием. Они видят или боятся в них увидеть нанесение ущерба своим правам или свободе творчества.

Для возведения стальных каркасов не существует принципиальной дилеммы — строительство из заранее изготовленных стандартных элементов или по индивидуальным проектам. В основе каждого сооружения из стали лежит определенная система. Архитектор имеет возможность выбирать эти системы для своих целей и рассматривать их не как сковывающие его цепи, но как стимул к творческому проектированию. Целью данной книги не является замена одного предубеждения или привычки другой — предвзятостью или односторонним подходом к строительству из стальных конструкций в практике проектирования и выработке методов конструирования. Цель книги состоит в том, чтобы внести вклад в конструктивное проектирование, возбудить к нему интерес, оказать помощь и дать стимул для критических размышлений в сфере как стали, так и железобетона.

Только обостренное сознание и чувство ответственности автора проекта, а также длительность службы строения независимо от материала могут оправдать выбор материала. Средняя долговечность здания в большом городе в Европе в настоящее время значительно меньше длительности человеческой жизни; американские крупномасштабные стройки рассчитаны приблизительно на 25 лет. В этом отношении стальные конструкции имеют определенные преимущества вследствие того, что стальное каркасное здание можно без существенных затрат демонтировать, а его части вновь использовать или переплавить. Стоимость металлолома, как правило, покрывает расходы по демонтажу. Уже с этой точки зрения стальное каркасное строительство рассматривается как экономически выгодное и удобное для городского строительства.

Архитекторы, так же как и заказчики, должны понять и постепенно поймут, что их строения не являются ни памятниками, ни гробницами, но что они должны с помощью доступных средств создавать для быстро изменяющихся условий легко приспособляемый, удобный объект для жизни и деятельности человека. Это было свойственно уже строениям из стали XIX в. В наше время претензия на вечность уже не является критерием в архитектуре; ее отличительные признаки скорее в единстве функции, конструкции и формы, приведенном в соответствие с ясным видением эпохи. С этой точки зрения сталь — поразительно современный материал; с этой же точки зрения кажется глубоко знаменательным, что даже выдающиеся строения, действительно соответствовавшие своему времени, вроде «Хрустального дворца» или большого зала парижской галереи машин, больше не существуют.

Примеры многоэтажных зданий со стальным каркасом

ВАЛЬТЕР ХЕНН

Соавторы: ИНГО ГРЮН, ГУНТЕР ХЕНН,
ХАНС-ГЕОРГ КЕЛЕР

Во втором разделе рассмотрено 62 примера зданий со стальными каркасами. Они объединены в группы по назначению и этажности, начиная с многоквартирных домов и до наиболее высоких сооружений из числа построенных в мире.

При выборе примеров руководствовались следующими критериями: показать здания, которые были построены в последнее десятилетие¹, отразить различные виды конструктивных решений для сооружений разного назначения, познакомить читателя с особенностями строительства в разных странах. К рассмотрению были отобраны также сооружения, конструктивная схема которых разрабатывалась с учетом требований технологии изготовления или монтажа, или такие здания, в которых особый интерес представляли способы защиты металла от коррозии или от огня при пожаре. В нескольких примерах приведены оригинальные конструктивные решения, позволяющие преодолеть трудности, которые возникают при возведении зданий на слабых грунтах.

и при строительстве в сейсмических районах.

Рассмотренные примеры одновременно должны убедить, что сталь отнюдь не является материалом, заставляющим довольствоваться однообразными решениями, а напротив, дает архитектору широкие возможности для творчества.

Из большого числа сооружений, построенных в разных странах, первоначально было отобрано 120, каждое из которых отвечало указанным выше критериям. Сокращение их до 62, продиктованное установленным объемом книги, произведено с учетом желания в первую очередь показать примеры, характерные для строительства в европейских странах. Из сооружений, построенных на других континентах, были выбраны здания в США, Канаде и лишь одно здание отеля в Тунисе.

Стремление сопроводить рассматриваемые примеры наиболее полной информацией привело к необходимости очень сжатого изложения, построенного по единой схеме. В приведенных сведениях указываются: назначение и размеры

сооружения, основное конструктивное решение, оборудование. Кроме того, отмечаются преимущества, получаемые при применении стальных конструкций, исходя из широких возможностей, имеющихся у проектировщика, с учетом заблаговременного изготовления конструкций и сокращения сроков строительства. По возможности приведены данные о расходе материалов и стоимости строительства. Стоимость указана в валюте страны и ценах года строительства.

В конце текста даны ссылки на специальную литературу, что позволит читателю получить более подробную информацию о соответствующем здании.

Несмотря на ограниченный объем иллюстраций для всех примеров, приведены план и разрез, конструктивная схема, планы балок и основные конструктивные детали. Общий вид законченного сооружения представлен, как правило, всего одной фотографией, а снимков, сделанных в процессе монтажа, в ряде случаев несколько, так как они дают наглядное дополнение к тексту и рисункам.

Обозначения марок сталей и профилей по Euronorm 25 и DIN 17 100

Euronorm 25 DIN 17100	Марки стали			Профили ¹		
	Fe 37	Fe 52	HE - A	HE - B	HE - M	
	St 37	St 52	IPBL	IPB	IPBV	

HE-A; IPBL – широкополочные облегченные профили; HE-B; IPB – широкополочные профили.
HE-M; IPV – широкополочные профили со сплошной стенкой. (Примеч. науч. ред.)

№	Здание	Страна	Место строительства	Архитектор
Жилые здания				
1	Одноквартирный дом	Швейцария	Commugny	Annen, Siebold, Siegle
2	Одноквартирный дом	Швеция	Landskrona	Bergström
3	Жилой павильон	Швейцария	Stallikon	Wellmann
4	Одноквартирный дом	Великобритания	London	Winter & Ass.
5	Жилой поселок	Италия	Piombino	Gorio, Grisotte, Mandolesi, Petrigiani
6	Комплекс жилых зданий	Франция	Rouen	Lods, Depondt, Beauclair, Alexandre
7	Жилой поселок	Италия	Tarent	Nizzoli
8	Жилой дом	Бельгия	Brüssel	Roggen, Liénard
9	Жилые кварталы	Великобритания	Balornock	Bunton & Ass.
10	Жилая система	Швеция	Stora Tuna	Johnsson
Детские учреждения и общежития				
11	Горный приют	Италия	Stifser Joch	Conte, Fiori
12	Детский городок	ФРГ	Müllheim	Blaser, Nees & Beutler
13	Детский сад	Западный Берлин	Berlin-Schöneberg	Bratz, Hassenstein, Schmidt-Thomsen
14	Студенческое общежитие	Франция	Paris	Parent, Foroughi, Ghiai, Bloc
Гостиницы				
15	Гостиница "Дю Лак"	Тунис	Tunis	Contigiani
16	Гостиница "Альфа"	Нидерланды	Amsterdam	Groosman Partners
17	Гостиница "Жоли"	Италия	Rom	Monaco
Больницы				
18	Госпиталь	Великобритания	Kent	Gollins, Melvin, Ward & Partners
19	Поликлиника	США	Salt Lake City	Sudgen Ass.
20	Больница скорой помощи	Австрия	Wien	Hoch
Школы				
21	Начальная школа	Западный Берлин	Berlin-Wittenau	Hundertmark, Grünberg
22	Гимнастическая и спортивная школа	Швейцария	Magglingen	Shlup
23	Высшее техническое учебное заведение	Швейцария	Brugg-Windisch	Haller
24	Средняя школа	США	Chicago	Mies van der Rohe
Университеты и исследовательские институты				
25	Здание студенческого самоуправления	ФРГ	Braunschweig	Henn
26	Архитектурная школа	Франция	Nanterre	Kalisz, Salem
27	Спортивная академия	ФРГ	München	Heinle, Wischer & Partner
28	Технологический исследовательский институт	ФРГ	Düsseldorf	Hitzbleck, Meyer, Rinne
29	Медицинская исследовательская лаборатория	США	San Francisco	Marquis & Stoller
30	Технологический институт	Франция	Lille-Annapes	Balladur, Tastivint
31	Факультетские здания	Франция	Paris	Seassal, Cassan, Coulon, Albert, de Gortchakoff
32	Здание факультета электротехники	Нидерланды	Delft	van Bruggen, Drexhage, Sterkenburg, Bodon
Выставочные здания и транспортные сооружения				
33	Выставочный павильон промышленно-о-предприятия	ФРГ	Hannover	Hentrich, Petschnigg & Partner
34	Павильонная группа для выставок	Канада	Toronto	Craig, Zeidler, Strong
35	Ресторан над автострадой	Италия	Montepulciano	Bianchetti
36	Крытый гараж	ФРГ	Bremen	Baubteilung Kaffee HAG
37	Здание аэровокзала	Франция	Paris-Orly Süd	Meyer
Торговые здания				
38	Рынок	Швейцария	Interlaken	Wylar
39	Торговый центр	Швеция	Stockholm	Bäckström, Reinius
40	Торговый центр	Западный Берлин	Berlin-Steglitz	Heinrichs, Geiger, Bartels, Schmitt-Ott
Общественные здания				
41	Библиотека	Франция	Pantin	Perronet, Kalisz
42	Библиотека	Франция	Paris	Lods, Depondt, Beauclair, Malizard
43	Здания Федерального конституционного суда	ФРГ	Karlsruhe	Baumgarten
44	Здание суда Европейского сообщества	Люксембург	Luxemburg	Conzemius, Jamagne, van der Elst
45	Телевизионный центр	Западный Берлин	Berlin-Charlottenburg	Tepez
46	Здание Бундестага	ФРГ	Bonn	Eiermann
Административные здания				
47	Административное здание завода аппаратуры	Швейцария	Stäfa	Dahinden
48	Административное здание трубного завода	Франция	Aulnoye	Albert, Champetier de Ribes
49	Конструкторское бюро строительной фирмы стальных конструкций	ФРГ	Langenhagen	Wilke
50	Административное и банковское здания	Италия	Mailand	Belgiojoso, Perressutti, Rogers
51	Административное здание предприятия электропромышленности	ФРГ	München	Henn
52	Административное здание нефтяной компании	Италия	Rom	Moretti, Morpurgo
53	Административное здание предприятия электропромышленности	Франция	St Denis	Zehrfuss
54	Административное здание страховой компании	Великобритания	London	Gollins, Melvin, Ward & Partners
55	Административное здание "Банкрасхоф"	Нидерланды	Amstelveen	Vink & van de Kuilen, Klein
56	Здание пенсионной кассы	Люксембург	Luxemburg	Ewen, Kayser, Knaff, Lanners
57	Административное здание	Франция	Puteaux	Binoux, Folliasson, Fayetteon
58	Здание страховой компании	Бельгия	Brüssel	Dufau, Stapels
59	Административное здание предприятия алюминиевой промышленности	США	San Francisco	Skidmore, Owings & Merrill
60	Здание правления "Тур дю Миди"	Бельгия	Brüssel	Aerts, Ramon
61	Административное здание предприятия стальной индустрии	США	Pittsburgh	Harrison & Abramowitz & Abbe
62	Международный торговый центр	США	New York City	Yamasaki & Ass., Roth & Sons

1. Одноквартирный дом в Коммугни (Швейцария)

Архитекторы: Аннен, Зибольд, Зиглэ (Генф).

Инженеры: Балзари, Блазер, акц. о-во «Шудель» (Бёрн).

Время строительства 1967 г.

Двухэтажный жилой дом без подвала. В первом этаже лестничная клетка, гараж и котельная; над первым этажом — жилая площадь с лоджией на южной стороне.

Наружный размер 15,2×11,45 м. Высота над уровнем земли 5,5 м. Цокольный этаж имеет наружные размеры 7,7 × 9,5 м. Высота этажей 2,47 м, высота помещений 2,27 м.

Конструкция

Колонны высотой в два этажа из IPE 200 заземлены в фундаментах стального типа. Сетка колонн 3,75 × 3,75 м. Балки перекрытия и покрытия из IPE 200 идут только в продольном направлении и жестко соединены с колоннами. В поперечном направлении жесткость обеспечивается работой настила из профилированных стальных листов с набетонкой толщиной 10 см; полезная нагрузка 200 кгс/м². Наружная обвязка в уровне покрытия выполнена в виде открытых рандбалок составного сечения из уголков. Колонны и балки из атмосферостойкой стали. Усилия от ветровой нагрузки воспринимаются: в продольном направлении рамами, в поперечном направлении — через диски перекрытий вертикальными крестовыми связями, расположенными между внутренними колоннами по трем средним осям.

Наружные стены: в верхнем этаже — остекленная плоскость из теплоизолирующего стекла в стальных рамах на всю высоту помещения. Глухие плоскости — из деревянных панелей 3,75 × 2,47 м, толщиной 14 см: снаружи вертикально расположенные доски из импрегнированной еловой древесины, внутри — древесностружечные плиты, между ними 10 см теплоизоляции со слоем пароизоляции. Цоколь здания из кирпича.

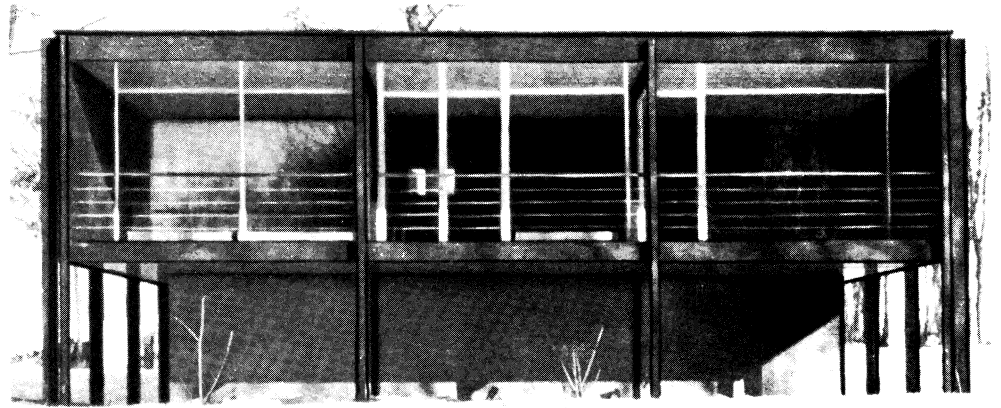
Перегородки каркасного типа, из брусьев с облицовкой древесиной, в комбинации со встроенными стенными шкафами.

Оборудование

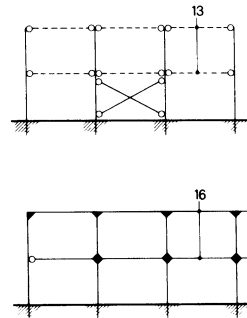
Центральное водяное отопление и снабжение горячей водой на жидком топливе общей мощностью 30 600 ккал/ч. Вытяжные вентиляторы для ванн, туалета и кухни.

Литература

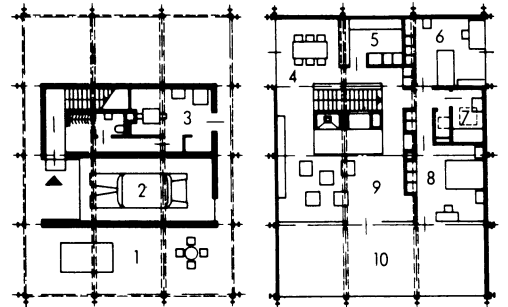
Bauen + Wohnen 12/1969. S. 438.



Вид с южной стороны



Конструктивная схема. Продольный и поперечный разрезы

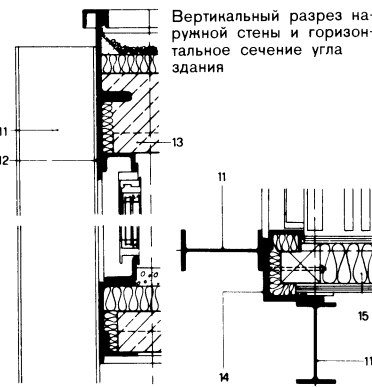


Первый этаж, верхний этаж. М 1:400

- 1 перекрытая площадь
- 2 гараж
- 3 котельная
- 4 столовая
- 5 кухня
- 6 детская
- 7 ванная комната
- 8 спальня
- 9 гостиная

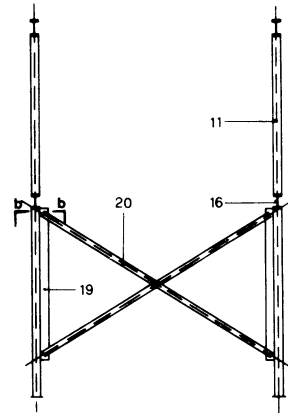
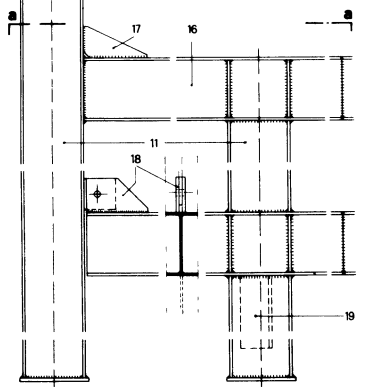
- 10 балкон
- 11 колонны IPE 200
- 12 рандбалка из уголка 200×85
- 13 профилированный стальной настил с набетонкой
- 14 уголок 150×150
- 15 стеновая панель

- 16 балка перекрытия IPE 200
- 17 жесткий узел рамы
- 18 шарнирное соединение
- 19 уголок для крепления ветровой связи
- 20 диагональная связь из полосы 45×10

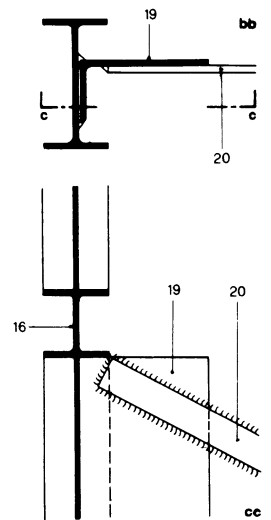


Вертикальный разрез наружной стены и горизонтальное сечение угла здания

Примыкание продольных балок к наружным и внутренним колоннам



Ветровые связи в первом этаже



Площади и объем

Общая площадь	242 м ²	Перекрытая площадь	175 м ²
Полезная площадь	187 м ²	Объем здания	1117 м ³

Расход материалов

	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	11,6 т	105 м ³	3,5 т
На 1 м ³ объема здания	10,4 кг	0,094 м ³	3,1 кг
На 1 м ² общей площади	47,9 кг	0,434 м ³	14,5 кг

Стоимость (1967 г.) в швейцарских франках

Общая стоимость строительства 201 500; 1 м² общей площади — 832; 1 м³ объема здания — 180; 1 м² полезной площади — 1078.

2. Одноквартирный дом в Ландскруне (Швеция)

Архитектор Л. Бергстрём (Стокгольм).
Инженер А. Ларсон (Стокгольм). Время строительства 1963 г.

В здании удлиненной формы размещены гостиная, кабинет, кухня, котельная и гараж. К его продольной стороне примыкает квадратное здание со спальными комнатами и ванной. Оба строения связаны переходом.

Жилая часть дома имеет наружные размеры 30,7×4,2 м. Спальные комнаты с квадратным планом 7,8×7,8 м. Высота здания над уровнем земли 3,1 м, высота помещений 2,35 м. Оба здания приподняты над землей на 14 см.

Конструкция

Для облегчения транспортировки конструкций и обеспечения быстроты монтажа (в течение всего лишь четырех месяцев) вытянутое в длину здание разделено в продольном направлении на шесть секций. Каждая секция состоит из четырех угловых стоек [120, которые по обеим продольным сторонам, в толще перекрытия и пола, жестко соединены в раму посредством рандбалок [220. В поперечном направлении между рандбалками в плоскости пола и покрытия уложены деревянные балки сечением 5×23 см. При соединении секций друг с другом составленные вместе две угловые стойки после сварки образуют двутавр.

Усилия от ветровой нагрузки в продольном направлении здания воспринимаются рамами, в поперечном направлении — стойками, заделанными в отдельно стоящие бетонные фундаменты на глубину 1,2 м.

Кровля: толевая по шпунтованному доскам, уложенным на деревянные балки покрытия; снизу к балкам подшиты фанерные щиты, по которым между балками уложен слой пароизоляции и теплоизоляции.

Конструкция стен: деревянный фахверк, закрепленный между рандбалками стального каркаса, с заполнением. Конструкция заполнения (изнутри — наружу): деревянная обшивка, пароизоляционный слой, теплоизоляция толщиной 10 см, водостойкая фанера и асбестоцементные листы.

Площади и объём

Общая площадь 196 м² Перенкрытая площадь 196 м²
Полезная площадь 100 м² Объём здания 615 м³

Расход материалов

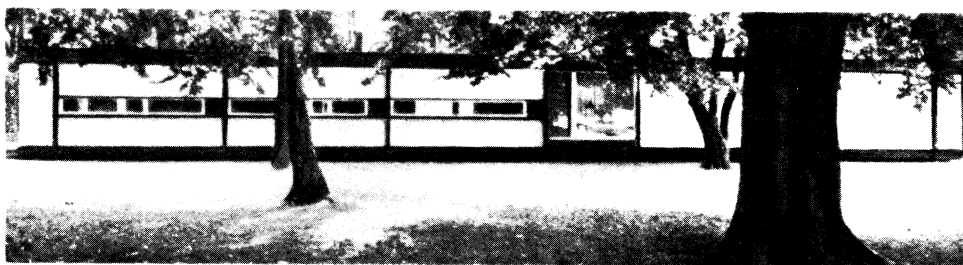
	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	8740 кг	7,62 м ³	590 кг
На 1 м ³ объёма здания	14,2 кг	0,012 м ³	1 кг
На 1 м ² общей площади	44,6 кг	0,039 м ³	3 кг

Стоимость (1963 г.) в шведских кронах

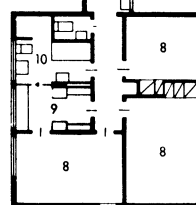
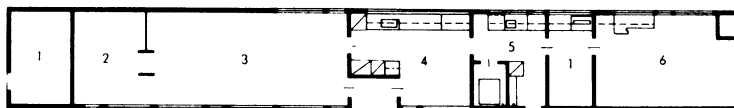
Общая стоимость строительства 200 000; 1 м³ объёма здания — 325; 1 м² общей площади — 1020; 1 м² полезной площади — 2000.

Литература

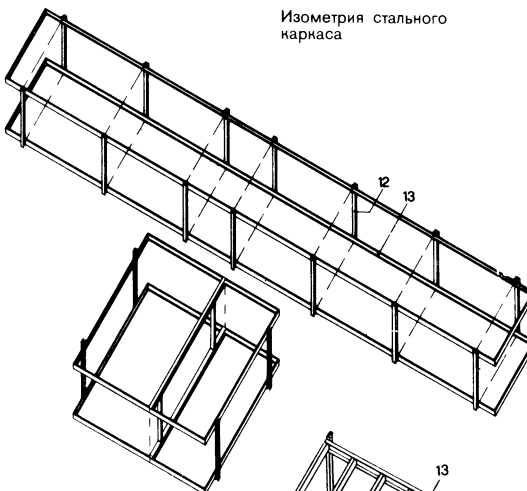
Villa Tidskriften Hem i Sverige 8/1963. S. 279. — Allt i Hemmet 10/1963, S. 30. — Arkitektur 10/1963, S. 270. — Detail 2/1965, S. 171.



Вид жилой части дома

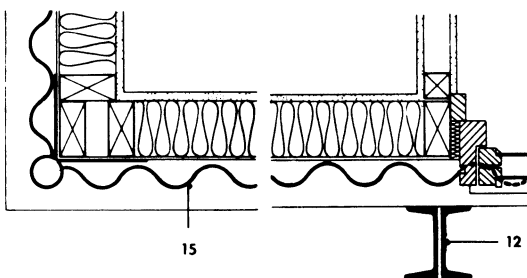


Изометрия стального каркаса



- 11 деревянная балка 5×23 см
- 12 колонна из двух [120
- 13 рандбалка [220
- 14 колонна [220
- 15 асбестоцементная волнистая плита

Изометрия отдельной монтажной секции

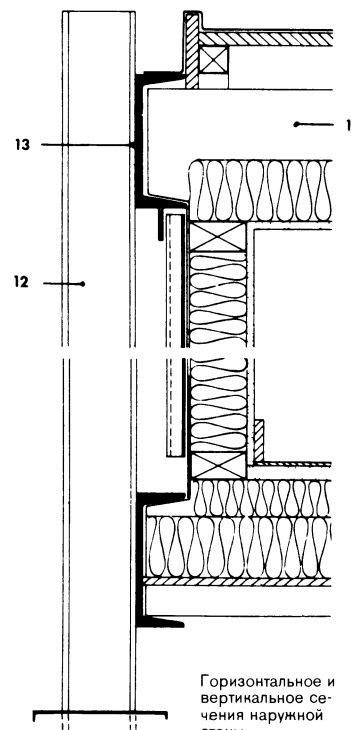


План. М 1:300

- 1 помещение для велосипедов
- 2 кабинет
- 3 гостиная
- 4 кухня
- 5 котельная
- 6 гараж
- 7 вход
- 8 спальные комнаты
- 9 гардеробная комната
- 10 ванная комната и душ



Конструктивная схема. Продольный и поперечный разрезы



Горизонтальное и вертикальное сечения наружной стены

3. Жилой павильон в Шталликоне (Швейцария)

Архитекторы: П. Вельманн, Е. Вельманн (Цюрих). Инженер А. Урэх (Цюрих). Время строительства 1971 г.

Типовое двухэтажное здание, которое может быть использовано в качестве жилого дома или конторы. Верхний этаж, свободно поднимающийся над первым этажом, не имеет внутри стоек; в нем размещаются жилые или конторские помещения и соответственно назначению изменяющиеся санитарные узлы.

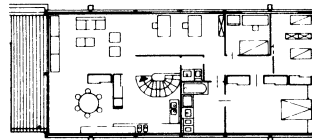
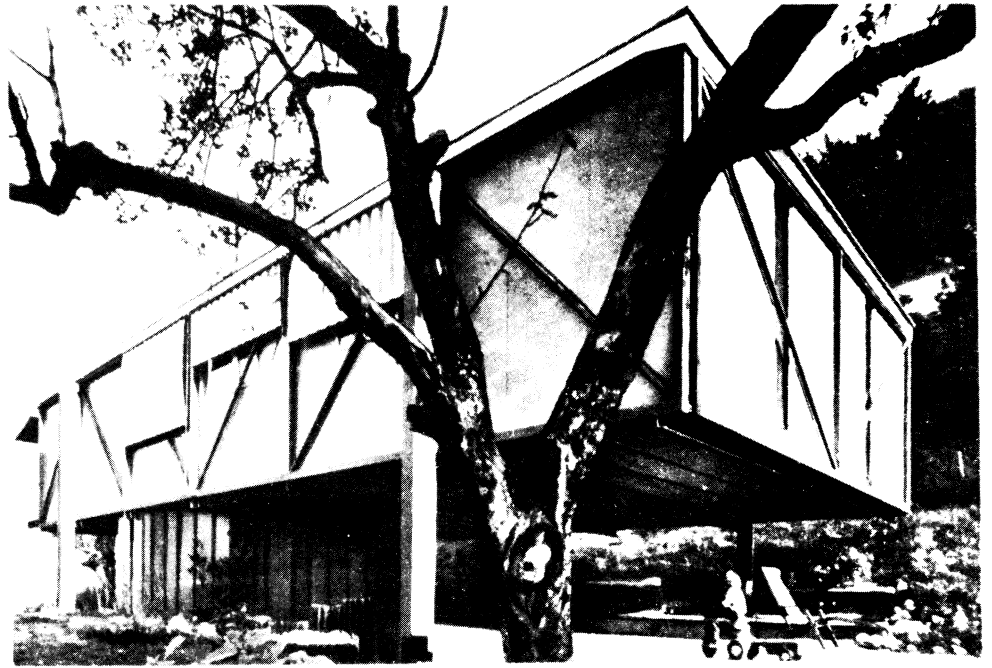
Верхний этаж имеет размеры в плане 16,8×8 м. Высота нижнего этажа 2,2 м, высота помещения 2,1 м; высота верхнего этажа 2,8 м, высота помещения 2,4 м.

Конструкция

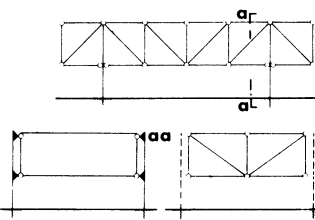
Четыре наружные колонны, защемленные в фундаментах стаканного типа, несут приподнятый объем здания. Несущая конструкция верхнего этажа, нависающего вдоль узких сторон здания, состоит из четырех (высотой в этаж) ферм, которые вынесены перед фасадом. Несущие балки покрытия IPE 220 и перекрытия IPE 270 пролетом 7,8 м опираются в узлах верхнего и нижнего поясов продольных ферм. Жесткость обеспечивается постановкой в обеих плоскостях горизонтальных крестовых связей (—40×10 мм или L 40×40×4). Усилия от ветра воспринимаются четырьмя защемленными колоннами.

Колонны замкнутого прямоугольного профиля 300×150 мм, расстояние между ними в продольном направлении 11,2 м; элементы ферм из прямоугольных труб. Продольная ферма имеет между колоннами четыре панели по 2,8 м и консоли такого же размера. Торцовая ферма имеет две панели размером 3,9 м.

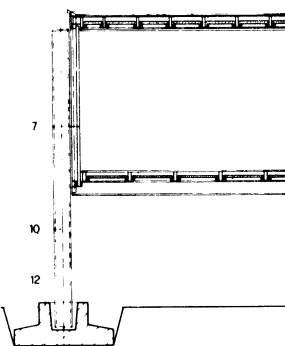
Алюминиевые стеновые панели размером 93×280 см многослойные толщиной 50 мм со встроенными окнами или глухим остеклением на резиновых профилированных вкладышах. Стеновые панели одновременно служат как огнезащита для расположенных снаружи несущих стальных конструкций.



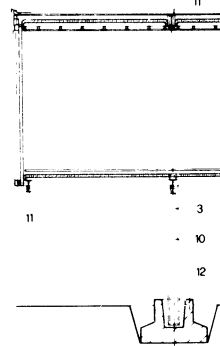
Верхний этаж с жилыми помещениями. М 1:400



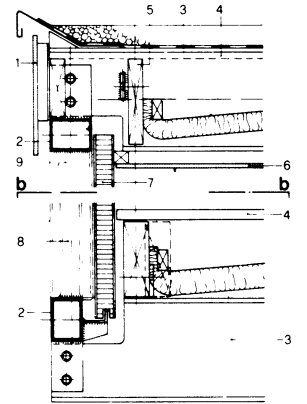
Конструктивная схема. Продольная сторона, поперечный разрез и торцовая сторона



Фрагмент поперечного разреза



Фрагмент продольного разреза



Вертикальный разрез продольной наружной стены

- | | |
|--|---|
| 1 асбестоцементный лист | 8 стеновая панель толщиной 50 мм |
| 2 пояс фермы из трубы прямоугольного сечения 100×75 мм | 9 раскос фермы из трубы прямоугольного сечения 50×40 мм |
| 3 поперечная балка IPE 270 | 10 стойки 100×50 мм |
| 4 деревянная обшивка толщиной 27 мм | 11 наружные колонны 300×150 мм |
| 5 деревянный брус 200×36 мм | 12 поперечные балки IPE 220 |
| 6 нижняя подшивка из дерева (потолок) | 12 фундамент стаканного типа |

Площади и объем

Общая площадь	270 м ²	Перекрытая площадь	135 м ²
Полезная площадь	240 м ²	Объем здания	480 м ³

Расход материалов

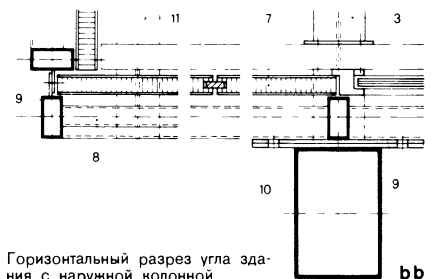
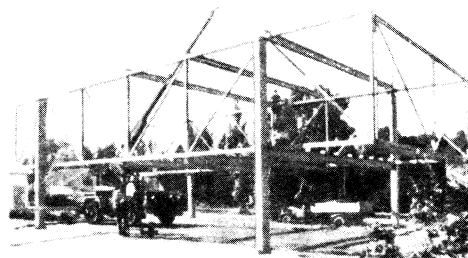
	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	6530 кг	5,5 м ³	140 кг
На 1 м ³ объема здания	13,6 кг	0,011 м ³	0,3 кг
На 1 м ² общей площади	24,2 кг	0,020 м ³	0,5 кг

Стоимость (1972 г.) в швейцарских франках

Общая стоимость строительства 133 000; 1 м³ объема здания — 277; 1 м² общей площади — 493; 1 м² полезной площади — 554.

Литература

Bauen + Wohnen 11/1972, S. 498.



Горизонтальный разрез угла здания с наружной колонной

4. Однoквартирный дом в Лондоне

Архитектор И. Винтер и К° (Лондон).
Инженер Х. Хеллер. Время строительства
1968—1969 гг.

Трехэтажный дом для одной семьи. В первом этаже — вход, столовая с кухонной зоной, гостиная и ванная. В обоих верхних этажах общие комнаты и спальни.

Прямоугольный план с наружными размерами 11,27 × 6,55 м. Высота 7,51 м, высота этажей 2,57 м, высота помещений в первом и втором этажах 2,44 м, в третьем 2,24 м.

Конструкция

Идущие насквозь через три этажа рамные конструкции из четырех поперечных рам (шаг 3,66 м, пролет 6,3 м) в продольном направлении жестко соединены между собой рандбалками. Колонны и балки двутаврового сечения; наружные размеры колонн 152 × 152 мм, рандбалок 260 × 146 мм, ригелей рам 254 × 101 мм. Все соединения сварные.

По ригелям — железобетонная монолитная плита толщиной 13 см, которая в поперечном направлении работает совместно с металлическими балками. Полезная нагрузка на перекрытие 244 кгс/м². Ветровые усилия в обоих направлениях воспринимаются рамами.

Наружные стены: колонны и рандбалки снаружи изолированы вермикулитом и облицованы листами из атмосферостойкой стали толщиной 6 мм. На остекленной плоскости фасада имеются узкие вертикальные створки для проветривания. Торцы здания частично закрыты стеновыми панелями из пенополиуретана толщиной 50 мм, защищенного снаружи листами атмосферостойкой стали толщиной 2,5 мм.

Площади и объём

Общая площадь 207 м ²	Перекрытая площадь 74 м ²
Полезная площадь 187 м ²	Объём здания 550 м ³

Расход стали

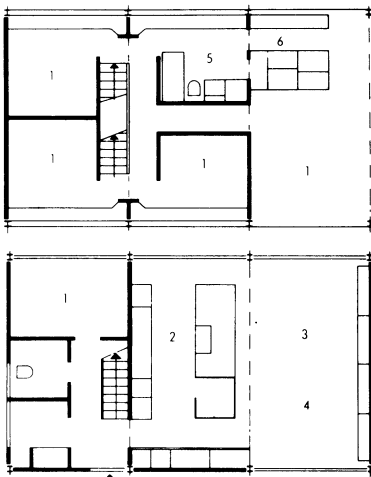
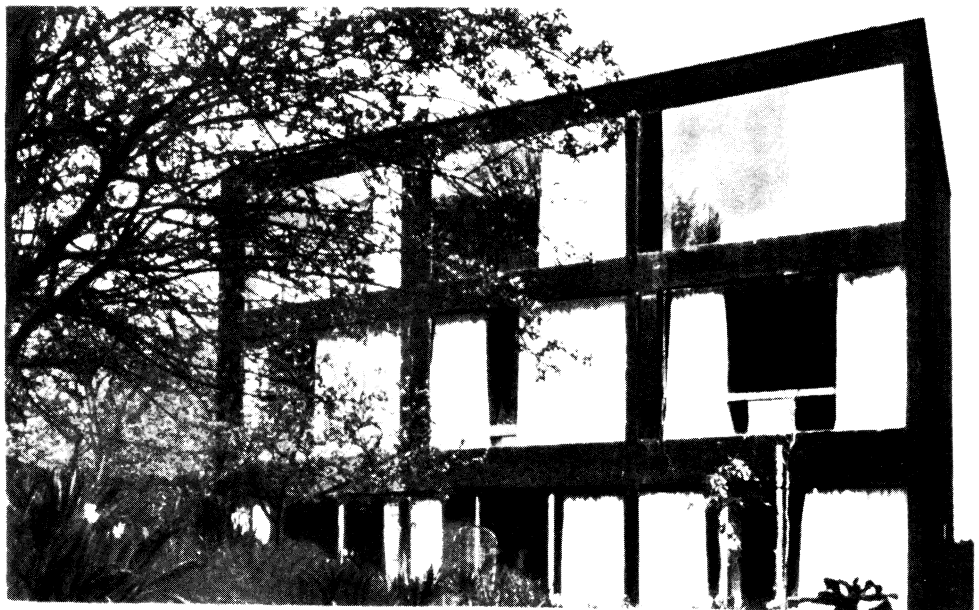
Всего 7600 кг	На 1 м ² полезной площади 40,6 кг
---------------	--

На 1 м ² общей площади 36,7 кг	На 1 м ³ объёма здания 13,8 кг
---	---

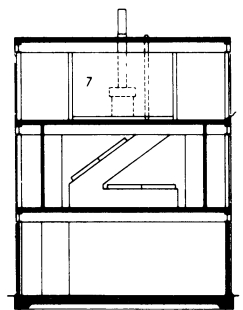
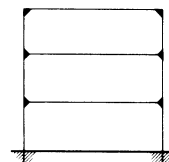
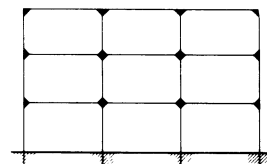
Стоимость (1968 г.) в фунтах стерлингов

Общая стоимость строительства 12 400; 1 м³ объёма здания — 22,5; 1 м² общей площади — 59,9, 1 м² полезной площади — 66,3.

Монтаж стального каркаса



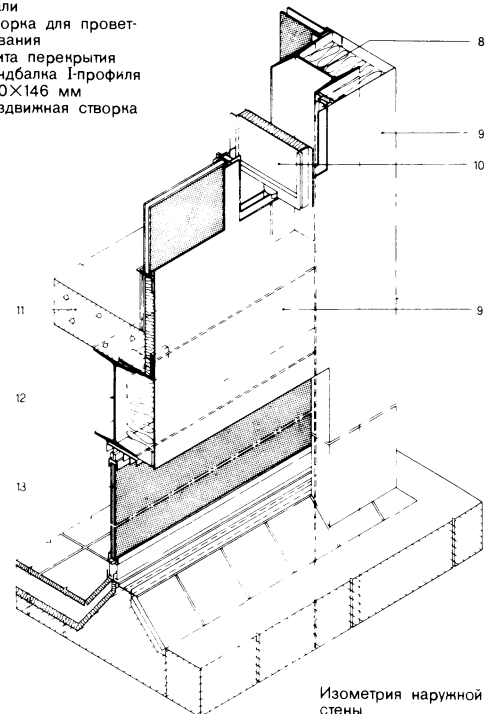
Первый и второй этажи. М 1:200



Поперечный разрез здания

Конструктивная схема. Продольный и поперечный разрезы

- 7 каминная
- 8 колонны I-профиля 152 × 152 мм
- 9 облицовка листами из атмосферостойкой стали
- 10 створка для проветривания
- 11 плита перекрытия
- 12 рандбалка I-профиля 260 × 146 мм
- 13 раздвижная створка

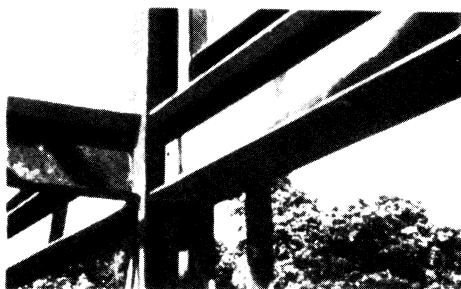


Изометрия наружной стены

Литература

Architectural Design 8/1970. — Architects Journal 8/1970.
— Acier - Stahl - Steel 10/1971, S. 390. — l'Architecture d'Aujourd'hui 1972, Heft 163, S. 28.

Примыкание балок к колонне



5. Жилой поселок в Пьомбино (Италия)

Архитекторы: П. Горио, М. Гризотте, Е. Мандолези, А. Петригнани. Инженер Колломбини. Время строительства 1968—1972 гг.

Жилой поселок на 508 квартир состоит из 12 десятиэтажных домов-башен, 8 двухэтажных зданий и 24 одноквартирных домов.

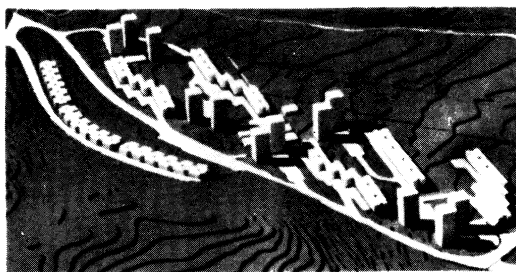
В домах-башнях по две квартиры на этаже, которые размещены по обе стороны находящегося посередине двух спаренных ядер жесткости. Все квартиры имеют по три комнаты, кухню с помещением для еды, ванную и умывальную комнаты. Каждая квартира имеет также по две лоджии, которые примыкают к узким сторонам ядра жесткости. В одном ядре жесткости лифт, лестничная клетка и шахта санитарно-технического оборудования. Второе ядро жесткости превращено в световой колодец. Ванная комната и туалет находятся между ядрами жесткости. На первом этаже наружных стен нет.

Башня имеет наружные размеры в плане 15,6×15,6 м. Каждое ядро жесткости 4,5×4,9 м с расстоянием между ними 2 м. Высота этажа 3,2 м, высота помещения 2,7 м, конструктивная сетка 1,1×1,1 м.

Конструкция

Шарнирная стержневая система состоит из наружных колонн, которые связаны идущими по периметру здания рандбалками, и балок перекрытий, которые одним концом опираются на рандбалки, а другим — на бетонные стены обоих усиленных ядер жесткости. Перед каждым фасадом три колонны (шаг 5,5 м) из двутавров HE 180 А, В и М (с изменяющейся по высоте площадью сечения). Рандбалки из IPE 300 опираются на колонны через короткие консоли. Балки перекрытий пролетом 5,4 м из IPE 160 при шаге 91 см. По ним уложены слой пустотелого кирпича толщиной 8 см и слой армированного бетона толщиной 10 см. Совместная работа обеспечена приваренными деталями. Чтобы использовать эффект совместной работы и уменьшить прогиб от собственного веса перекрытия, балки были подперты стойками вплоть до полного твердения бетона.

Наружные стены: кирпичная кладка в два ряда. Внутренняя кладка из оштукатуренного с обеих сторон пустотелого кирпича опирается на бетонное перекрытие, на-



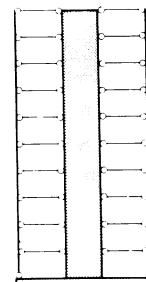
ружная кладка из нештукатуренного красного кирпича опирается на верхние полки рандбалок. Оконные рамы из оцинкованных стальных профилей, частично двойное остекление, снаружи — жалюзи.

Противопожарная защита: находящиеся снаружи стальные элементы не защищены. Для борьбы с пожаром внутри здания на лестничных клетках имеются два стояка напорного трубопровода с разборными кранами.

Защита от коррозии: два слоя грунтовых покрытий из синтетической смолы со свинцовым суриком и с хроматом свинца; для балок перекрытий, которые соприкасаются с бетоном, — из синтетической смолы с хроматом цинка. Затем покраска в два слоя.

Вид жилого поселка

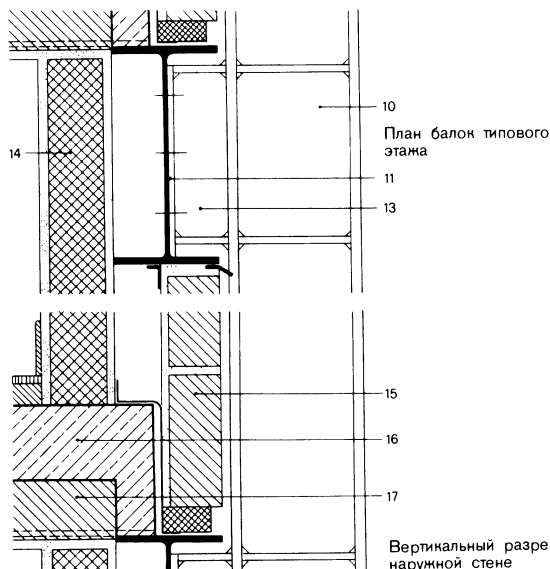
- 1 ядро жесткости с вертикальным транспортом
- 2 внутренний двор
- 3 лоджия
- 4 общая комната
- 5 кухня
- 6 столовая
- 7 детская
- 8 спальня
- 9 ванная комната



Конструктивная схема. Разрез по ядру жесткости

- 10 колонны HE 180 А, В и М
- 11 рандбалки IPE 300
- 12 балки перекрытий IPE 160
- 13 консоль
- 14 стена из пустотелого кирпича

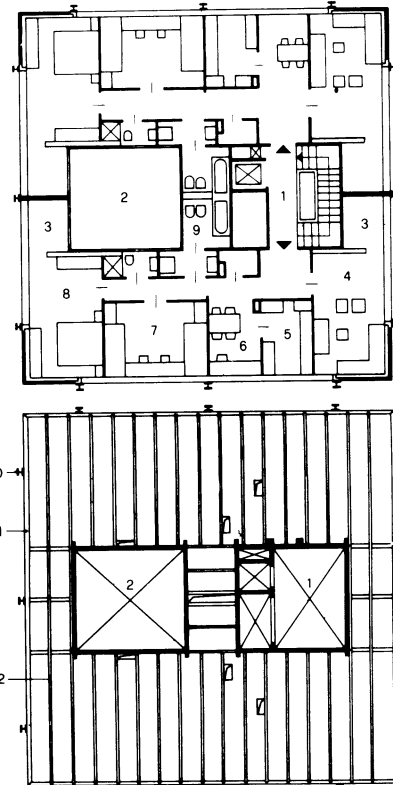
- 15 заполнение кирпичом
- 16 бетонное перекрытие
- 17 пустотелый кирпич



План балок типового этажа

Вертикальный разрез по наружной стене

Типовой этаж. М 1:300



Литература

Acier-Stahl-Steel 9/1970, S. 373.

6. Комплекс жилых зданий в Руане (Франция)

Архитекторы: М. Лод, П. Дюпон, Х. Боклер, М. Александр (Париж). Инженер Л. Робустелли. Время строительства 1968—1969 гг.

Комплекс состоит из 25 жилых зданий на 500 квартир общей площадью 38 500 м². Здания пятиэтажные, без подвала, расположены отдельно или группами. В первом этаже размещены вестибюль, котельная, помещение для мусора и кладовые. На каждом из четырех верхних этажей вокруг центральной лестничной клетки расположено по пять квартир с числом комнат от трех до пяти.

Наружные размеры здания в плане 23,7×19,2 м. Высота над уровнем земли 14,6 м, высота этажа 2,91 м, высота помещения 2,4 м.

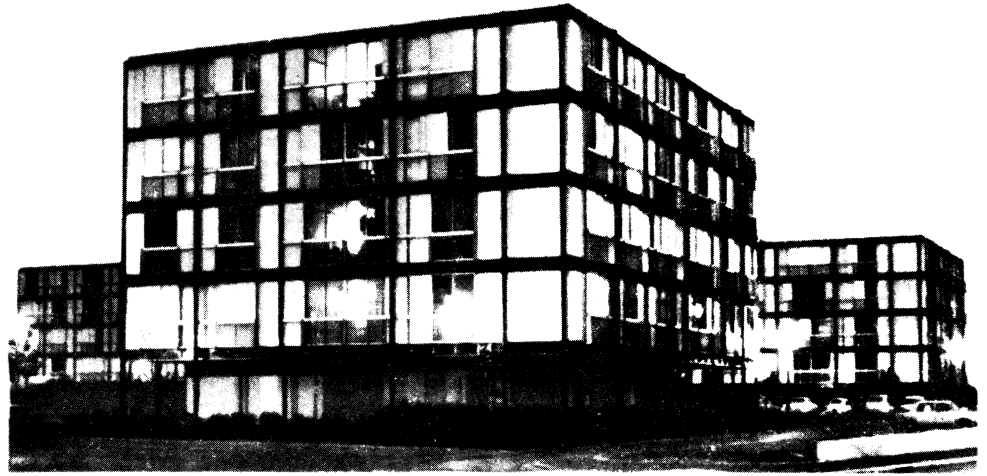
Конструкция

Для стального несущего каркаса использованы два типа укрупненных элементов: ветровая ферма высотой, равной высоте здания, а также элемент перекрытия в виде плоской несущей конструкции размером в плане на одну квартиру. После устройства фундаментов были установлены ветровые фермы, к поясам которых, являющимся внутренними колоннами, крепились элементы площадок лестничной клетки. К элементам лестничной клетки присоединены элементы перекрытия размером на квартиру, которые опираются также на ветровые фермы, на колонны, вынесенные перед фасадом, и на стойки внутри помещения высотой в один этаж.

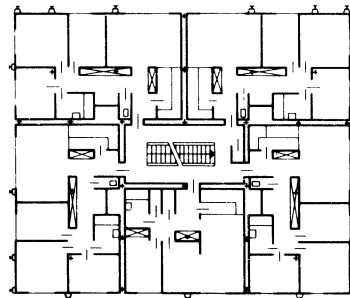
Укрупненные элементы несущей конструкции перекрытий были собраны перед монтажом из одинаковых элементов размером 3,6×2,4 м. Каждый такой элемент состоит из верхнего и нижнего металлических матов с расстоянием между ними 30 см. Маты из стержней диаметром 10 мм, размер ячеек сетки 300×300 мм. Узлы верхнего и нижнего матов связаны раскосами из круглых стержней диаметром 8 мм.

Рандбалки, обрамляющие элементы покрытий, решетчатые высотой 300 мм. Соединение соседних элементов обеспечивается путем стыкования рандбалок на болтах. После монтажа рандбалки обеспечивают связь между наружными колоннами, к которым они крепятся, через специальные консоли. Собственный вес несущих элементов перекрытия 47 кгс/м². Все несущие металлические части, за исключением конструкций лестничной клетки, из атмосферостойкой стали. Защита от коррозии элементов лестничной клетки — окраской цинкхроматом.

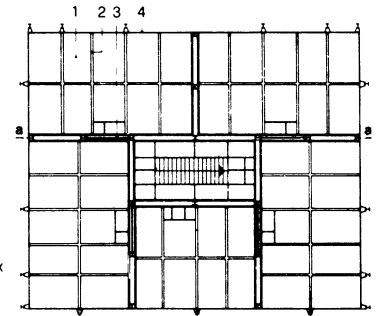
Пол: армированные плиты из легкого бетона размером 90×60 см, толщиной 4 см,



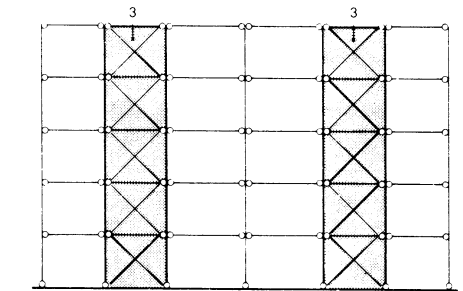
Отдельно стоящий жилой блок



Типовой этаж. М 1:500



Раскладка крупноразмерных элементов перекрытия



Конструктивная схема. Разрез aa

Общий вид жилого массива

которые уложены на верхние металлические маты через неопреновые амортизаторы. Временная нагрузка 175 кгс/м². К нижним матам в целях огнезащиты крепятся потолочные плиты из вермикулита.

Фундамент: под колоннами четырех ветровых ферм всего 8 свай, забитых на глубину 7 м, в виде стальных труб диаметром 22 см, заполненных бетоном. Под остальными колоннами — отдельно стоящие фундаменты.

Оборудование

Воздушное отопление с подачей теплого и холодного воздуха. Воздух подводится через каналы в толще перекрытий к выход-

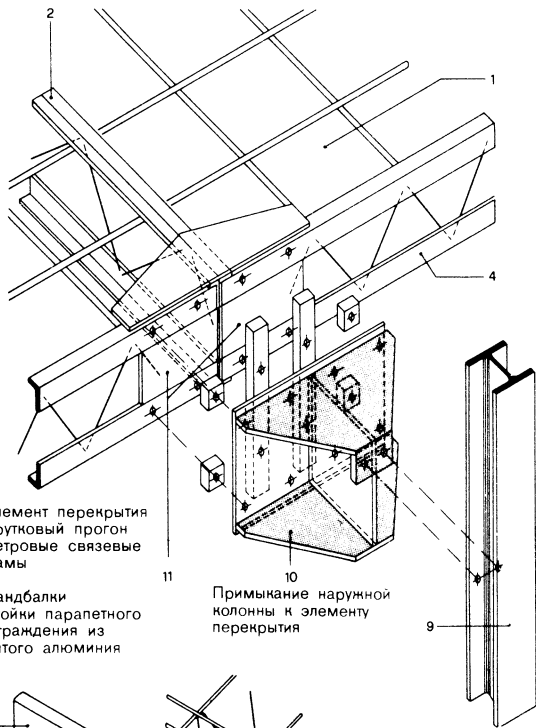
ным отверстиям в оконных откосах. Вытяжка из кухни, ванной и туалета с помощью вентиляторов, установленных на крыше.

Площадь и стоимость строительства
Общая жилая площадь 38 500 м²
Стоимость конструкций 21 533 673 франц. фр.

Расход металла
Всего 1900 т; на 1 м² жилой площади 49,4 кг.

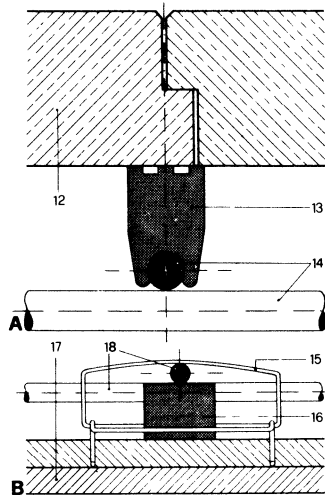
Литература

Bâtir 1969, Heft Nr. 174. — Architecture de Lumière 1969, Heft Nr. 18. — Facades Légères et Cloisons Industrialisées 1968, Heft Nr 37 und 38.

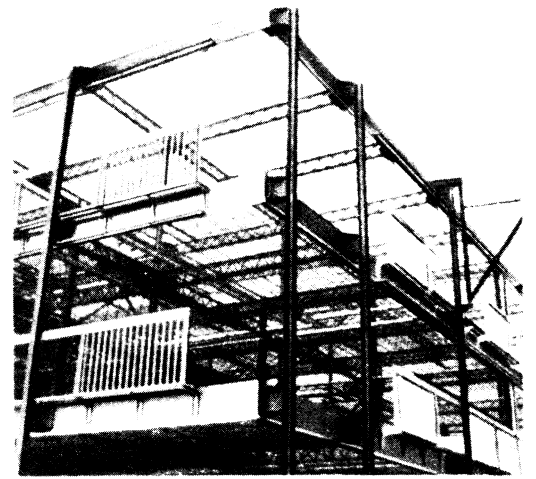


- 1 элемент перекрытия
- 2 прутковый прогон
- 3 ветровые связевые рамы
- 4 рандбалки
- 5 стойки парашютного ограждения из литого алюминия

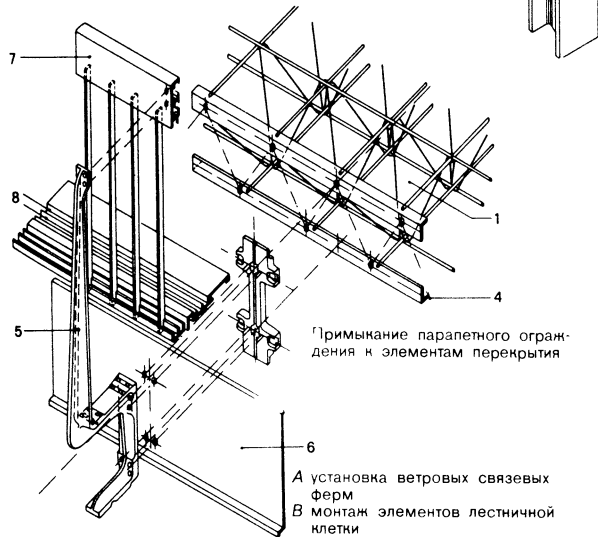
Примыкание наружной колонны к элементу перекрытия



Опираие плит перекрытия (А)
Крепление подвесного потолка (В)



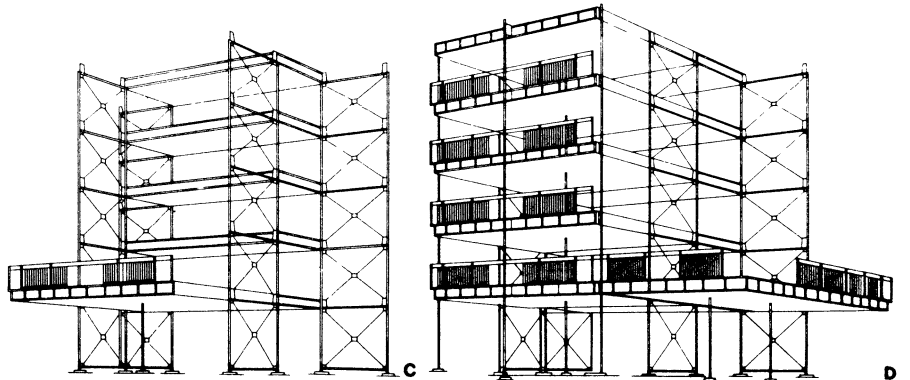
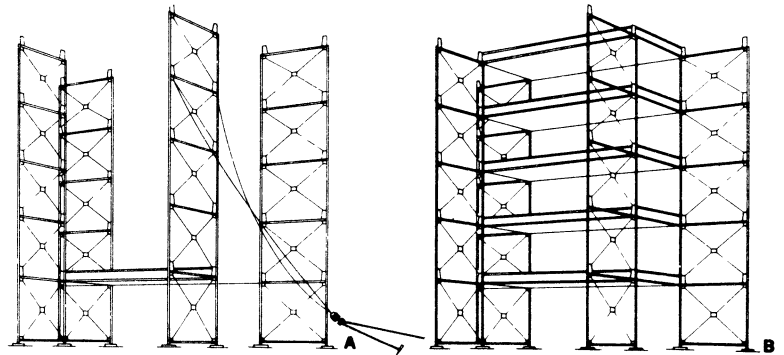
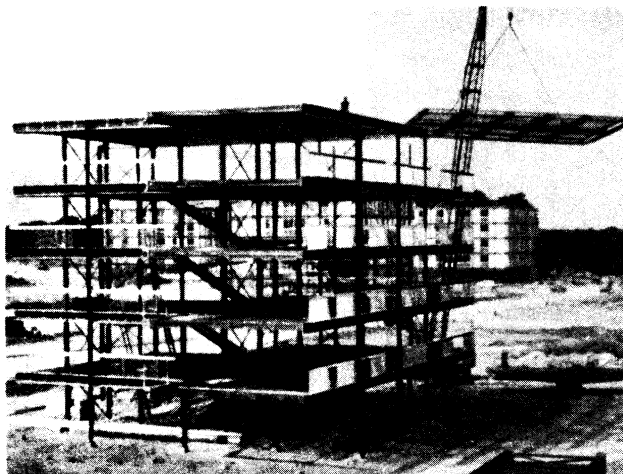
Смонтированный стальной каркас



Примыкание парашютного ограждения к элементам перекрытия

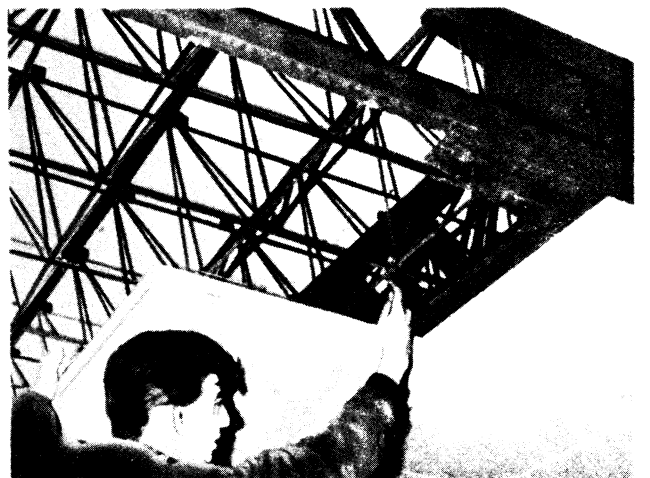
- 6 облицовочный лист
- 7 ограждение
- 8 направляющий рельс для раздвижной створки
- 9 наружная колонна ИНЕ 120 А
- 10 консоль
- 11 элемент жесткости
- 12 плита из легкого бетона
- 13 неопреповая подушка
- 14 стержни верхнего стального мата
- 15 закрепляющий хомут
- 16 фиксатор
- 17 плита перекрытия из вермикулита
- 18 стержни нижнего стального мата

Подъем элемента перекрытия



- А установка ветровых связевых ферм
- В монтаж элементов лестничной клетки
- С монтаж перекрытия первого жилого этажа
- Д монтаж остальных элементов перекрытий и наружных колонн

Крепление потолочных плит



7. Жилой поселок в Таранто (Италия)

Автор проекта — Ниццоли (Милан).

Жилой поселок на 460 квартир. Каждое из восьми зданий, имеющих ломаные очертания в плане, образовано угловыми секциями, соединенными между собой прямоугольными вставками. Угловые секции имеют три или семь жилых этажей; в прямоугольных секциях по три жилых этажа. Жилые этажи приподняты над уровнем земли, что обеспечивает свободный проход под ними. На каждом из этажей в угловых секциях по три квартиры, в прямоугольных — по две.

Угловые секции зданий образованы из трех квадратных в плане отсеков с размером стороны 10,6 м, общий наружный размер 23×23 м, высота восьмизэтажной секции 30,5 м. Прямоугольные здания имеют размеры 24,1×10,8 м. Высота над уровнем земли 14 м, высота этажей 3,27 м, высота помещений 3 м, высота проходов в свободном первом этаже 2,7 и 3,2 м.

Конструкция

Несущие конструкции всех зданий унифицированы. Стальные колонны из прокатных двутавров от HE 140 А до HE 180 В опираются на железобетонные колонны конической формы. Шаг колонн 3,44 м. Наружные колонны шарнирно связаны с помощью рандбалок [220, внутренние колонны жестко соединены балками HE 180 А. Второстепенные балки IPE 100 соединены с колоннами шарнирно. Все соединения болтовые.

Ветровые усилия передаются через диск перекрытия на железобетонное ядро жесткости и на вертикальные крестовые связи, расположенные в торцовых стенах отсеков угловых секций.

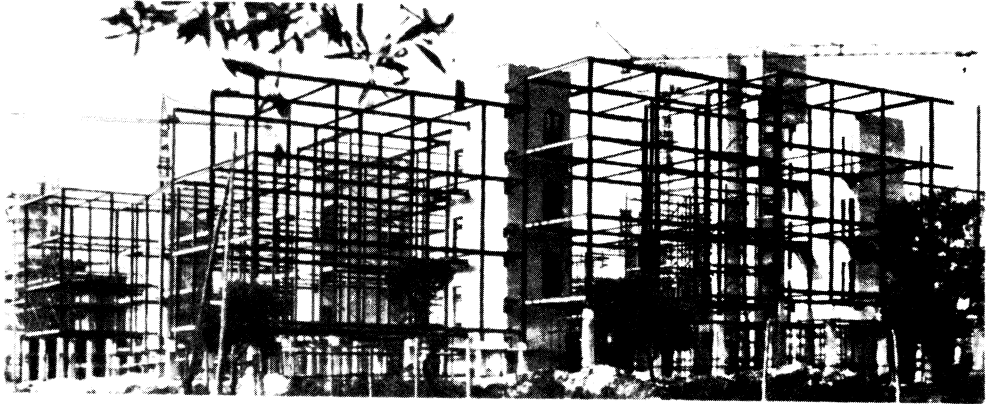
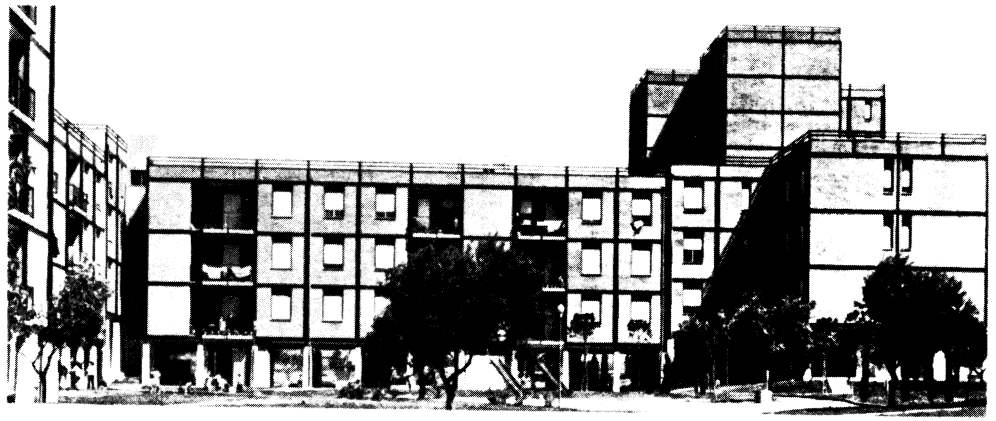
Перекрытие: между крайними и средними балками расположено ребристое перекрытие. Плиты заводского изготовления из железобетона размером 5,2×0,75 м, толщиной 19 см; балки из монолитного бетона. В плитах перекрытия система отопления.

Наружные стены: заполнение стального каркаса двойной кирпичной кладкой. Конструкция стены (снаружи внутри): облицовочный кирпич, штукатурка, изоляционная древесноволокнистая плита, воздушная прослойка и поставленный на ребро пустотелый кирпич. Оконные рамы из оцинкованных стальных профилей.

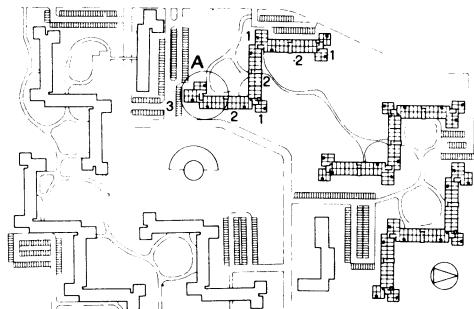
Основание — известняк. Под колоннами — отдельные фундаменты, под ветровыми связями в торцах здания — ленточные фундаменты. Давление на грунт 3 кгс/см².

Литература

Acier-Stahl-Steel 7-8 1969, S. 343

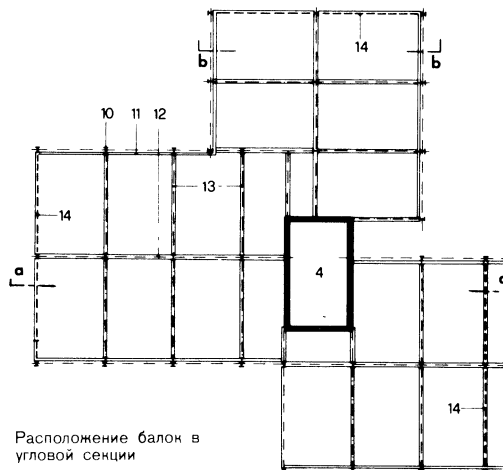
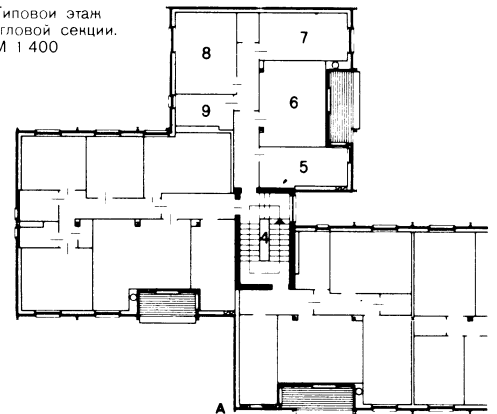


Прямоугольная секция здания с открытым первым этажом и монтаж угловых секций



Генплан. М 1:7000

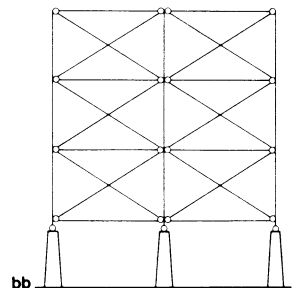
Типовой этаж угловой секции. М 1:400

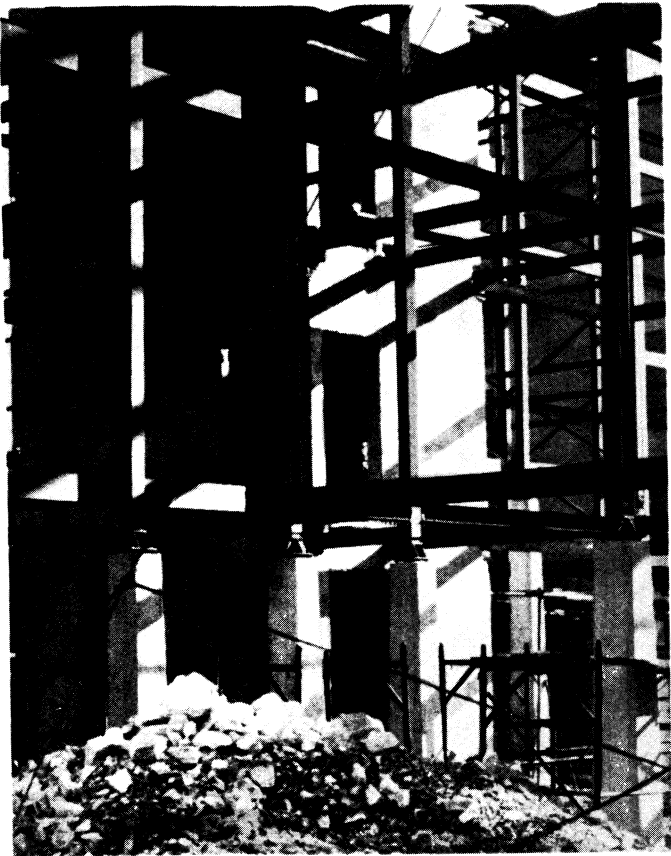


Расположение балок в угловой секции

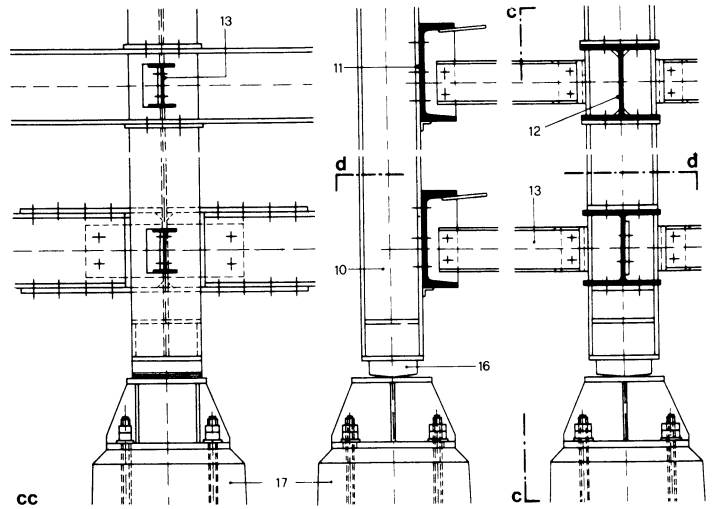
- 1 угловая секция
- 2 прямоугольная секция
- 3 стойка для автомашин
- 4 ядро жесткости с лестничной клеткой
- 5 кухня
- 6 общая комната
- 7 детская
- 8 спальня
- 9 ванная комната

Конструктивная схема
Разрезы bb' и aa'



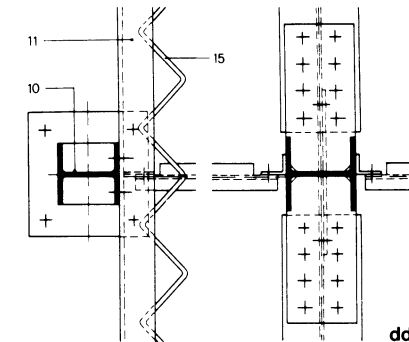


Опираение колонн и примыкание балок к бетонному ядру жесткости



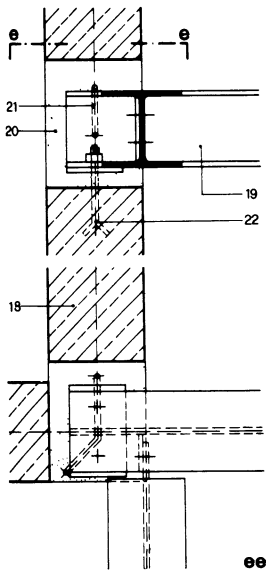
Базы колонн и узлы примыкания балок

- 10 колонны от HE 140 A до HE 180 B
- 11 рандбалки [220
- 12 балки по средним рядам колонн HE 180 A
- 13 второстепенные балки IPE 100
- 14 ветровые связи
- 15 армирование стыков
- 16 опорный шарнир
- 17 железобетонная колонна
- 18 бетонная стена
- 19 стальная балка
- 20 гнездо
- 21 стальной хомут
- 22 анкерный болт



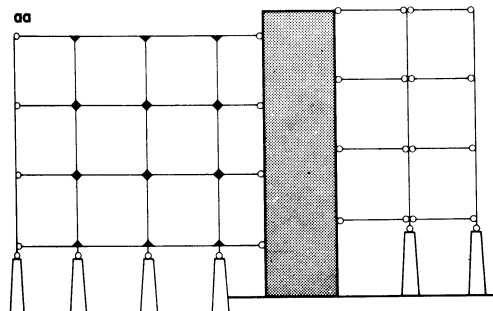
dd

Угловая секция с примыканием к ней прямоугольной секции



Примыкание балок перекрытия к железобетонному ядру жесткости. Вертикальный и горизонтальный разрезы

ee



8. Жилой дом в Брюсселе

Архитекторы М. Рогген, Ф. Линард. Инженер М. ван Веттер (Брюссель). Время строительства 1966—1967 гг.

Высотный жилой дом с 96 квартирами в 16 верхних этажах. На каждом этаже шесть квартир с числом комнат от одной до четырех. В первом этаже вестибюль, помещение для швейцара и котельная. Над первым этажом технический этаж для прокладки коммуникаций. Лифты размещены в железобетонной шахте. Винтовые лестницы расположены по торцам внутреннего коридора.

Наружные размеры в плане 32,76 × 11,66 м. Высота здания 58 м, высота первого этажа 2,97 м, промежуточного 1,32 м, высота типового этажа 2,78 м, высота помещений 2,48 м.

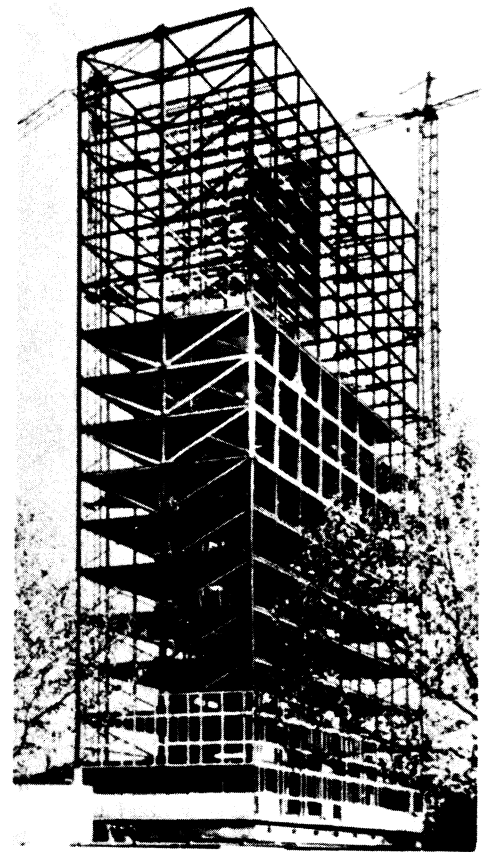
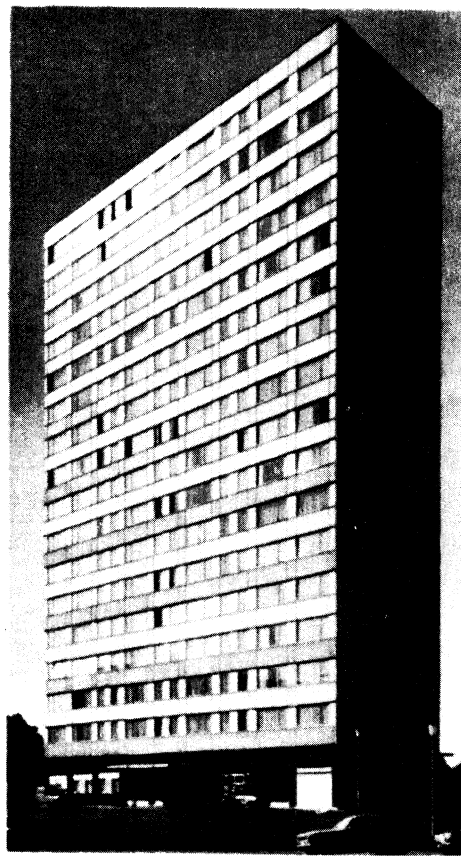
Конструкция

Колонны с шагом 3,6 м установлены вдоль продольных наружных стен и по оси здания. В средней части здания колонны установлены в два ряда по обеим сторонам коридора. Главные балки, идущие поперек здания, соединены с колоннами шарнирно. Второстепенные балки имеют шаг 1,8 м и опираются на главные балки и внутренние колонны также шарнирно. Усилия от ветра, действующего на торцы здания, воспринимаются рамами, образуемыми системой жестко соединенных между собой колонн и рандбалок. Ветровые усилия в поперечном направлении передаются через перекрытия на жесткие диски в плоскостях торцовых стен. Жесткость перекрытий в горизонтальном направлении увеличена постановкой в крайних панелях крестовых связей.

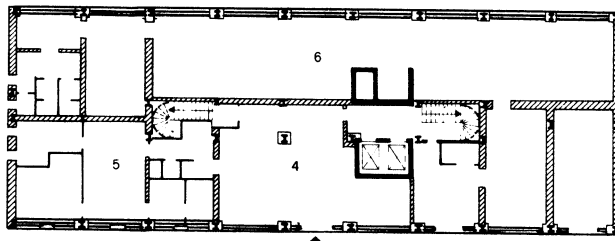
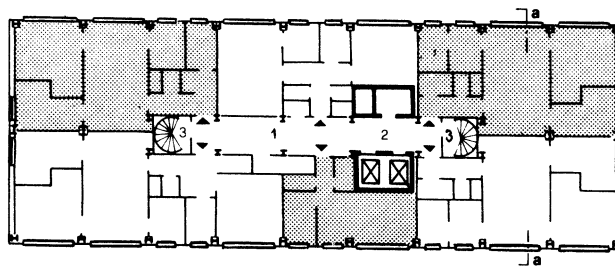
Железобетонная шахта не связана со стальным каркасом и не воспринимает ветровых усилий. Колонны из прокатных профилей HE 220 М и HE 200 В, высотой на четыре этажа; монтажные стыки болтовые. Рандбалки продольной стороны из профилей от HE 140 А до HE 220 А крепятся к наружным колоннам через фасонки на высокопрочных болтах. Главные балки из IPE 240, второстепенные балки из I 140, соединения болтовые.

Перекрытия: в поперечном направлении по второстепенным балкам уложен стальной настил трапецеидального профиля высотой 8,5 см, который крепится к металлическим балкам точечной сваркой. По настилу — слой пробки толщиной 2 см, жесткие древесноволокнистые плиты и линолеум; временная нагрузка на перекрытие 250 кгс/м². Потолок из гипсовых плит, подвешенных снизу.

Наружные стены: навесные стены в уровне перекрытий крепятся к ригелям и подоконным доскам, опирающимся на вертикальные стойки. Ригели в уровне перекрытия



Типовой этаж и первый этаж. М 1.400



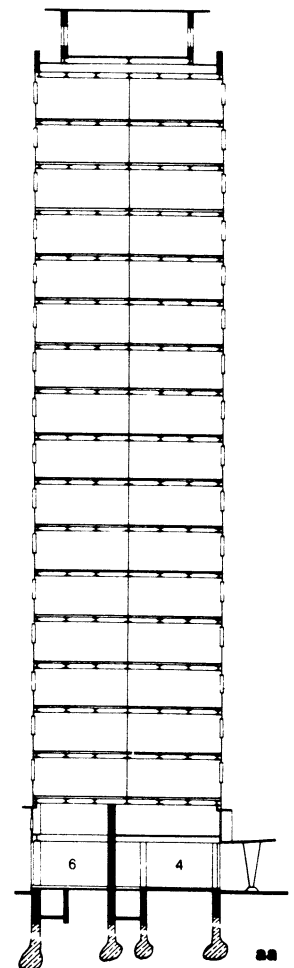
подвижно прикреплены к рандбалкам и рассчитаны на нагрузки от веса стены и давление ветра с площади высотой в один этаж.

Основание: бетонные сваи на глубине 12 м опираются на гравийный слой. Поверху сваи соединены друг с другом железобетонными балками.

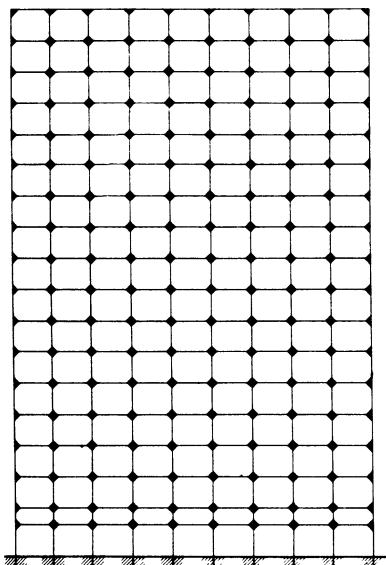
Оборудование

Центральное отопление горячей водой с радиаторами. В первом этаже оборудованы три нагревательных котла, при этом один котел для снабжения горячей водой; мощность каждого котла 240 000 ккал/ч.

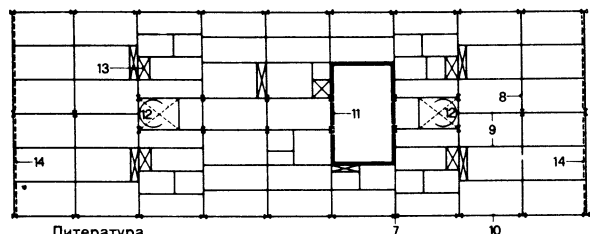
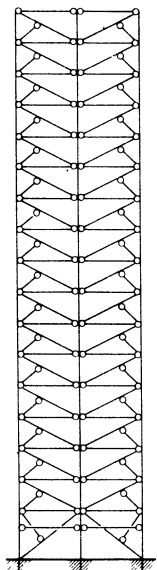
- 1 внутренний коридор
- 2 лифты
- 3 винтовые лестницы
- 4 вестибюль
- 5 квартира швейцара
- 6 котельная



Поперечный разрез здания



Конструктивная схема Продольная и торцовая стены



Литература

Acier - Stahl - Steel 6/1967, S 263.

Площади и объём

Общая площадь 6494 м²
Полезная площадь 5312 м²

Перекрытая площадь 382 м²
Объём здания 19864 м³

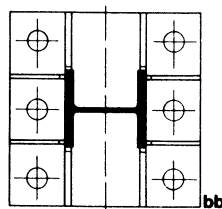
Расход материалов

	Сталь	Бетон
Всего	407 т	485 м ³
На 1 м ³ объёма здания	20,5 кг	0,024 м ³
На 1 м ² общей площади	62,7 кг	0,075 м ³

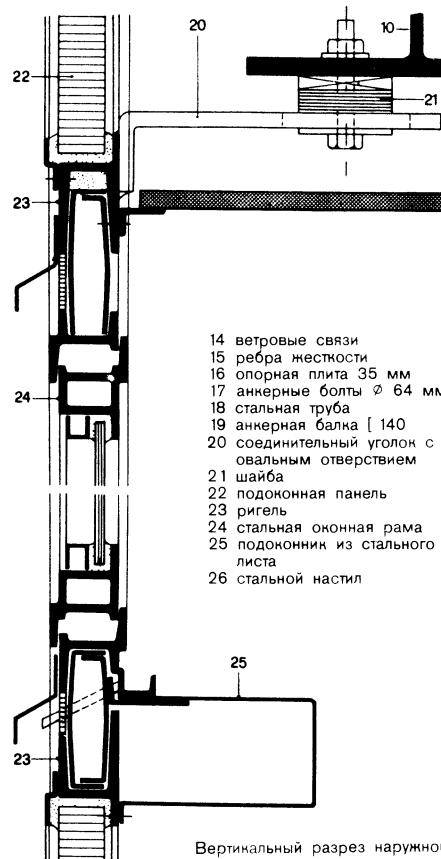
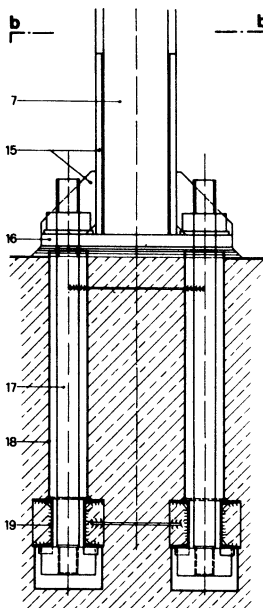
Стоимость (1967 г.) в бельгийских франках

Общая стоимость строительства 41,7 млн.; 1 м³ объёма здания - 2100; одной квартиры - 435000; 1 м² полезной площади - 7850.

Анкеровка базы колонны

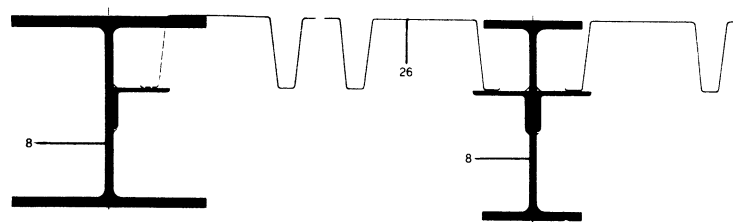


Расположение балок типового этажа



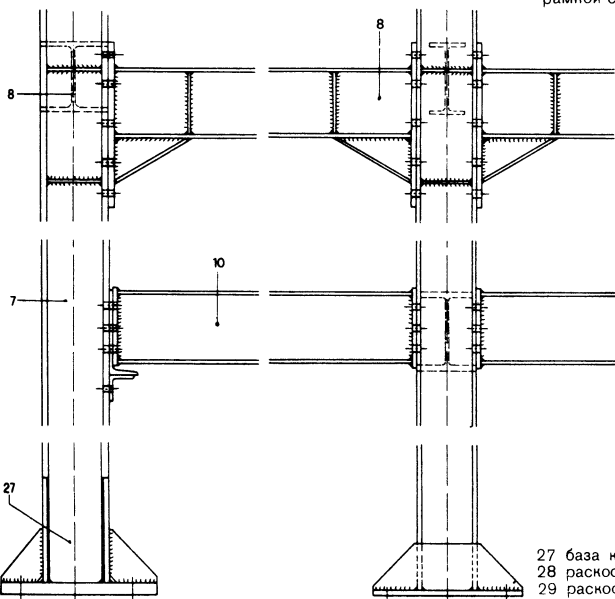
- 14 ветровые связи
- 15 ребра жесткости
- 16 опорная плита 35 мм
- 17 анкерные болты \varnothing 64 мм
- 18 стальная труба
- 19 анкерная балка [140
- 20 соединительный уголок с овальным отверстием
- 21 шайба
- 22 подоконная панель
- 23 ригель
- 24 стальная оконная рама
- 25 подоконник из стального листа
- 26 стальной настил

Вертикальный разрез наружной стены

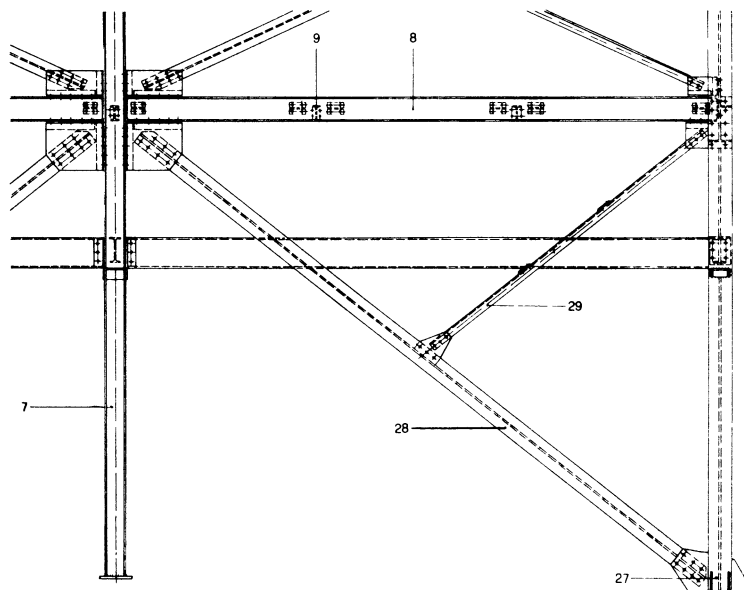


Конструкция ветровых связей в плоскости торцової стены

Детали узлов каркаса рамной системы продольной стены



- 27 база колонны
- 28 раскосы HE 180 M
- 29 раскосы 2L70×70×7



Примыание стального настила к главной балке

9. Жилые кварталы в Балорноне (Великобритания)

Архитектор С. Бантон и К°. Инженер В. А. Фейрхарст и К°.

Восемь высотных жилых зданий с общим числом квартир 1356 для 5600 жителей на площади 9 га. Квартиры с числом комнат от одной до четырех расположены в двух протяженных зданиях высотой 26 и 28 этажей и в шести башенных зданиях высотой 31 этаж. В протяженных зданиях три, а в башенных одно ядро жесткости, в каждом из которых по два лифта и по две лестничные клетки, а также шахты для инженерного оборудования. В нижнем этаже — общественные помещения, на крыше — площадка для сушки. Вблизи высотных домов сооружены торговый центр, школа, детский сад и крытая стоянка.

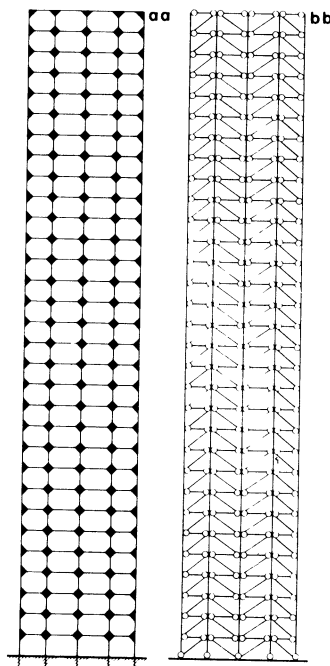
Протяженные дома с наружными размерами в плане 93×11 м, высотой над уровнем земли 74 и 71 м. Четыре башни с наружными размерами в плане 22,9×15,25 м, две башни — 30,5×18,3 м. Высота над уровнем земли 84 м, высота этажа 2,7 м, высота помещения 2,45 м, высота помещений первого этажа 2,75 и 3,35 м.

Конструкция

Стальной каркас высотных домов воспринимает как вертикальные нагрузки, так и горизонтальные ветровые нагрузки. Внутренние и внешние колонны, как правило, неразрезные на высоту трех этажей, соединены в обоих направлениях балками перекрытий. Балки и колонны из двутавровых профилей, все соединения на болтах. Сопротивляемость горизонтальным нагрузкам обеспечивается благодаря вертикальным связевым дискам, размещенным в межквартирных перегородках, и жесткому соединению балок перекрытий с колоннами наружного каркаса и со стенами ядер жесткости. Взаимодействие каркаса и связевых дисков осуществляется через горизонтальные диски перекрытий. Для уменьшения колебаний и повышения жесткости наружные колонны и рандбалки башенных зданий обетонированы до 11-го этажа. При расчетном давлении ветра 150 кгс/м² горизонтальный прогиб верха здания составляет немногим более 1/500 его высоты.

Бетонная облицовка служит одновременно и эффективной огнезащитой; защита от огня остальных конструкций достигается с помощью асбестового покрытия.

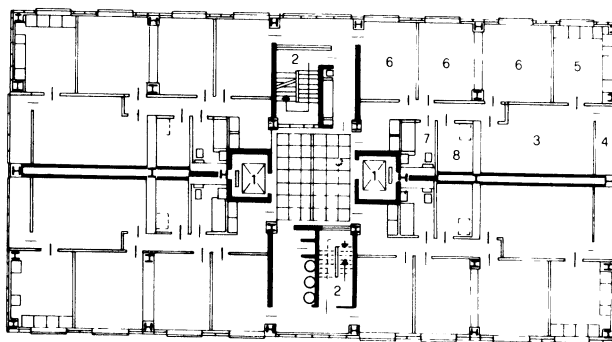
Комплексные перекрытия выполнены из оцинкованных ребристых стальных листов и уложенного поверх них слоя бетона толщиной 12,5 см. Над балками перекрытий уложена арматура. Прочность на сдвиг соединений плит перекрытий со стальными балками обеспечивается с помощью парных болтовых шпонок, приваренных к балкам с шагом 60 см. В качестве огнезащиты ниж-



Конструктивная схема. Поперечный разрез башенного здания

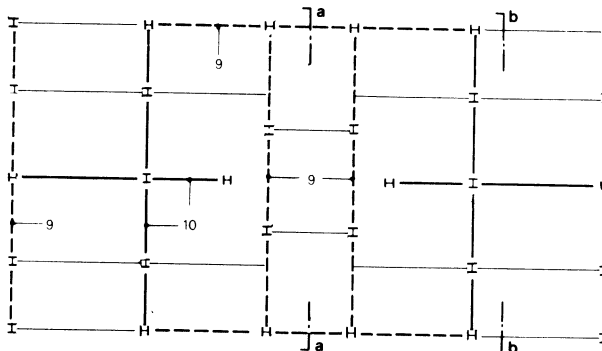


Общий вид трех башен

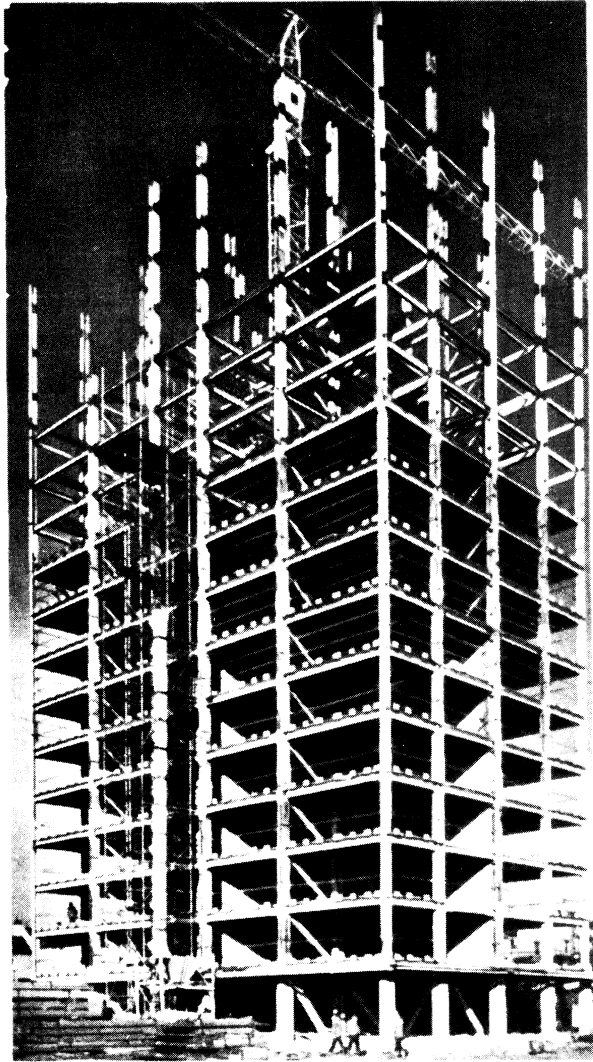


Типовой этаж башни М 1-350

- 1 лифт
- 2 лестничная клетка
- 3 общая комната
- 4 лоджия
- 5 кухня
- 6 комната
- 7 ванная комната
- 8 отопление и резервуар с водой
- 9 рама
- 10 связевой диск

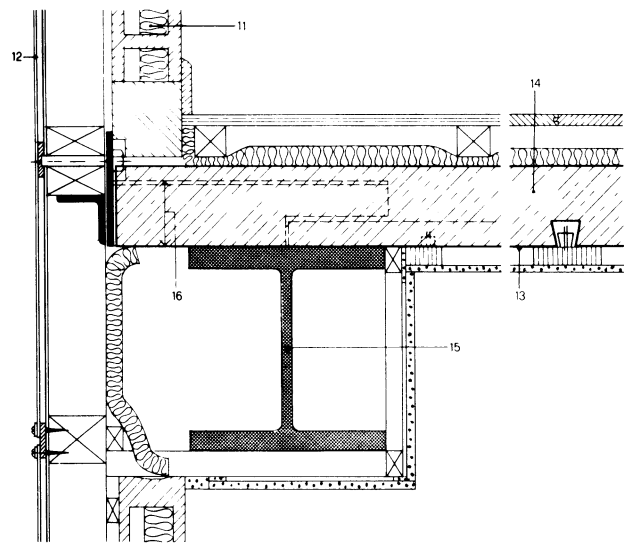


План балок типового этажа



Монтаж стального каркаса, комплексных перекрытий и панелей наружных стен

Вертикальный разрез междуэтажного перекрытия и его примыкания к наружной стене



- 11 стеновые панели
- 12 асбестоцементный лист
- 13 ребристый стальной лист
- 14 слой монолитного бетона
- 15 рандбалка
- 16 консоль для крепления стеновых панелей

Расход материалов (всего)

Сталь	Бетон	Арматурная сталь
11 341 т	16 350 м ³	571 т

Общая стоимость строительства 6,25 млн. ф. ст.

Литература

Acier - Staal - Steel 4/1966, S. 173.

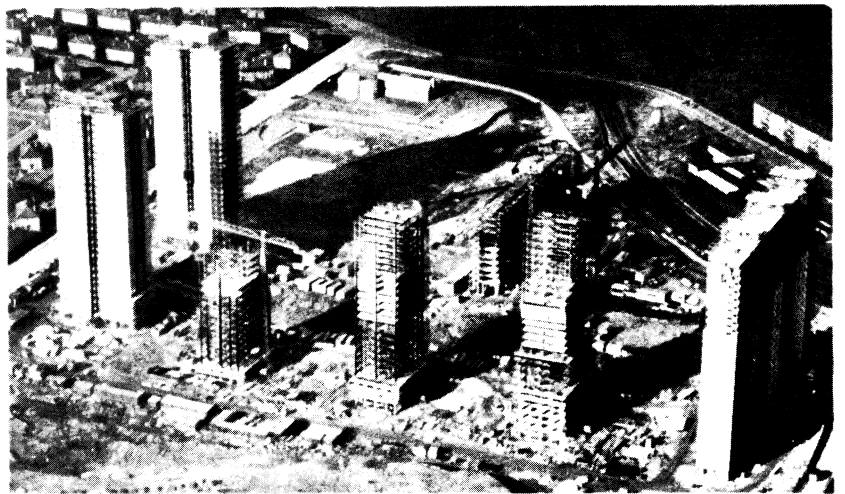
Наружные стены: панели высотой на один этаж крепятся с помощью стальных уголков к краям перекрытий. Панели состоят из деревянного каркаса с наружной обшивкой из асбестоцементных листов, внутренней из пароизоляционных плит и средним слоем из пенящего гипса. Окна с деревянными рамами и нижнеподвесными створками из стали.

Основание в виде 704 железобетонных свай диаметром 90 см в песчанике и сланцевом грунте глубиной 3,5 м.

Оборудование

Теплоаккумулирующее электроотопление с установками инфракрасного излучения и стенными радиаторами. Трансформаторная подстанция для электроснабжения в нижнем этаже. Для обеспечения водой — резервуар в первом этаже и на крыше, небольшая емкость для воды (на 225 л) в каждой квартире.

ней части перекрытия к ребристым стальным листам крепятся асбестоцементные плитки с зазором 2,5 см, обеспечивающие огнестойкость 1 ч. Пол паркетный на стекловолоконных матах; в санитарных помещениях — поливинилхлоридные плитки по монолитному полу толщиной 7 см.



Жилой квартал со зданиями, находящимися в различной стадии строительства

Этаж протяженного здания с поперечными ветровыми связями



10. Жилая система в г. Стора Туна (Швеция)

Архитектор И. Джонсон (Стокгольм). Инженер А. Джонсон (Стокгольм). Время строительства 1969—1970 гг.

Двухэтажный дом с крытыми галереями и семью квартирами в каждом этаже. Две смежные квартиры могут быть, по желанию, соединены в одну. Проход к верхней крытой галерее по двум расположенным снаружи лестничным клеткам.

Наружные размеры здания в плане 51,5×14,4 м. Высота над уровнем земли 6,5 м, высота этажа 2,97 м, высота помещения 2,5 м.

Конструктивная система включает стальной каркас, стеновые панели и плиты перекрытий из легкого бетона. Для обеспечения звукоизоляции между квартирами в вертикальном и горизонтальном направлениях все перекрытия и перегородки выполнены двухслойными, а стальной каркас разделен на семь секций с колоннами.

Каждая секция каркаса включает четыре продольные рамы пролетом 7,35 м, размещенные с шагом 3 м. Обе внешние рамы, выполненные из профилей HE 200 А и размещенные в плоскостях продольных стен, имеют жесткие узловые соединения. Внешние рамы смежных секций смещены по отношению друг к другу на ширину стойки и находятся в различных плоскостях, не касаясь друг друга. Колонны из I 200 и ригели из профилей HE 220 А обеих внутренних рам соединены между собой шарнирно. Колонны смежных секций ячеек также не соприкасаются.

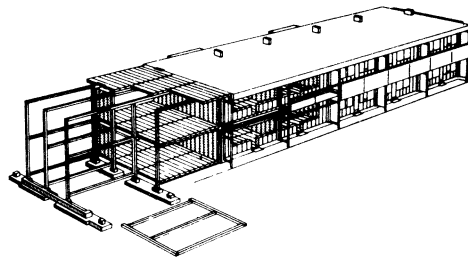
Ветровые нагрузки воспринимаются: в продольном направлении жесткими наружными рамами, в поперечном направлении ветровыми связями из уголковых профилей, размещенными в перегородках.

Перекрытия из армированных легобетонных плит размерами 3×0,6 м, толщиной 20 см; временная нагрузка 100 кгс/м². По продольным сторонам плиты соединены в шпунт на цементном клее. Покрытие пола из пластмассовой пленки и двух слоев древесноволокнистых плит; подвесной потолок из двух гипсовых плит толщиной 13 мм и слоя минерального волокна 30 мм.

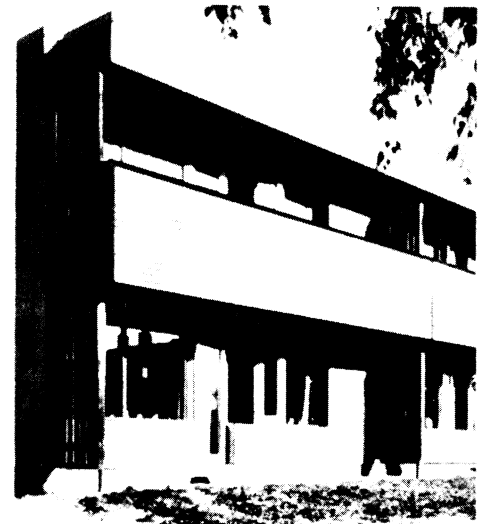
Главные трубопроводы для коммуникаций в полупроходном помещении под зданием. Для уменьшения шума — в каждой квартире отдельные стояки из труб небольшого сечения, размещенные в перегородках. Разводка трубопроводов в полостях перекрытий. Крепление всех трубопроводов с помощью изолирующих резиновых прокладок. Для уменьшения шума при наполнении ванны водой впускной вентилятор встроены в ее днище.

Литература

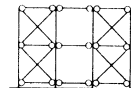
Byggnadsindustrin 6/1969, S 69. - Lattbetong 4/1969, S 14. - Acier-Stahl-Steel 9/1969, S 363



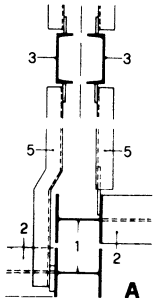
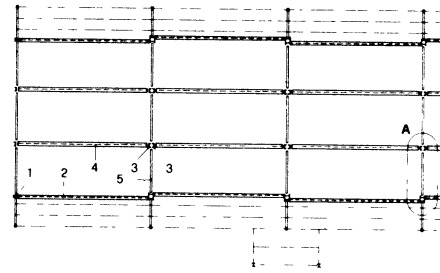
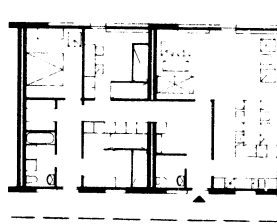
Элементы конструктивной системы и последовательность их монтажа



Конструктивная схема. Продольный и поперечный разрезы

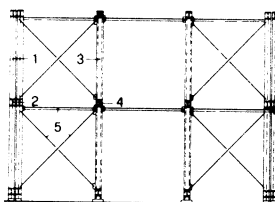
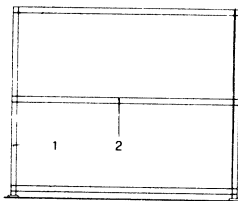


Пятикомнатная квартира на первом этаже

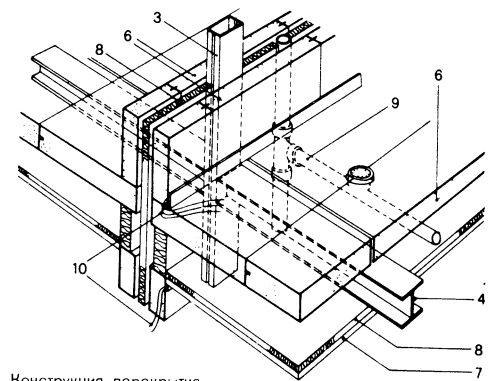
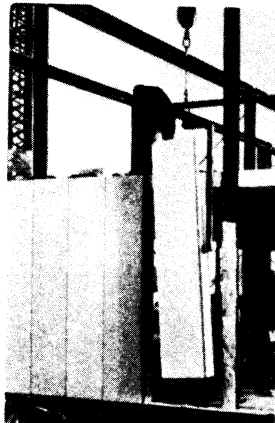


Наружные продольные рамы и поперечный разрез стального несущего каркаса

План балок перекрытий первого этажа



Натягивание наружных стеновых панелей



- 1 стойка рамы HE 200 А
- 2 ригель рамы HE 200 А
- 3 внутренняя колонна I 200
- 4 ригель рамы HE 220 А
- 5 ветровые связи L70×70×7 и -30×5 мм
- 6 плита из легкого бетона
- 7 гипсовая плита
- 8 минеральная вата
- 9 канализация
- 10 электронабель

Конструкция перекрытия и перегородки

Стальной каркас со смещенными в плане продольными рамами



11. Горный приют в Штильфзер Ёх (Италия)

Архитекторы: К. Конте, Л. Фиори (Милан). Инженер К. Пезенти (Бергамо). Время строительства 1964—1966 гг.

Четырехэтажное здание приюта расположено на горном перевале в Альпах на высоте 3000 м. Вокруг центральной лестницы в первом этаже размещены ресторан, кухня и вестибюль; во втором этаже — общие помещения; в обоих верхних этажах — спальни и санитарные помещения.

Здание имеет сложную форму в плане с четырьмя консольно выступающими секциями, примыкающими к четырем сторонам квадратного ядра жесткости. Вылет консолей увеличивается от этажа к этажу. Наружные размеры здания 25,6×25,6 м. Высота над уровнем земли 19,1 м, высота нижнего этажа 3,2 и 4,3 м, второго — 4,6 м, третьего — 3,35 м, четвертого вследствие уклона покрытия — от 2 до 4,3 м.

Сложные климатические и транспортные условия определили конструкцию и способ монтажа здания. После проверочного монтажа на заводе, в ходе которого были улучшены узлы примыкания и зафиксирована последовательность монтажа, стальные конструкции здания могли быть собраны на перевале за 40 дней. Общий срок, потребовавшийся для завершения основных строительных работ, за исключением отделки, составил всего лишь три месяца.

Вследствие высоких ветровых и снеговых нагрузок (600 кгс/м²) стальные конструкции выполнены в виде жестких рам, рассчитанных на воздействие ветра в обоих направлениях. По четырем сторонам квадратного ядра жесткости размещены по две поставленные друг на друга шарнирно-оперные рамы, которые соединены в углах консольно выступающими ригелями и жестко закреплены горизонтальными ветровыми связями.

Нижняя рама высотой на два этажа (7,8 м), верхняя рама одноэтажная. Пролет рам 10 м. На рамы опираются консольные конструкции перекрытий и покрытия. Ригели нижних рам поддерживают по две главные балки, размещенные в обоих направлениях и консольно выступающие на 5,6 м за ригель рамы. В точках пересечения балки соединены с четырьмя колоннами ядра жесткости. Между главными балками расположены с шагом 1,5 м второстепенные балки, к которым приварены прерывистым швом оцинкованные профилированные листы с трапециевидными гофрами; поверх листов деревянный пол.

Верхние ригели рам аналогично поддерживают консольные балки перекрытия, к которым примыкают свободные концы главных балок покрытия. Четыре ската покрытия смещены по высоте друг относительно друга, так что стальные прогоны присоединяются в коньке покрытия на раз-

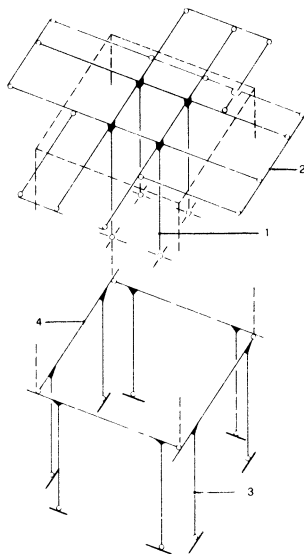
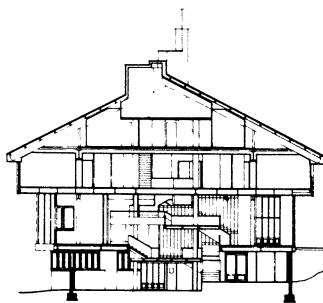
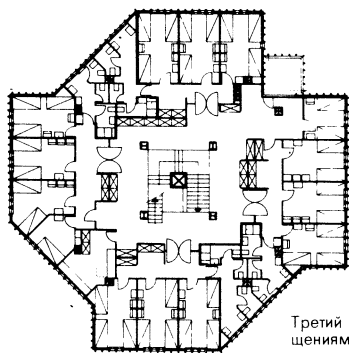


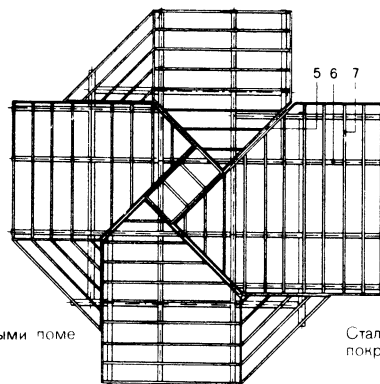
Схема рам обоих нижних этажей (показаны раздельно)



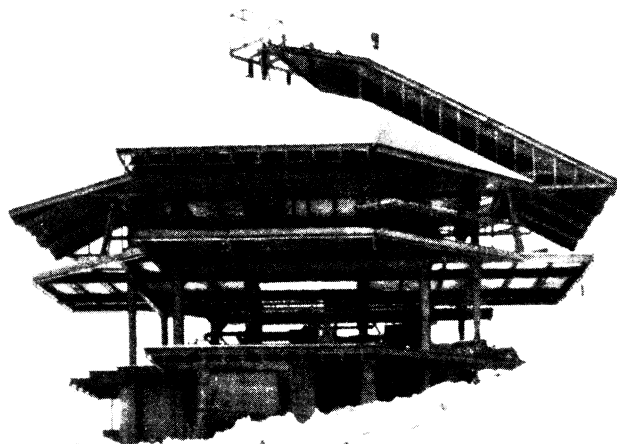
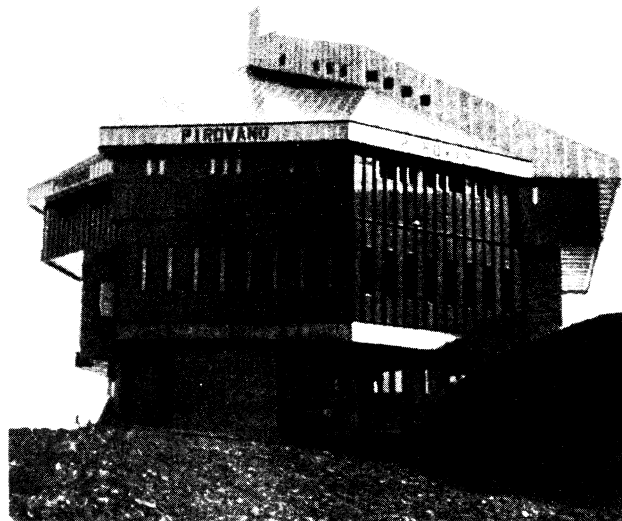
Разрез здания
1 внутренние колонны
2 рандбалки
3 стойки рамы
4 ригель рамы
5 коньковая балка
6 прогоны
7 стропила



Третий этаж со спальными помещениями. М 1:500



Стальные конструкции покрытия



личной высоте к колоннам, которые передают нагрузку на балки нижележащего перекрытия и соответственно на четыре внутренние колонны. На прогоны опираются стропила из прокатных профилей.

Балки перекрытия первого этажа опираются на стойки рам и внутренние колонны и уложены на бетонные стены, которые в зоне ядра жесткости доходят до перекрытия первого этажа.

Наружные стены — деревянные панели с внутренним теплоизоляционным слоем; окна с изолирующим остеклением.

Площади и объём

Общая площадь 1255 м² ² Объём здания 4520 м³
Перекрытая площадь 510 м²

Расход металла

Всего 140 т На 1 м² общей площади 111,6 кг
На 1 м³ объёма здания 31 кг

Стоимость (1966 г.) в лирах

Общая стоимость строительства 204,8 млн.; 1 м³ объёма здания — 45 300; 1 м² общей площади — 163 000.

Литература

Асигр 7 — 8/1967, S. 325

12. Детский городок в Мюльгейме (ФРГ)

Архитекторы: В. Блазер, Нейс, Бойтлер (Базель). Инженеры: Нафц (Мюльгейм) Грунер и Яуслин (Базель). Время строительства 1966—1967 гг.

Детский городок из семи корпусов, рассчитанных на 60 детей, десять воспитателей и супружескую пару руководителей. Вокруг корпуса общих занятий, включающего кухню, группируются пять двухэтажных жилых корпусов для детей и административное здание с квартирой для руководителей. В детских корпусах вокруг центрального ядра жесткости с сантехническим оборудованием расположены спальные помещения на втором этаже и общие помещения в первом этаже.

Детский корпус имеет в плане форму квадрата со сторонами 12,6 м. Высота над уровнем земли 5,7 м, высота этажа 2,85 м, высота помещения 2,5 м.

На железобетонные конструкции подвала опираются двухэтажные колонны, размещенные по сетке 4,2 × 4,2 м и соединенные балками перекрытий. Колонны крестообразного сечения выполнены из двух приваренных друг к другу уголков 80 × 80 × 12. Над первым этажом — монолитное бетонное перекрытие с обетонированными балками IPE 160. Покрытие из газобетонных плит, жесткость которого в своей плоскости обеспечивается диагональными связями. Ветровые нагрузки воспринимаются бетонным ядром жесткости.

Наружные стены: стеновые панели на всю высоту помещения с изолирующим остеклением и раздвижными створками. Подоконные панели многослойной конструкции с наружными обшивками из асбестоцементных листов.

Площади и объем

Общая площадь	3235 м ²	Перекрытая площадь	1357 м ²
Полезная площадь	1732 м ²	Объем здания	10052 м ³

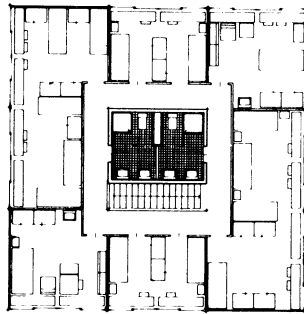
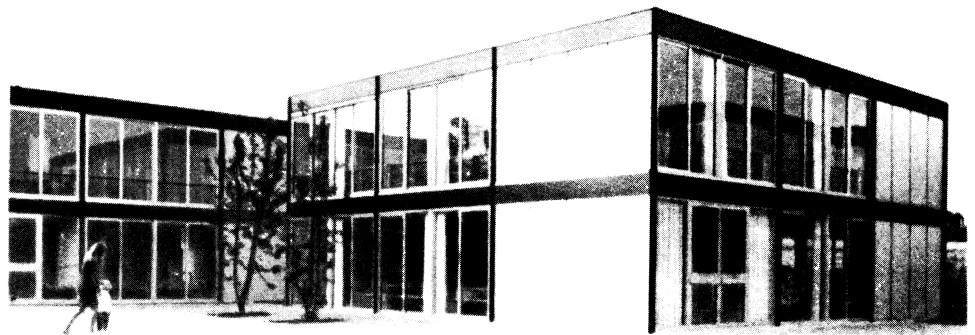
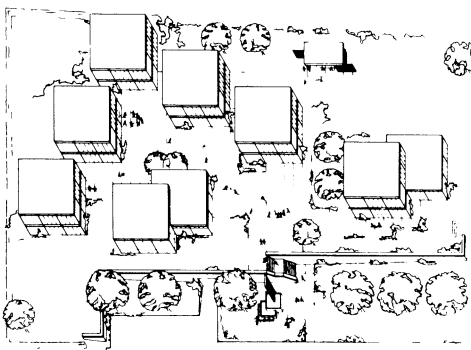
Расход стали

Всего	90 т	На 1 м ² общей площади	27,8 кг
На 1 м ³ объема здания	9 кг	На 1 м ² полезной площади	52,6 кг

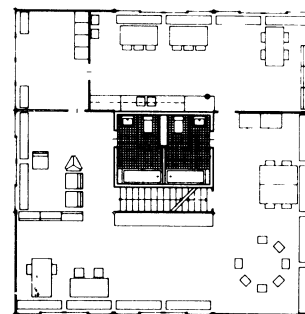
Литература

Werk 2/1968, S. 88. — Bouw 1969, S. 697. — Detail 2/1969.

Генплан



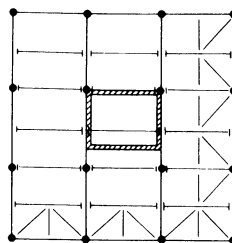
Второй этаж со спальными помещениями. М 1:300



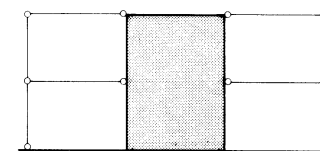
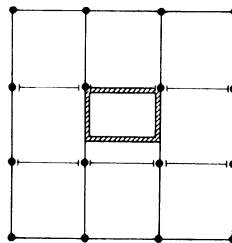
Первый этаж с общими помещениями

Конструктивная схема. Разрез по бетонному ядру жесткости

План балок покрытия

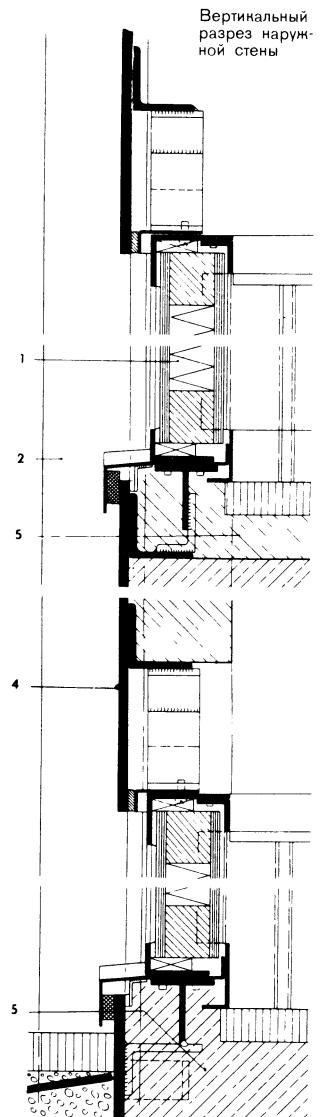
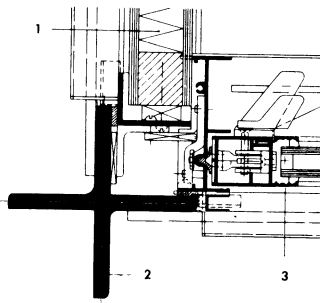


План балок над первым этажом



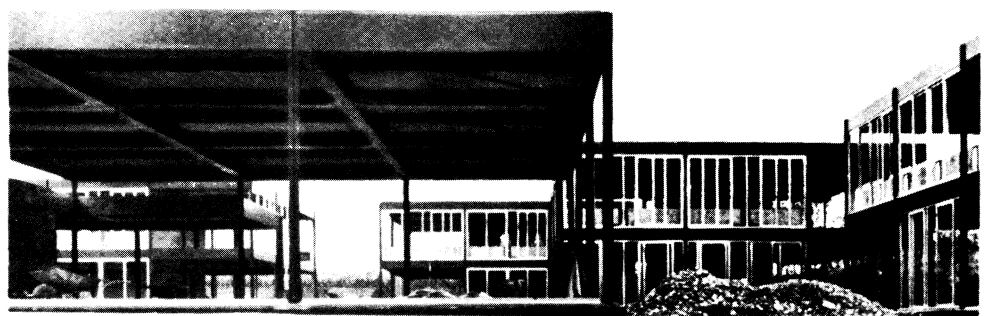
- 1 сплошной стеновой элемент
- 2 колонна крестообразного сечения из 2L80 × 80 × 12
- 3 раздвижная створка
- 4 стальная полоса 400 × 8 мм
- 5 замоноличивание бетоном после монтажа стен

Горизонтальный разрез в зоне угла здания



Вертикальный разрез наружной стены

Корпус для общих занятий в процессе строительства с видом на детские корпуса



13. Детский сад в Западном Берлине (район Шёнеберг)

Архитекторы: Братц, Хассенштайн, Шмидт-Томсен (Западный Берлин). Расчет выполнен фирмой, возводящей стальные конструкции. Время строительства 1970—1971 гг.

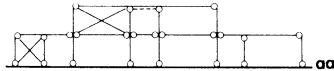
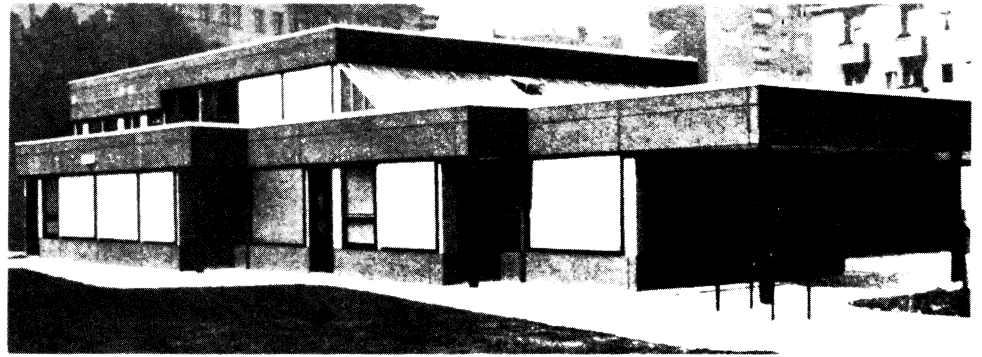
Групповые помещения и игровые комнаты на 146 детей размещены в двухэтажном здании без подвала. Оба этажа разделены на три зоны для различных возрастных групп. В первом этаже — детские ясли и детский сад, отделенные друг от друга центральной зоной с санитарными помещениями и общей кухней, дополнительные помещения для персонала, контора и котельная. На втором этаже — группа продленного дня.

Планировочное решение здания соответствует функциональному назначению помещений, модульная сетка 3×6 м. Наружные размеры здания в уровне первого этажа 45×30 м, размеры несколько отступившего вглубь второго этажа 30×15 м. Высота над уровнем земли 6,7 м, высота этажа 3,11 м, высота помещений 2,51 м.

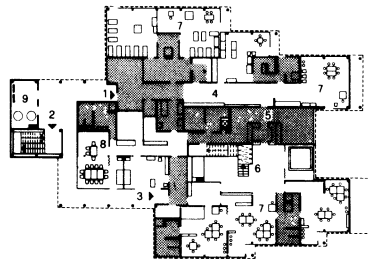
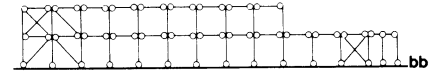
Конструкция

Шарнирная стержневая конструкция состоит из одноэтажных, а в зоне отступившего вглубь второго этажа из двухэтажных колонн квадратного коробчатого сечения 70×70 мм и балок перекрытий двутаврового профиля, которые расположены в поперечном направлении здания. Шаг колонн в поперечном направлении 3 и 6 м, в продольном 3 м. Балки перекрытия в зависимости от пролета и нагрузки на перекрытие выполняются из профилей I 200, IPE 270 и IPE 300; рандбалки — из I 200. Для увеличения жесткости в продольном направлении колонны соединены между собой с помощью уголков 65×7. По главным балкам перекрытия первого этажа уложены сборные бетонные плиты длиной 3 м и толщиной 10 см, которые работают совместно с балками благодаря стальным шпонкам и монолитной бетонной заделке швов; временная нагрузка на перекрытия 500 кгс/м². Покрытие из газобетонных плит толщиной 12,5 см; жесткость во время монтажа обеспечивалась с помощью горизонтальных крестовых связей, расположенных в зоне средней оси. Ветровые нагрузки в обоих направлениях передаются через диски перекрытия и покрытия на вертикальные крестовые связи между колоннами.

Наружные стены: к несущим конструкциям из горизонтальных уголковых и вертикальных тавровых профилей, присоединенных с помощью консолей к колоннам, крепятся подоконные и простеночные панели из легкого бетона; длина панели 3 м, высота 62,5 см, толщина 17,5 см. Между

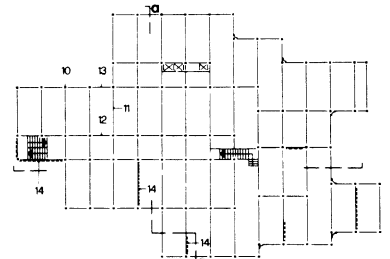


Конструктивная схема Продольный и поперечный разрезы

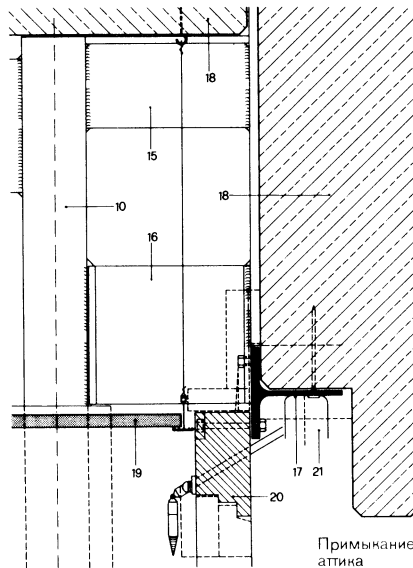


План первого этажа М 1:900

- 1 вход в детские ясли
- 2 вход в группу продленного дня
- 3 вход в детский сад
- 4 помещение для игр
- 5 кухня
- 6 общее помещение
- 7 групповая комната
- 8 комната для персонала
- 9 котельная



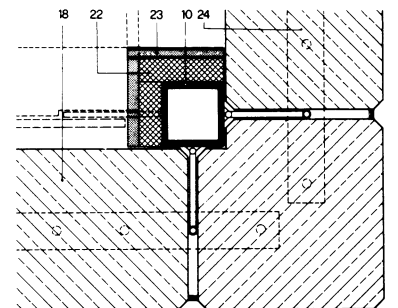
План балок перекрытия первого этажа



Примыание атика

- 10 колонна коробчатого сечения 70×70 мм
- 11 балка перекрытия
- 12 угловой профиль 65×65×7
- 13 рандбалка I 200
- 14 ветровые связи
- 15 консоль I 2 IPE 200
- 16 консоль IPE 180

- 17 стыковой профиль 12 IPE 200
- 18 газобетонная панель
- 19 огнестойкая акустическая плита
- 20 деревянная оконная рама
- 21 жалюзи
- 22 асбестовая плита
- 23 гипскартон
- 24 полоса из оцинкованной листовой стали 40×3 мм



Горизонтальное сечение угла здания в подоконной зоне

плитами расположены оконные блоки. Защита от солнца наружными жалюзи.

Противопожарная защита: облицовка колонн асбестовыми плитами и бетоном. Междуэтажные перекрытия и покрытия с подвесным акустическим потолком; класс огнестойкости F90 (1,5 ч).

Площади и объем

Общая площадь	1220 м ²	Перекрытая площадь	914 м ²
Полезная площадь	990 м ²	Объем здания	3970 м ³

Расход стали

Всего	38 т	На 1 м ² общей площади	31,6 кг
На 1 м ³ объема здания	9,6 кг	На 1 м ² полезной площади	38,4 кг

Стоимость в марках ФРГ

Общая стоимость строительства	1,31 млн.	1 м ³ объема здания	— 330;
		1 м ² общей площади	— 1073;
		1 м ² полезной площади	1325.

14. Студенческое общежитие в Париже

Архитекторы: К. Патан (г. Нейи), М. Форуги, Е. Гие (Тегеран). Расчет выполнен фирмой, возводящей стальные конструкции. Время строительства 1966—1968 гг.

Студенческое общежитие с 96 комнатами, расположенными со второго по пятый и с седьмого по десятый этаж. Шестой этаж, за исключением квартиры директора и четырех комнат для гостей, выполнен открытым. Первый этаж: вестибюль, кафе-терий, библиотека, контора, пункт медицинской помощи и квартира швейцара. Подвал: теплоцентраль, помещения для отдыха и гараж.

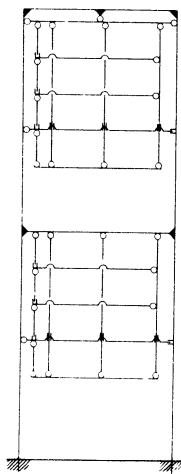
Десятиэтажное сооружение имеет в плане форму прямоугольника с наружными размерами 40,6×10,2 м. Высота над уровнем земли 38,21 м, высота этажа 3 м. Перед зданием расположено не связанное с ним низкое строение с первым и подвальными этажами, по форме напоминающее два куба, смещенные относительно друг друга.

Конструкция

Рамная конструкция с подвешенными этажами. Три стальные рамы пролетом 12,9 м с двумя ригелями, размещенными в верхней части стоек и на половине их высоты. Шаг рам 14,5 м. Соединение рам между собой выполнено в уровне ригелей с помощью продольных балок, размещенных по оси стоек рам и по центральной оси здания. Продольные балки консольно выступают за торцовые рамы на 5,8 м и соединены по концам рандбалками. Поперечные балки расположены между ригелями с шагом 2,9 м. К поперечным балкам и ригелям подвешены с помощью стержневых подвесок два объема здания по четыре этажа. Междуэтажные перекрытия благодаря размещенным по контуру решетчатым рандбалкам образуют жесткие диски. Перекрытия второго и седьмого этажей соединены со стойками рам горизонтальными связями.

Ветровые нагрузки в обоих направлениях равномерно распределяются на жесткие подвески, а затем через узлы соединения подвесок с элементами перекрытий и покрытия передаются на основной рамный каркас. Уменьшение деформаций достигается благодаря защемлению стоек рам в фундаменте.

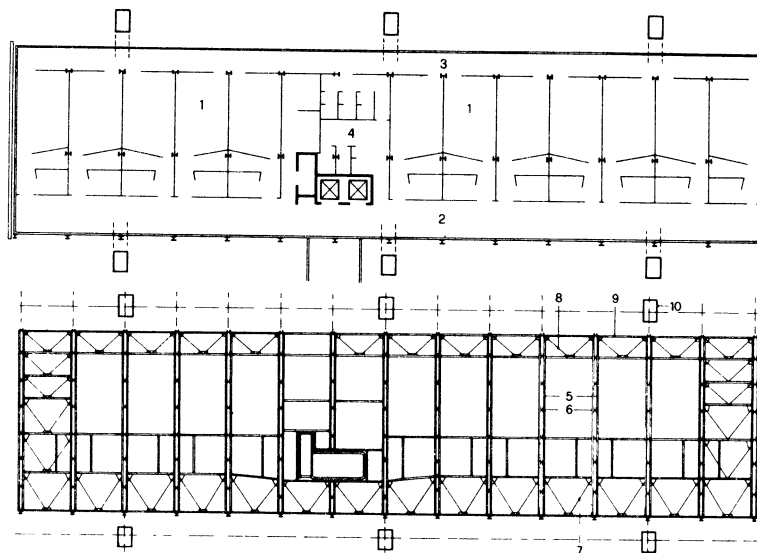
Стойки рам, ригели, продольные балки и рандбалки выполнены из профилей коробчатого сечения; все соединения сварные. Стойки смонтированы из шести элементов. Поперечные балки составлены из двух HE 340 В с промежутком 150 мм для присоединения стержневых подвесок с помощью болтов. В четырех продольных



Конструктивная схема. Поперечный разрез



Вид здания с продольной стороны с общим балконом перед комнатами



Типовой этаж с 12 комнатами для студентов, М 1:400

- 1 студенческая комната
- 2 коридор
- 3 балкон
- 4 санитарные узлы

Перекрытие типового этажа

рядах подвески выполнены из HE 140 В, IPE 200 и [140. Примыкание к ригелю рамы с помощью фасонки и четырех болтов диаметром 45 мм, приваренных к поперечным диафрагмам коробчатых профилей. В целях огнезащиты стержневые подвески обетонированы. Для расположенных снаружи рам огнезащита не требуется.

Перекрытия: стальные оцинкованные профилированные листы по балкам перекрытий, сверху слой монолитного бетона толщиной 9 см с верхней арматурой; временная нагрузка 175 кгс/м². Потолок из минераловатных плит толщиной 16 мм со шпунтовыми соединениями. Подвеска потолка с помощью зажимов, прикрепленных

к балкам перекрытия. Класс огнестойкости F30 (30 мин).

Основание — шесть рамных стоек заделаны в опоры колодецевого типа глубиной 18 м, сооруженные в полусасыпанной каменоломне. Поверху опоры объединены железобетонным балочным ростверком высотой 2 м, воспринимающим опорные моменты стоек рамы.

Площади и объем

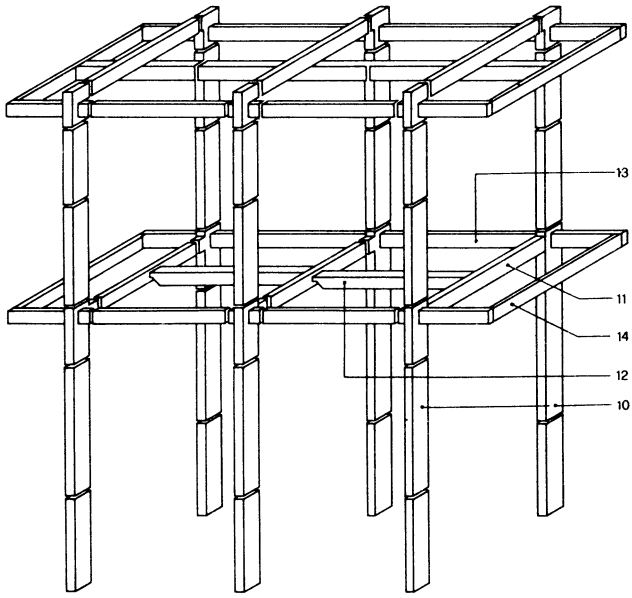
Общая площадь	5 655 м ²	Перекрытая площадь	810 м ²
Жилая площадь	3 779 м ²	Объем здания	18 603 м ³

Расход стали

Всего	850 т	На 1 м ² общей площади	150 кг
		На 1 м ² жилой площади	225 кг

Литература

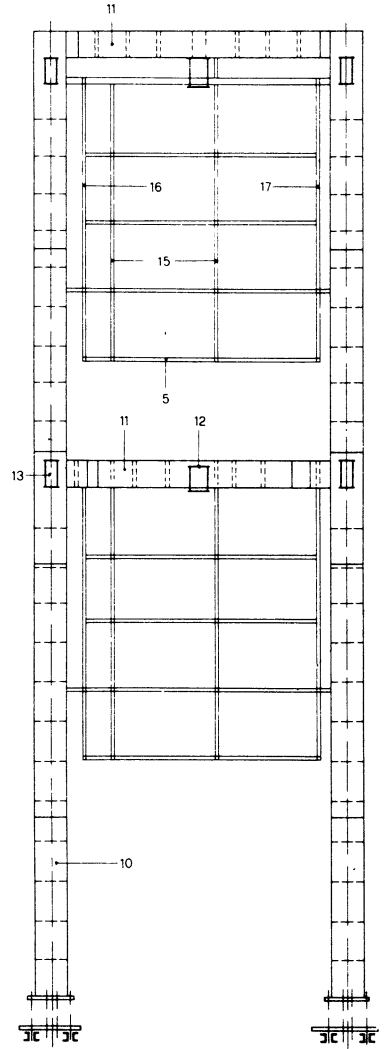
Acier - Stahl - Steel 6/1968, S. 275.



Изометрия рамного каркаса

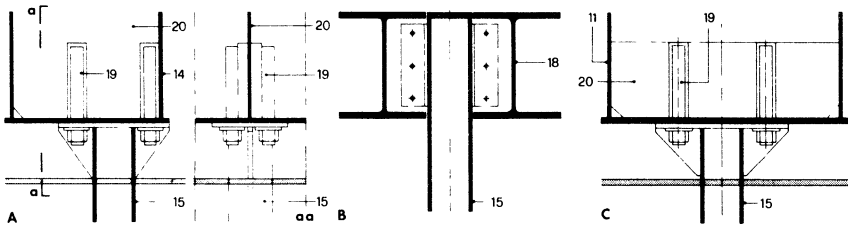
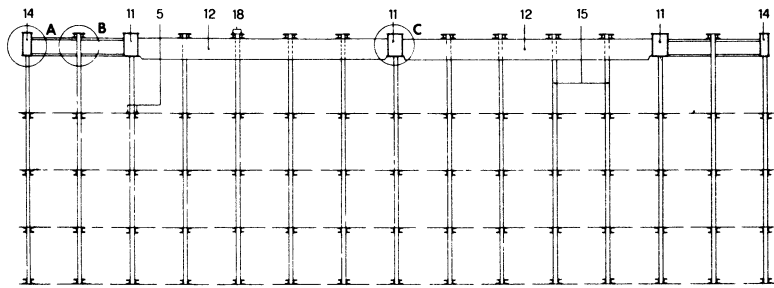
- 5 поперечная балка из двух I 200
- 6 подвеска
- 7 ветровая связь L 70×70
- 8 то же, L 50×50
- 9 рандбалка перекрытия I 150
- 10 стойка рамы 830×1500 мм
- 11 ригель рамы 870×1200 мм
- 12 средняя балка 830×1050 мм
- 13 продольная балка
- 14 рандбалка
- 15 стержневая подвеска HE 140 B
- 16 стержневая подвеска I 140
- 17 то же, IPE 200
- 18 поперечная балка из двух HE 340 B
- 19 болт \varnothing 45 мм
- 20 поперечная диафрагма
- 21 ребро жесткости HE 180 B

Поперечные рамы с подвешенными конструкциями

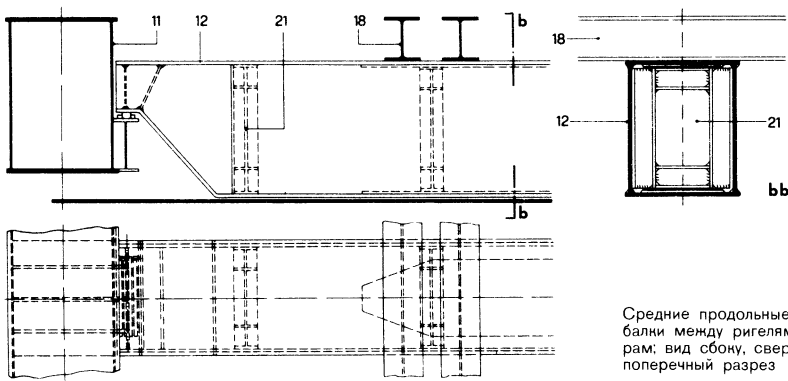


Рамный каркас с подвешенными этажами

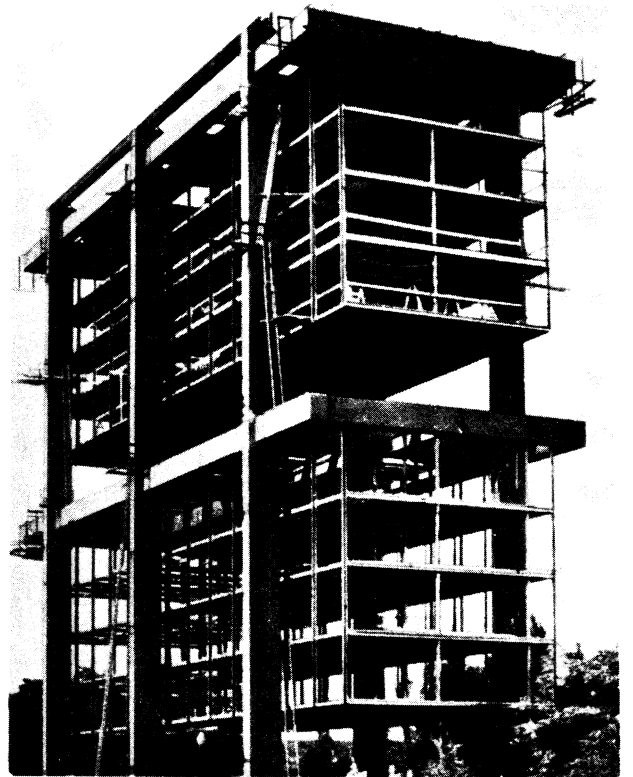
Продольный разрез несущих конструкций четырех нижних этажей



Примыкание подвесок и рандбалкам (А), поперечным балкам (В) и ригелям (С)



Средние продольные балки между ригелями рам: вид сбоку, сверху и поперечный разрез



15. Гостиница „Дю Лак“ в Тунисе

Архитектор Р. Контижьяни (Рим). Инженеры: Л. Нерап, Альберт и фирма, выполняющая строительные работы. Время строительства 1969—1972 гг.

Гостиница на 416 мест в десяти верхних этажах, длина которых увеличивается снизу вверх; они образуют консольные выступы по торцам здания. Жилые номера расположены на южной продольной стороне и имеют выход в коридор, по концам которого находятся запасные лестничные клетки между отдельными этажами, консольно выступающие под углом к продольной оси здания. Основная лестничная клетка, лифты и шахта инженерного оборудования находятся в бетонном ядре жесткости в середине тыльной стороны здания.

Наружные размеры второго этажа в плане 44,4×12,5 м; размеры 11-го этажа 82,8×12,5 м; высота над уровнем земли 40,1 м. Консольный выступ в каждом этаже по 2,4 м, консольный выступ запасной лестничной клетки на торцевой стороне 6 м. Высота этажа 3,2 м, высота помещения 2,95 м.

Плохие грунтовые условия строительной площадки в непосредственной близости от моря потребовали устройства свайного основания. В связи с необходимостью заложения 190 буронабивных железобетонных свай на глубину до 60 м было решено максимально сократить площадь основания. Эти требования привели к необычной форме здания с выступающими консольно друг над другом этажами по обеим торцевым сторонам здания.

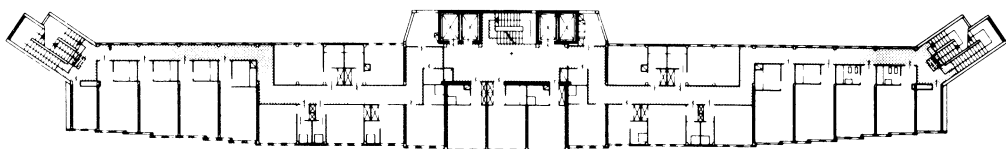
Стальные конструкции — в виде шарнирной стержневой системы с колоннами по обеим продольным сторонам, рядом внутренних колонн и балками перекрытий, соединяющими колонны в уровне каждого этажа в поперечном направлении. В продольном направлении колонны соединены железобетонными ребристыми плитами перекрытий, предварительно-напряженными между анкерными дисками, расположенными в торцах перекрытий. Усилия от консольных участков на торцевых сторонах здания передаются на нижележащие конструкции через наклонные стойки и предварительно-напряженные перекрытия. Горизонтальные усилия, возникающие при этом в плоскостях перекрытий отдельных этажей при симметричной нагрузке, взаимно уравниваются. Горизонтальные усилия при несимметричной нагрузке на перекрытия и направлении ветра вдоль здания воспринимаются вертикальными диагональными связями между внутренними колоннами в средней части здания. Эти диагональные связи оканчиваются в первом этаже двумя V-образными опорами. В по-



Тыльная сторона здания с центральным транспортным ядром жесткости

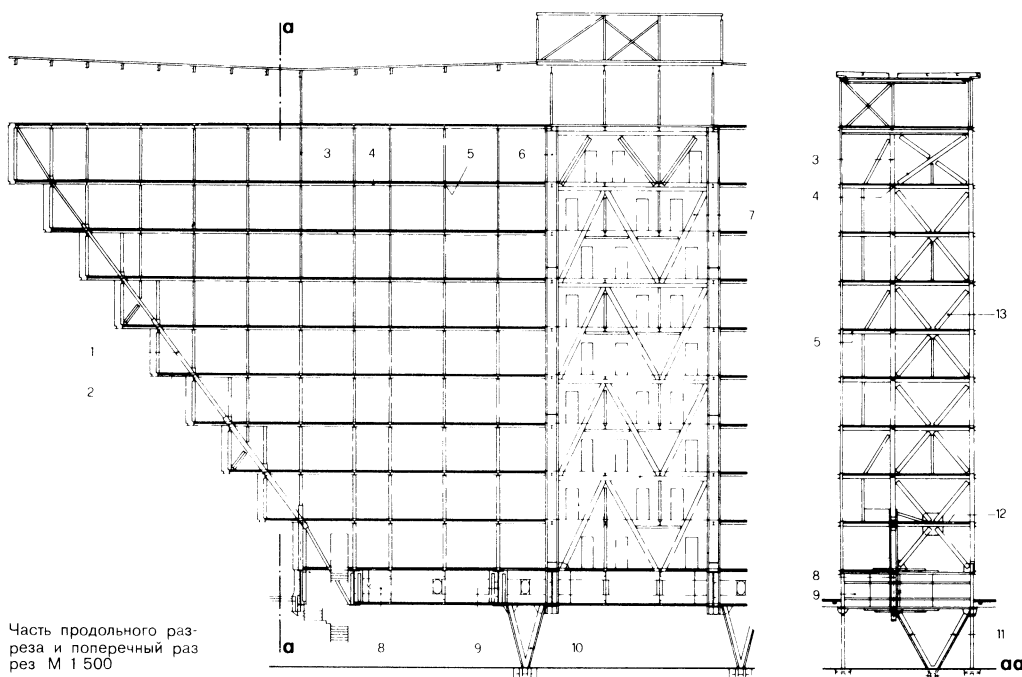
- 1 наклонная стойка квадратного сечения от 275×275 до 125×125 мм
- 2 анкерный диск из листовой стали
- 3 внутренняя колонна из двух I 300
- 4 продольная балка 2L 60×60×6 мм
- 5 поперечная балка IРВ 160
- 6 колонна из сварного I-профиля 350×800 мм
- 7 диагональные связи из сварного I-профиля 250×350 мм
- 8 продольная сплошностенчатая балка высотой 2285 мм
- 9 поперечная сплошностенчатая балка высотой 2350 мм
- 10 V-образная опора из двух Т300×30
- 11 то же, из двух Т200×20
- 12 напрягаемая арматура
- 13 диагональная связь из полосы 300×18
- 14 ветровые диагональные связи
- 15 предварительно-напряженное железобетонное ребристое перекрытие
- 16 анкер
- 17 бетонное заполнение
- 18 пустотообразователь
- 19 кирпичное заполнение ребристого перекрытия
- 20 балка IРЕ 160

План девятого этажа М 1 700



Расход материалов

Площади и объем		Всего		Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Общая площадь	8 200 м ²	Перекрытая площадь	1 400 м ²	620 т	485 м ³	100 т
Полезная площадь	7 000 м ²	Объем здания	26 000 м ³	238 кг	0,019 м ³	3,8 кг
				75,6 кг	0,059 м ³	12,2 кг

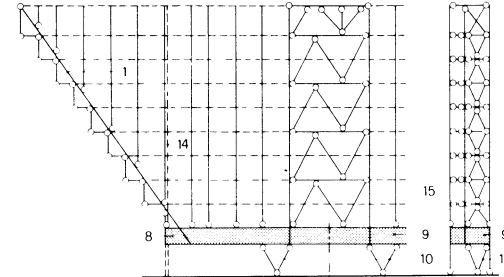
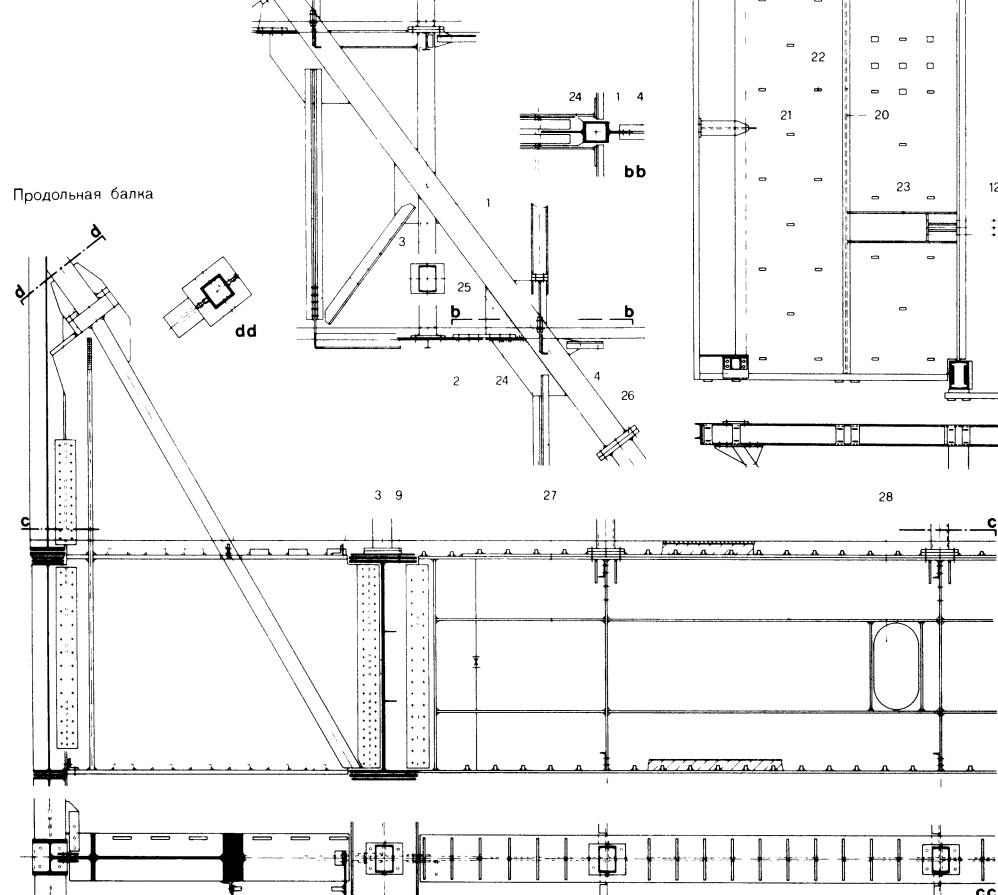


Часть продольного разреза и поперечный разрез М 1 500

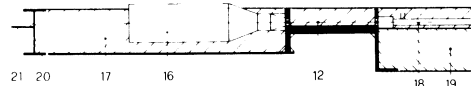
перечном направлении ветровая нагрузка воспринимается через диски перекрытий вертикальными диагональными связями, расположенными в четырех поперечных сечениях и в плоскостях торцовых стен здания. Лестничные клетки, консоли выступающие под углом к торцам здания, присоединены к несущим конструкциям поэтажно. Колонны, размещенные по продольным сторонам, опираются на фундаменты; внутренние колонны, а также наклонные стойки консолей оканчиваются в промежуточном этаже над первым этажом и опираются на поперечные балки высотой на этаж, соединяющие наружные колонны в уровне промежуточного этажа. Поперечные балки объединены в продольном направлении с помощью сплошнотенчатой балки, проходящей под внутренними колоннами. Эта продольная балка дополнительно поддерживается по обе стороны вестибюля V-образными опорами и воспринимает горизонтальные усилия от обеих наклонных стоек. Две наружные колонны над зоной входа опираются на поперечные балки. Главная лестничная клетка с двумя бетонными шахтами для лифтов отделена от стального каркаса.

Огнезащита обеспечивается с помощью перегородок из двухслойной кирпичной кладки, предохраняющих от действия огня колонны, балки перекрытий и вертикальные ветровые связи.

Наклонные стойки в зоне соединения со стальным листовым диском

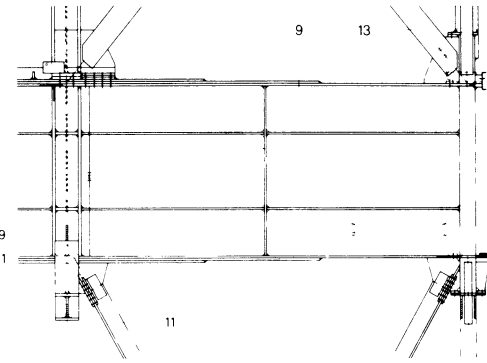


Конструктивная схема Часть продольного и поперечный разрезы



Продольный разрез в зоне заанкеривания напрягаемой арматуры

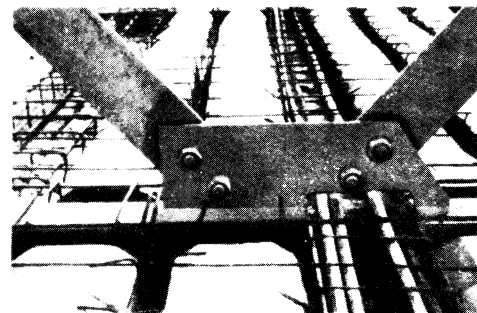
Стальной анкерный листовый диск в торцах здания. Вид сверху



V образная опора с поперечной балкой

- 21 стальной лист толщиной 5 мм
- 22 приваренные анкерующие шпонки из -30×3 мм
- 23 камера для анкера
- 24 пригоночная деталь из -300×30 мм
- 26 фасонная контактная деталь (на фланцах)
- 27 стенка профиля 2210×16 мм
- 28 отверстие

Стальная несущая конструкция торцовой стороны с наклонными стойками и горизонтальными анкерными листовыми дисками в процессе монтажа. Примыкание ветровых связей к поперечным балкам, напрягаемая арматура перед бетонированием ребристого перекрытия



16. Гостиница „Альфа“ в Амстердаме

Архитектор Кросман Партнерс (Роттердам). Расчет — «Радгевенд инженерс бюро Корсмит» (Гаага). Время строительства 1968—1971 гг.

Гостиница на 603 двухместных номера. Над одноэтажным стилобатом возвышаются два прямоугольных в плане объема здания, которые в продольном направлении сдвинуты друг относительно друга и примыкают к центральному 18-этажному ядру жесткости. В первых этажах размещены регистратура, дирекция, ресторан, бар и кухня; во вторых этажах — административные помещения, жилые комнаты и гардероб для персонала. В 11 и соответственно 14 вышележащих этажах объемов здания размещены двухместные номера с обеих сторон центрального коридора.

Вертикальный транспорт осуществляется четырьмя обычными и двумя грузовыми лифтами, а также по лестничной клетке в ядре жесткости. Две запасные лестничные клетки расположены по концам обоих зданий.

Прямоугольное в плане 18-этажное ядро жесткости размерами 16,5 × 12,5 м, высота над уровнем земли 50 м. Размеры 16-этажного объема здания 68 × 15,2 м, высота 45 м; размеры 13-этажного объема здания 48 × 15,2 м, высота 36 м. Высота первого этажа 3,92 м, высота помещения 3,45 м. Высота остальных этажей 2,65 м, высота помещений 2,52 м.

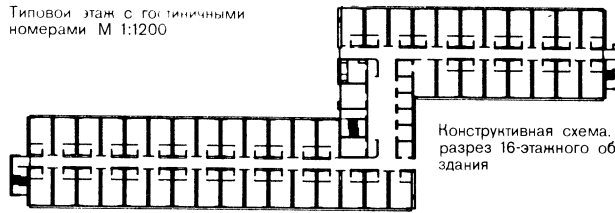
Конструкция

В поперечном направлении объемов здания расположены с шагом 4 м стальные рамы из двух колонн и горизонтальных ригелей, жесткость которых обеспечивается диагональными связями в каждом этаже. В продольном направлении связь между рамами обеспечивается с помощью предварительно-напряженных железобетонных плит, уложенных по ригелям. В связи с тем что колонны, ригели и диагональные связи рам расположены в стенах между комнатами, конструктивная высота перекрытий определяется толщиной предварительно-напряженных железобетонных плит. Ветровые усилия в поперечном направлении воспринимаются рамами, выполняющими роль диафрагм жесткости, в продольном направлении — через перекрытия железобетонным ядром жесткости.

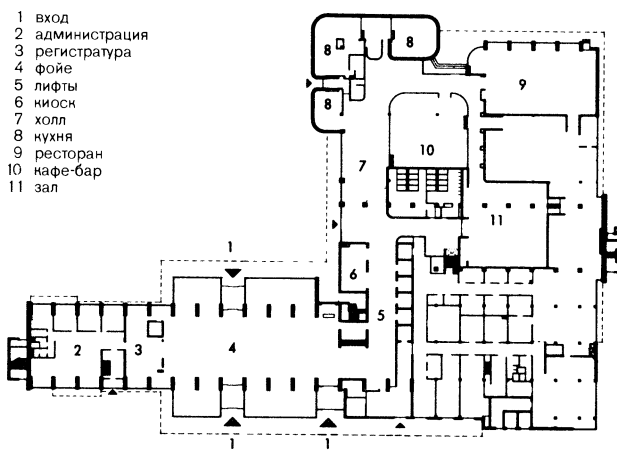
Колонны из стальных профилей сечением от HE 240 M до HE 220 A размещены с шагом в поперечном направлении 10,6 м; ригели из IPE 270. Стыки элементов колонн со стальными листовыми прокладками между ними выполнены на сварке; все остальные соединения на болтах.



Типовой этаж с гостиничными номерами М 1:1200

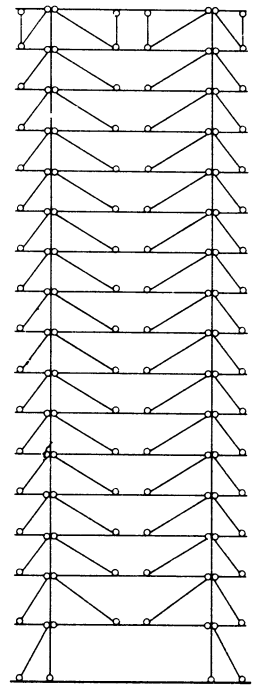


Первый этаж (включая стилобат)



- 1 вход
- 2 администрация
- 3 регистратура
- 4 фойе
- 5 лифты
- 6 киоск
- 7 холл
- 8 кухня
- 9 ресторан
- 10 кафе-бар
- 11 зал

Конструктивная схема. Поперечный разрез 16-этажного объема здания



Перекрытия: железобетонные предварительно-напряженные плиты пролетом 4 м, шириной 1,5 м, толщиной 13 см. Крепление плит к ригелям рам осуществлено путем сварки выпусков арматуры; стыки замоноличены. Временная нагрузка на перекрытия 300 кгс/м².

Монтаж: рамы 16-этажного объема здания монтировались на земле и поднимались друг за другом подъемным устройством, смонтированным на покрытии ядра жесткости (система «Porte-des-Lilas»). Одновременно в той же последовательности были смонтированы плиты перекрытия, подоконные стеновые панели и оконные блоки. Часть здания длиной 4 м возводилась

за семь дней. Рамы 13-этажного объема здания монтировались из двухэтажных элементов одним автокраном.

Огнезащита: колонны, балки и связи защищены двухслойными стенами из газобетона; ригель в зоне вестибюля — напылением асбестоцемента.

Основание: уровень грунтовых вод на глубине 1,5 м. Грунтовые условия улучшены песчаной подсыпкой. Фундаменты из 196 набивных бетонных свай длиной 10 м; несущая способность одной сваи 125 тс. В зоне ядра жесткости сваи объединены плитным ростверком, в зоне обоих объемов зданий — балочными ростверками.

Оборудование

Центральная котельная, работающая на природном газе, расположена в верхнем этаже ядра жесткости и включает шесть отопительных котлов общей мощностью 2550000 ккал/ч. В номерах гостиницы и административных помещениях установлены радиаторы отопления. Для кондиционирования воздуха в ресторане и баре имеются две холодильные установки и охлаждающая башня на крыше стилобата.

Общая площадь 30 043 м² Перекрытая площадь 4 150 м²
 Полезная площадь 15 707 м² Объем здания 82 115 м³

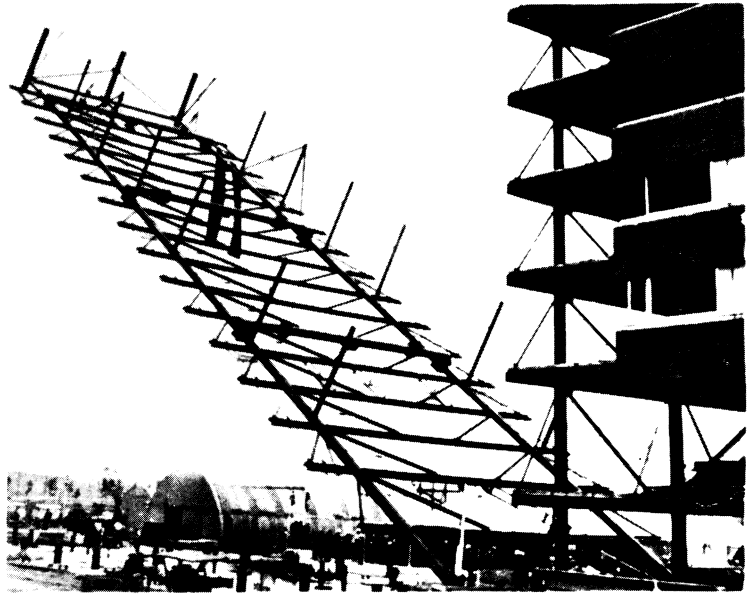
Расход материалов	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	650 т	6155 м ³	230 т
На 1 м ³ объема здания	7,9 кг	0,075 м ³	2,8 кг
На 1 м ² общей площади	21,6 кг	0,205 м ³	7,7 кг

Стоимость (1970 г.) в голландских флоринах

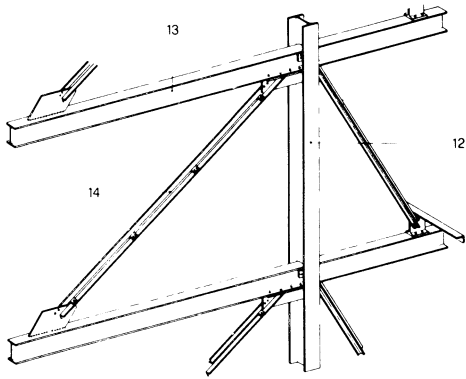
Общая стоимость строительства 24,1 млн., 1 м³ объема здания – 294; одного места – 20 000; 1 м² общей площади – 800; 1 м² полезной площади – 1540.

Литература

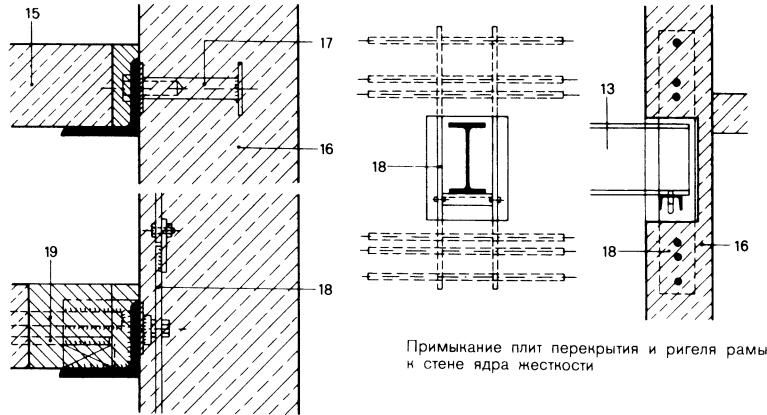
Bouw 1969, S. 2014. – Bouwen met Staal 1969, S. 38 – Acier – Stahl – Steel 5/1971, S. 201.



Установка рамы на всю высоту здания



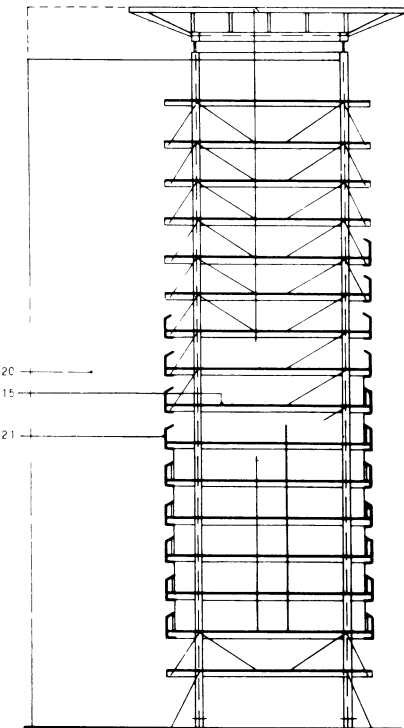
Фрагмент рамы



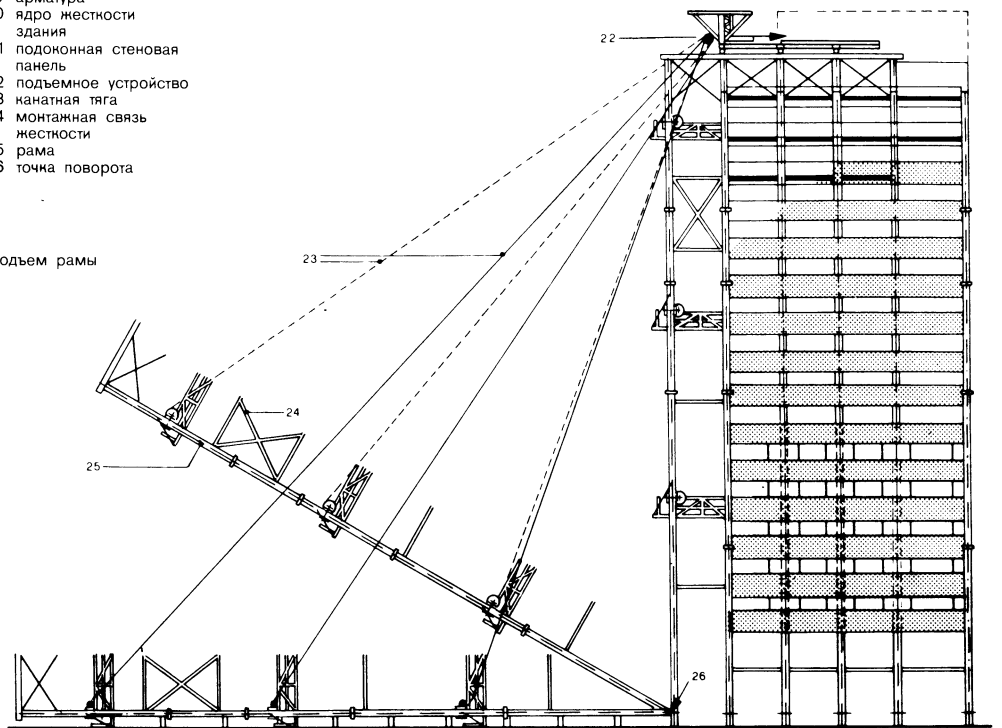
Примыкание плит перекрытия и ригеля рамы к стене ядра жесткости

- 12 стойка HE 240 M до HE 220 A
- 13 ригель IPE 270
- 14 диагональная связь из двух L-профилей
- 15 плита перекрытия
- 16 стена ядра жесткости
- 17 анкер
- 18 стальной лист
- 19 арматура
- 20 ядро жесткости здания
- 21 подоконная стеновая панель
- 22 подъемное устройство
- 23 канатная тяга
- 24 монтажная связь жесткости
- 25 рама
- 26 точка поворота

Поперечный разрез здания



Подъем рамы



17. Гостиница „Жули“ в Риме

Архитекторы: Е. Монако, В. Монако (Рим). Инженеры: Г. Ковр, М. Феретти (Рим). Время строительства 1968—1971 гг.

Гостиница на 170 номеров, размещенных в семи верхних этажах. Все здание разделено на отдельные секции с числом комнат от двух до пяти; секции расположены по обеим сторонам и в концах центрального коридора. Первый этаж оставлен открытым и используется для въезда и стоянки автомашин. В первом и втором подвальных этажах — регистратура, салон, ресторан и кухня. В третьем и четвертом подвальных этажах — техническое оборудование, гараж-стоянка для автомашин и вспомогательные помещения. Сообщение с помощью трех лестничных клеток, пяти пассажирских и четырех грузовых лифтов.

Здание расчлененной формы в плане с максимальными наружными размерами 66×29 м. Высота над уровнем земли 25 м, высота верхних этажей 3,25 м и 3,05 м, высота помещений соответственно 3 и 2,8 м.

Конструкция

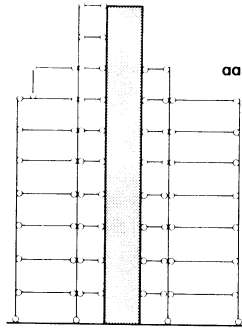
Членение здания на секции проявляется и в конструкции. Перед наружными стенами секций колонны из двух [240, размещенные с шагом 10,35 и 6,9 м и соединенные поэтажными контурными балками из двух [450. Со стороны коридора внутренние колонны HE 300 В, соединенные продольными балками из сварных двутавровых профилей высотой 600 мм. Между продольными и контурными балками расположены в плоскостях обеих наружных стен поперечные балки I 450, а в перегородках между комнатами — поперечные балки I 600. По осям поперечных балок, верхние полки которых соединены с верхними полками контурных балок, к последним приварены консоли, которые несут солнцезащитную решетку и цветочные ящики.

По второстепенным балкам IPE 160, расположенным между поперечными балками с шагом 1,76 м, уложен стальной профилированный настил с трапециевидными гофрами высотой 6,5 см, а поверх него — слой бетона толщиной 6 см; временная нагрузка на перекрытие 250 кгс/м². Ветровые усилия воспринимаются через диски перекрытий железобетонными стенами ядра жесткости, в котором размещены лестничные клетки и лифтовые шахты.

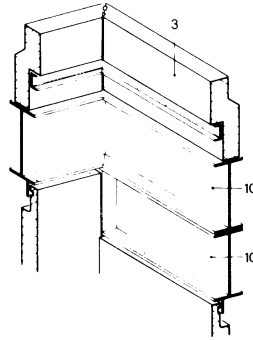
Наружные стены: окна в деревянных рамах имеют зеркальное остекление с высокой звукоизоляцией. Подоконные панели высотой 80 см облицованы безопасным стеклом.

Литература

Acier — Stahl — Steel 6/1966, S. 456

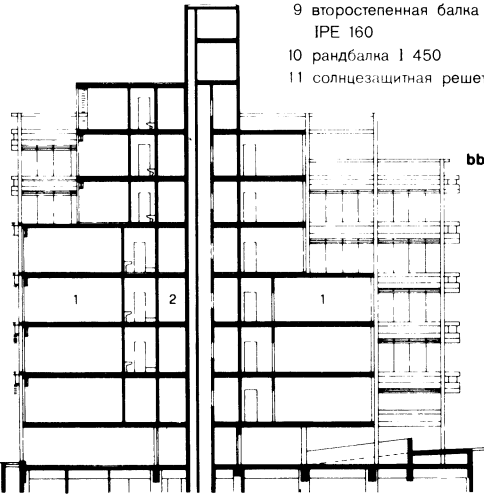


Конструктивная схема. Поперечный разрез



Внутренний угол наружной стены

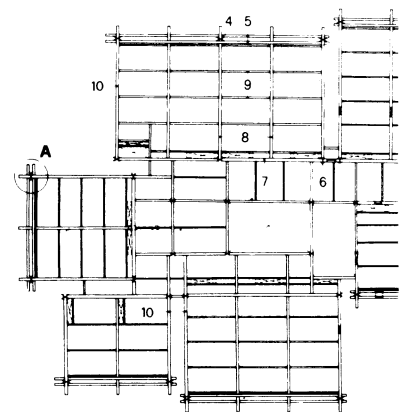
Поперечный разрез здания (без четырех подвальных этажей)



Часть стального каркаса во время монтажа



- 1 номера гостиницы
- 2 центральный коридор
- 3 элемент из легкого бетона
- 4 наружная колонна из 2 [240
- 5 контурная балка из 2 [450
- 6 внутренняя колонна HE 300 В
- 7 продольная балка из сварного двутавра высотой 600 мм
- 8 поперечная балка I 600
- 9 второстепенная балка IPE 160
- 10 рандбалка I 450
- 11 солнцезащитная решетка



Фрагмент плана балок типового этажа

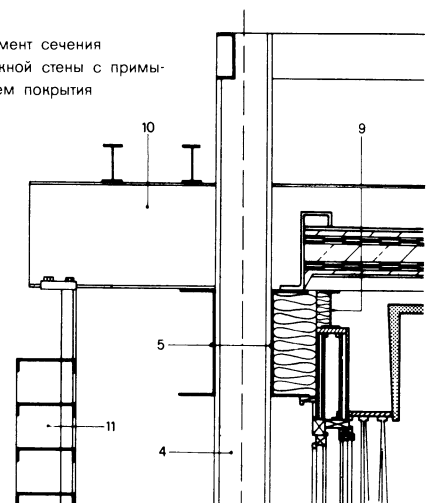
Расход материалов

	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	1300 т	1000 м ³	1200 т
На 1 м ³ объема здания	19,1 кг	0,147 м ³	17,6 кг

Стоимость (1971 г.)

Общая стоимость строительства 3,5 млрд. лир. 1 м³ объема здания — 51470 лир

Фрагмент сечения наружной стены с примыканием покрытия



18. Госпиталь в графстве Кент (Великобритания)

Архитекторы: Голлинс, Мелвин, Ворд и партнеры (Лондон). Инженеры: Клэрк, Никольс и Марчел. Время строительства 1964—1965 гг.

Внутри двухэтажного здания — больничный комплекс с помещениями для амбулаторного лечения в первом этаже и родильным отделением на 24 койки на втором этаже. Вокруг центрального ядра жесткости с техническими и санитарными помещениями, лифтом и двумя лестничными клетками расположены: на первом этаже — приемный покой, комната ожидания, комнаты персонала и процедурные кабинеты; на втором этаже — операционные залы, комната сестер, кухня и палаты.

Наружные размеры здания в плане 55,2×24,6 м, высота над уровнем земли 10,25 м. Наружные стены первого этажа отступают на 1,5 м с трех сторон внутрь от контура здания, а с четвертой торцевой стороны в зоне входа — на 6,4 м. Высота каждого этажа 3,28 м, высота помещений 2,56 м.

В поперечном направлении размещены трехпролетные рамы (9,04; 6,5 и 9,04 м) с шагом 4,8 м. Стойки из двутаврового профиля 204×204 мм, ригель из профиля со сквозной стенкой высотой до 690 мм, с отверстиями для оборудования. Соединения с помощью высокопрочных болтов или на сварке. На ригели поперечных рам опираются монолитные железобетонные плиты перекрытий толщиной 15 см; верхние пояса ригелей со сквозной стенкой обетонированы. Временная нагрузка на перекрытие 293 кгс/м². Ветровые усилия воспринимаются в поперечном направлении рамами, в продольном направлении через диски перекрытий стенами ядра жесткости и рамами наружных стен. Ригели продольных рам из двутавровых профилей 178×102 мм и швеллерных 178×76 мм.

Наружные стены: глухие стеновые панели и элементы остекления крепятся непосредственно к стальному каркасу с помощью неопреновых уплотнительных прокладок. Допуск размеров панелей наружных стен принят ±0,8 мм, для каркаса ±1,5 мм.

Установка для кондиционирования воздуха в родильном отделении, вентиляционная установка для амбулаторных помещений. На крыше аварийная емкость для холодной воды на 5450 л.

Площади и объем

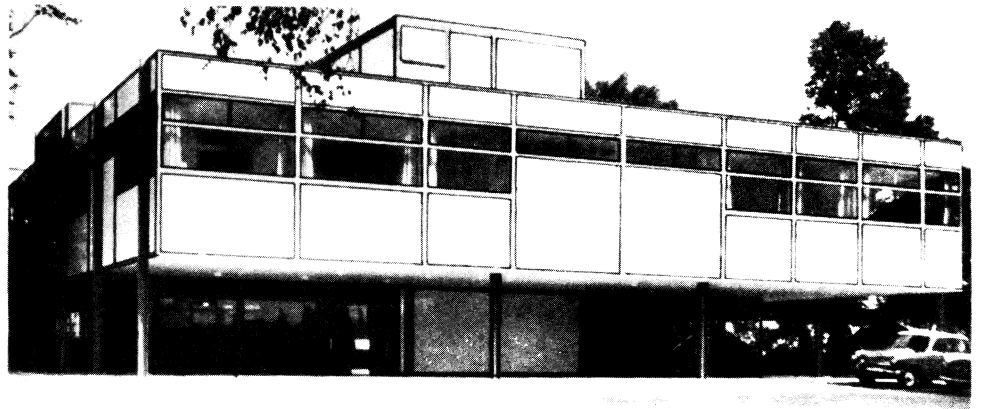
Общая площадь 2360 м²; перекрытая площадь 1350 м², объем здания 7200 м³.

Расход стали

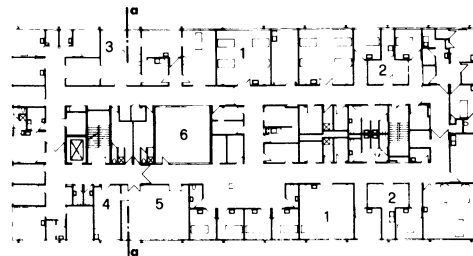
Всего 75 т
На 1 м² общей площади 31,8 кг
На 1 м³ объема здания 10,4 кг

Литература

Acier-Stahl-Steel 6/1966, S. 257

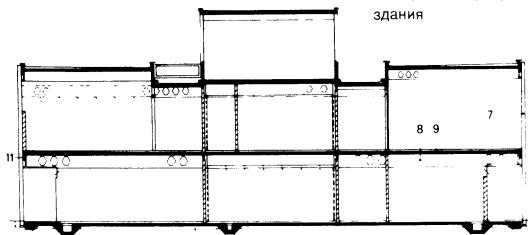


Вид торцевой стороны с главным входом

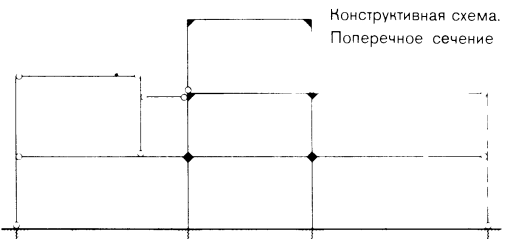


Второй этаж. М 1:900

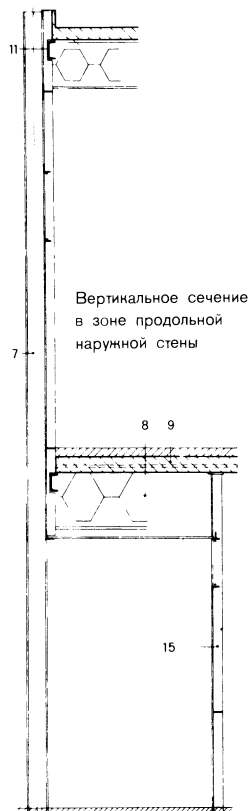
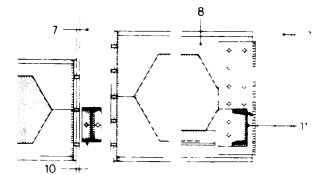
Поперечный разрез здания



Конструктивная схема. Поперечное сечение

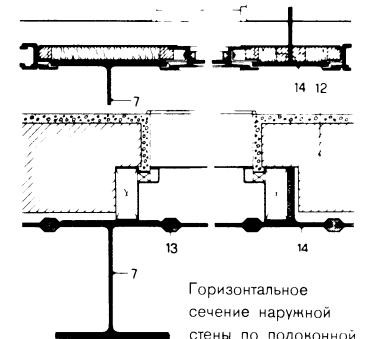


Присоединение ригелей к внутренним и наружным колоннам



Вертикальное сечение в зоне продольной наружной стены

- 1 палата
- 2 комната сестер
- 3 родильное отделение
- 4 кухня
- 5 столовая
- 6 внутренний двор
- 7 колонна I-профиля 204×204 мм
- 8 ригель со сквозной стенкой
- 9 железобетонная плита перекрытия
- 10 ригельный профиль 178×102 мм
- 11 рандбалка I-профиля 178×76 мм
- 12 стеновая панель
- 13 неопреновый профиль
- 14 стойка наружной стены
- 15 отступающая внутрь наружная стена первого этажа



Горизонтальное сечение наружной стены по подоконной панели и форточке



19. Поликлиника в Солт Лейк Сити (США)

Архитектор и инженер Дж. Саджен и К° (Солт-Лейк-Сити). Время строительства 1965 г.

Приподнятое над уровнем земли двухэтажное здание, в котором размещены кабинеты для 14 врачей и помещения общедо назначения. В первом этаже с вестибюлем и помещениями для ожидания вокруг ядра жесткости с лифтом, рентгеновским кабинетом и санузлами размещены пять врачебных кабинетов, аптека и кафетерий. Во втором этаже расположены девять врачебных кабинетов, киоск по продаже оптики, административные помещения и помещения для пребывания персонала и врачей. В отступившем в глубь здания цокольном этаже и пятиугольной надстройке на крыше — помещения для инженерного оборудования. Вход в вестибюль по расположенной снаружи здания открытой лестнице. Две лестничные клетки расположены по торцовым сторонам здания.

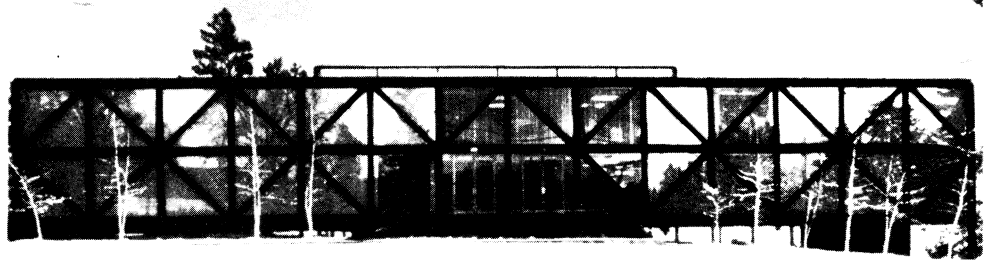
Наружные размеры здания в плане 43,4×18,8 м. Высота над уровнем земли 9,4 м, высота этажа 3,05 м, высота помещения 2,63 м. Размеры в плане цокольного этажа 12,2×12,2 м.

Конструкция

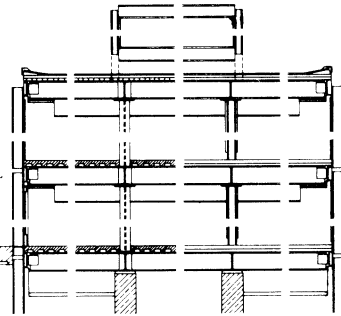
Стальные колонны размещены по сетке 6,1×6,1 м. Колонны и рандбалки в плоскостях четырех наружных стен соединены диагональными связями и образуют двухэтажные решетчатые диски жесткости. Главные балки перекрытий и покрытия, размещенные в поперечном направлении, опираются на две внутренние колонны и две наружные колонны; в продольном направлении второстепенные балки шарнирно присоединяются к главным. Шаг второстепенных балок перекрытий 1,53 м, покрытия 3,05 м. Поверх балок уложены стальные профилированные листы, по ним уложен слой монолитного бетона толщиной 9 см. Жесткость перекрытий в своей плоскости обеспечивается сваркой стальных листов с балками.

Ветровые нагрузки воспринимаются в обоих направлениях конструкциями наружных стен и диском нижнего перекрытия, передающего нагрузки на железобетонные стены цокольного этажа.

Балки перекрытий из широкополочных и обычных двутавровых профилей высотой 254 мм. Рандбалки из швеллера с листовой облицовкой из бронзы, приваренной к полкам швеллера параллельно стенке. Колонны из двутавра 203×203 мм и 153×98 мм. Примыкание второстепенных балок к главным с помощью приваренных к полкам фасонок. Колонны из элементов на высоту этажа, соединенных на сварке с помощью листовых фасонок. Диски каркаса наружных стен изготовлялись на заво-

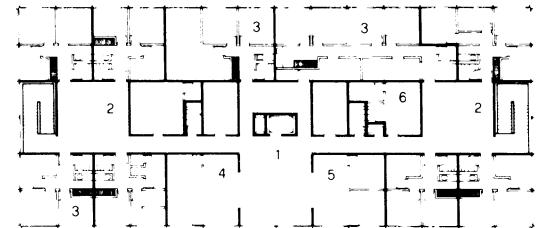


Общий вид здания со стороны улицы

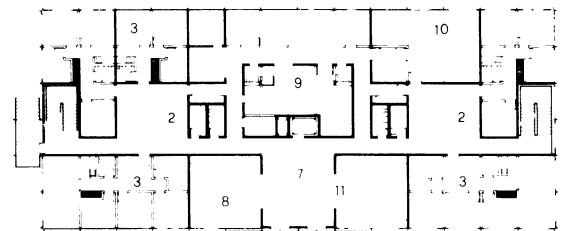


Поперечный разрез здания

- | | |
|--------------------------|-------------------------|
| 1 холл | 7 вестибюль |
| 2 помещение для ожидания | 8 кафетерий |
| 3 кабинет врача | 9 рентгеновский кабинет |
| 4 администрация | 10 лаборатория |
| 5 оптика | 11 аптека |
| 6 комната сестер | |



План второго этажа. М 1 600



План первого этажа

де и транспортировались на трейлерах к месту строительства.

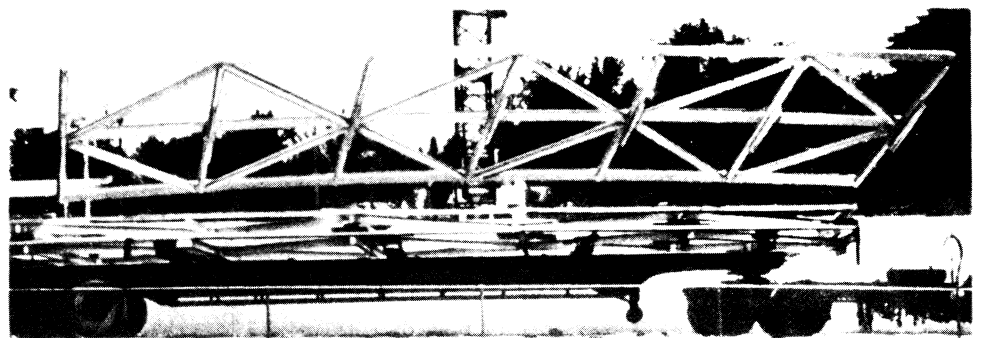
Наружные стены: заполнение наружных стен теплоизолирующим остеклением на высоту помещения. Панели остекления с помощью бронзовых профилей и неопреновых уплотнителей заключены между задними полками колонн и бронзовыми листами облицовки рандбалок. Защита от солнца с помощью жалюзи, расположенных с внутренней стороны.

Основание: столбчатые фундаменты под колонны, ленточные фундаменты под стены цоколя и лестничных клеток.

Оборудование

Индивидуально управляемые конвекторы, через которые подается горячая или холодная вода, размещены в перекрытиях.

Транспортировка готового каркаса наружной стены

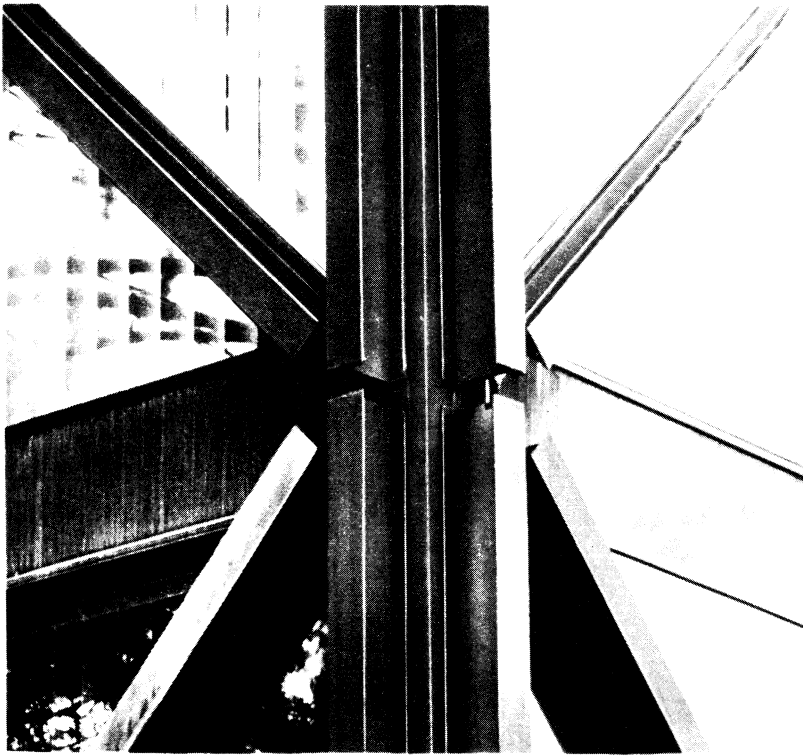


Площади и объем			
Общая площадь	1768 м ²	Перекрытая площ	815 м ²
Полезная площадь	1027 м ²	Объем здания	6 050 м ³

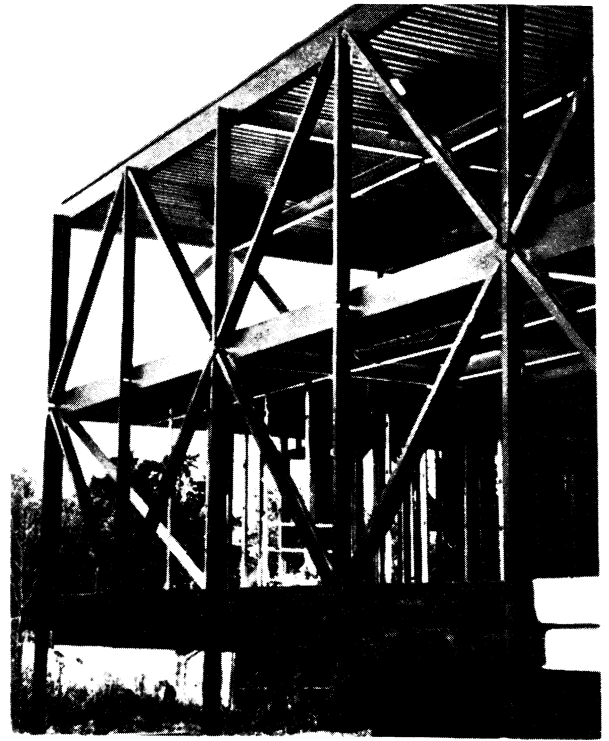
Расход материалов			
	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	73 т	219 м ³	4,8 т
На 1 м ³ объема здания	121 кг	0 036 м ³	0,8 кг
На 1 м ² общей площади	41,3 кг	0,124 м ³	2,7 кг

Стоимость (1965 г.) в долларах	
Общая стоимость строительства	574 000.
1 м ³ объема здания	95.
1 м ² общей площади	325.
1 м ² полезной площади	559.

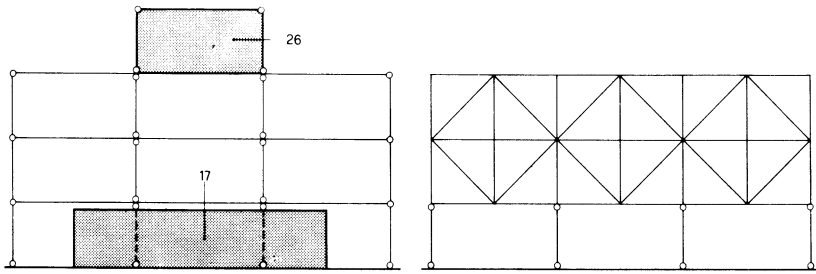
Литература
Bauen und Wohnen 10/1966, S. 407



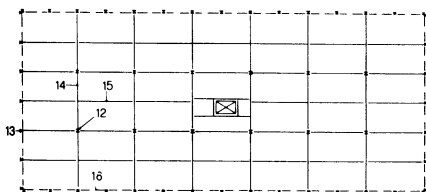
Узел каркаса наружной стены на углу здания



Фрагмент стального каркаса в процессе монтажа

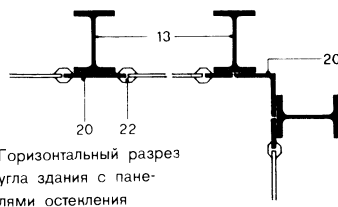
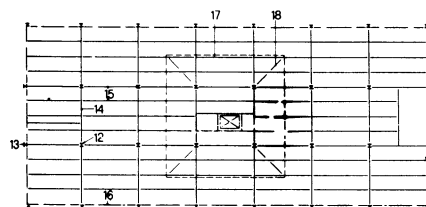


Конструктивная схема Поперечный разрез и связевый диск наружной стены

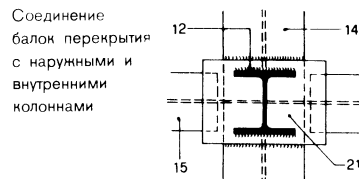


План балок покрытия

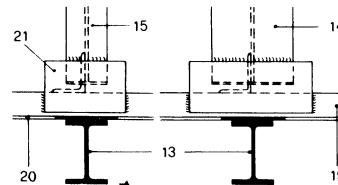
План балок нижнего перекрытия



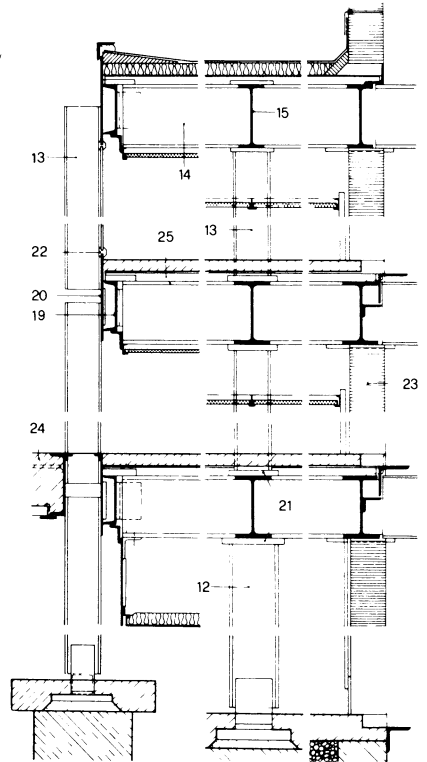
Горизонтальный разрез угла здания с панелями остекления



Соединение балок перекрытия с наружными и внутренними колоннами



Часть разреза по несущим конструкциям



- | | |
|--|--|
| 12 колонна I-профиля
203×203 мм | 19 рандбалка из швеллера |
| 13 то же, 153×98 мм | 20 бронзовый лист |
| 14 главная балка I-профиля 254×203 мм | 21 фасонка |
| 15 второстепенная балка I-профиля 254×102 мм | 22 неопределенный профиль |
| 16 связевый каркас наружной стены | 23 стена лифтовой шахты |
| 17 цоколь под первым этажом | 24 площадка входной лестницы |
| 18 диагональная балка | 25 слой бетона по стальному профилированному настилу |
| | 26 надстроена на покрытие здания |

20. Больница скорой помощи в Вене

Архитектор А. Хох (Вена). Инженер Р. Крапфенбауер (Вена). Время строительства 1967—1972 гг.

Больница скорой помощи с восьмизэтажным палатным корпусом и трехэтажным амбулаторным корпусом. Корпуса размещены под прямым углом друг к другу и объединены общим ядром жесткости с двумя лестничными клетками и пятью лифтами. Кроме этого, имеются дополнительные лестничные клетки на свободных торцовых сторонах обоих корпусов.

Палатный корпус: на первом этаже службы централизованного обеспечения и стерилизатор; на втором этаже кабинеты врачей; на третьем этаже зал для асептических операций. В четырех вышележащих этажах четыре стационара всего на 120 коек. На восьмом этаже столовая и кухня. На крыше посадочная площадка для вертолета.

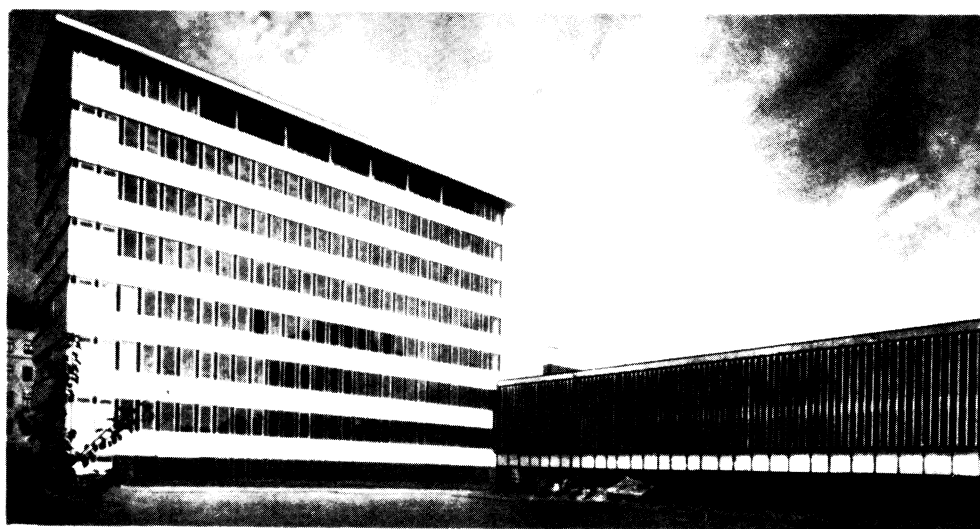
Реанимационное отделение в пятиугольном помещении на крыше.

В подвальном этаже обоих зданий помещения для установок кондиционирования воздуха и противовоздушной обороны.

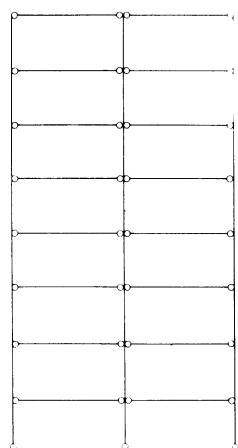
Палатный корпус имеет наружные размеры в плане $40,6 \times 17,2$ м; высота над уровнем земли 32,3 м. Наружные размеры амбулаторного корпуса $83 \times 25,6$ м, высота 12,1 м. Высота этажа: подвального 2,7 м, первого 3,7 м, второго и третьего 4,2 м, с четвертого по восьмой 4 м; соответственно высота помещений: 2,3; 3; 3,4; 3,2 м.

Конструкция

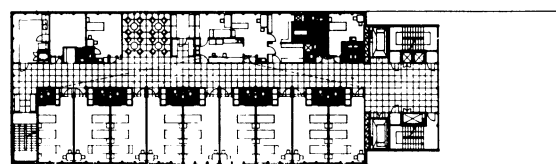
Высокая насыщенность больницы оборудованием потребовала таких строительных конструкций, которые дали бы возможность не только разместить многочисленные трубопроводы, но и допускали бы в дальнейшем без нарушения деятельности больницы изменения любых коммуникаций или прокладку дополнительных новых линий. Поэтому по основной модульной сетке $1,4 \times 1,4$ м были воздвигнуты облегченные стальные конструкции из сквозных балок Виренделя, колонн двутаврового профиля и двухслойных перегородок. Балки Виренделя выполнены спаренными с промежутками 8 см. Промежутки между балками соединены с промежутками двухслойных стен, так что коммуникации могут быть проложены через все стены и балки перекрытий во всех направлениях. Потолки, а также облицовка стен и колонн выполнены из съемных огнестойких элементов. В обоих зданиях главные балки расположены в поперечном направлении между колоннами из IPE 260. Пролеты балок в палатном корпусе 8,4 м, в лечебном корпусе 7; 2,8; 5,6; 2,8 и 7 м. Шаг главных балок 4,2 м. В продольном направлении размещены второстепенные балки с шагом 1,4 м. Все соединения на болтах и рассматриваются



Палатный корпус с примыкающим лечебным корпусом

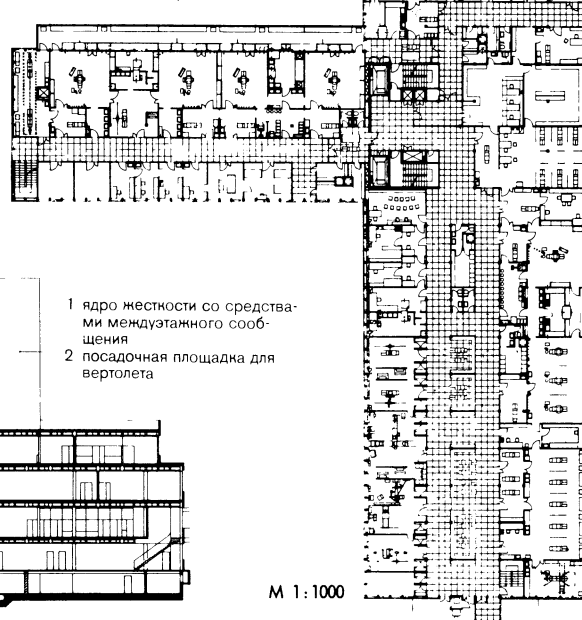


Конструктивная схема. Поперечный разрез палатного корпуса



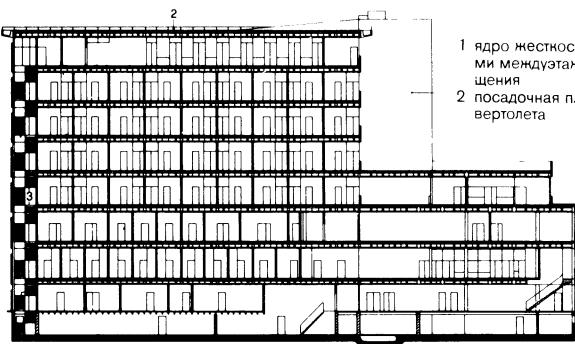
Типовой этаж палатного корпуса

Второй этаж обоих корпусов здания



М 1:1000

Продольный разрез палатного корпуса



- 1 ядро жесткости со средствами междуэтажного сообщения
- 2 посадочная площадка для вертолета

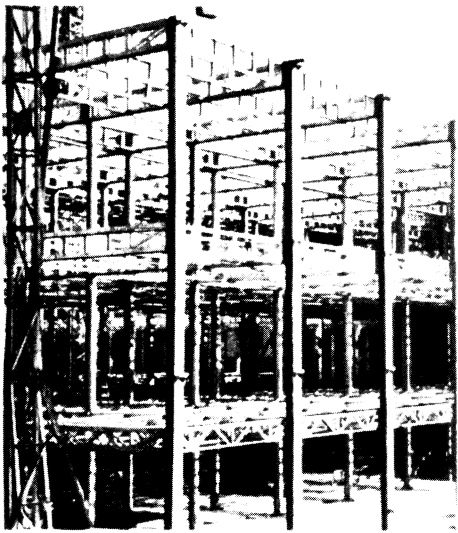
как шарнирные. Главные балки: высота 620 мм, шаг стоек 700 мм, пояса из 2 [120, стойки из 2 [150]. Второстепенные балки: высота 580 мм, шаг стоек 700 мм, пояса и стойки из двух швеллеров высотой 80 мм выполнены из холоднокатаных стальных листов. Поперечная связь между спаренными балками Виренделя — короткими отрезками швеллеров.

Перекрытия: стальной оцинкованный профилированный настил с гофрами высотой 40 мм, с уложенным поверх плоским стальным листом толщиной 1,2 мм системы «лонгтайн». Над ним слой звукоизоляции

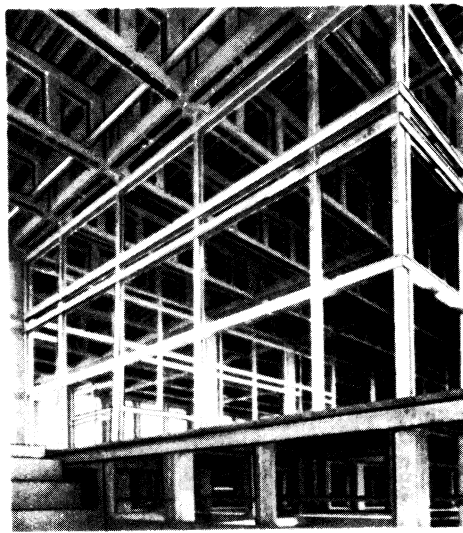
от ударного шума, бетонные плиты, монолитная бетонная подготовка и пол из поливинилхлоридных плиток. Временная нагрузка на перекрытие 400 кг/см². Ветровые усилия воспринимаются через диски перекрытий ветровыми связями в стенах ядра жесткости и в торцовых стенах.

Литература

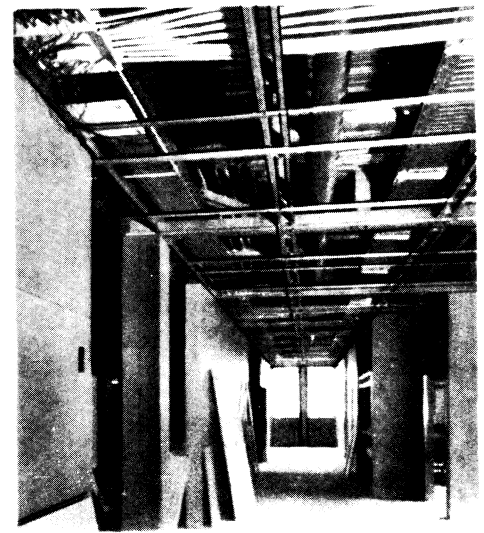
Osterr. Bau-Zeitung 1968, Nr 13 — Detail 3/1968, S. 423 — Acier-Stahl-Steel 4/1968, S. 184 — Der Stahlbau 1/1969, S. 24 — Fertigbau 10/1969 — Deutsche Bauzeitung 810/1970



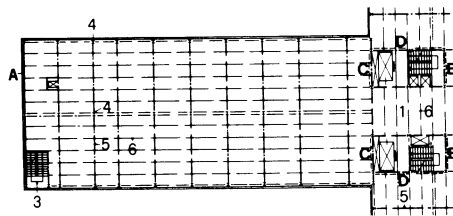
Стальной каркас амбулаторного корпуса



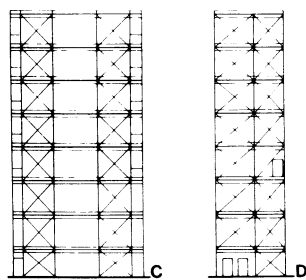
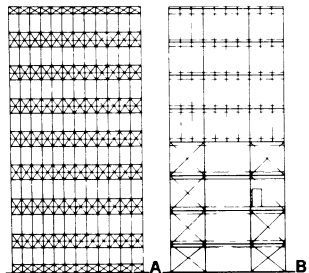
Несущие конструкции перекрытия – балки Виренделя в обоих направлениях



Оборудование, расположенное в перекрытиях и стенах



План балок палатного корпуса с примыкающим амбулаторным корпусом



Ветровые связи в свободной торцевой стене (A) и в стенах ядра жесткости (B, C, D)

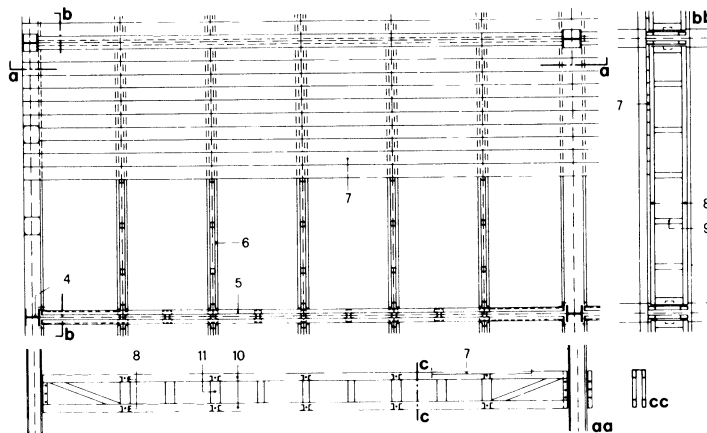
Площади и объем
 Общая площадь 16 372 м² Перекрытая площадь 3 565 м²
 Полезная площадь 8 174 м² Объем здания 61 804 м³

Расход материалов

	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	1 381 т	3 578 м ³	199 т
На 1 м ³ объема здания	22,3 кг	0,058 м ³	3,2 кг
На 1 м ² общей площади	84,4 кг	0,219 м ³	12,2 кг

Стоимость (1967–1972 гг.) в австрийских шиллингах

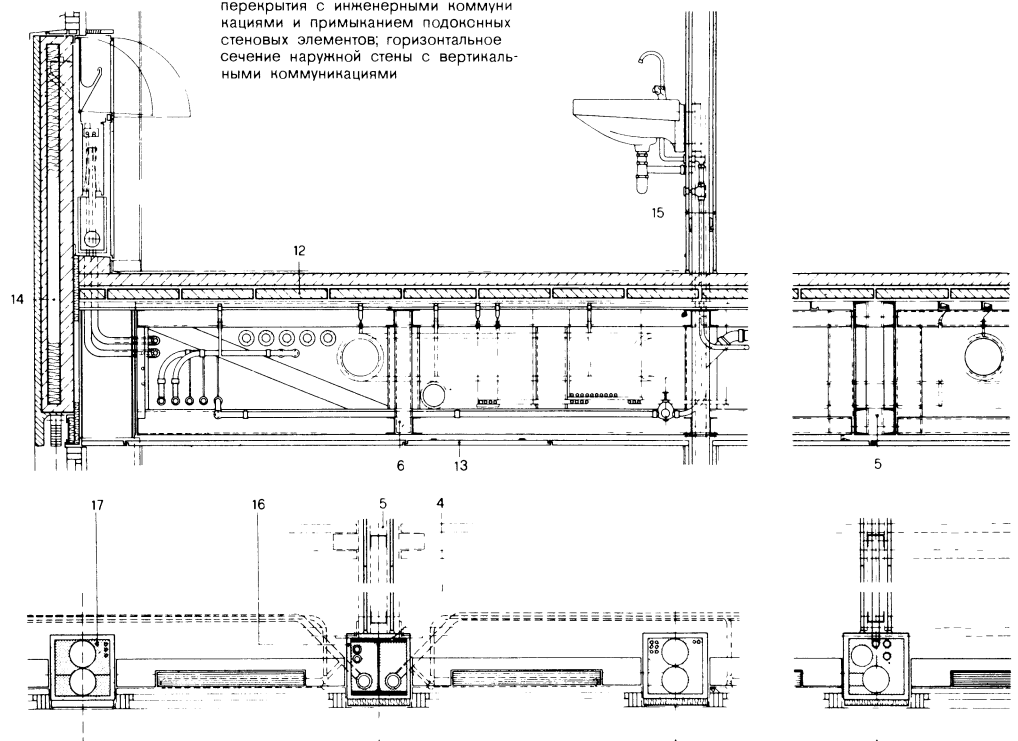
Общая строительная стоимость 197 млн., 1 м³ объема здания – 3 187; 1 м² общей площади – 12 033; 1 м² полезной площади – 24 101



Фрагмент несущих конструкций перекрытия

- 3 лестничная клетка
- 4 колонна IPE 260
- 5 главная балка высотой 620 мм
- 6 второстепенная балка высотой 580 мм
- 7 настил из стальных листов „Лонгтайн“
- 8 пояс 2[80×40×3
- 9 стойка 2[80×30×3
- 10 пояс 2[120
- 11 стойка 2[150×50×6
- 12 конструкция перекрытия: монолитная бетонная подготовка, бетонные плиты, звукоизоляция от ударного шума, настил из стальных листов
- 13 съемный элемент потолка
- 14 подоконный элемент
- 15 съемный стеновой элемент
- 16 огнестойкая облицовка
- 17 заполнение из стекловолокна

Вертикальный разрез междуэтажного перекрытия с инженерными коммуникациями и примыканием подоконных стеновых элементов; горизонтальное сечение наружной стены с вертикальными коммуникациями



21. Начальная школа в Западном Берлине (район Виттенау)

Архитекторы: Д. Хундертмарк, Х. Грюнберг (Западный Берлин).

Расчет выполнен фирмой, возводящей стальные конструкции. Время строительства 1971—1972 гг.

Начальная школа с 21 классной комнатой для 800 школьников. К центральному корпусу с полуподвальным этажом присоединяются через переходы два классных корпуса с тремя и четырьмя этажами. Оба классных корпуса смещены по высоте на пол-этажа над этажами центрального корпуса. В каждом этаже классных корпусов вокруг центрального рекреационного зала группируются по три или четыре классные комнаты. В центральном здании два помещения, используемые для различных целей, учительская и библиотека. В обоих соединительных переходах лестницы и санитарные помещения.

Размеры в плане центрального корпуса $24,4 \times 19,6$ м, классных корпусов $26,8 \times 14,9$ и $26,8 \times 17,2$ м. Высота над уровнем земли 14,5 м. Высота этажа 3,6 м, высота помещения 3 м. Площадь классов примерно по 66 м^2 .

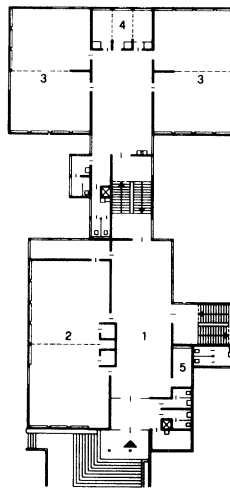
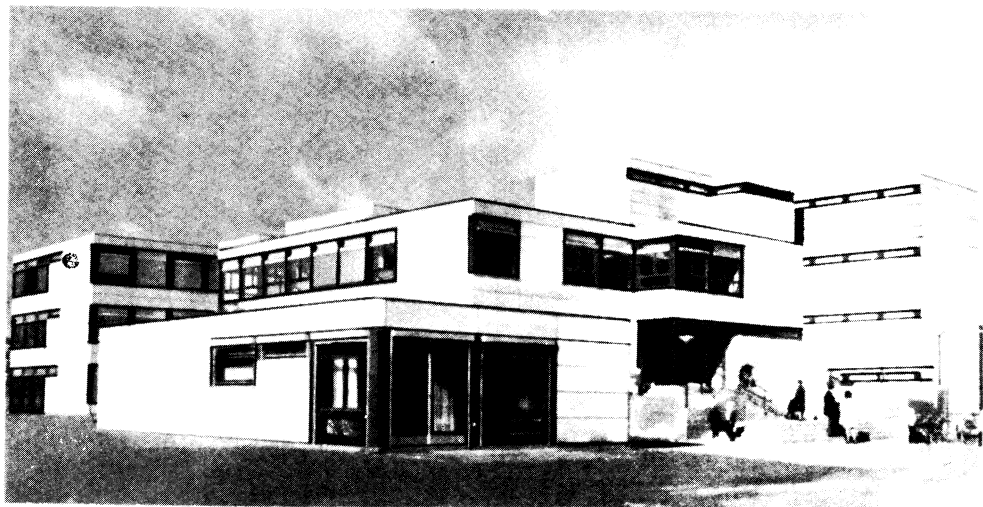
Конструктивная система включает элементы каркаса, а также элементы стен и перекрытий заводского изготовления, размеры которых кратны модулю 2,4 м. Колонны HE 120 В высотой на три или четыре этажа шарнирно соединены в одном направлении балками перекрытий HE 340 А. Пролет балок 7,2 и 9,6 м, шаг 2,4 м. В другом направлении по балкам перекрытий уложены сборные плиты толщиной 9 см, которые с помощью выпусков арматуры и замоноличивания стыков бетоном образуют жесткие диски перекрытий; соединение с балками перекрытий, обеспечивающее прочность на срез, выполнено с помощью наваренных шпонок. Ветровые нагрузки воспринимаются вертикальными диагональными связями и железобетонными стенами ядра жесткости.

По осям внутренних и наружных стен к колоннам и балкам перекрытий присоединены на болтах стальные рамы элементов стенового заполнения. Рамы, изготовленные из стальных оцинкованных листов толщиной 1,5 мм, являются одновременно коробками для дверей и окон, а также несущими конструкциями для крепления отдельных элементов заполнения и инженерных коммуникаций.

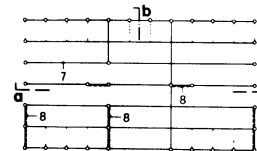
Теплоснабжение централизованное. Водяное отопление с принудительной циркуляцией $90/70^\circ \text{C}$. Мощность установки 53 400 ккал/ч.

Литература

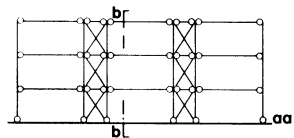
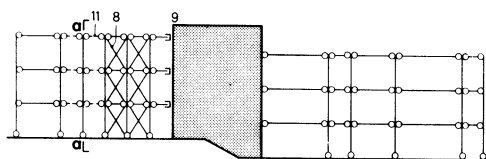
Detail 1/1970, S. 37 – Bauwelt 40/1970, S. 1482 – Industrialisierung des Bauens 8/1972, S. 37



План первого этажа.
М 1:800
1 вестибюль
2 многоцелевое помещение
3 классная комната
4 групповая рабочая комната
5 квартира швейцара



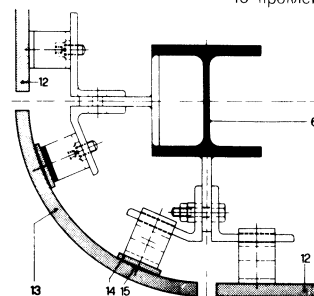
План балок первого этажа



Конструктивная схема. Продольный и поперечный разрезы

- 6 колонна HE 120 В
- 7 балка перекрытия HE 340 А
- 8 ветровые связи
- 9 температурный шов

- 10 железобетонное ядро жесткости
- 11 сборные плиты
- 12 наружные стеновые панели из асбестоцемента
- 13 угловой элемент
- 14 асбестоцементная полоса
- 15 прокладка



Горизонтальное сечение угла здания

Площади и объем

Общая площадь	5 320 м ²	Перекрытая площ.	2 330 м ²
Полезная площадь	2 765 м ²	Объем	22 000 м ³

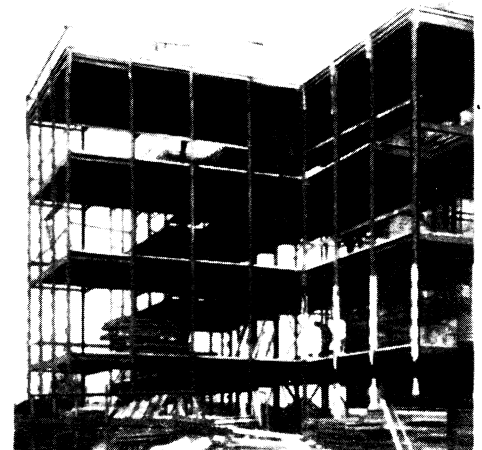
Расход материалов

	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	260 т	1570 м ³	94 т
1 м ³ объема	11,8 кг	0,071 м ³	4,3 кг
1 м ² общей площади	48,9 кг	0,295 м ³	1,8 кг

Стоимость (1971 г.) в марках ФРГ

Общая стоимость строительства	5 23 млн.
1 м ³ объема	238
1 м ² общей площади	983
1 м ² полезной площади	1 892

Стальной каркас с уложенными плитами перекрытий



22. Гимнастическая и спортивная школа в Магглингене (Швейцария)

Архитектор М. Шлуп (г. Биль). Расчет выполнен фирмой, возводящей стальные конструкции. Время строительства 1968—1970 гг.

В связи с расположением здания на склоне плавательный бассейн, лекционный зал, учебные, административные и технические помещения, расположенные в четырехэтажной цокольной части, с нагорной стороны заглублены в грунт. В отступивших назад трех верхних этажах — актовый зал и библиотека. Крыша цокольной части здания используется как открытая терраса. Вход в обе части здания со стороны террасы.

Цокольная часть здания имеет наружные размеры 73,36 × 43,88 м, высоту 13,2 м. Трехэтажная верхняя часть имеет наружные размеры 30,16 × 22,96 м, высоту над террасой 10,85 м. Высота этажа 3,45 м, высота помещения 2,45 м.

Конструкция

Шарнирная стержневая система с колоннами из стальных профилей и решетчатыми балками высотой 760 мм, идущими в обоих направлениях. Монолитные бетонные плиты толщиной 11 см соединены с балками приваренными к ним шпильками. Главные балки пролетом 7,2 м расположены в продольном направлении здания, второстепенные пролетом 14,2 м — в поперечном направлении; верхние пояса из швеллеров; нижние пояса и раскосы из двух угловых профилей.

Временная нагрузка на перекрытия 300 и 400 кгс/м².

Ветровые нагрузки передаются через диски перекрытий на железобетонное ядро жесткости и на железобетонные стены цокольного этажа с нагорной стороны.

Наружные стены: проходящие через все этажи стальные стойки вспомогательного каркаса из атмосферостойкой стали, размещенные с шагом 1,2 м; между ними оконные элементы на всю высоту помещения с теплозащитным многослойным стеклом и подоконные панели из атмосферостойкой стали.

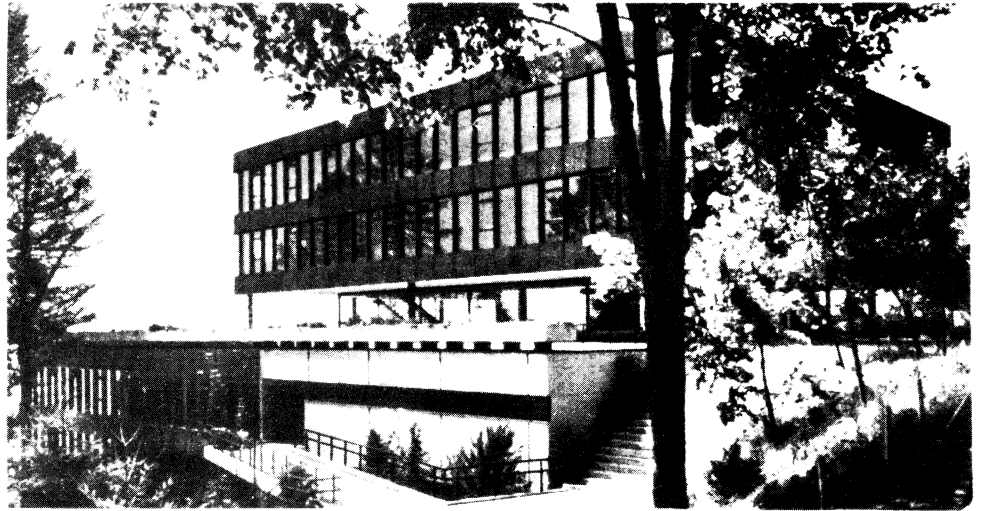
Основание: трещиноватая известняковая скала на глубине 4 м; допустимое давление на грунт 7,5 кгс/см². Стены цокольной части здания частично заделаны в скалу.

Оборудование

Котельная установка с подключенной установкой кондиционирования воздуха для плавательного бассейна и лекционного зала. Вентиляционные каналы проходят сквозь решетку балок перекрытий.

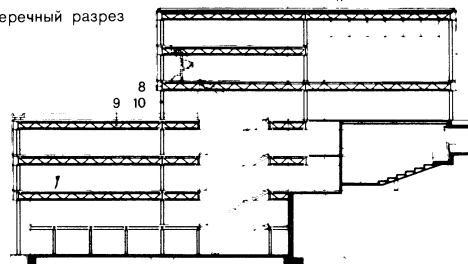
Литература

Bauen in Stahl 10/1970. S. 55.—Bauen + Wohnen 10/1971. S. 437.



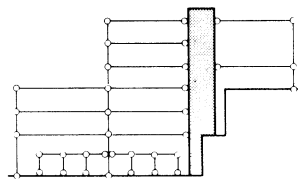
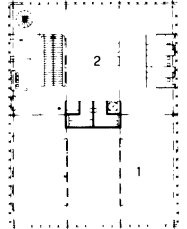
Вид с северо-запада

Поперечный разрез

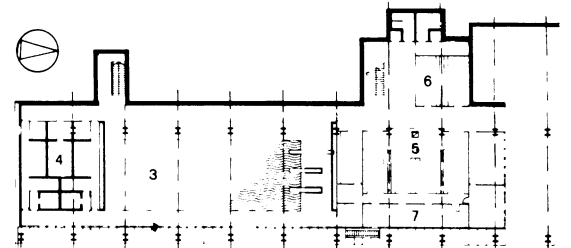
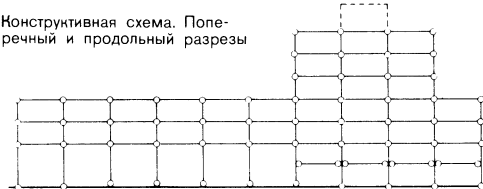


Второй этаж верхней части здания (М 1:1000).
Нижний этаж цокольной части

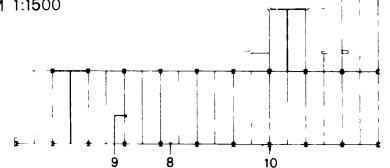
- 1 лекционный зал
- 2 фойе
- 3 плавательный бассейн
- 4 раздевалка
- 5 выдача инвентаря
- 6 склад инвентаря
- 7 конторские помещения



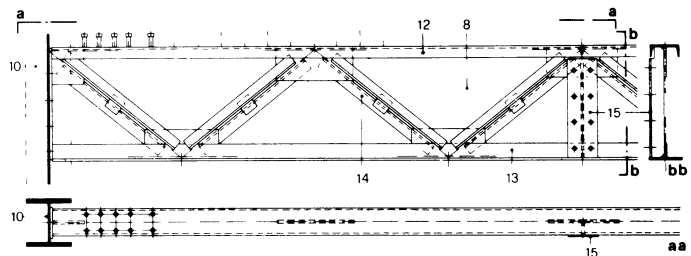
Конструктивная схема. Поперечный и продольный разрезы



План балок третьего подвального этажа. М 1:1500



- 8 главная балка
- 9 второстепенная балка
- 10 колонна HE 320 В
- 11 железобетонное ядро жесткости
- 12 верхний пояс из 180
- 13 нижний пояс из 1/2 HE 220 В
- 14 раскос из 2[70×70×7
- 15 стыковая накладка для присоединения второстепенных балок



Площади и объем

Общая площадь	10 073 м ²	Перекрытая площадь	3 254 м ²
Полезная площадь	6 943 м ²	Объем здания	44 889 м ³

Стоимость (1970 г.) в швейцарских франках
Общая стоимость строительства 8,98 млн.; 1 м³ объема здания — 200; 1 м² общей площади — 891; 1 м² полезной площади — 1293.

Расход материалов

	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	300 т	3000 м ³	170 т
На 1 м ³ объема здания	6,7 кг	0,067 м ³	3,8 кг
На 1 м ² общей площади	29,8 кг	0,298 м ³	16,9 кг

23. Высшее техническое учебное заведение в Бругг-Виндише (Швейцария)

Архитекторы: Б. и Ф. Халлер (г. Золотурн). Расчет выполнен фирмой, возводящей стальные конструкции. Время строительства главного и лабораторного зданий 1964—1966 гг., здания с актовым залом и столовой 1968—1970 гг.

Специальная высшая школа расположена в трех зданиях различного назначения. В четырехэтажном главном корпусе учебные и административные помещения; в двухэтажном лабораторном корпусе лекционный зал и лаборатории, требующие многочисленного оборудования. В уровне второго этажа оба здания соединены открытым переходом. Актный зал и столовая в одноэтажном здании.

В главном корпусе помещения располагаются вокруг внутреннего двора с галереями и двумя входными лестницами. В первом этаже вестибюль, администрация и комната преподавателей, в трех верхних этажах классные комнаты и чертежные залы. Галерея используется в качестве зоны отдыха во время перемен, а также для устройства выставок. В подвальном этаже техническое оборудование и подсобные помещения.

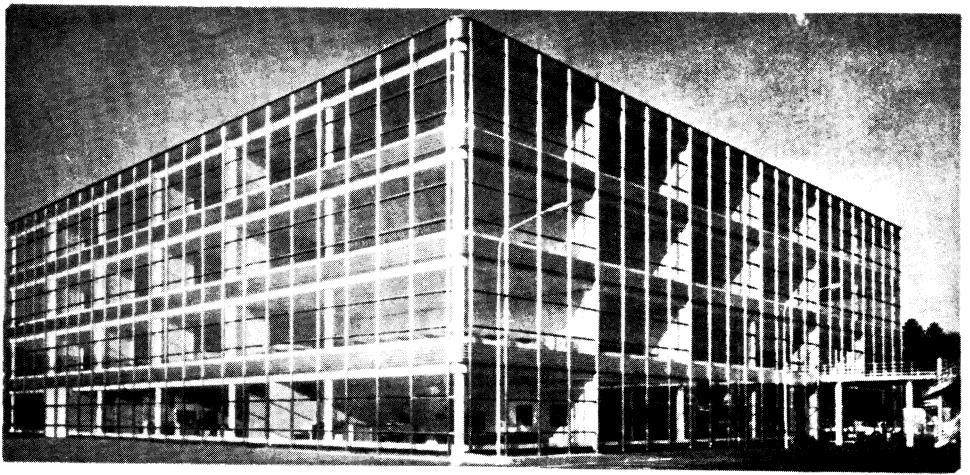
Главный четырехэтажный корпус с наружными размерами в плане 54×54 м, высотой над уровнем земли 17 м.

Лабораторный корпус двухэтажный с наружными размерами $106,8 \times 27,6$ м, высотой над уровнем земли 8,5 м. Корпус с актовым залом и столовой одноэтажный размерами $27,6 \times 27,6$ м, высотой над уровнем земли 4,5 м. Во всех зданиях высота этажей 4,2 м, высота помещений 3,27 м. Все три здания имеют подвалы по всей площади и связаны друг с другом двумя подземными переходами.

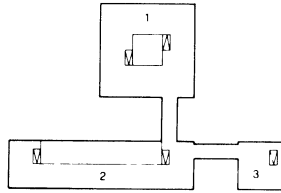
Конструкция

Для всех зданий приняты одинаковые несущие конструкции. На железобетонные конструкции подвала опираются трубчатые колонны, размещенные по сетке $8,8 \times 8,8$ м. В обоих направлениях колонны жестко соединены балками междуэтажных перекрытий. Различное число этажей трех зданий обусловило применение соответственно одно-, двух- и четырехэтажных рам, воспринимающих все ветровые нагрузки. Несущие стальные конструкции собраны с помощью временных болтовых соединений, которые после выравнивания полностью заварены.

Колонны: стальные трубчатые профили диаметром 318 мм, высотой на этаж. Для присоединения верхних и нижних поясов балок перекрытий к верхним концам колонн приварены две горизонтальные фасонки. В полостях колонн размещены



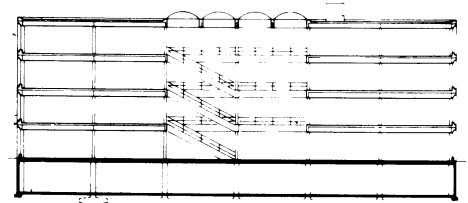
Общий вид главного корпуса



План типового этажа. М 1:1000

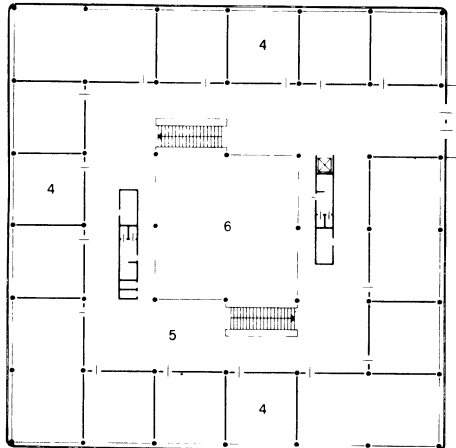
План расположения трех корпусов

- 1 главный корпус
- 2 лабораторный корпус
- 3 актовый зал и столовая
- 4 классная комната
- 5 галерея
- 6 внутренний двор

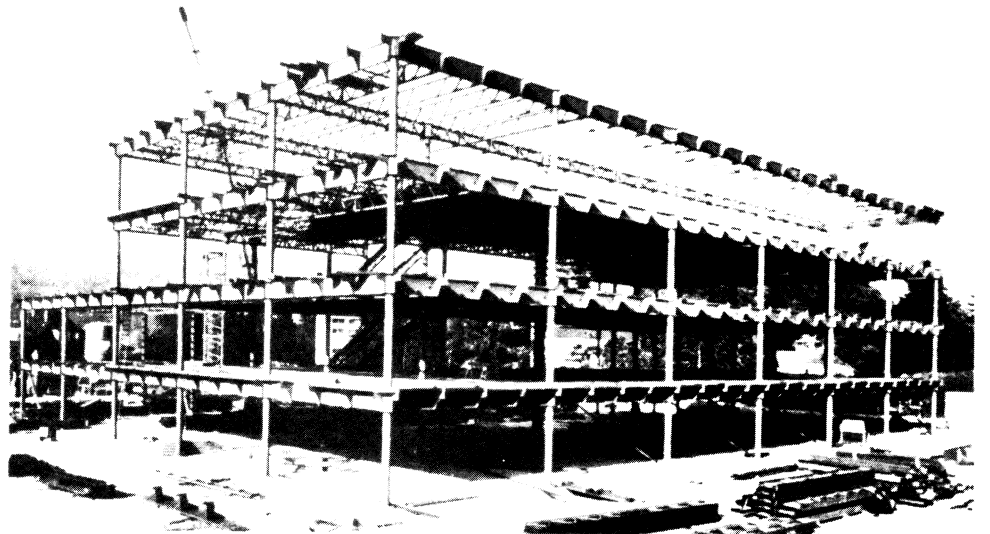
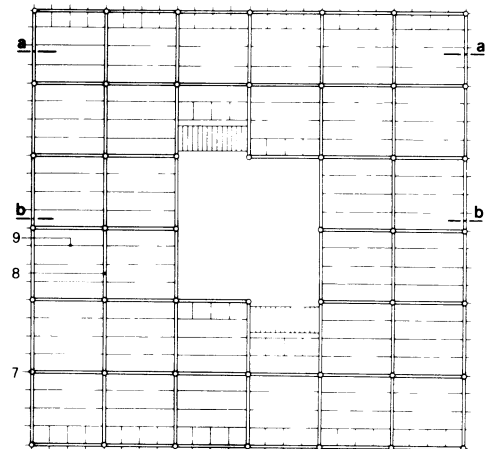


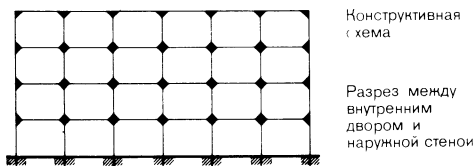
Разрез здания по световому двору

План балок типового этажа



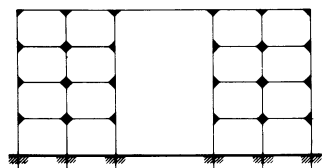
Установка стальных конструкций автораном



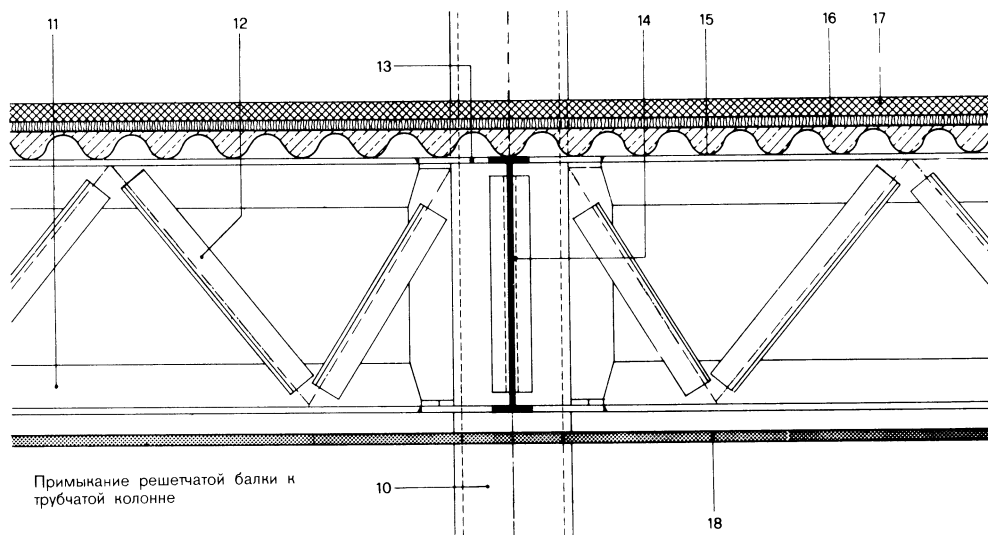
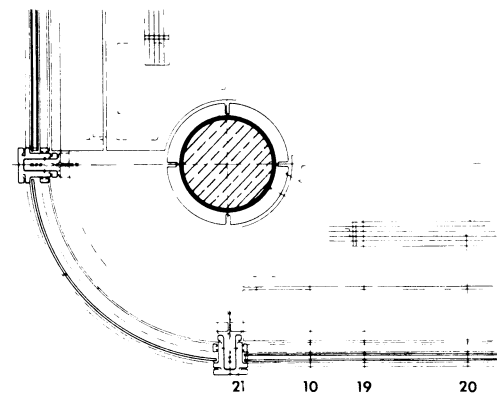


Конструктивная схема

Разрез между внутренним двором и наружной стеной



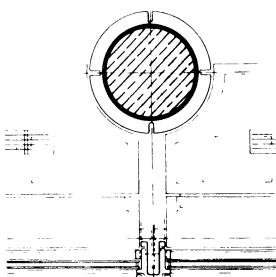
Разрез по внутреннему двору



Примыкание решетчатой балки к трубчатой колонне

10

Горизонтальное сечение наружной стены в угловой зоне



7 стальные трубчатые колонны \varnothing 318 мм
8 главная решетчатая балка
9 второстепенная решетчатая балка

- 10 трубчатая колонна заполненная бетоном
- 11 пояса из таврового профиля
- 12 раскосы из двух уголков
- 13 фасонка
- 14 стыковочный лист
- 15 профилированный лист, поверху – слой бетона
- 16 маты из коносового волокна
- 17 монолитный пол
- 18 потолок
- 19 облицовка асбестом и стальными листами
- 20 выпуск кондиционированного воздуха
- 21 профиль из нержавеющей стали

пластмассовые трубы для отвода воды с кровли.

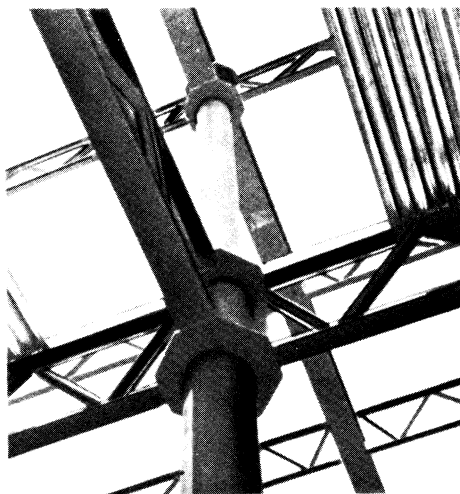
Перекрытия: квадратное поле перекрытия делится тремя второстепенными несущими элементами. Все внутренние балки перекрытий решетчатые высотой 700 мм; верхний и нижний пояса балок из тавровых профилей, раскосы из уголковых. Балки, расположенные по контуру перекрытий, выполнены из двутавровых профилей. По балкам уложены профилированные листы, а по ним уложен слой бетона без обеспечения дополнительной связи. Временная нагрузка на перекрытие 500 кгс/м².

Наружные стены: навесные панели с применением профилей из нержавеющей стали и крупногабаритного многослойного стекла; подоконные панели облицованы снаружи профилированными листами из нержавеющей стали, а изнутри гладкими стальными листами; утеплитель из пенопласта. Передвижные перегородки могут быть присоединены к каждой оконной стойке. Защита от солнца с помощью внутренних жалюзи.

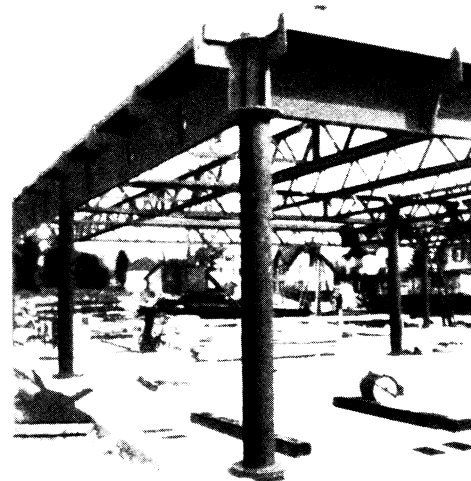
Огнезащита: облицовка асбестом и заполнение бетоном полостей стальных трубчатых колонн; рандбалки защищены тонким слоем асбеста. Подвесной потолок из огнезащитных плит.

Так как несущие элементы перекрытий имеют решетчатую конструкцию, возможно расположение инженерных коммуникаций в обоих направлениях перекрытия. Все помещения с кондиционированным воздухом. Теплоснабжение путем присоединения к теплоцентрали.

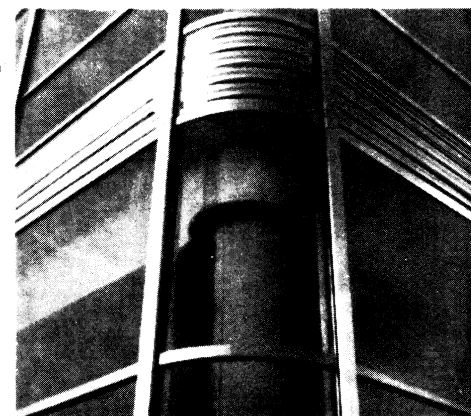
Примыкание решетчатых балок перекрытий к внутренней колонне



Угловая колонна со сплошнотенчатыми рандбалками



Выполнение угла с помощью навесных панелей



Площади и объем

Общая площадь 23 987 м² Полезная площадь 16 820 м²
 Netto-площадь 23 141 м² Объем здания 114 638 м³

Расход стали

Всего 885 т На 1 м² общей площади 36,9 кг
 На 1 м³ объема здания 7,7 кг На 1 м² полезной площади 52,5 кг

Стоимость (1966–1969 гг.) в швейцарских франках

Общая стоимость строительства 26,8 млн., 1 м³ объема здания – 234; 1 м² общей площади – 1116; 1 м² полезной площади – 1593.

Литература

Schweizerische Bauzeitung Nr. 18/1966. – Bauen + Wohnen 8/1968, S. 297. – L'Architecture Francaise Juil/August 1969. – Detail 1/1969, Konstruktionstafel. – Schweizer Journal 4/1970. – Schweiz techn. Zeitschrift 1970 Nr. 33

24. Средняя школа в Чикаго

Архитекторы: бюро Мис ван дер Роэ, Д. Лохан (Чикаго). Инженеры: Нельсон, Остром, Баскин, Берман и К°. Время строительства 1971—1973 гг.

Школа на 3000 учеников размещена в восьмизэтажном учебном корпусе и двухэтажном спортивном. Здания расположены на разных сторонах улицы и соединены друг с другом переходом в уровне второго этажа.

Учебный корпус: все школьники разделены на четыре группы по 750 учеников. Для каждой группы выделен один этаж с четвертого по седьмой, на котором девять классных комнат, одно групповое помещение, учительская, зал для отдыха во время перемен и столовая. Во втором, третьем и восьмом этажах помещения для специальных занятий, которыми пользуются все группы. В первом этаже вестибюль и аудитория на 750 мест. В подвальном этаже помещения для специальных занятий и кухни. Технические помещения размещены в чердачном этаже. Вертикальный транспорт с помощью двух эскалаторов, двух лифтов и трех лестничных клеток. Скорость и направление движения эскалаторов устанавливаются в зависимости от потока учащихся.

Спортивный корпус: в первом этаже два гимнастических зала и плавательный бассейн; в подвальном этаже помещения для переодевания и тренировок, во втором этаже комнаты для занятий и технические помещения. Подъем по трем лестничным клеткам.

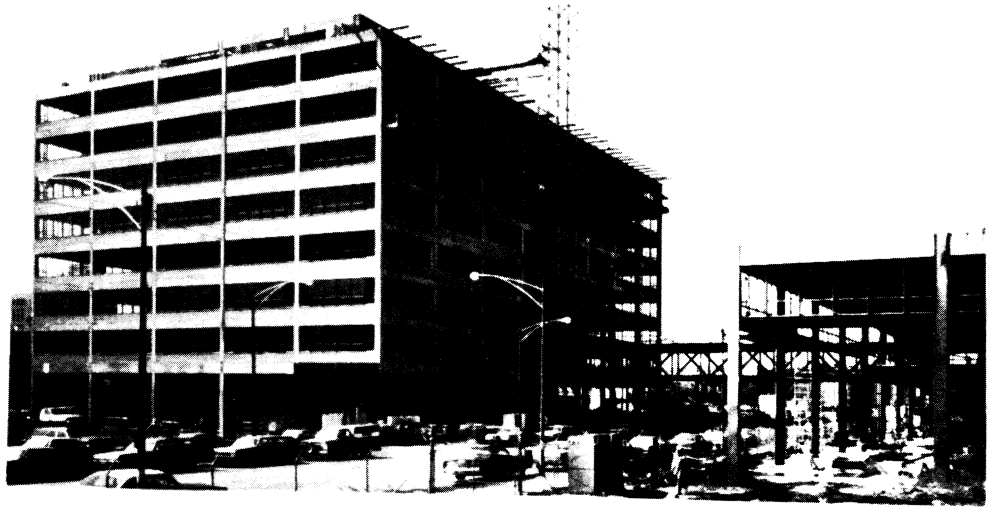
Размеры обоих зданий соответствуют модульной сетке $1,53 \times 1,53$ м.

Размеры учебного корпуса в плане $73,44 \times 45,9$ м; высота над уровнем земли 41,8 м. Первый этаж: высота этажа 6,4 м, высота помещения 5,5 м. Подвальный этаж и верхние этажи: высота этажа 3,96 м, высота помещений 3,05 м. Первый этаж на 4,6 м отступает вглубь от контура здания.

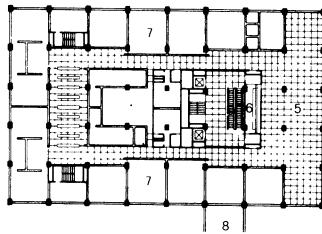
Спортивный корпус имеет наружные размеры в плане $91,8 \times 36,72$ м; высота над уровнем земли 14 м. Первый этаж: высота этажа 6,4 м, высота помещения 5,3 м. Второй этаж: высота этажа 4,27 м, высота помещения 3,05 м. Большой гимнастический зал высотой на два этажа. Подвальный этаж: высота этажа 3,66 м, высота помещения 2,44 м.

Конструкция

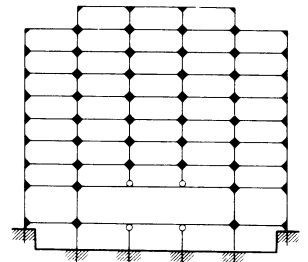
В поперечном направлении сопротивляемость ветровым нагрузкам обеспечивается рамами из стоек двутаврового сече-



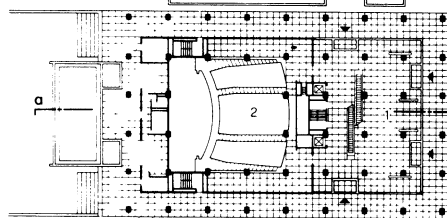
План типового этажа с помещениями для одной школьной группы



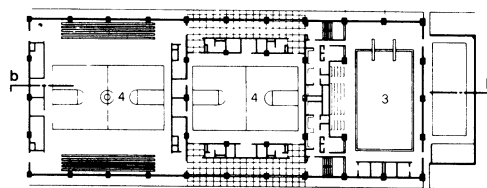
Конструктивная схема



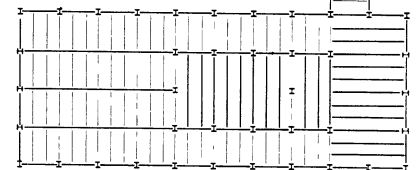
- 1 вестибюль
- 2 аудитория
- 3 плавательный бассейн
- 4 гимнастический зал
- 5 рекреационный зал
- 6 столовая
- 7 классная комната
- 8 соединительный переход
- 9 техническое помещение



План первого этажа обоих зданий М 1:1600



План балок типичного этажа учебного корпуса, покрытия спортивного корпуса и соединительного перехода

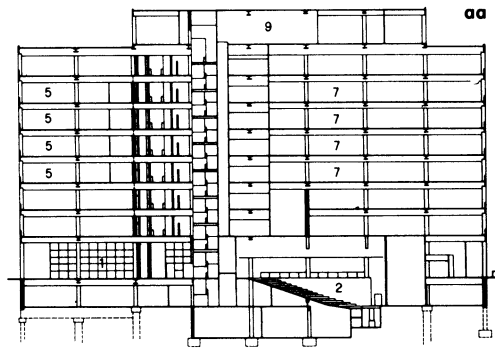


ния 356×356 мм и ригелей двутаврового сечения 762×762 мм. Стойки высотой на два этажа установлены по сетке $9,14 \times 9,14$ м; примыкание ригелей к стойкам с помощью фасонки и высокопрочных болтов. В продольном направлении на ригели рам опираются второстепенные балки из двутаврового профиля 356×356 мм, размещенные с шагом 3,05 м. По балкам уложены профилированные стальные листы с трапециевидными гофрами, а по ним уложен слой легкого бетона толщиной 12,7 м. Совместность работы обеспечивается приваренными к балкам болтовыми шпонками. Примыкание второстепенных балок к внутренним колоннам и ригелям шарнирное; для обеспечения сопротивляемости

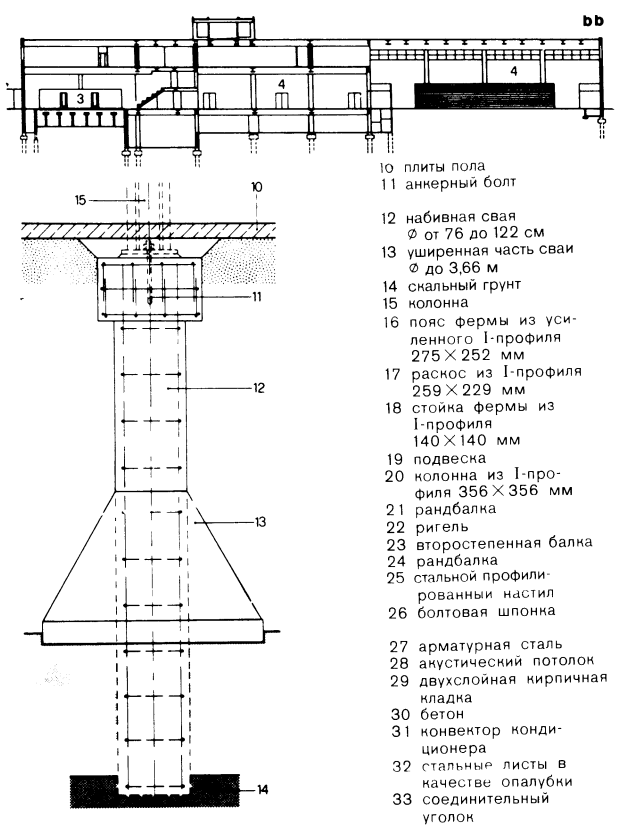
воздействию ветра — жесткое примыкание к колоннам продольных наружных стен.

Над аудиторией в первом этаже, свободной от колонн, расположены в поперечном направлении две балки коробчатого сечения, поддерживающие две колонны семи вышележащих этажей; пролет коробчатых балок 27,42 м, высота 2130 мм. Балки опираются на коробчатые колонны сечением 604×604 мм.

Соединительный переход из двух расположенных параллельно ферм, которые соединяются между собой поперечными балками в уровне пола и перекрытия. Расстояние между фермами 9,14 м, пролет 38,61 м. Раскосы и вертикальные стойки ферм из двутавровых профилей,

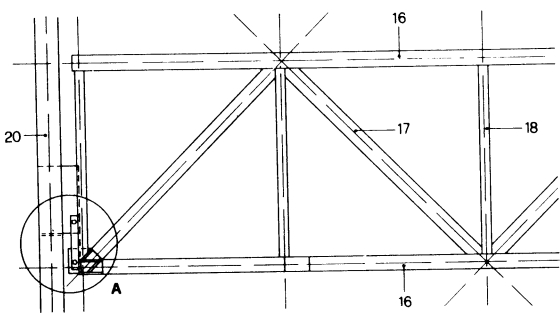


Продольные разрезы учебного и спортивного корпусов

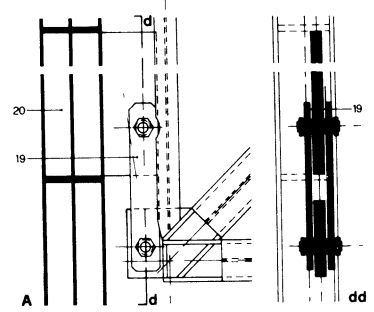


- 10 плиты пола
- 11 анкерный болт
- 12 набивная свая \varnothing от 76 до 122 см
- 13 уширенная часть сваи \varnothing до 3,66 м
- 14 скальный грунт
- 15 колонна
- 16 пояс фермы из усиленного I-профиля 275 × 252 мм
- 17 раскос из I-профиля 259 × 229 мм
- 18 стойка фермы из I-профиля 140 × 140 мм
- 19 подвеска
- 20 колонна из I-профиля 356 × 356 мм
- 21 рандбалка
- 22 ригель
- 23 второстепенная балка
- 24 рандбалка
- 25 стальной профилированный настил
- 26 болтовая шпонка
- 27 арматурная сталь
- 28 акустический потолок
- 29 двухслойная кирпичная кладка
- 30 бетон
- 31 конвектор кондиционера
- 32 стальные листы в качестве опалубки
- 33 соединительный уголок

Свайный фундамент под колонны

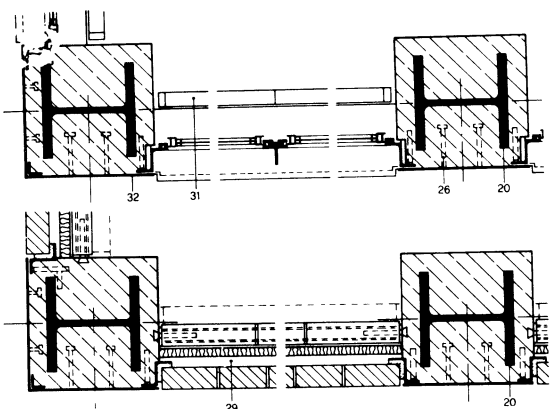


Ферма соединительного перехода

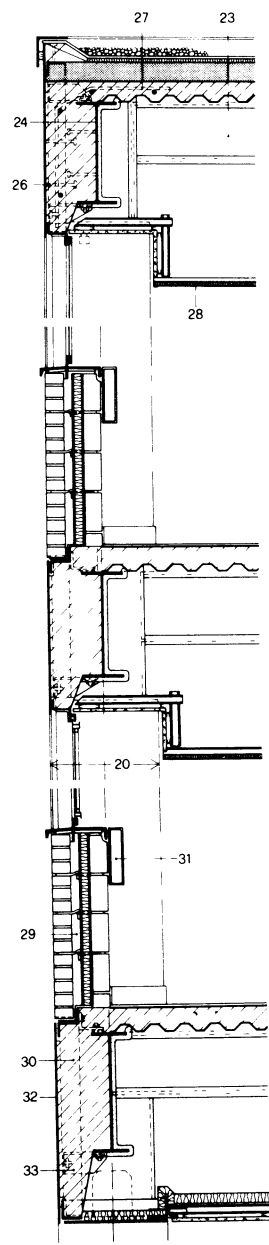


Деталь примыкания фермы к наружным колоннам

Разрез перекрытия



Горизонтальные разрезы наружной стены по окну и подоконной части стены



Вертикальный разрез наружной стены (продольная сторона спортивного корпуса)

пояса из широкополочных профилей, усиленных приваркой с обеих сторон стальных листов, что превратило их в элементы двойного коробчатого сечения. Для компенсации температурных удлинений примыкание перехода к обоим зданиям осуществлено с помощью коротких подвесок, к которым крепятся нижние пояса ферм; подвески шарнирно присоединены к консолям колонн учебного и спортивного корпусов.

Наружные стены: колонны и балки обетонированы и снаружи облицованы металлическими листами. Совместность работы стали и бетона с помощью приваренных болтовых шпонок. Подоконные части стен из двухслойной кирпичной кладки со сред-

ним теплоизоляционным слоем. Заполнение наружных стен изолирующим стеклом в рамах из стальных профилей.

Огнезащита: обетонирование колонн и рандбалок; спринклерное оборудование на всех этажах.

Фундаменты обоих зданий в виде набивных свай глубиной 11 м, опирающихся на скальный грунт.

Оборудование

В учебном корпусе кондиционирование воздуха с помощью установки высокого давления; дополнительное отопление электрорадиаторами, установленными вдоль наружных стен. В классных помещениях спортивного корпуса кондиционирование воздуха с помощью установки низкого дав-

ления и также электрорадиаторы. В гимнастическом и плавательном залах только вентиляция и отопление.

Энергообеспечение установок от энергосети.

Площади и объем		Перекрытая площадь 6 849 м ²	
Общая площадь	41 000 м ²	Объем	193 000 м ³
Полезная площадь	27 900 м ²		

Расход материалов	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
	Всего	2 700 т	11 614 м ³
На 1 м ³ объема	14 кг	0,06 м ³	1,6 кг
На 1 м ² общей площади	65,9 кг	0,283 м ³	7,5 кг

Стоимость (1972 г.) в долларах
 Общая стоимость строительства 15,75 млн. 1 м³ объема – 81,6; 1 м² общей площади – 384, 1 м² полезной площади – 565

25. Здание студенческого самоуправления технического университета в Брауншвейге

Архитектор В. Хенн (Брауншвейг). Инженер К. Пипер (Брауншвейг). Время строительства 1968—1969 гг.

Здание рассчитано на 50 рабочих мест в отдельных кабинетах. В подвальном этаже склад, общественные помещения, прачечная; в первом этаже вестибюль, отдельные кабинеты и квартира швейцара; во втором этаже отдельные кабинеты.

Трехэтажное здание с наружными размерами в плане $30,25 \times 15,25$ м, высотой над уровнем земли 6,48 м. Высота этажа 3,06 м, высота помещения 2,6 м. Подвальный этаж наполовину заглублен.

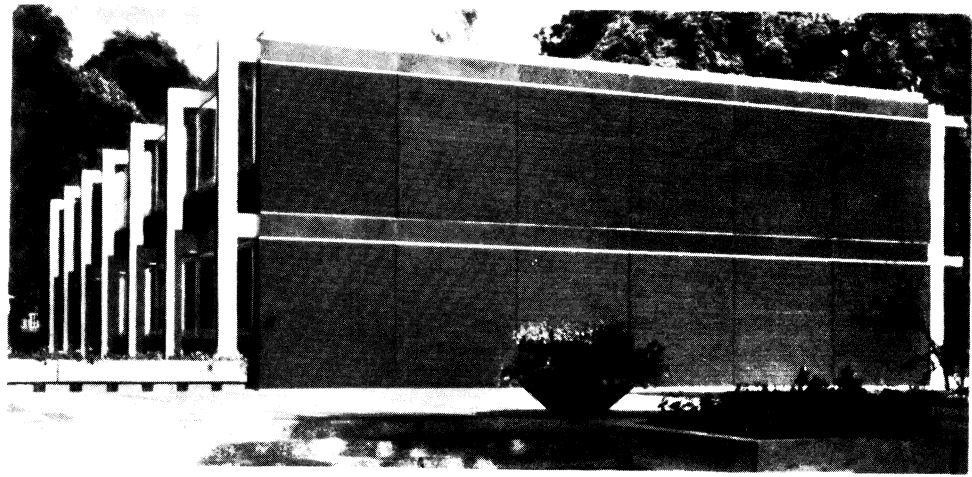
В поперечном направлении трехэтажные рамы с тремя пролетами по 5 м; шаг рам также 5 м, так что сетка колонн получается квадратной. В процессе возведения рамы соединяли в продольном направлении монтажными прогонами, которые были удалены после бетонирования междуэтажных перекрытий. Ветровая нагрузка воспринимается в поперечном направлении рамами, в продольном направлении — жестким соединением двух поперечных рам.

Колонны: наружные колонны коробчатого сечения выступают на 65 см за пределы наружных стен; размеры сечения 200×340 мм, толщина стенки 8 мм. Внутренние колонны из двутавровых профилей от HE-A 160 до 260. Ригели рам из двутавровых профилей высотой от 60 до 320. Нижние ригели шарнирно примыкают к наружным колоннам с целью уменьшения в них изгибающих моментов в пределах подвального этажа. Монтажные соединения элементов рам на высокопрочных болтах.

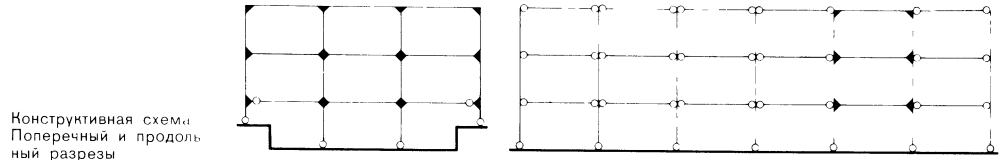
Перекрытия: железобетонные ребристые плиты между ригелями; временная нагрузка на перекрытия 500 кгс/м^2 .

Наружные стены: панели наружных стен выполнены с деревянными конструкциями, усиленными вертикальными стальными профилями; крепление панелей к междуэтажным перекрытиям с помощью анкерных полос. Конструкция панели снаружи внутрь: горизонтальная обшивка еловыми досками, изоляционная пленка, оклеенный пленкой с двух сторон слой теплоизоляции толщиной 7 см, пароизоляция, негорючие древесностружечные плиты толщиной 16 мм. Общая толщина панели 13,5 см, сопротивление теплопередаче $k=1,85 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°С/ккал}$. Оконные балки со среднеподвесной форточкой с алюминиевыми переплетами и изолирующим остеклением. Между наружными колоннами на южной стороне консольные алюминиевые солнцезащитные козырьки.

Основание: строительный грунт из мелкого и средней крупности песка глубиной до 2 м. Допустимое давление на грунт

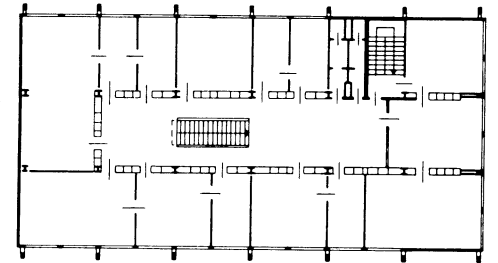
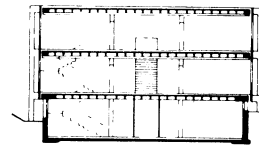


Вид здания с торцевой стороны; на продольной стороне — выступающие наружу стойки рам



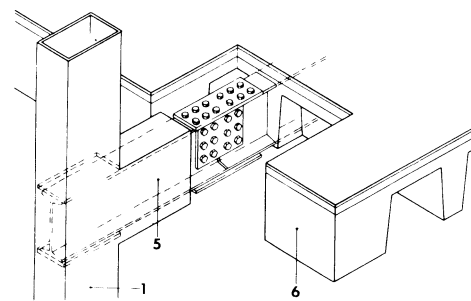
Конструктивная схема. Поперечный и продольный разрезы

Поперечный разрез здания



План второго этажа со входом в центральной части и отдельными служебными помещениями. М 1:500

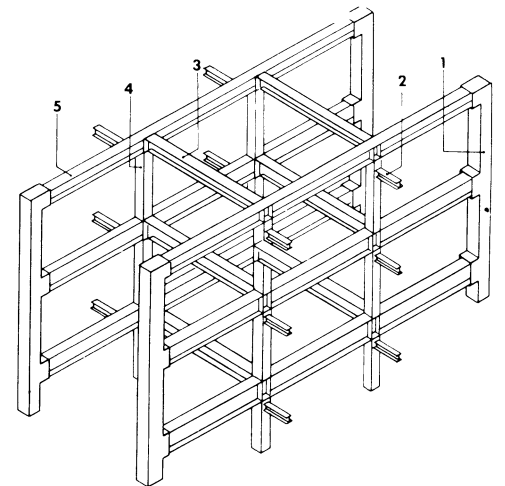
- 1 наружная колонна сечением 340×200 мм
- 2 монтажный прогон
- 3 ригель рамы, обеспечивающей жесткость здания при действии ветра в продольном направлении
- 4 внутренняя колонна HE A от 160 до 260
- 5 ригель рамы
- 6 ребристое перекрытие



Примыкание ригеля рамы к наружной стойке

4 кгс/см^2 . Столбчатые фундаменты под стойки рам, ленточные фундаменты под стены подвала.

Площади и объем			
Общая площадь	1685 м ²	Перекрытая площадь	500 м ²
Застроенная площ.	1435 м ²	Площадь подъездных путей	378 м ²
Полезная площадь	939 м ²	Объем здания	4845 м ³



Изометрическая схема двух жестко соединенных поперечных рам

Расход материалов

	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего		523 м ³	33 т
На 1 м ³ объема здания	93 кг	0,128 м ³	6,8 кг
На 1 м ² общей площади	26,7 кг	0,370 м ³	19,6 кг

Стоимость (1969 г.) в марках ФРГ

Общая стоимость строительства 14 млн. 1 м³ объема здания — 289, 1 м² общей площади — 831 1 м² полезной площади — 1491

Литература

Bauen + Wohnen 1/1971. S 23 — Bauen in Stahl 27/1972

26. Архитектурная школа в Нантере (Франция)

Архитекторы: И. Калиш, Р. Салем. Расчет выполнен фирмой, возводящей стальные конструкции. Время строительства 1971—1972 гг.

Архитектурная школа на 1000 студентов в пятиэтажном здании, объем которого сильно расчленен благодаря ломаному внешнему очертанию и взаимным смещениям отдельных этажей в плане и по высоте. Первый этаж имеет свободную планировку с шестью отдельными лекционными залами, одним залом для практических занятий, рестораном, административными и техническими помещениями. Перекрытое незамкнутое пространство служит для устройства выставок и для информационных целей.

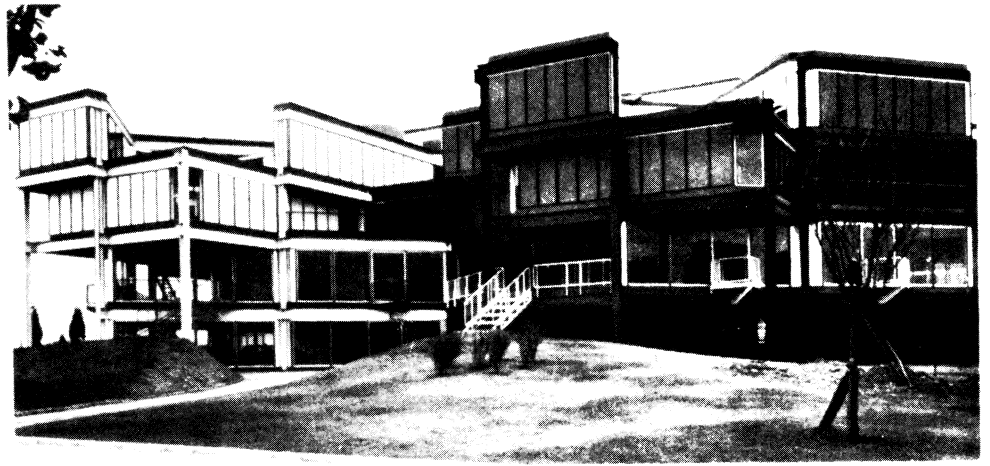
Каждому лекционному залу придают в расположенных над ним этажах чертежный зал, групповые помещения для работ по моделированию, учебные и вспомогательные помещения. Вертикальное сообщение в этих группах помещений — по винтовым лестницам, расположенным вокруг цилиндрических бетонных ядер жесткости. Кроме этого, предусмотрены одна внутренняя и две находящиеся снаружи двухмаршевые лестницы. Ядра жесткости включают санитарные помещения и шахты для оборудования.

Конструкция

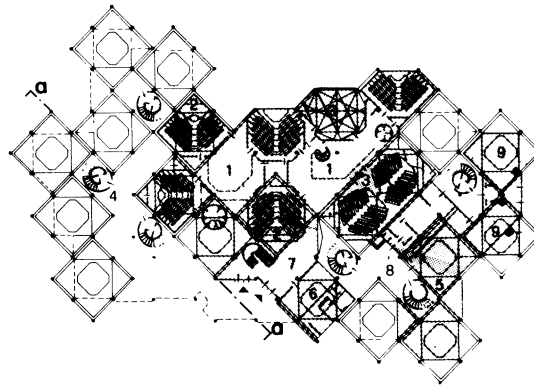
Шарнирная стержневая система с колоннами HE 300 A, шаг которых в зависимости от величины помещения соответствует одинарному или двойному шагу конструктивной сетки. Внутренние балки перекрытий IPE 500 имеют пролеты, соответствующие шагу колонн 5,85 или 11,7 м. Наружные балки перекрытий (рандбалки) размещены либо по контуру конструктивной сетки, либо по диагонали и имеют пролеты соответственно 5,85 и 8,28 м. К колоннам были заранее приварены консоли, к которым на месте строительства присоединялись на болтах балки перекрытий. Перекрытия из сборных плит, замоноличенных поверху слоем бетона. Ветровые усилия воспринимаются через диски перекрытий шестью цилиндрическими, изготовленными в скользящей опалубке железобетонными ядрами жесткости диаметром 3,5 м.

Наружные стены: заполнение изолирующим стеклом на высоту помещения шириной 90 и 180 см в алюминиевых переплетах. Заполнение глухих участков наружных стен трехслойными панелями шириной 90 см и высотой на этаж с наружной обшивкой из алюминиевых листов, внутренней обшивкой из окрашенных стальных листов и уложенного между ними слоя теплоизоляции.

Основание: в связи с тем что строительная площадка размещена на месте старой каменоломни, в качестве фундамента применены деревянные сваи длиной до 20 м.

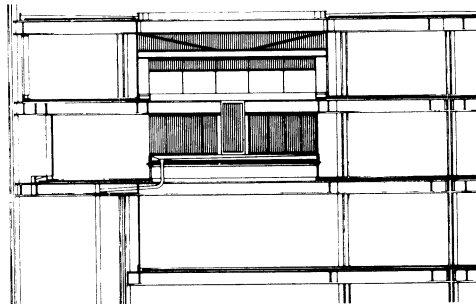


Горизонтальное сечение угла наружной стены

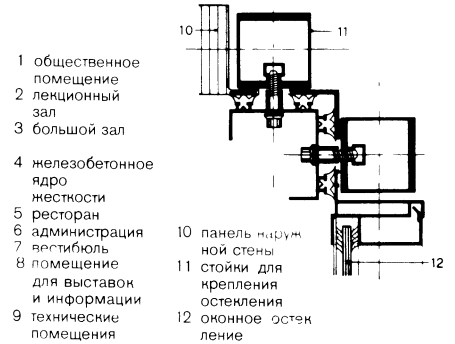
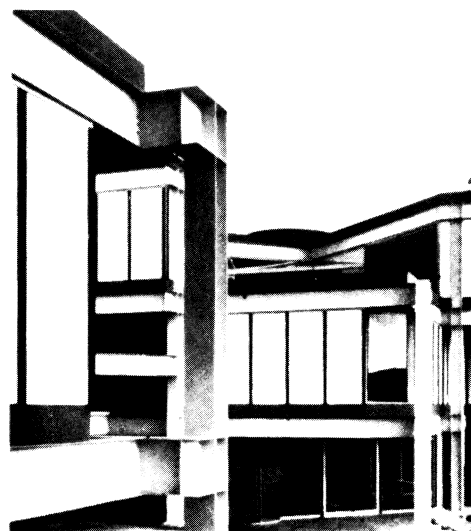


План первого этажа. М 1:500

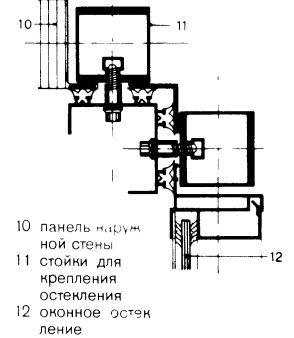
Поперечный разрез здания



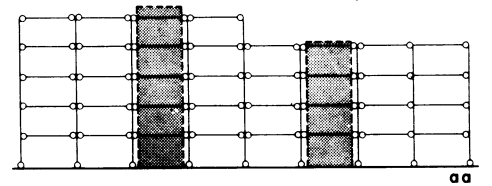
Детали наружных несущих конструкций



- 1 общественное помещение
- 2 лекционный зал
- 3 большой зал
- 4 железобетонное ядро жесткости
- 5 ресторан
- 6 администрация
- 7 вестибюль
- 8 помещение для выставок и информации
- 9 технические помещения



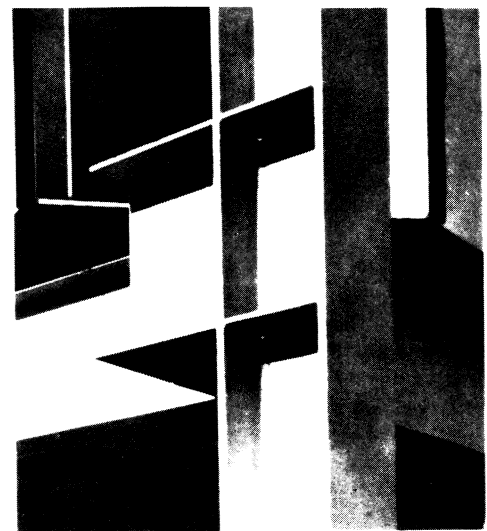
Конструктивная схема



Литература
 Technique et Architecture Dez 1971, S 134 – Architecture d'aujourd'hui Nr 160, 1972, S 80 – Architecture Francaise Nr 357/358, 1972, S 22 – Revue Bâti Nr 13, 1972 – Eorum 1/1972 – Planen + Bauen 11/1972

Расход стали

Всего 1000 т; на 1 м² полезной площади 95,2 кг.



27. Спортивная академия в Мюнхене

Архитекторы: Е. Хайнле, Р. Вишер и др. (Штутгарт). Инженеры: Леонгардт, Андрэ и Болл (Штутгарт). Время строительства 1971—1972 гг.

Комплекс зданий выстроен к Олимпийским играм 1972 г. с целью подготовки спортивных преподавателей и общей спортивной подготовки студентов. К центральному зданию с одной стороны примыкает учебный корпус с 45 отдельными комнатами для слушателей, а с другой стороны — летний театр с открытой сценой. Вокруг этих сооружений группируются залы для легкой атлетики, спортивных игр и гимнастики, а также корпус с шестью небольшими залами для гимнастики, фехтования, бокса, дзю-до, борьбы и настольного тенниса.

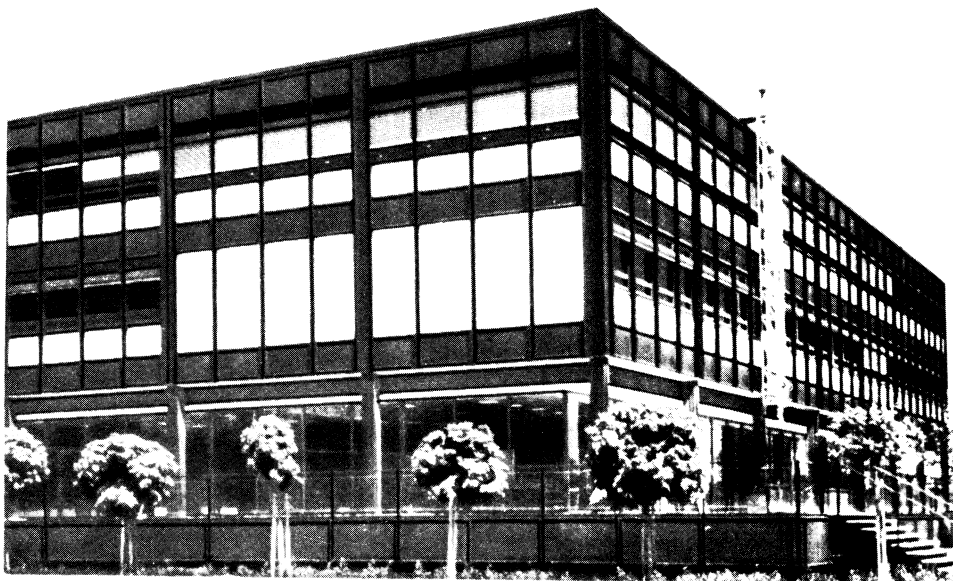
В четырехэтажном центральном здании помещения двух нижних этажей расположены вокруг находящегося в центре актового зала, а помещения обоих верхних этажей окружают внутренний двор. Актовый зал на 500 мест со спортивным помостом и размещенными амфитеатром рядами кресел. В нижнем этаже гардероб, складские и технические помещения; в следующем этаже, фасад которого несколько смещен внутрь по отношению к общему фасаду, размещены: главный вход, залы, помещения для отдыха и выставок. В обоих верхних этажах три лекционных зала на 150 или 75 мест, библиотека с читальным залом, рабочие комнаты, залы для конференций, буфет и административные помещения.

Сообщения между этажами по трем лестницам, из них одна лестница в вытянутом в плане ядре жесткости с лифтом и санитарными помещениями. Над ядром жесткости надстройка для технического оборудования.

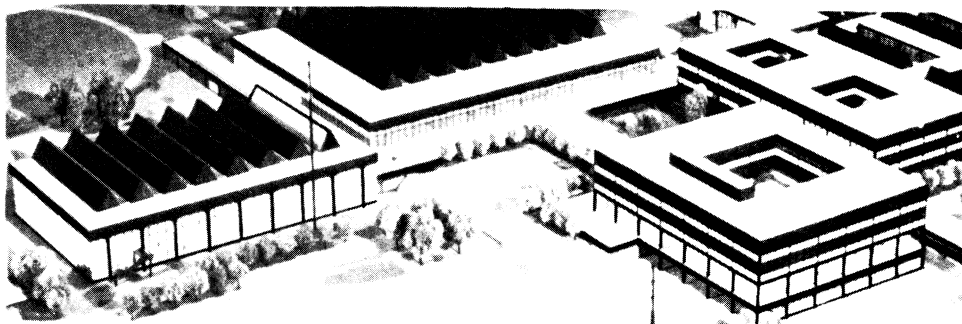
Наружные размеры центрального здания в плане $50,4 \times 43,2$ м, внутреннего двора $21,6 \times 21,6$ м. Высота этажа и помещения соответственно в нижнем этаже 4,25 и 2,5 м (3,09 м), в первом этаже 4,96 и 3,4 м, в верхних этажах 3,9 и 2,96 м. Сетка колонн $7,2 \times 7,2$ м.

Конструкция

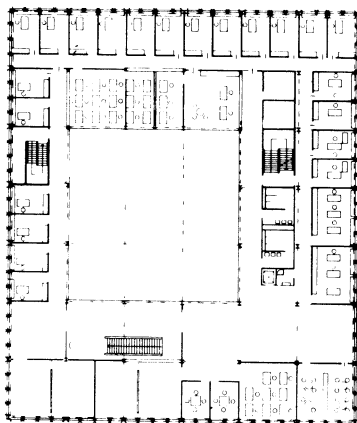
Шарнирная стержневая система с колоннами и балками из прокатных профилей и комплексное перекрытие со сборными железобетонными элементами. Колонны из HE 240 В соединены в одном направлении главными балками из HE 400 В, размещенными с шагом, соответствующим сетке колонн 7,2 м. По главным балкам в другом направлении уложены второстепенные балки IPE 300 (шаг 2,4 м), работающие совместно со сборными плитами.



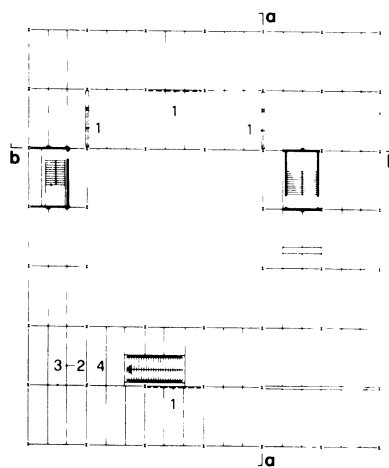
Центральное здание. Вид со стороны форума



Манет спортивного комплекса со спортзалом, центральным сооружением, учебным корпусом и малыми залами



План четвертого этажа. М 1:900



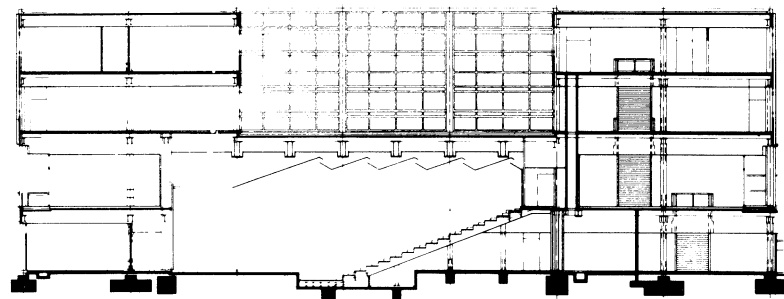
План балок междуэтажного перекрытия

- 1 ветровая связь
- 2 второстепенная балка IPE 300
- 3 главная балка HE 400 В
- 4 колонна HE 240 В

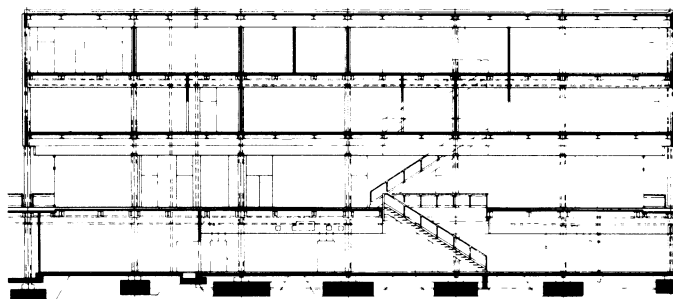
Благодаря замоноличиванию швов между бетонными плитами перекрытия работают как жесткие диски, лишь в зонах больших проемов дополнительно усиленные горизонтальными связями. Ветровые усилия воспринимаются через эти диски перекрытий четырьмя вертикальными связевыми дисками, расположенными в перегородках между двумя колоннами.

Перекрытия из сборных плит размерами

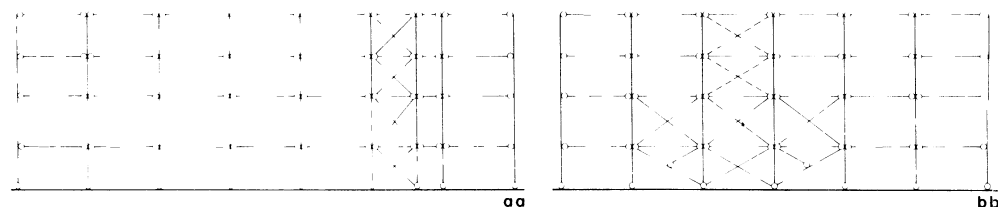
$7,2 \times 2,4$ м, толщиной 10 см. Выпущенные из плит арматурные петли охватывают болтовые шпонки, приваренные к второстепенным балкам. Временная нагрузка на перекрытия 300 и 500 кгс/м². Потолок из металлических кассет размером 60×60 см с выпусками для приточного воздуха и вентиляционной решеткой для забора отработанного воздуха; инженерные коммуникации в междуэтажных перекрытиях.



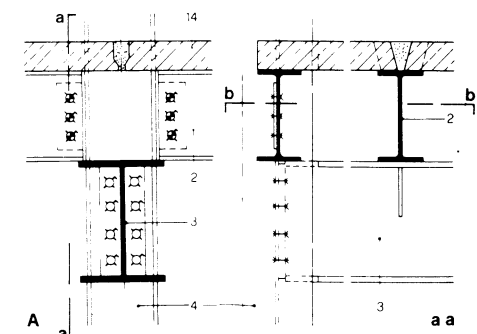
Поперечный разрез центрального здания. М 1:500



Продольный разрез центрального здания

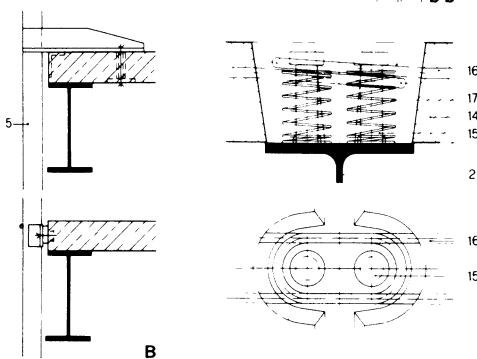


Конструктивная схема Продольный и поперечный разрезы



Вертикальный разрез наружной стены

Примыкание балок к наружным колоннам
Примыкание стоек каркаса наружных стен к передним кромкам крыши и перекрытий



- 5 стойки наружной стены 70×50
- 6 подоконная панель
- 7 оконный элемент
- 8 пилястра
- 9 манжетное уплотнение колонн
- 10 огнестойкая облицовка колонн
- 11 неопреновая прокладка
- 12 стальная полоса
- 13 желобок для воды
- 14 сборная железобетонная плита толщиной 10 см
- 15 болтовая шпонка $\varnothing 22$ мм
- 16 арматурная петля $\varnothing 10$ мм
- 17 стальная пружина

Шпотно-монолитный стык сборных плит, уложенных по стальным балкам

Площади и объем (центральное здание)
 Общая площадь 7700 м² Перекрытая площадь 2180 м²
 Полезная площадь 6300 м² Объем здания 35 000 м³

Расход стали

Всего 680 т На 1 м² общей площади 88,3 кг
 На 1 м³ объема здания 19,4 кг На 1 м² полезной площади 108 кг

Стоимость (1970 г.) в марках ФРГ

Общая стоимость строительства 12,53 млн.; 1 м³ объема здания – 358; 1 м² общей площади – 1633; 1 м² нетто-площади 1990.

Литература

Bauen + Wohnen 7/1972, S. 344. – Detail 4/1972, Konstruktionsstafel. – Deutsche Bauzeitschrift 8/1972, S. 1387.

Горизонтальный разрез наружной стены



чей сушки в подоконной зоне. Пилястры, панели в зоне перекрытий и трубчатые профили оконных рам из атмосферостойкой стали; герметизирующие прокладки из неопрена. Отвод дождевой воды по горизонтальным желобам через пилястры. Окна с глухим остеклением, тонированным под бронзу, и с горизонтальными нижнеподвесными створками в нижней и верхней частях.

Основание: столбчатые фундаменты под колонны, заглубленные на 1,35 м ниже уровня земли; под ядром жесткости — железобетонная плита. Строительные грунты гравийные; грунтовые воды ниже подошвы фундаментов. Расчетное давление на грунт 4 кгс/см².

Оборудование

Отопление водяное с радиаторами, подключено к теплоцентрали. Общая мощность (включая учебный корпус) 560 000 ккал/ч. Вентиляционная установка низкого давления для вестибюля и расположенных внутри холлов и коридоров. Установка низкого давления производительностью 370 000 ккал/ч для кондиционирования воздуха в актовом и лекционных залах.

28. Технологический исследовательский институт Союза немецких металлургов в Дюссельдорфе

Архитекторы: Ф. Хитцбле, И. Мейер, Х. Ринне (Дюссельдорф). Инженеры: Г. Левентон, Е. Вернер, Л. Шварц (Дуйсбург).
Время строительства 1970—1972 гг.

Исследовательские и административные помещения в трехэтажном здании с подвалом. В первом этаже и обоих верхних этажах лабораторные и административные помещения; в подвале отопительное оборудование и вспомогательные помещения. Остальные лабораторные помещения в расположенном рядом крытом цехе.

Сообщение между этажами здания с помощью лифта и одномаршевой лестницы; в продольном направлении здания внутренний коридор.

Здание прямоугольной формы в плане с наружными размерами 13,2×51 м, высотой над уровнем земли 10,6 м. Лежащее внутри ядро жесткости имеет размеры 4,8×10,8 м. Высота этажа 3,2 м, высота помещения 2,75 м.

Конструкция

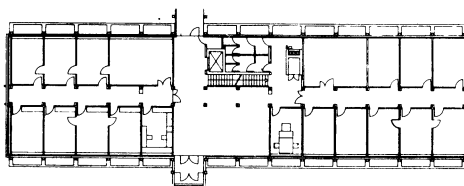
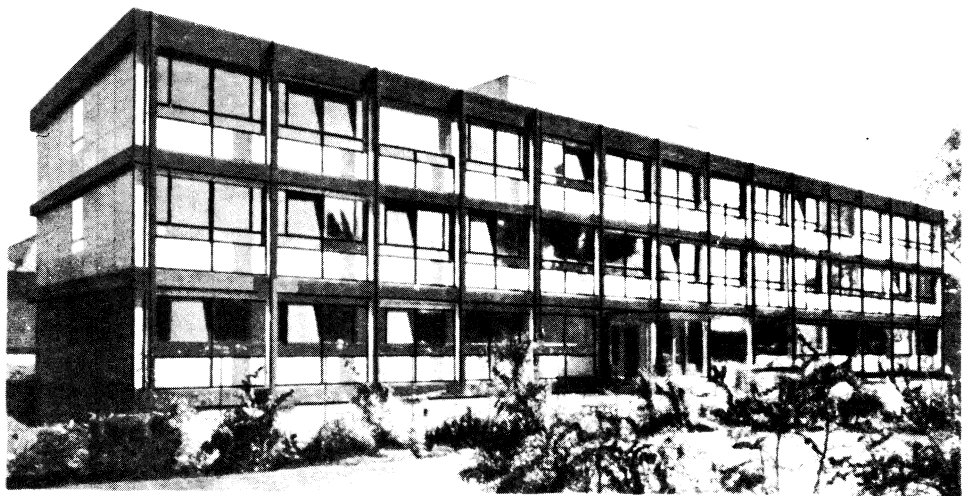
На железобетонные конструкции подвала опираются два ряда внутренних колонн и два ряда наружных, проходящих перед продольными наружными стенами здания на высоту всех трех этажей. В обоих направлениях колонны соединены балками перекрытий в шарнирную, стержневую систему.

Диски перекрытий из монолитного бетона (под временную нагрузку 500 кгс/м²) передают ветровые нагрузки в обоих направлениях на бетонное ядро жесткости. Внутренние колонны из HE 180 В, наружные колонны из коробчатых профилей сечением 180×180 мм со стенками толщиной 9 мм, выполненных из атмосферостойкой стали.

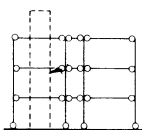
Огнезащита: полости наружных колонн заполняются водой и соединяются вверху и внизу с помощью труб в замкнутую кольцевую систему. В случае пожара охлаждение колонн осуществляется циркулирующей водой. С помощью запасного резервуара на чердаке поддерживается постоянный уровень воды, в аварийном случае вода подается из водопроводной сети. В воду добавлен антифриз, предотвращающий ее замерзание.

Огнезащита внутренних колонн выполнена облицовкой асбестом, балок перекрытий — изолирующей окраской с пределом огнестойкости F30 (30 мин).

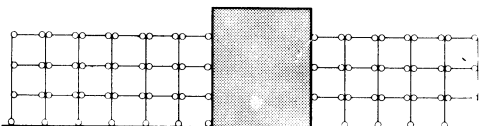
Наружные стены: подоконные панели с облицовкой листами из атмосферостойкой стали; заполнение обеих продольных сторон оконными элементами на всю высоту помещений; противосолнечная защита — рас-



Первый этаж с внутренним коридором и отдельными комнатами. М 1:800



- 1 колонна коробчатого сечения 180×180 мм
- 2 стальной лист 143×20 мм
- 3 облицовка листами из атмосферостойкой стали
- 4 соединительный патрубок \varnothing 50 мм



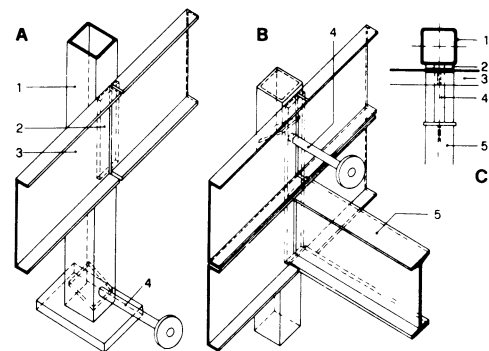
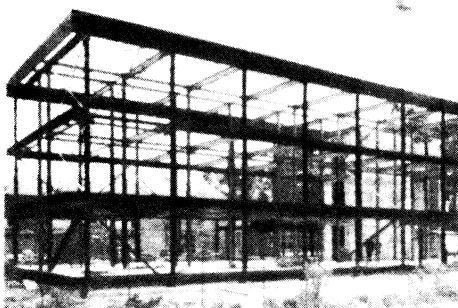
Конструктивная схема. Поперечный и продольный разрезы

Площади и объем			
Общая площадь	2 800 м ²	Перекрытая площадь	700 м ²
Полезная площадь	1 910 м ²	Объем здания	8 660 м ³

Расход материалов			
	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	100 т	950 м ³	55 т
На 1 м ³ объема здания	11,5 кг	0,11 м ³	6,4 кг
На 1 м ² общей площади	35,7 кг	0,339 м ³	19,6 кг

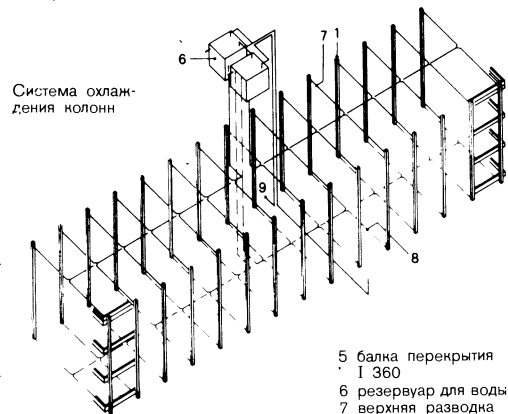
Стоимость (1971 г.) в марках ФРГ
Общая стоимость строительства 2,8 млн., 1 м³ объема здания — 324; 1 м² общей площади — 1000; 1 м² полезной площади — 1470.

Стальной наряд с монтажными связями



Примыкание патрубков к колоннам коробчатого сечения

A — опорная часть колонны
B — верх колонны
C — горизонтальное сечение



Система охлаждения колонн

- 5 балка перекрытия I 360
- 6 резервуар для воды
- 7 верхняя разводка
- 8 нижняя разводка
- 9 ввод

положенными снаружи жалюзи. Торцовые стороны из кирпичной кладки, облицованной снаружи глухими панелями.

Основание: мелкий и средний песок; допускаемое давление на грунт 3,5 кгс/см². Под стенами подвала ленточные фундаменты, а под ядром жесткости фундаментная плита.

Литература
Bauwelt 40/1970, S 1489. — VDEH Stahl and Eisen 22/1970, S 1234. — Acier - Stahl - Steel 10/1971, S. 385. — Der Bauingenieur 5/1971, S. 193.

29. Медицинская исследовательская лаборатория Калифорнийского университета в Сан-Франциско

Архитекторы: «Марквич и Столлер». Инженер Е. Эльзесер. Время строительства 1965—1966 гг.

К двухэтажной галерее, расположенной параллельно склону, пристроены три одинаковых трехэтажных корпуса: один с нагорной стороны, два со стороны долины. Подвалов нет. Дальнейшее расширение может производиться за счет удлинения внутреннего коридора и привязки следующих зданий.

Все здания имеют прямоугольную форму в плане с наружными размерами $15,25 \times 9,15$ м, высотой над уровнем земли от 5,7 до 11,6 м. Высота этажа 3,67 м, высота помещения 2,46 м. Конструктивная сетка $3,05 \times 3,05$ м. Ширина коридора 2,3 м.

Конструкция

Вследствие расположения на склоне здание приподнято на четырех колоннах неравной высоты, расположенных с шагом в обоих направлениях 9,15 м. В уровне обоих верхних перекрытий в продольном направлении установлены три открытые балки Виренделя — две в плоскости наружных стен и одна по внутренней стороне коридора; они консольно выступают с обеих сторон за колонны на 3,05 м. В уровне нижнего междуэтажного перекрытия расположены также открытые стальные продольные балки из двутаврового профиля 457×203 мм. Все соединения продольных балок с колоннами выполнены жестко. Между продольными балками располагаются в поперечном направлении шесть балок Виренделя, консольно выступающие в сторону коридора на всю его ширину.

Колонны из двутавра 304×304 мм. Высота балок Виренделя 920 мм; шаг вертикальных стоек 1525 мм; пояса и стойки из двутавра 152×152 мм.

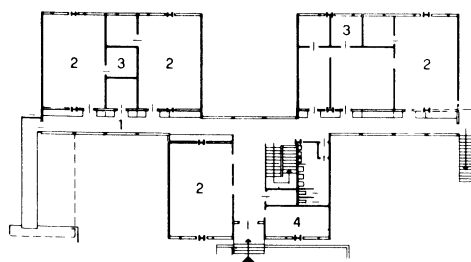
Жесткость перекрытий обеспечивается горизонтальными диагональными связями. Ветровые нагрузки воспринимаются жестко соединенными между собой колоннами и балками.

Оборудование

Горизонтальная и вертикальная проводка магистральных коммуникаций через отверстия в балках Виренделя и перекрытиях во внутреннем коридоре. Ответвления в отдельные лаборатории. Всасывание свежего воздуха под приподнятыми зданиями, выпускные отверстия на крыше.

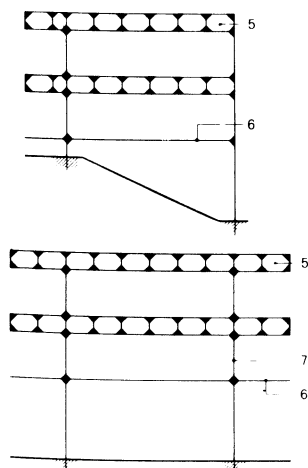
Литература

Архитектурал Record 4/1965, S 32. — Progressive Architecture 7/1967, S 169 — Daily Pacific Builder 3/1967, S 1 — Architecture/West, Mar 1965, S 19 — Design in Steel 1967

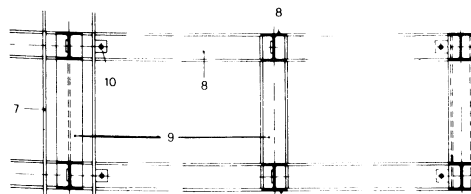


Конструктивная схема. Продольный и поперечный разрезы

План первого этажа М 1:700



- 1 коридор
- 2 лаборатория
- 3 кабинет
- 4 техническое помещение
- 5 балка Виренделя
- 6 балка перекрытия I-профиля высотой 456 мм
- 7 колонна I-профиля 304×304 мм
- 8 верхние и нижние пояса I-профиля 152×152 мм
- 9 стойка I-профиля 152×152 мм
- 10 монтажная накладка
- 11 перекрытие по деревянным балкам
- 12 отверстие в перекрытии забор чистого воздуха
- 13 выпуск отработанного воздуха



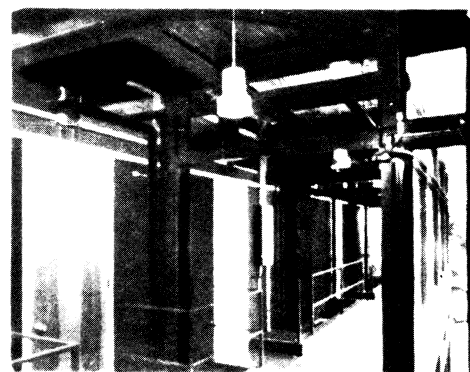
Балка Виренделя

Площади и объем

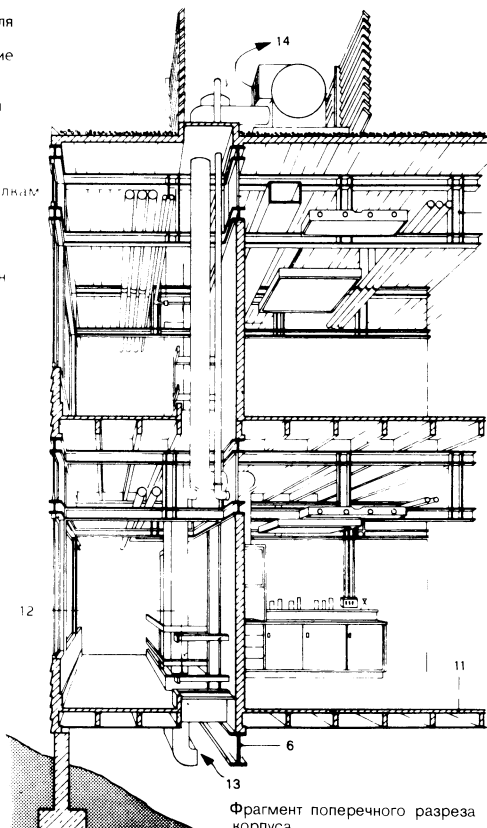
Общая площадь 930 м² Перекрытая площадь 558 м²
Полезная площадь 745 м² Объем здания 2970 м³

Стоимость (1964 г.) в долларах

Общая стоимость строительства 311 000, 1 м³ объема здания — 105, 1 м² общей площади — 334, 1 м² полезной площади — 417.



Внутренний вид коридора



Фрагмент поперечного разреза корпуса

30. Технологический институт университета в г. Аннап (район Лилля, Франция)

Архитекторы: И. Балладюр, Б. Тостивэн (Париж). Расчет выполнен фирмой, возводящей стальные конструкции. Время строительства 1968—1969 гг.

Комплекс из 13 университетских зданий от одного до трех этажей. В первой стадии строительства три, во второй четыре здания на 1200 студентов. В двух центральных трехэтажных зданиях помещения для администрации, библиотека, медпункт и комнаты для доцентов. К каждому из этих зданий примыкает здание с лекционным залом и помещением для отдыха. В остальных одно — трехэтажных зданиях установки ЭВМ, лаборатории и рабочие помещения для физико-измерительной техники и химических исследований пищевых продуктов. Некоторые здания имеют подвалы для технического оборудования. Вертикальное сообщение по лестничным клеткам, расположенным по торцовым сторонам, и частично лифтами. Между зданиями соединительные переходы.

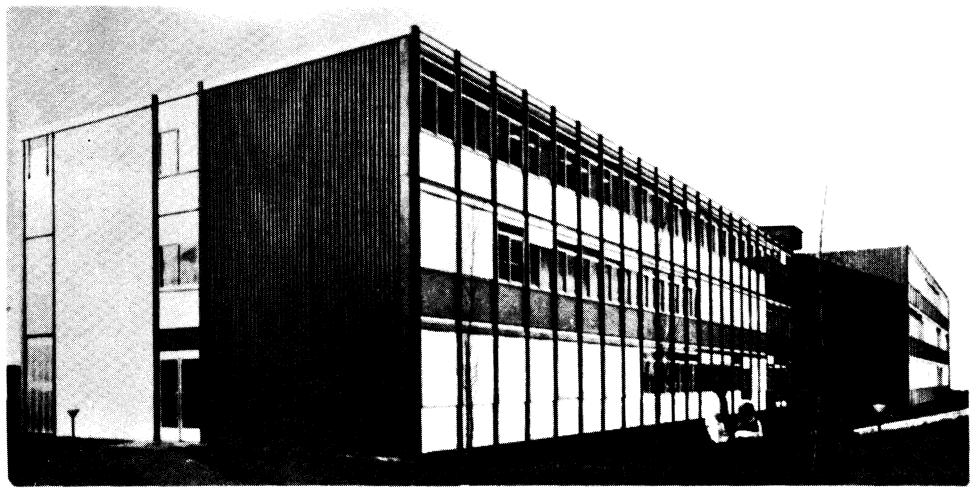
Все здания одинаковой ширины 17,38 м и различной длины от 32,8 до 79,5 м. Высота этажа 3,3 м, высота помещений до плит перекрытий 3,1 м, до балок перекрытий 2,85 м. Наружные размеры здания с лекционным залом 23,4×11,4 м, высота помещения от 4,15 до 8 м.

Конструкция

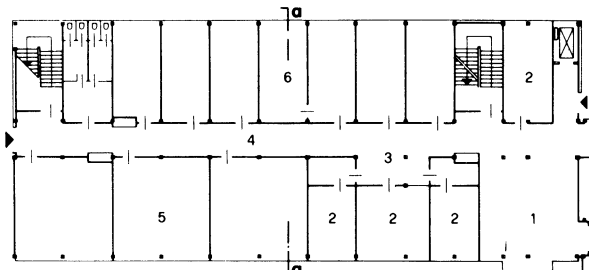
Вдоль продольных наружных стен и по обеим сторонам коридора, проходящего по оси здания, установлены ряды колонн коробчатого сечения 120×120 мм и 180×130 мм. Шаг колонн в продольном направлении 3,6 м, в поперечном 7,08; 2,65 и 7,08 м. Колонны, расположенные вдоль внутреннего коридора, заделаны в фундаменты и жестко соединены в уровне каждого этажа поперечными ригелями из IPE 240 и 180. К этим многоэтажным рамам шарнирно примыкают с обеих сторон балки перекрытий из сварных двутавров высотой 278 мм, другим концом опирающиеся на наружные колонны. В продольном направлении колонны соединены швеллерными профилями 50×50×4.

Ветровые нагрузки в поперечном направлении воспринимаются через диски перекрытий поперечными рамами, в продольном направлении — вертикальными крестовыми связями между внутренними колоннами. Поперечные рамы были изготовлены на заводе, стыки сварные. Ветровые связи из швеллерных профилей 80 × 50 × 4.

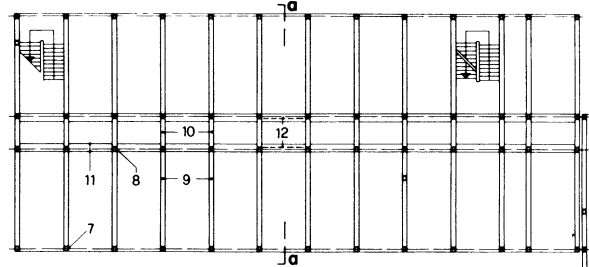
Перекрытия: в продольном направлении балки перекрытий соединены уложенными по ним монолитными плитами толщиной 12 см. Сдвигающие усилия в стыках



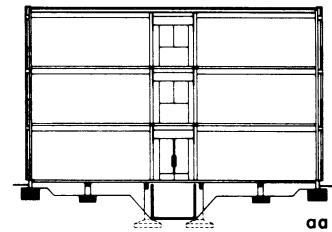
Здание Института химии пищевых продуктов



План первого этажа. М 1:500

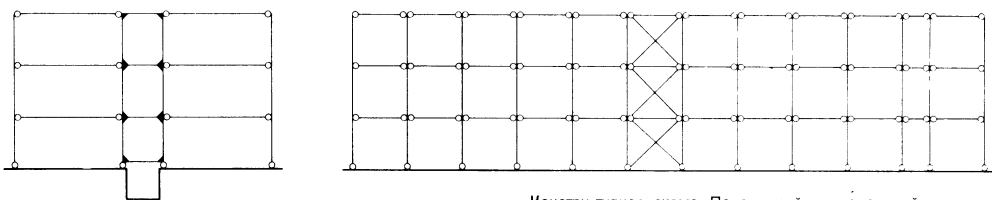


План балок первого этажа



Поперечный разрез здания

- 1 вестибюль
- 2 кабинет
- 3 холл
- 4 внутренний коридор
- 5 учебное помещение
- 6 лаборатория



Конструктивная схема. Поперечный и продольный разрезы

плит со стальными балками воспринимаются с помощью наваренных болтовых шпонок. Временная нагрузка на перекрытия учебных помещений 250 кгс/м², лабораторий 300 кгс/м².

Наружные стены: стеновые панели размерами 3,3×1,8 м на высоту этажа обрамлены вертикальными контурными профилями, которые крепятся к наружным колоннам. Окна с изолирующим остеклением; подоконные панели с листовыми обшивками и теплоизоляционным слоем из полиуретана между ними; на листы наружной обшивки нанесен слой пластмассы. Защиты от солнца наружными свертывающимися жалюзи.

Защита от коррозии стальных частей

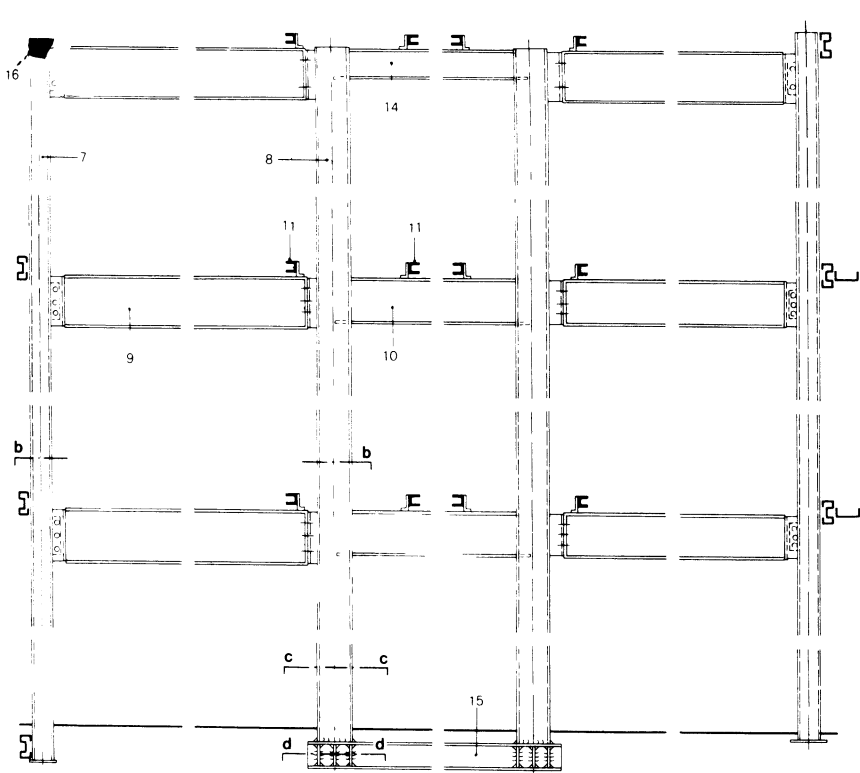
двухслойным покрытием из глицефталата с хроматом цинка.

Огнезащита: облицовка колонн и балок перекрытий плитами из асбеста с воздушной прослойкой толщиной 10 см. Защита несущего каркаса покрытия с помощью подвесного потолка из минераловатных плит.

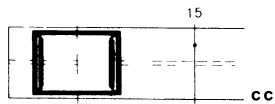
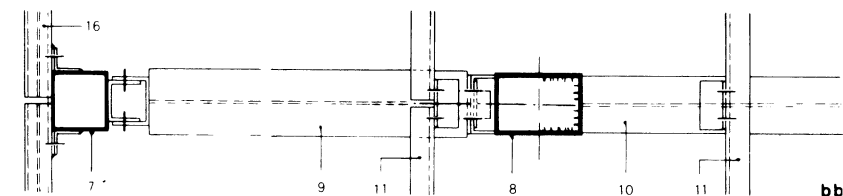
Основание на глубине до 3,5 м в виде ила и прочного глинистого слоя. Ленточный фундамент под подвалом; для бесподвальных зданий железобетонные опоры с продольными обвязочными балками.

Оборудование

Отопительное оборудование в подвальном этаже центрального здания, снабжение

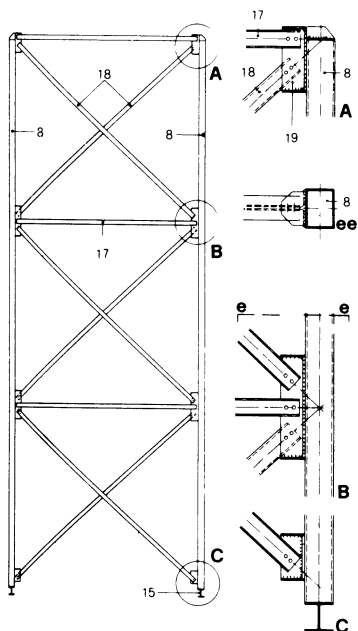


- 7 наружная колонна квадратного коробчатого сечения 120×120 мм
- 8 внутренняя колонна прямоугольного коробчатого сечения 180×130 мм
- 9 балки перекрытия из асимметричного I-профиля; верхняя полка—250×6 мм, стенка—250×6 мм, нижняя полка—140×18 мм
- 10 балка IPE 240 над внутренним коридором
- 11 продольная балка из I 50×50
- 12 крестовая связь
- 13 инженерные коммуникации
- 14 балка покрытия IPE 180
- 15 балка HE 140 A над проходом с инженерными коммуникациями
- 16 контурное обрамление для примыкания стеновых панелей
- 17 горизонтальный элемент из 2[80×50×4
- 18 раскос I 80×50×4
- 19 фасонка 1/2 IPE 300
- 20 бетонная плита
- 21 цапфа
- 22 соединительный элемент примыкания
- 23 вертикальный контур
- 24 полосовая подкладка
- 25 прикрывающий профиль из алюминиевого сплава
- 26 горизонтальное раздвижное окно
- 27 направляющие свертывающих жалюзи
- 28 подоконные панели с обшивками из алюминиевых листов и средним слоем из полиуретана
- 29 огнезащитная облицовка



Поперечный и горизонтальный разрезы стального каркаса

Крестовые связи между внутренними колоннами



магистральным теплом от здания университета. Мощность отопительной системы 4 млн. ккал/ч. В лабораториях дополнительное воздушное отопление.

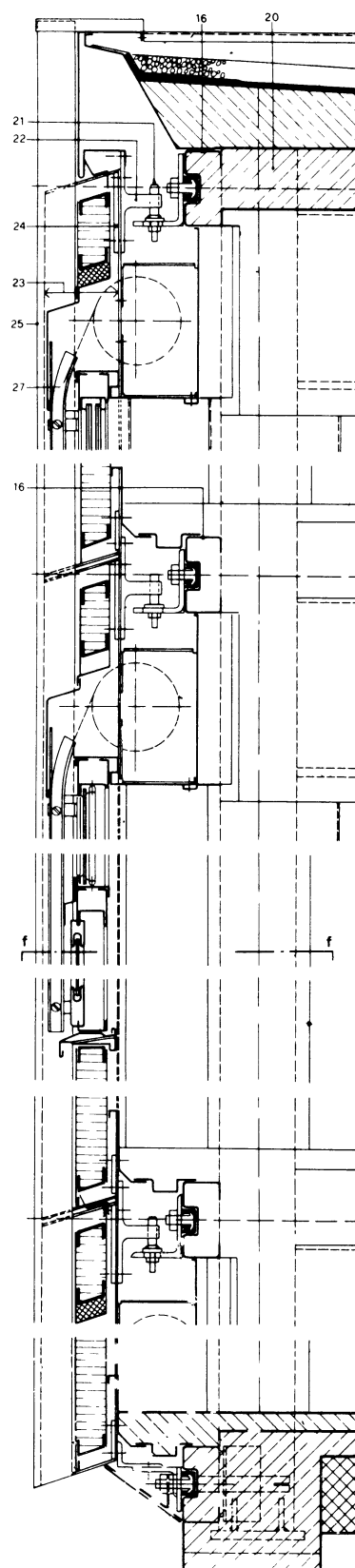
Площади и объем
 Общая площадь 20 600 м² Объем здания 60 000 м³

Расход стали
 Всего 650 т На 1 м² общей площади 31,6 кг
 На 1 м³ объема здания 10,8 кг

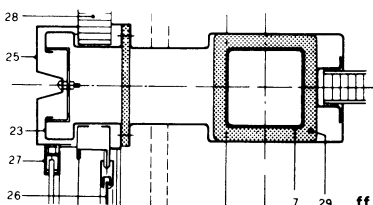
Стоимость (1969 г.) во французских франках

Общая стоимость строительства 17 млн.; 1 м³ объема здания — 283; 1 м² общей площади — 825.

Литература
 Chantiers coopératifs, Juni 1970.



Вертикальный разрез наружной стены, горизонтальный разрез с примыканием к наружным колоннам



31. Факультетские здания университета в Париже

Архитекторы: Р. Сиссел, У. Кассан, Р. Кулон, Е. Альбер, К. де Корчакоф (Париж). Расчет выполнен фирмой, возводящей стальные конструкции. Время строительства 1958—1973 гг.

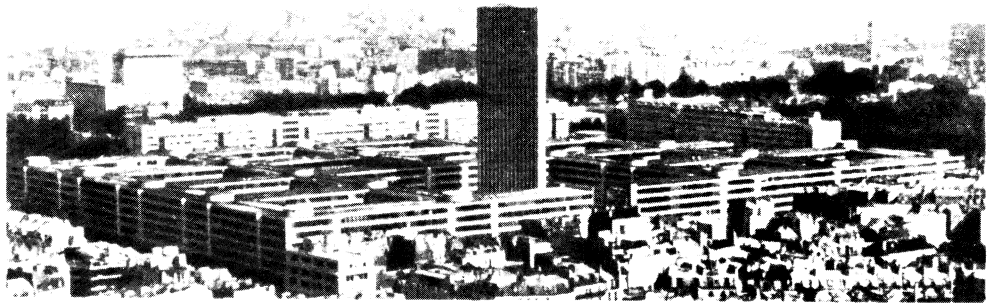
Комплекс зданий полезной площадью 400 000 м² для факультета естественных наук Парижского университета. Площадь застройки размерами 333×275 м разделена в каждом направлении на пять прямоугольных ячеек. В углах ячеек расположены цилиндрические железобетонные стволы для междуэтажного сообщения, которые соединены между собой пятиэтажными, приподнятыми над уровнем земли зданиями. Благодаря этому сформировался комплекс зданий с 22 внутренними дворами, причем внутренний двор главного входа с диагонально поставленным административным высотным зданием занимает четыре ячейки.

Под несколькими дворами расположены подземные помещения для вычислительного центра, ускорителя заряженных частиц и подземного гаража. В первом этаже здания открытые площади и лекционные залы, заглубленные частично в подвальный этаж; в пяти верхних этажах коротких здании учебные помещения; относящиеся к этому факультету институты и лаборатории размещены в пяти этажах соседних более длинных зданий. В двух подвальных этажах техническое оборудование, склады и архив. В каждом из 33 стволов для междуэтажных сообщений размещены две винтовые лестницы, один пассажирский и один грузовой лифт, а также шахта для санитарно-технического оборудования. Станция метро — около главного входа.

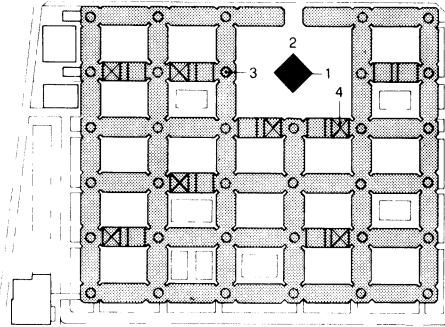
Размеры в плане длинных зданий 53,6×18 м, коротких зданий 41,6×18 м; высота над уровнем земли 22,5 м. Высота первого этажа 5,5 м, высота помещений 3,5 м; высота верхних этажей 3,4 м, высота помещений 2,94 м. Диаметр стволов 9,5 м.

Конструкция

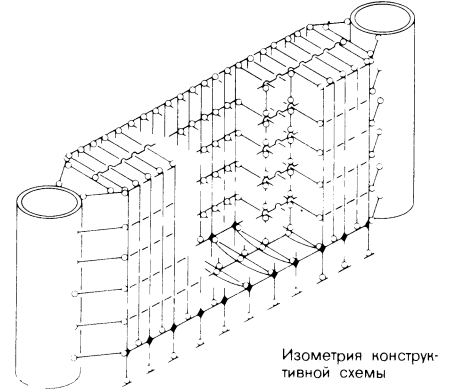
На железобетонные конструкции подвальных этажей опираются заключенные между двумя бетонными стволами стальные несущие конструкции зданий, состоящие из трубчатых колонн перед обоими продольными наружными стенами и поперечных балок перекрытий. Во всех верхних этажах по продольной оси размещены центральные прогоны над шарнирно-опертыми стойками, которые в уровне перекрытия первого этажа опираются на поперечные балки с верхним прямолинейным и нижним выгнутым вниз поясом. Рандбалки перекрытий первого этажа опираются на каждую вторую наружную колонну. Шаг трубчатых колонн в верхних этажах 3 м, шаг балок перекрытий 1,5 м.



План зданий 1—высотное здание, 2—парадный двор, 3—ствол для междуэтажных сообщений, 4—лекционный зал

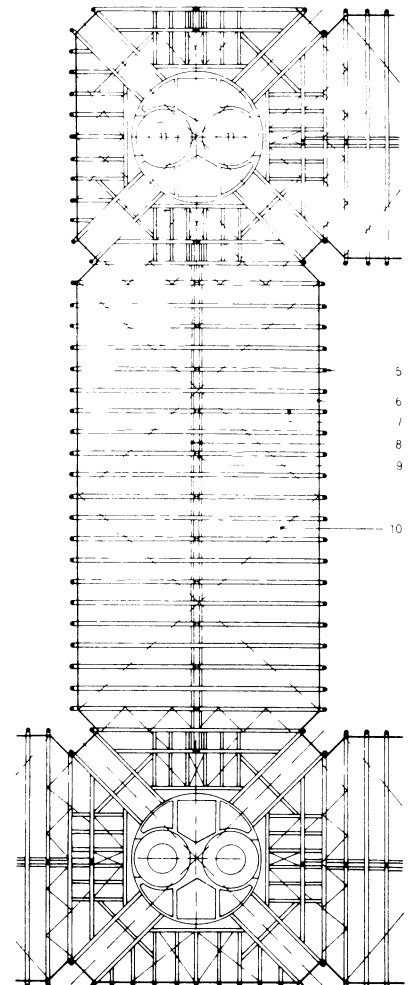


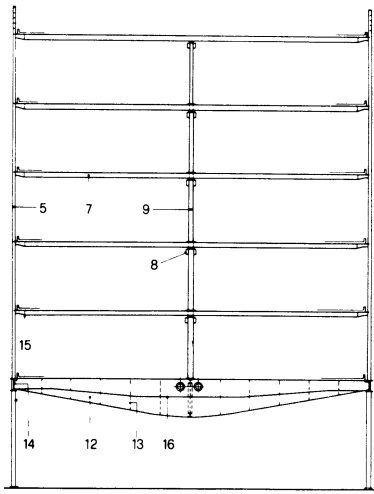
Административное высотное здание



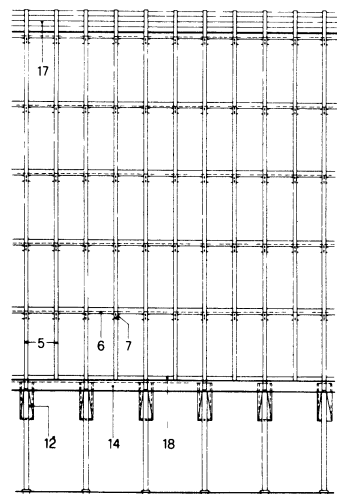
Изометрия конструктивной схемы

План балок типового этажа между двух стволов

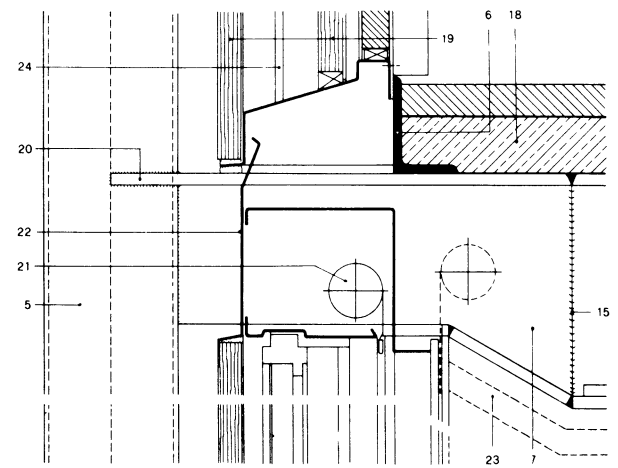




Поперечный разрез крыла здания



Фрагмент наружной стены



Вертикальный разрез наружной стены с примыканием балок к наружным колоннам

Ветровые нагрузки передаются через диски перекрытий на бетонные стволы благодаря непосредственному опиранию балок перекрытий на стены стволов. Упругие прокладки между концами балок и обетонированными анкерными плитами упруго воспринимают ветровые порывы и допускают изменение длины здания до 8 мм вследствие колебаний температуры.

Наружные колонны трубчатого профиля: в первом этаже диаметром 219 мм, толщина стенок 25 мм, шаг 3 м; в верхних этажах — диаметром 168 мм, толщина стенок 6,3 и 4,5 мм, шаг 1,5 м. Полости трубчатых колонн были заполнены цементным раствором на мелкозернистом песке с целью противопожарной защиты и поглощения шума при монтаже. Рандбалки над первым этажом из HE 600 А. Балка с верхним прямолинейным и нижним выгнутым вниз поясом имеет сварное коробчатое сечение; высота ее в середине пролета 1760 мм, ширина 700 мм; высота у опор 500 мм, ширина 250 мм. Поперечные балки из HE 300 А, центральный прогон из двух швеллеров высотой 260 мм, средние стойки из двутаврового профиля, который уменьшается в размерах от нижних этажей к верхним.

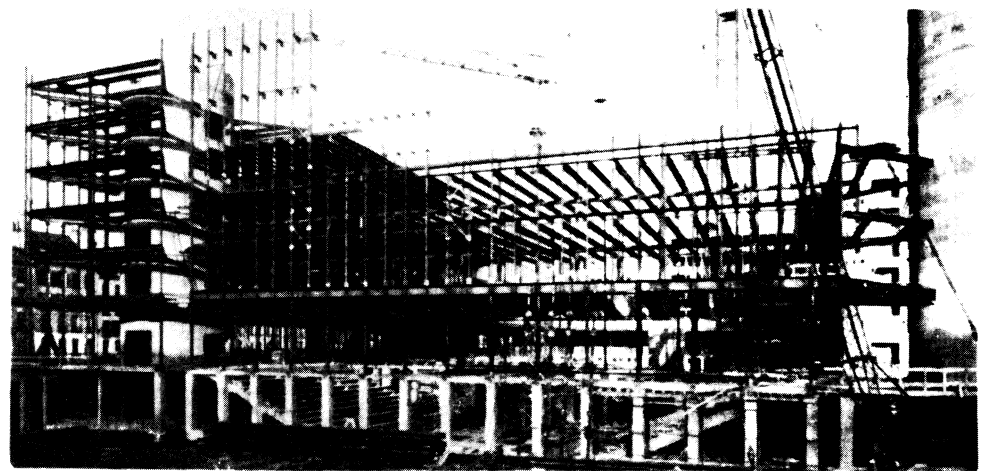
Перекрытия: по поперечным балкам уложены монолитные бетонные плиты толщиной 7 см; временная нагрузка на перекрытия 500 кгс/м². Ветровые нагрузки передаются через болтовые шпонки на балки, которые присоединяются к бетонному стволу. Подвесной потолок с лучистым отоплением.

Наружные стены: рамные элементы высотой в один этаж, шириной 1,5 м крепятся к поперечным балкам перекрытий. Подоконные панели с теплоизоляционным слоем облицованы мраморными плитами толщиной 3 см с воздушной прослойкой за ними.

Раздвижное окно с вертикальными направляющими рельсами на оконных стой-

ках. При открывании оно опускается снаружи перед подоконной панелью. Стыки между стеновыми элементами закрыты по горизонтали стальными листами, а по вертикали мраморными плитами шириной 30 см.

Монтаж несущих стальных конструкций между двух стволов



- 5 наружные колонны \varnothing 219 и 168 мм
- 6 рандбалка
- 7 поперечная балка HE 300 А
- 8 центральный прогон 2 [260
- 9 центральная стойка
- 10 монтажные связи
- 11 винтовая лестница
- 12 балка с верхним прямолинейным и нижним выгнутым вниз поясом
- 13 поперечная диафрагма
- 14 рандбалка HE 600 А
- 15 монтажный стык
- 16 подвесной потолок
- 17 защитное ограждение
- 18 бетонная плита
- 19 мраморная плита
- 20 верхняя полка балки перекрытия
- 21 противосолнечные жалюзи
- 22 стальной лист
- 23 подвесной потолок
- 24 направляющий рельс

Основание: верхний слой грунта основания из песка, гальки и мергеля с низкой несущей способностью. Сваи длиной 36 м оперты на известняковый грунт. Под каждым стволом 12 железобетонных буровых свай диаметром 42 см.

Площади и объем (без высотного здания)

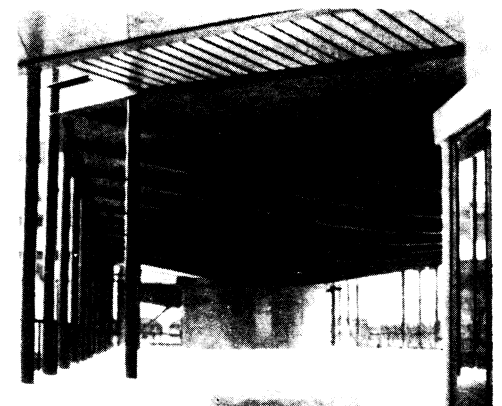
Общая площадь	205 578 м ²	Перекрытая площ.	34 263 м ²
Полезная площадь	158 395 м ²	Объем зданий	788 049 м ³

Расход стали (без высотного здания)

Всего	22 400 т	На 1 м ² общей площади	109 кг
На 1 м ³ объема	28,4 кг		

Литература
Acier-Stahl-Steel 5/1967, S. 199.

Балка с выгнутым вниз нижним поясом над первым этажом



32. Здание факультета электротехники Высшей технической школы в Делфте (Нидерланды)

Архитекторы и инженеры: И. П. ван Бругген, Г. Дрекхаге, И. И. Стеркенбург, А. Бодон (Роттердам). Время строительства 1964—1969 гг.

Двадцатитрехэтажное здание с помещениями для различных кафедр, лабораторий и практических занятий. Расположение помещений с обеих сторон центрального рекреационного коридора; возможна гибкая планировка помещений. По продольным сторонам здания во всех этажах расположены балконы шириной 1 м, закрытые снаружи остеклением. В этих наружных галереях перед подоконными панелями размещены инженерные коммуникации, обеспечивающие деятельность лабораторий. К коммуникациям имеется свободный доступ, поэтому они могут легко заменяться или дополняться. Антенное устройство для исследовательских целей размещено на покрытии здания, огражденном парапетом высотой 2 м. В первом этаже вестибюль и коридор к лекционным залам, размещенным в пристройке. В подвальном и чердачном этажах технические помещения.

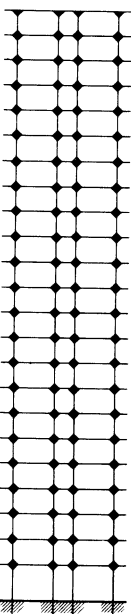
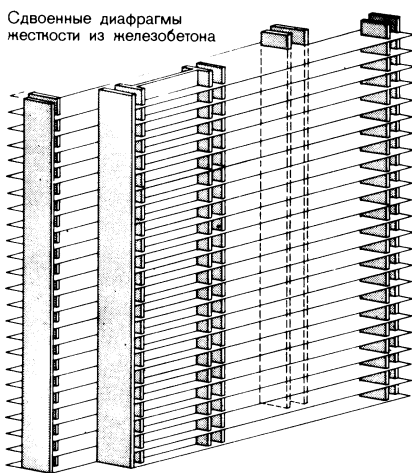
Сообщение между этажами с помощью четырех пассажирских и грузовых лифтов. Две лестничные клетки на обеих торцовых сторонах здания.

Здание в плане имеет форму двух смежных в продольном направлении, расположенных рядом прямоугольников. Наружные размеры 82,5×17,5 м. Высота над уровнем земли 89,7 м; высота подвального этажа 4,5 м, высота помещения 4,2 м; высота первого этажа 5,2 м, высота помещения 4,45 м. Со 2-го по 23-й этажи: высота этажа 3,75 м, высота помещений 3,25 м.

Стальной каркас из колонн и балок перекрытий в обоих направлениях между пятью двойными диафрагмами жесткости из железобетона. Диафрагмы, установленные на четырех торцовых сторонах и перед лифтовыми шахтами, обеспечивают жесткость здания в поперечном направлении совместно с поперечными рамами стального каркаса. Жесткость здания в продольном направлении обеспечивается задней стенкой шахты четырех расположенных рядом лифтов.

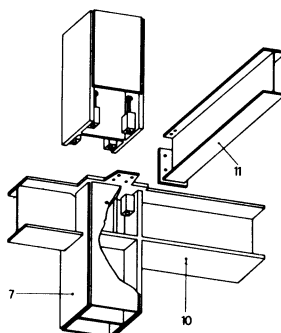
Колонны из двутавровых профилей, максимальная нагрузка на них 500 тс. Шаг колонн в продольном направлении 4,05 м, в поперечном направлении 5,87; 2,91 и 5,87 м. На поперечные балки из HE 300 А опираются монолитные железобетонные плиты толщиной 10 см, рассчитанные на временную нагрузку 500 кгс/м². Огнезащита колонн обеспечена перлитогипсовой штукатуркой толщиной 3 см по стальной сетке.

Основание: фундамент из 686 свай

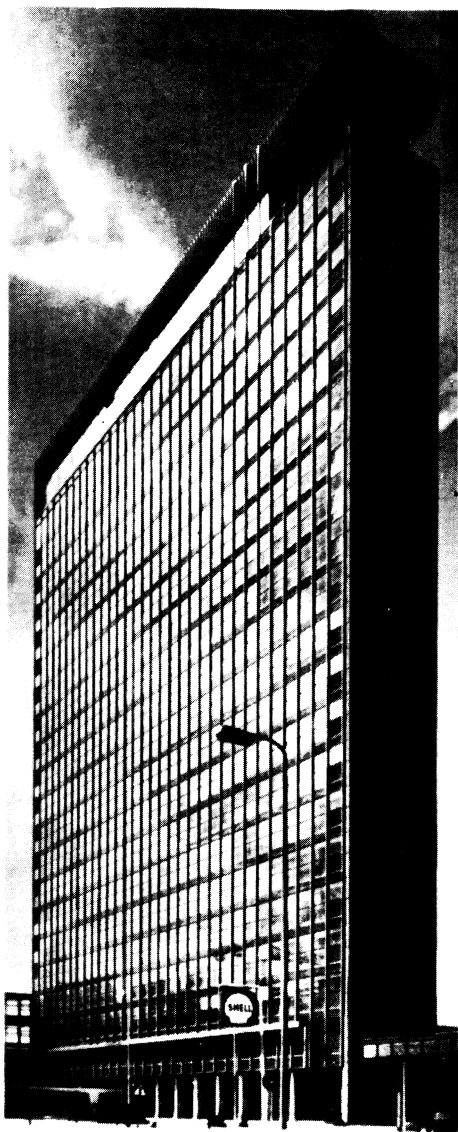


Расчетная схема. Поперечный разрез

- 1 наружное остекление
- 2 наружная галерея
- 3 инженерные коммуникации
- 4 внутреннее остекление
- 5 индукционное устройство
- 6 железобетонное перекрытие
- 7 колонна 340×340 мм
- 8 рандбалка
- 9 сборная плита
- 10 балка перекрытия HE 300 А
- 11 продольная балка
- 12 железобетонная диафрагма



Узловая деталь поперечной рамы



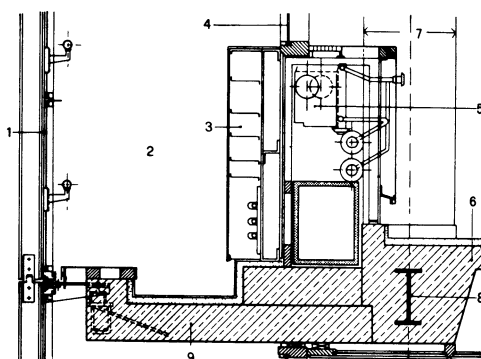
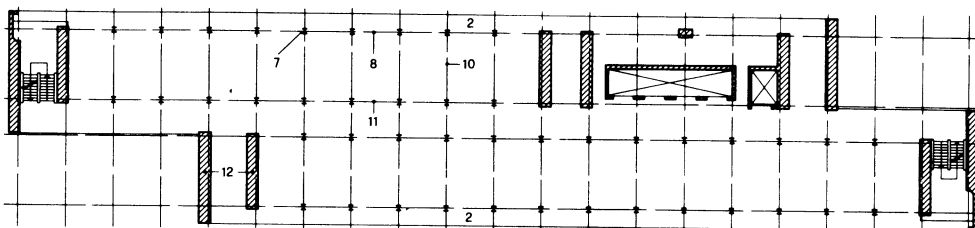
Вертикальный разрез подоконной панели и балкона (наружной галереи)

длиной 12 м; несущая способность каждой сваи 100 тс; подвальный этаж имеет жесткую на кручение железобетонную коробчатую конструкцию.

Вентиляция помещений приборами с эжекционными устройствами. Вентиляция наружных галерей вентиляторами, обслуживаемыми по три этажа; общая производительность на западной стороне 30000 м³/ч, на восточной — 9000 м³/ч.

Расход материалов	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	1650 т	15 209 м ³	1496 т
На 1 м ³ объема здания	14,2 кг	0,131 м ³	12,9 кг
На 1 м ² общей площади	54 кг	0,497 м ³	48,8 кг

План балок типового этажа М 1 650



Литература

Bouw 2/1968, S. 42 und 23/1971, S. 904 — Bouwen met Staal 2/1968, S. 2

33. Выставочный павильон промышленного предприятия в Ганновере

Архитекторы: «Хентрих, Печнигг и К°» (Дюссельдорф). Инженер Деллинг (Мюльгейм). Время строительства 1970—1971 гг.

Два параллельно смещенных друг относительно друга корпуса общей выставочной площадью 690 м². В подвальном этаже лекционное помещение на 200 человек, буфет, кухня, склад и технические помещения. В свободном от колонн первом этаже площадь для выставок.

Главная лестница между двумя корпусами, дополнительная винтовая лестница между первым и вторым этажами. Вертикальная проводка инженерных коммуникаций в полостях колонн.

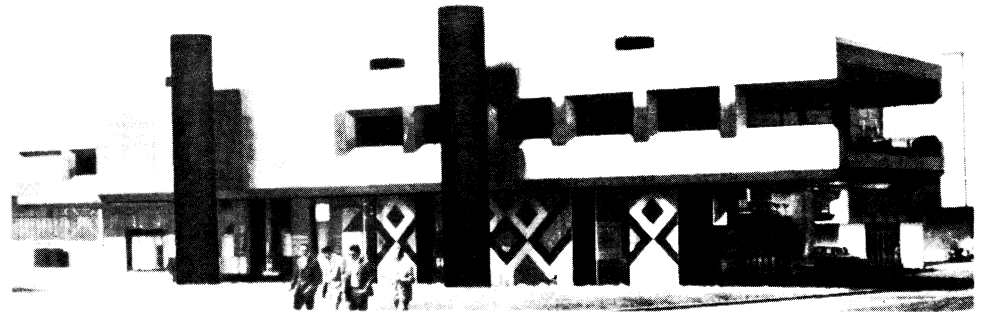
Наружные размеры выставочных корпусов в плане 49×10,8 м и 35×10,8 м. Высота над уровнем земли 8,5 м; высота первого этажа 4,57 м, высота помещения 3,82 м; высота второго этажа 3,83 м, высота помещения 2,75 м.

Конструктивное решение выставочного павильона четко выражено в конструкции верхнего этажа, который подвешен между тремя рядами стальных цилиндрических колонн. Первый этаж свободно перекрыт и на узких сторонах перекрытие образует консоли длиной 7 или 14 м. Две балки Виренделя высотой на этаж, размещенные в плоскостях продольных стен, связанные поперечными балками в уровнях перекрытия и покрытия и шарнирно присоединены с помощью консолей к трем или двум колоннам на каждой продольной стороне. Шаг колонн в обоих направлениях 14 м. Жесткость покрытия обеспечивается горизонтальными связями в продольном направлении и поперечными связями, поставленными в крайних панелях. Жесткость перекрытия обеспечивается стальными профилированными листами настила. Ветровые нагрузки воспринимаются восемью наружными колоннами.

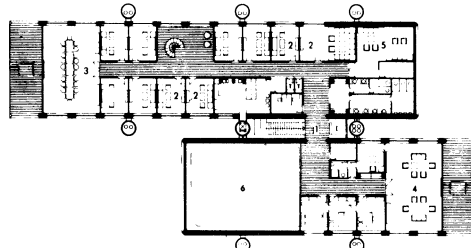
Цилиндрические колонны сварены из листов толщиной 15 мм. Диаметр колонн 1800 мм, жесткость обеспечивается диафрагмами. Балки Виренделя высотой 4,24 м из сварных двутавровых профилей; пояса высотой 620 мм, вертикальные стойки из HE 600 M, шаг стоек 3,5 м. Так как балки Виренделя для удобства транспортирования должны были быть расчленены, вертикальные стойки на середине высоты имеют шарнирное соединение. Поперечные балки из IPE 450, шаг по осям балок 1,75 м, соединения болтовые. Временная нагрузка на перекрытие второго этажа 275 кгс/м².

Наружные стены: первый этаж застеклен; во втором этаже балки Виренделя облицованы листами из нержавеющей стали.

Воздушное отопление с подачей свежего воздуха во время работы выставок, в ос-



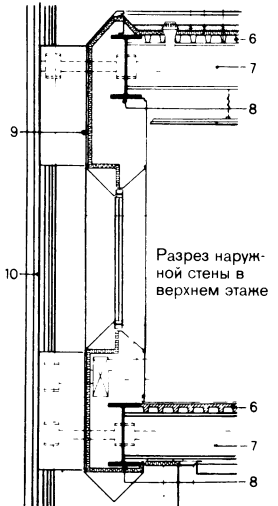
Продольная сторона короткого павильона



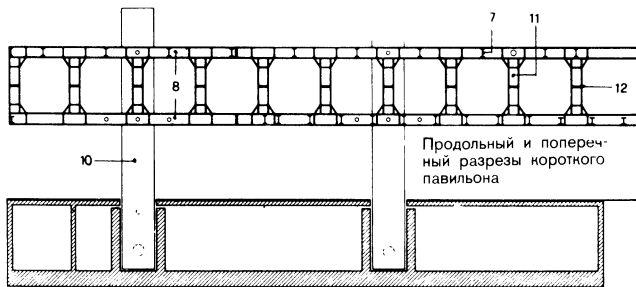
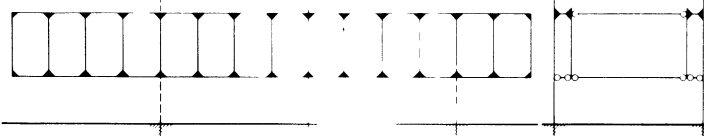
План верхнего этажа (М 1:800) 1 главная лестница, 2 помещение для переговоров, 3 конференц-зал, 4 зал для приемов, 5 общая комната, 6 воздушный промежуток в перекрытии первого этажа

- 6 профилированный лист
- 7 поперечная балка IPE 450
- 8 верхний и нижний пояса балки Виренделя
- 9 облицовка нержавеющей сталью
- 10 стальные колонны Ø 1800 мм
- 11 стойки балки Виренделя
- 12 шарнирный стык

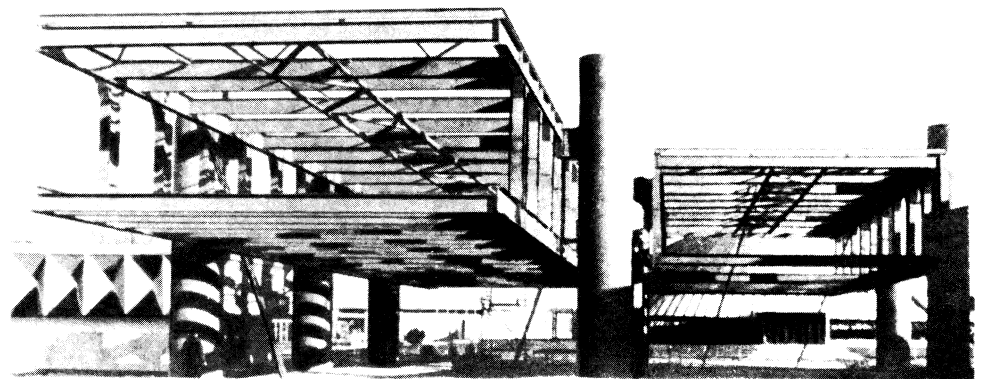
Конструктивная схема. Продольный и поперечный разрезы



Разрез наружной стены в верхнем этаже



Продольный и поперечный разрезы короткого павильона



Стальные конструкции верхнего этажа, подвешенные между цилиндрическими стальными колоннами

тальное время циркуляция воздуха со средней температурой 5° C; расход воздуха 40 000 м³/ч. Оборудование для газового отопления производительностью 750 000 ккал/ч.

Литература

Acier-Stahl-Steel 1/1972, S. 1. – Bauen+Wohnen 12/1971 S. 560 – Deutsche Bauzeitschrift 4/1972, S. 613 – Detail 4/1971, Konstruktionsstafel. – Zentralblatt für Industriebau 7/1971, S. 246. – Element + Fertigbau 8/1971.

Площадь и объём		
Общая площадь	3150 м ²	Перекрытая площадь
Полезная площадь	2250 м ²	Объём здания

Расход материалов	Сталь			Бетон		Арматурная сталь	
	т	кг	м ³	м ³	т	кг	кг
Всего	400	1600	150				
На 1 м ³ объёма здания	32	нг	0,128			12	кг
На 1 м ² общей площади	1270	нг	0,508			47,6	кг

34. Павильонная группа для выставок в Торонто

Архитекторы: Крейг, Цайдлер, Стронг (Торонто). Расчет выполнен объединением «Гордон Даудил» (Скарборо). Время строительства 1968—1971 гг.

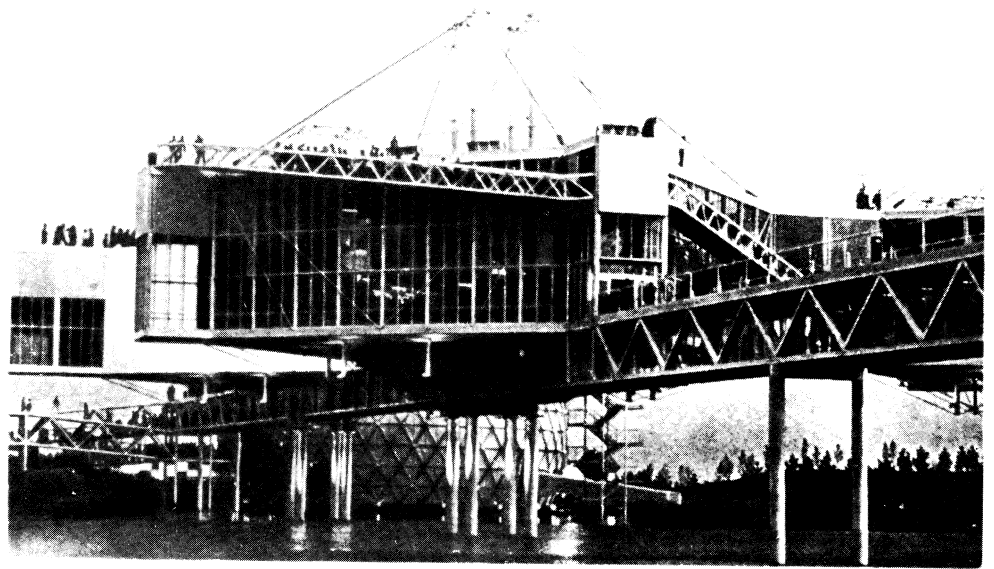
Комплекс из пяти павильонов для выставок и развлечений размещен на трех искусственно насыпанных островах в бухте оз. Онтарио. Павильоны возвышаются над водой и расположены таким образом, что соединительные мосты между ними и островами подходят к углам квадратных в плане корпусов.

В одном павильоне ресторан и банкетный зал, в остальных четырех павильонах выставочные помещения площадью 3000 м². Пешеходные мостики размещены в различных плоскостях и перекрещивают павильоны в обоих диагональных направлениях; на углах и боковых сторонах павильонов наружные лестницы и площадки. Главный проход к павильонам со стороны суши через двухъярусный мост, нижний ярус которого остеклен. Над диагональными пешеходными мостиками расположены галереи для инженерных коммуникаций и киноаппаратуры.

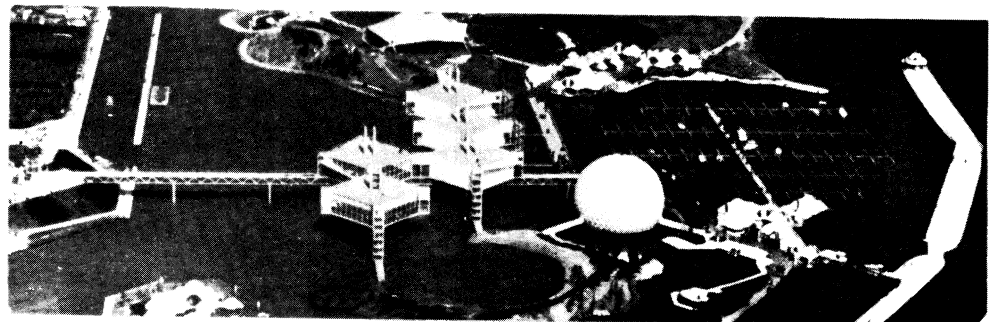
Наружные размеры павильона в плане 27,5×27,5 м; высота 9,72 м. Высота павильона без пешеходного мостика 7,3 м, высота в свету над диагональным мостиком 2,3 м. Павильоны подвешены к колоннам высотой 32 м и приподняты на 10,3 м над поверхностью воды.

В центральной части каждого павильона по углам квадрата со стороной 3,55 м размещены четыре трубчатые колонны диаметром 762 мм. На эти колонны на высоте 20 м над водной поверхностью опираются четыре пары ферм, соединяющих углы квадратных в плане павильонов. Концы ферм поддерживаются наклонными вантами, прикрепленными к вершинам колонн. Верхние пояса ферм соединены рандбалками, а также балками перекрытий в продольном и поперечном направлениях.

Балки перекрытий в центральной части опираются на четыре трубчатые колонны, а по контуру прикреплены к концам ферм с помощью вертикальных и наклонных подвесок, размещенных в плоскостях наружных стен. Снизу балки перекрытия подкреплены напрягаемыми открытыми шпренгелями. На стальные балки коробчатого сечения уложены стальные профилированные листы, а по ним слой бетона толщиной 13 см; временная нагрузка на перекрытия 488 кгс/м². Через диски перекрытий и горизонтальные крестовые связи между соседними фермами ветровые нагрузки передаются на четыре трубчатые колонны, которые заделаны в опускные колодцы и соединены между собой связями.

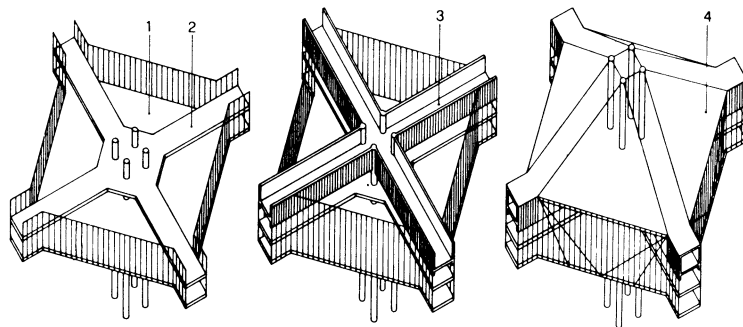


Павильон с переходным мостом к берегу



Комплекс сооружений выставки

Общий вид различных рабочих плоскостей павильона

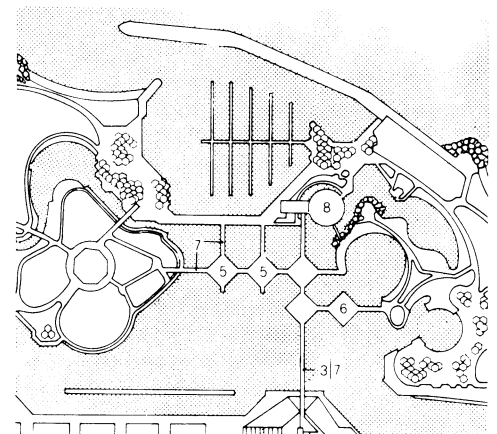


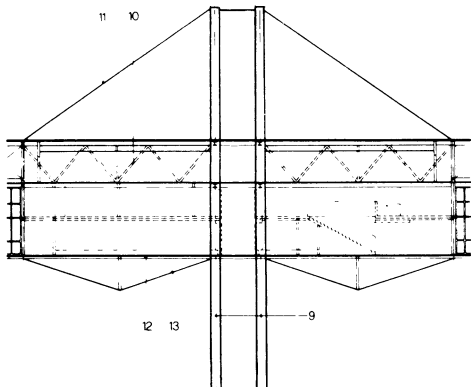
- 1 выставочное помещение
- 2 пешеходный мостик
- 3 галерея для инженерного оборудования
- 4 смотровая площадка на покрытии
- 5 выставочный павильон
- 6 ресторан
- 7 мост на берег
- 8 кинотеатр в сферическом куполе

Фермы: высота 3,64 м, пролет 15,5 м. Верхний пояс из широкополочного профиля 254×153 мм, раскосы из прямоугольных трубчатых профилей 153×102 мм. Между фермами, размещенными на расстоянии 3,55 м друг от друга, проходят каналы с инженерными коммуникациями. К фермам подвешены пешеходные мостики.

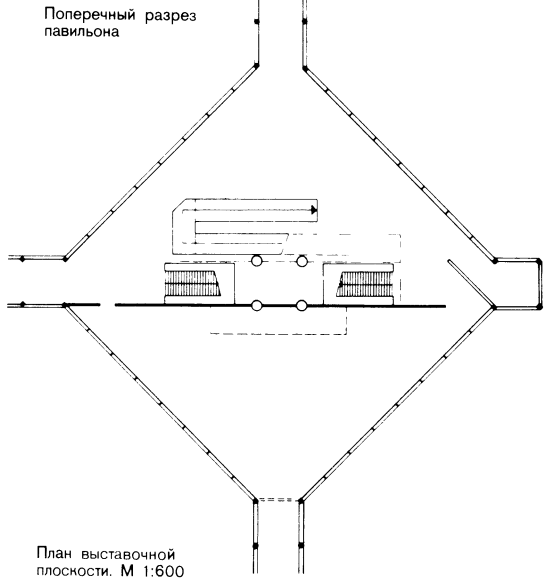
Наружные стены: обычное остекление в алюминиевых переплетах, глухие участки стен из панелей толщиной 9 см с металлическими листовыми наружными обшивками и теплоизоляционными плитами с внутренней стороны.

Генплан. М 1:8000



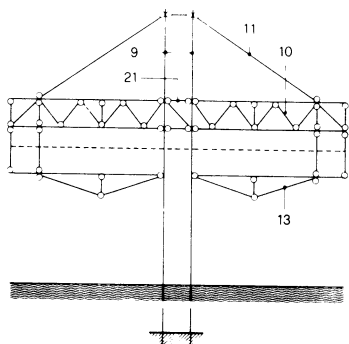


Поперечный разрез павильона

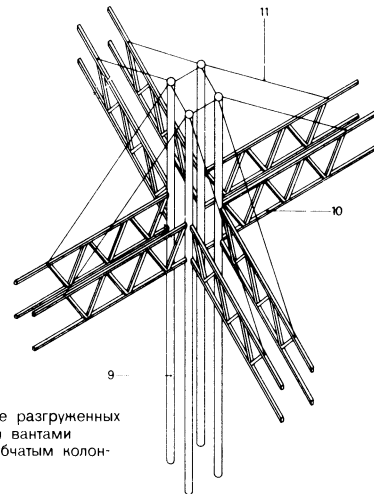


План выставочной плоскости. М 1:600

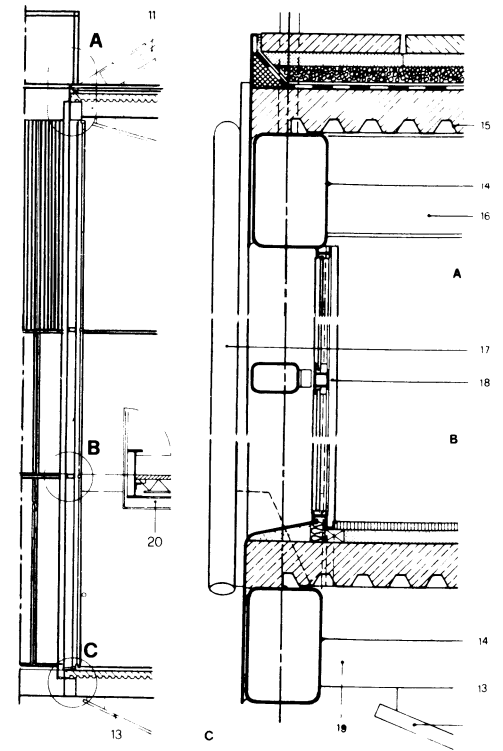
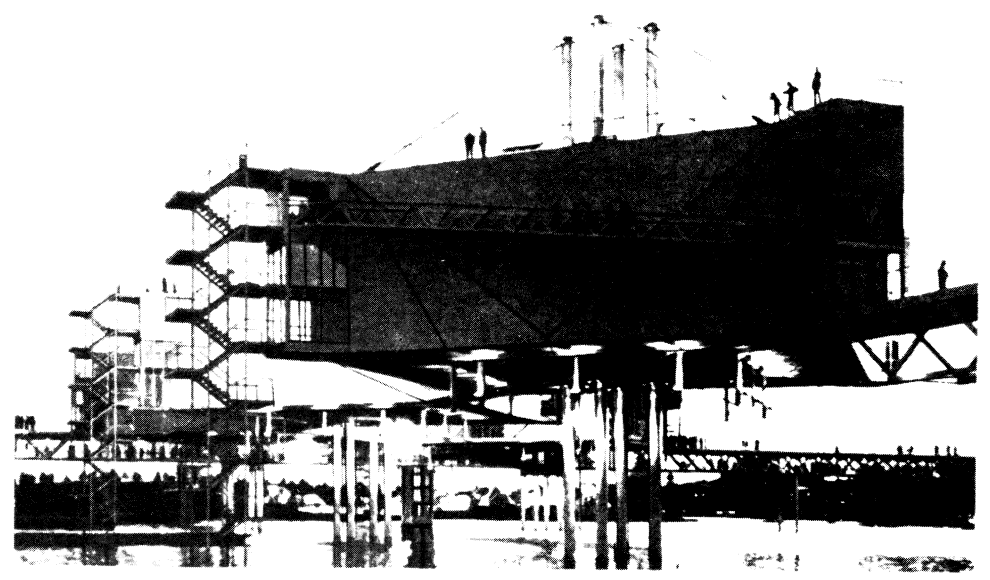
Конструктивная схема. Разрез по диагонали



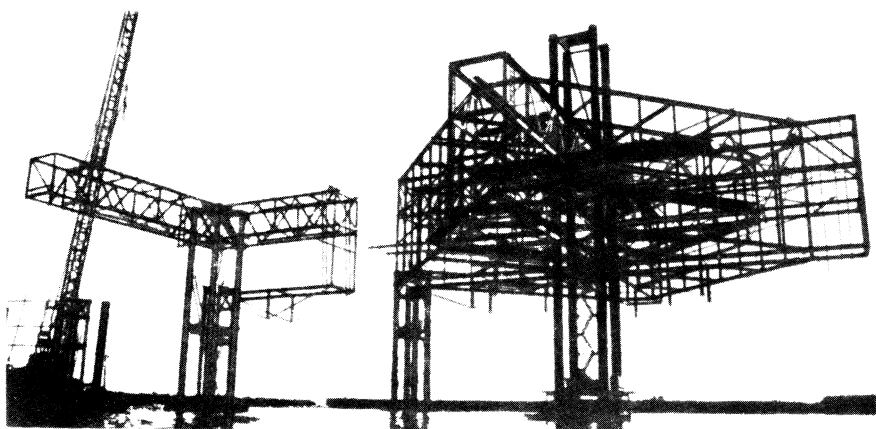
- 9 стальные колонны 162 мм
- 10 сварные фермы
- 11 ваны
- 12 балка перекрытия
- 13 шпренгель
- 14 рандбалка прямоугольного коробчатого сечения 305×203 мм
- 15 профилированный лист
- 16 балка перекрытия из I-профиля 254×254 мм
- 17 наклонный трубчатый профиль \varnothing 102 мм
- 18 алюминиевая рама
- 19 балка квадратного коробчатого сечения 254×254 мм
- 20 промежуточный этаж
- 21 ветровая связь из двутавра



Примыкание разгруженных наклонными ваннами ферм к трубчатым колоннам



Вертикальный разрез наружной стены и детали



Площади и объём

Общая площадь	11400 м ²	Выставочная площадь	3 000 м ²
Перекрытая площадь	6233 м ²	Объём	77 533 м ³

Расход материалов

	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	1315 т	1220 м ³	300 т
На 1 м ³ объёма	16,9 кг	0,016 м ³	4,6 кг
На 1 м ² общей площади	115 кг	0,107 м ³	31,6 кг

Стоимость в долларах
 Общая стоимость строительства 6,1 млн. 1 м³ объёма – 78, 1 м² общей площади – 533

Литература
 The Architect Forum 7-8/1971, S 31 – I Architecture d'Aujourd'hui 1972 Heft 162 S 54

35. Ресторан над автострадой около Монтепульчано (Италия)

Архитектор А. Бианчетти (Милан). Расчет выполнен фирмой, возводящей стальные конструкции. Время строительства 1966 г.

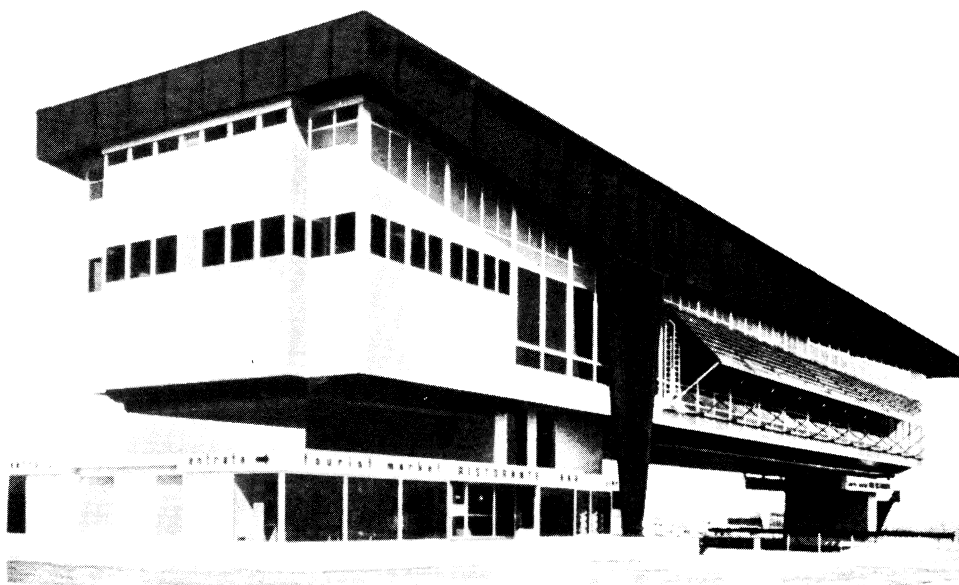
Двухэтажное сооружение над автострадой.

Вход с обеих сторон автострады над ядрами жесткости с двумя лифтами и двумя лестницами. К одному ядру жесткости примыкает плоское одноэтажное сооружение с помещениями для отопительного оборудования и установки для кондиционирования воздуха.

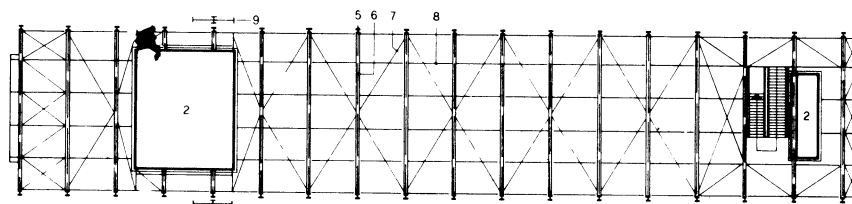
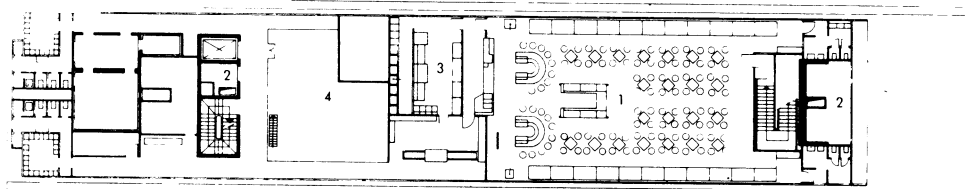
Наружные размеры сооружения в плане 79,5×15 м; высота над уровнем земли 16,15 м, высота над автострадой в свету 5,5 м. Высота первого этажа 4,38 м, высота помещения 3,8 м; высота второго этажа 4,45 м, высота помещения 2,75 м.

Здание в виде моста состоит из двух несимметричных Т-образных рам, которые расположены поперек автострады. Их ригели консольно выступают в одну сторону за стойки рам на 17,5 м; с другой стороны они опираются на железобетонное ядро жесткости и консольно выступают за опору на 14 м. В уровне покрытия ригели рам соединены поперечными балками, размещенными с шагом 4 м, к которым подвешены оба этажа. Стойки и ригели рам представляют собой сварные элементы со сплошной стенкой из атмосферостойкой стали. Высота ригеля от 3800 мм в узле рамы до 1700 мм на концах консолей, ширина пояса 900 мм. Жесткость стенок обеспечивается путем приварки вертикальных ребер жесткости в зоне опирания поперечных балок. Стойки рам, усиленные таким же способом, суживаются от узлов рамы к опорным шарнирам, покоящимся на бетонных фундаментах. Поперечные балки изготовлены со сплошной стенкой наибольшей высотой в середине пролета 1410 мм. Поперечные балки над бетонным ядром жесткости, на которые свободно опираются ригели обеих рам, имеют коробчатое сечение.

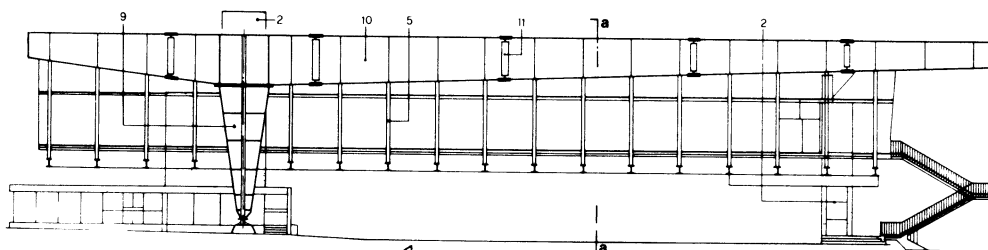
Поперечные балки верхних междуэтажных перекрытий, выполненные из прокатных профилей высотой 400 мм, подвешены к поперечным балкам покрытия с помощью контурных подвесок HE 160 В, размещенных в плоскостях наружных стен, и двух внутренних подвесок HE 120 А. Поперечные несущие элементы нижнего перекрытия подвешены лишь с помощью контурных подвесок HE 160 В. Эти поперечные элементы представляют собой фермы пролетом 13,36 м, высотой 1300 мм. В обоих этажах по поперечным балкам уложены продольные балки IPE 220 с шагом 2,6 м, по ним стальной профилированный настил и слой



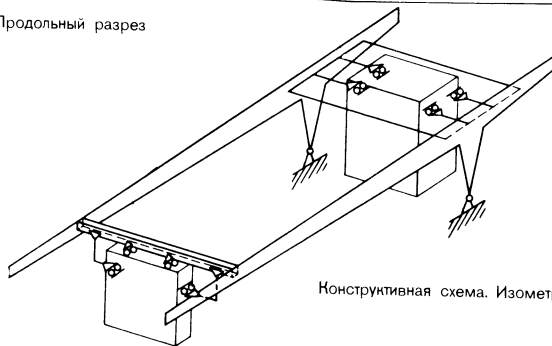
Ресторан в верхнем этаже. М 1:600



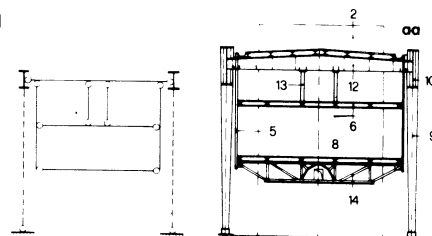
План балок
среднего
перекрытия



Продольный разрез



Конструктивная схема. Изометрия и поперечный разрез



Поперечный разрез

Площади и объём

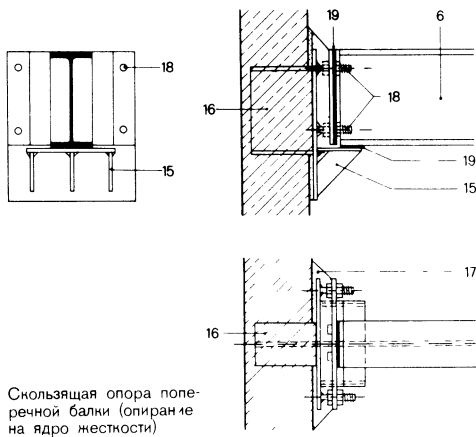
Общая площадь	2 240 м	Перекрытия площадь	950 м ²
Полезная площадь	1500 м	Объём здания	11 260 м ³

Расход стали

Всего	206 т	На 1 м ³ объёма здания	18,5 кг
На 1 м ² общей площади	92,9 кг		

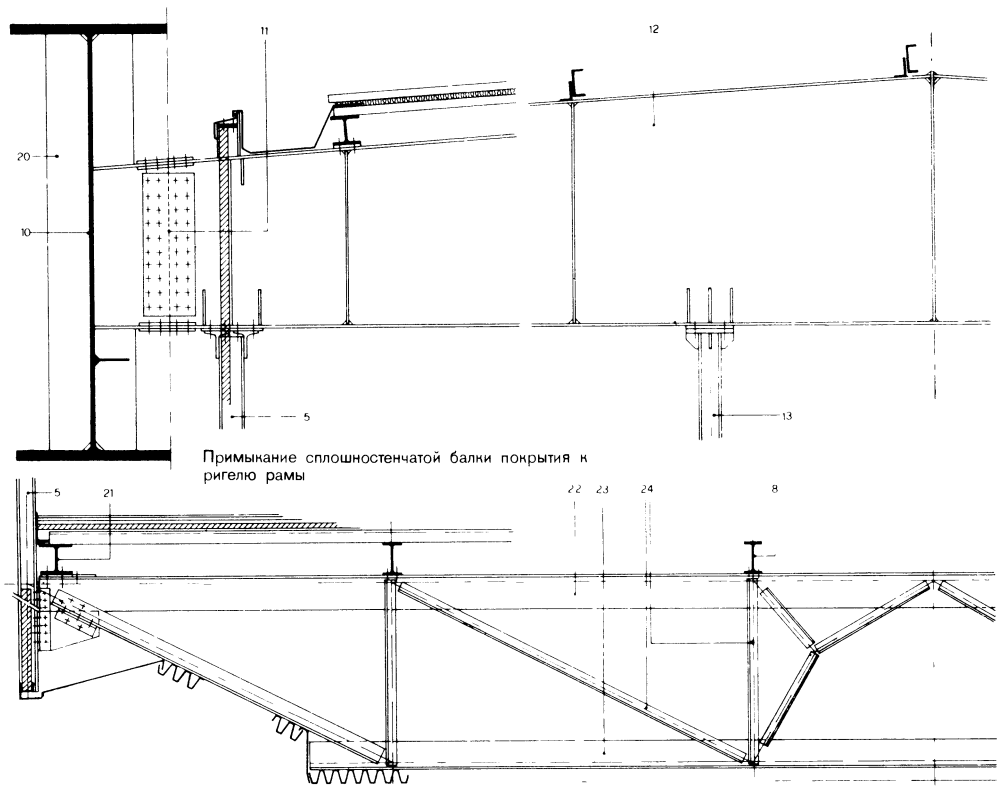
Литература

Costruzioni Metalliche 4/1967. — Acier- Steel 4/1971



Скользкая опора поперечной балки (опирание на ядро жесткости)

- | | |
|--|-------------------------------------|
| 1 ресторан | 12 балка со сплошной стенкой |
| 2 ядро жесткости со средствами междуэтажного сообщения | 13 подвеска HE 120 A |
| 3 кухня | 14 ферма |
| 4 кладовая | 15 опорная консоль |
| 5 подвеска HE 160 B | 16 забетонированный отрезок профиля |
| 6 поперечная балка I-профиля высотой 420 мм | 17 раствор |
| 7 ветровая связь | 18 регулировочные болты |
| 8 продольная балка IPE 220 | 19 подкладка из тefлона |
| 9 стойка рамы | 20 ребро жесткости |
| 10 ригель рамы | 21 рандбалка HE 220 A |
| 11 монтажный стык | 22 верхний пояс 1/2 IPE 500 |
| | 23 нижний пояс 1/2 IPE 400 |
| | 24 раскосы и стойки из 2 L 70x70x6 |



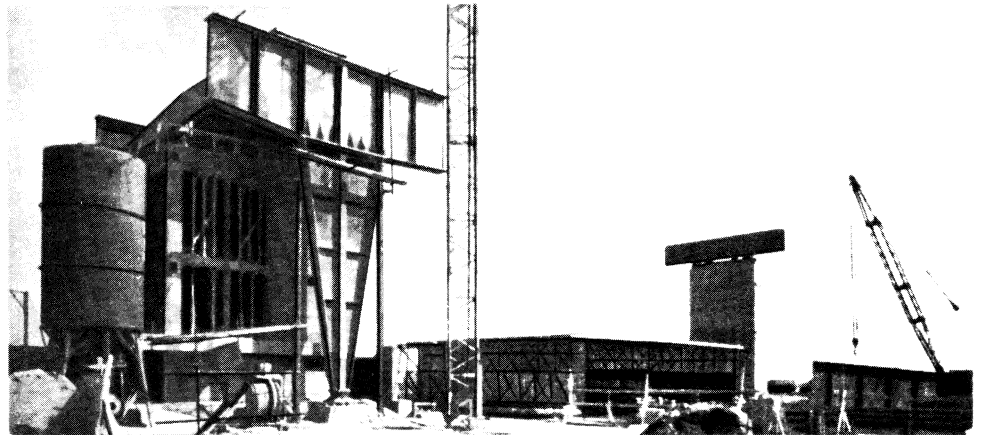
Примыкание сплошнотенчатой балки покрытия к ригелю рамы

Ферма нижнего перекрытия с примыканием подвески

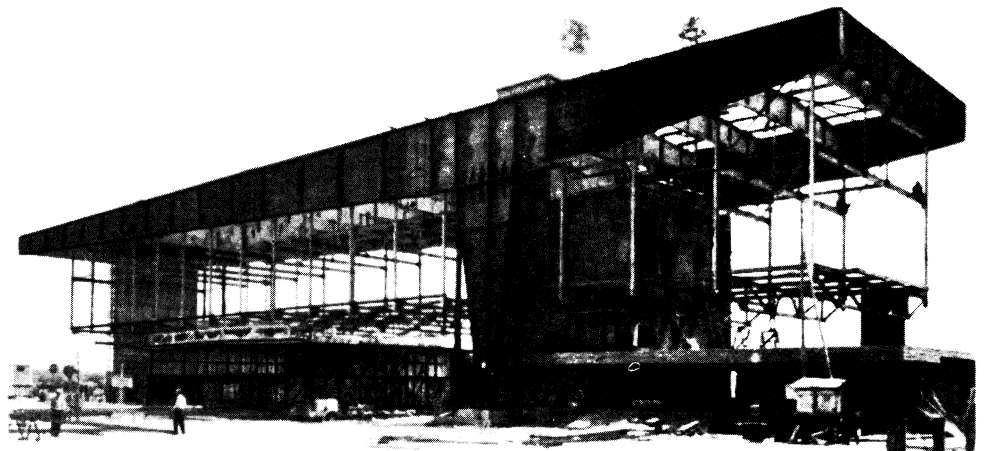
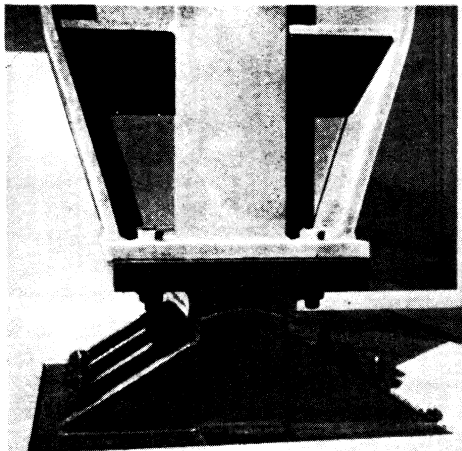
Инженерные коммуникации в перекрытии над торговыми помещениями



Установка T-образных рам



Шарнирная опора стойки рамы



36. Крытый гараж в Бремене

Архитектурная часть проекта: строительный отдел «Kafee HAG» (Бремен). Расчет выполнен фирмой, возводящей стальные конструкции. Время строительства 1970—1971 гг.

Семиэтажный гараж на 748 автомобилей для сотрудников одной фирмы. В первом этаже стоянки с собственным въездом и выездом для служебных машин; в полуподвальном этаже зал мойки с наклонным въездом, ремонтная мастерская и помещение техосмотра.

В шести верхних этажах гаража расположены места для стоянки автомобилей по обе стороны от двух параллельных проездов. Въезд по полуспиральному пандусу на торцевой стороне, выезд по полуспиральному пандусу на продольной стороне.

Две лестничные шахты, в одной из них дополнительно два лифта.

Наружные размеры здания в плане 78,06 × 32,77 м; высота над уровнем земли 20,8 м. Наружный радиус полуспиралей 11,6 м, радиус колеи 9,05 м, ширина колеи 3 м, уклон 9%.

Высота этажей высота помещений в свету: в первом этаже 3,8/3,07 и 2,65/2,1 м; во втором этаже 2,7/2,1 и 2,65/2,1 м; с третьего по шестой этаж 2,65/2,1 м; в седьмом этаже 2,95/2,23 и 2,82/2,1 м.

Конструкция

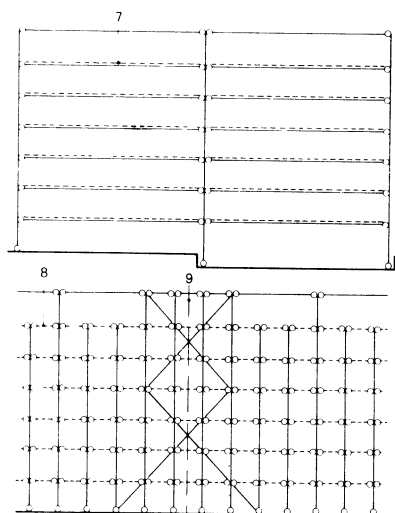
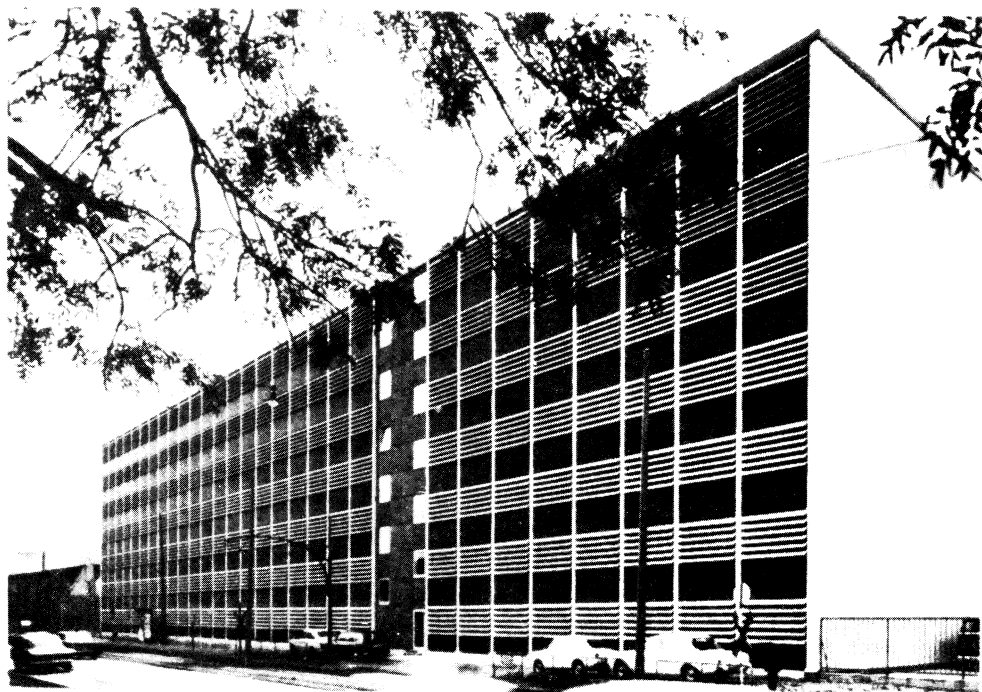
В соответствии с двухрядным расположением стоянок для автомобилей и проездом в каждом ряду шириной 6 м принята шарнирная стержневая система с двумя рядами колонн в плоскостях продольных наружных стен, одним рядом колонн по центральной оси и балками перекрытий пролетом 16 м. Шаг колонн в продольном направлении 2,5 м соответствует ширине одного стояночного места. Наружные колонны из HE 180 А и В, внутренние из HE 300 А и В, балки перекрытий из IPE 450, балки в зоне над мойкой из IPE 300 вследствие дополнительной нагрузки от подвесного потолка и вентиляционных установок. Перекрытия комплексной конструкции из сборных плит толщиной 10 см размерами 2,5 × 8,07 м, уложенных по балкам и обеспечивающих жесткость каркаса в продольном направлении. Совместность работы балок и плит обеспечивается приваренными болтовыми шпонками и замоноличиванием стыков. Благодаря приданию стальным балкам монтажного строительства подъема до обетонирования стыков металл воспринимает совместно с бетоном и нагрузку от собственного веса перекрытий.

Временная нагрузка на перекрытие 350 кгс/м². Ветровые нагрузки передаются через диски перекрытий на диагональные

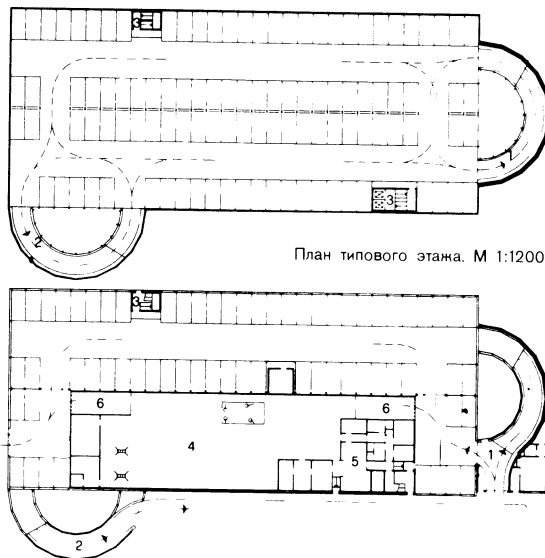
связи в плоскостях торцовых и продольных стен.

Несущие конструкции полуспиральных пандусов конструктивно отделены от главного здания. Они состоят из внутренних и наружных колонн, радиальных балок перекрытий и плиты проезжей части из монолитного бетона. Горизонтальные усилия от ветра и движения автомобилей передаются трем крестовым связям, каждая из которых расположена между двумя наружными колоннами.

Наружные стены: подоконные панели из асбестоцементных листов толщиной 8 мм. Над подоконными панелями высотой 1,2 м прикреплены солнцезащитные решетки. Облицовка торцовых сторон и обеих полу-



Конструктивная схема. Поперечный разрез и часть продольного



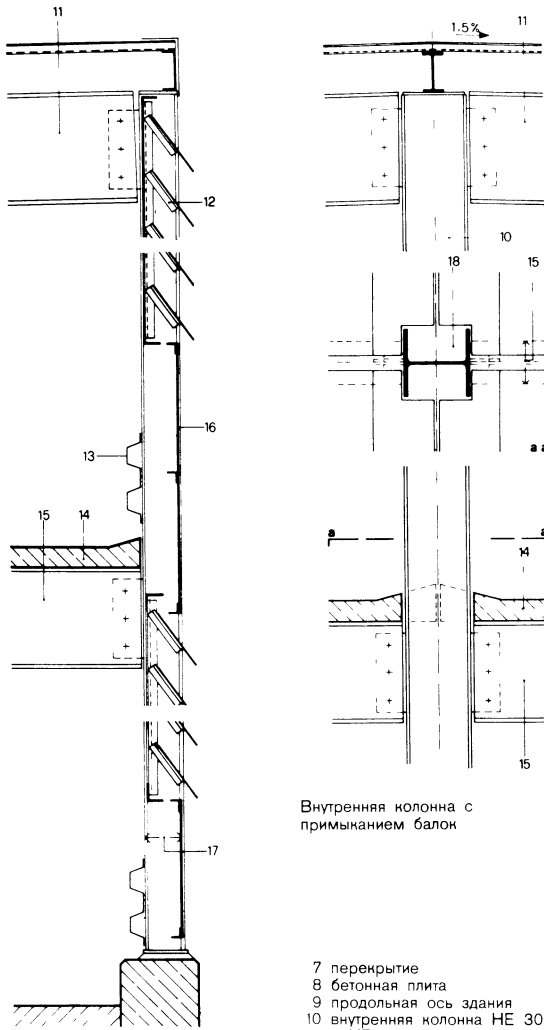
План первого этажа

1 въезд, 2 выезд, 3 лестнично-лифтовая шахта, 4 зал мойки с ремонтной мастерской, 5 кабинеты и технические помещения, 6 пандус

круглых пристроек стальными профилированными листами с пластмассовым покрытием.

Огнезащита: изоляция зала мойки от остального здания брандмауэрной стеной; огнестойкость перекрытия F90 (1,5 ч) обеспечена устройством подвесного потолка. В перекрытиях гаража специальная огнезащита отсутствует. Защита соседних строений с помощью брандмауэрной стены на торцевой стороне. Пожарный водопровод в обеих лестничных клетках.

Коррозионная защита стальных конструкций двумя грунтующими слоями окраски на основе цинк-хромата после пескоструйной очистки, верхние два слоя покрытия на основе полимерных смол.



Внутренняя колонна с примыканием балок

- 7 перекрытие
- 8 бетонная плита
- 9 продольная ось здания
- 10 внутренняя колонна HE 300 A и HE 300 B
- 11 балка покрытия IPE 500

Вертикальный разрез наружной стены

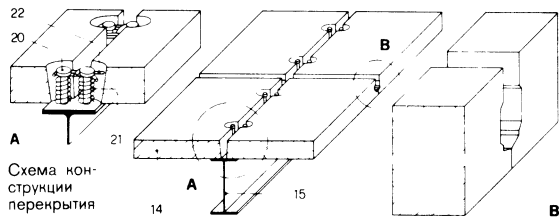
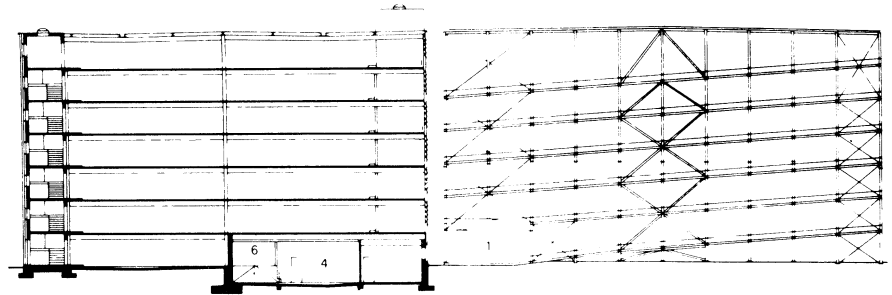
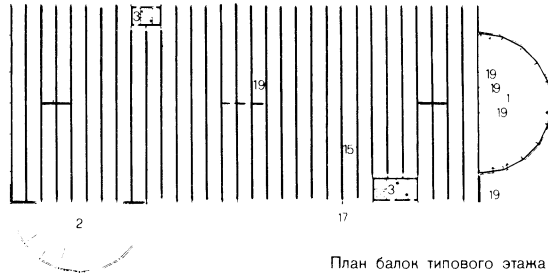


Схема конструкции перекрытия



Поперечный разрез здания

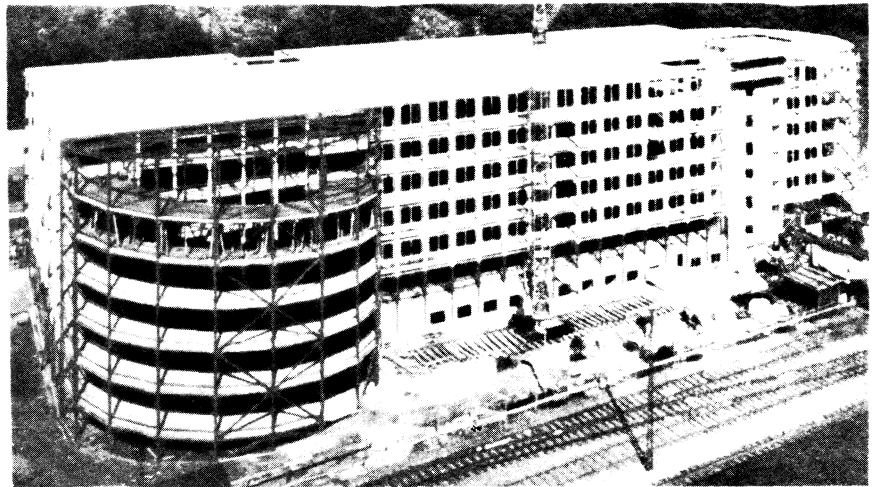
Наружная стена башни въезда (развертка)



План балок типового этажа

- 12 вентилируемая асбестоцементная решетка
- 13 направляющая планка
- 14 сборная железобетонная плита толщиной 10 см
- 15 балка перекрытия IPE 450
- 16 облицовка подоконных стенок из асбестоцементных листов
- 17 наружные колонны HE 180 A и B
- 18 паз в плитах перекрытия
- 19 ветровая связь
- 20 болт с головкой
- 21 стальная арматура
- 22 арматурная петля

Общий вид здания перед монтажом облицовки наружной стены



Внутренний вид башни въезда



Площади и объем

Общая площадь 20 880 м² Перекрытая площ. 2 985 м²
 Полезная площадь 17 834 м² Объем здания 57 160 м³

Расход материалов

	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	780 т	870 м ³	197 т
На 1 м ³ объема здания	13,6 т	0,015 м ³	3,5 кг
На 1 м ² общей площади	37,4 кг	0,042 м ³	9,5 кг

Стоимость (1971 г.) в марках ФРГ

Общая стоимость строительства 5,2 млн. 1 м³ объема здания - 91, 1 м² общей площади - 249; 1 м² полезной площади - 292

Литература

Merkblatt Stahl 211, 1972, S. 44

37. Здание аэровокзала в Париже-Орли

Архитектор М. Мейер (Париж). Инженер Кун (Саарбрюкен). Время строительства 1968—1969 гг.

Аэровокзал для одновременного отправления восьми трансконтинентальных самолетов с помощью двух основных залов посадки пассажиров в самолет. Залы посадки расположены с двух сторон главного здания аэровокзала и соединены двухэтажными транспортными галереями, которые подходят к одному из углов квадратного в плане зала посадки пассажиров; на трех других свободных углах короткие выступы, из которых могут быть выдвинуты два поворотных телескопических посадочных устройства. К четырем продольным сторонам по мере надобности присоединяются еще несколько телескопических рукавов.

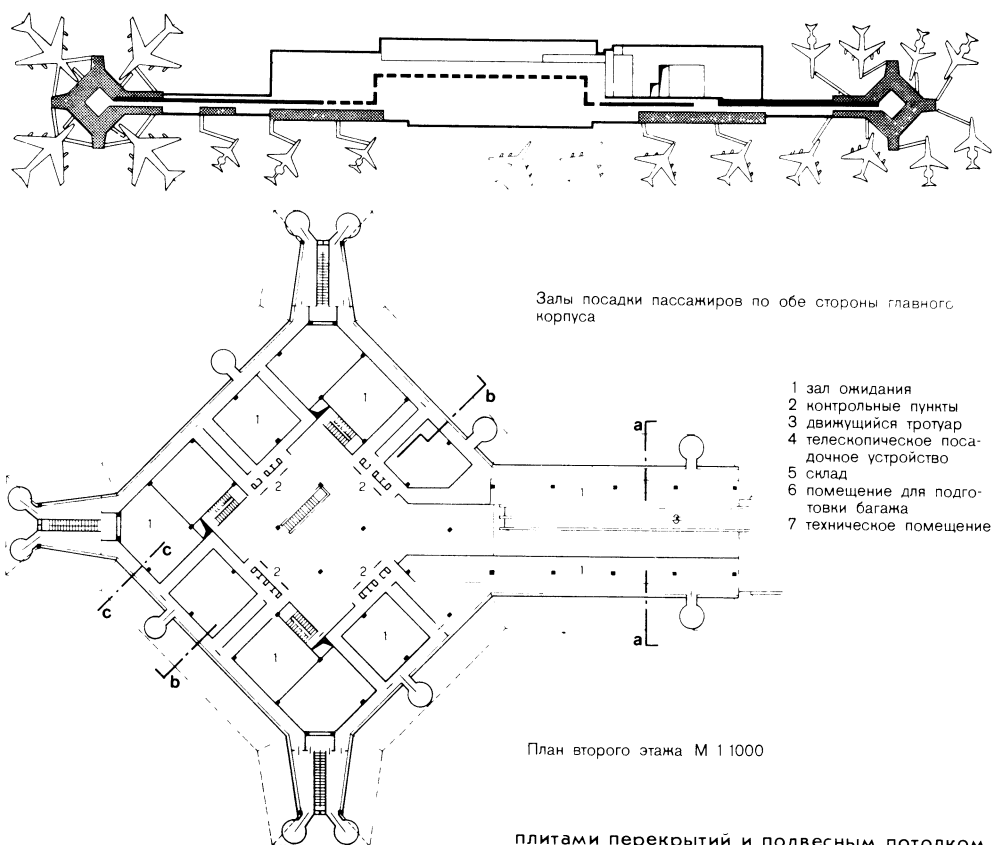
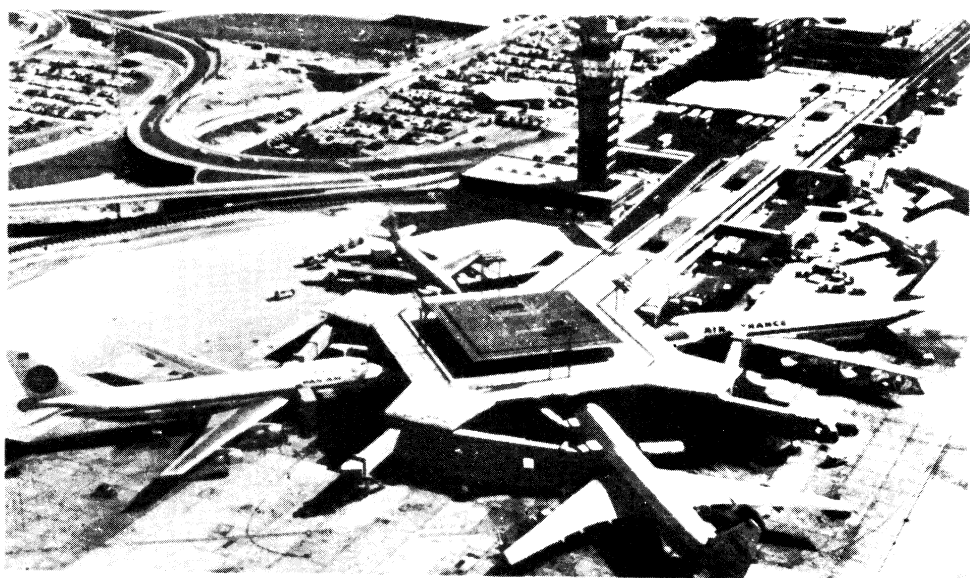
Залы посадки пассажиров трехэтажные с подвалами. В первом этаже помещения для подготовки и отправки багажа, во втором — транспортные переходы, контрольные пункты и залы ожидания для пассажиров. От этих обоих этажей через соединительные галереи ведут два движущихся тротуара для пассажиров и соответственно конвейерная лента для транспортирования багажа к главному зданию. В подвальном этаже технические помещения, склад и подземный коридор, ведущий к главному зданию.

Основные залы посадки пассажиров квадратной формы в плане с наружными размерами $45,2 \times 45,2$ м, высотой над уровнем земли 12,3 м. Выступающие по углам части здания имеют в плане форму трапеции, длина которой 11 м, ширина узкой стороны 6 м. Ширина соединительной галереи 17,4 м. В первом и втором этажах высота этажа 4,4 м, высота помещения 2,95 м. Ширина террасы вокруг чердачного этажа 3,7 м.

Конструкция

Стальной рамный каркас над железобетонными конструкциями подвальных этажей состоит из двухэтажных колонн, жестко соединенных в обоих направлениях балками перекрытий. Каркас воспринимает все ветровые нагрузки.

Сетка колонн $8,28 \times 8,28$ м; колонны из профилей HE 300 А, частично усиленных приваренными поперечными полосами. Пяты колонн жестко заделаны. Главные балки перекрытий из HE 650 А. Примыкание балок к колоннам с помощью торцовых пластинок. Неразрезность четырех сходящихся концов балок обеспечивается с помощью горизонтальных листовых фасонки толщиной 25 мм, которые крепятся на балках к верхним и нижним полкам. Для проходящих насквозь колонн в фасонках предусмотрены прорези. Балки пе-



Залы посадки пассажиров по обе стороны главного корпуса

- 1 зал ожидания
- 2 контрольные пункты
- 3 движущийся тротуар
- 4 телескопическое посадочное устройство
- 5 склад
- 6 помещение для подготовки багажа
- 7 техническое помещение

План второго этажа М 1 1000

рекрытия первого этажа консольно выступают за наружные колонны на 1,9 м, второго этажа — на 6,4 м. Концы балок соединены рандбалками. Второстепенные балки из IPE 600 опираются на главные балки в середине пролета последних. По балкам с шагом 1,04 м уложены прогоны из IPE 160 пролетом 4,14 м. Над ними настил перекрытия из сборных плит толщиной 3 см и слоя монолитного бетона толщиной 4 см. Временная нагрузка 500 кгс/м^2 .

Огнезащита: выходные отверстия спринклерного устройства в пространстве между

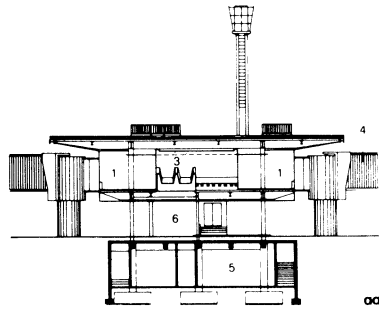
плитами перекрытий и подвесным потолком из перфорированных алюминиевых профилированных листов. В случае пожара вода для его тушения течет сквозь отверстия в листах подвешенного потолка.

Основание под фундаментами из мелкого и средней крупности песка; грунтовые воды под подошвой фундамента. Столчатые фундамента — под колонны, ленточные — под стены подвала; допускаемое давление на грунт $2,5 \text{ кгс/см}^2$.

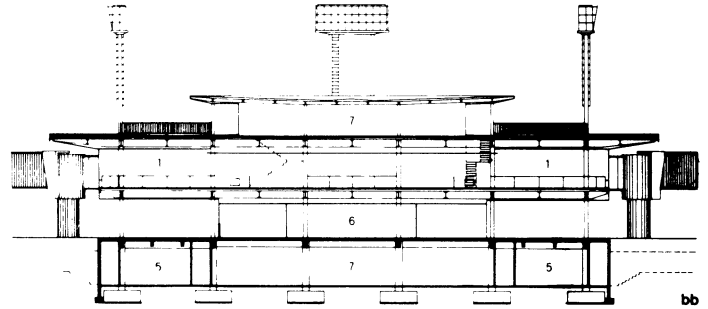
Оборудование

Отопление горячей водой, поступающей от теплоцентрали аэропорта. Конвекторные вентиляторы встроены в перекрытия. Подготовка теплого и холодного воздуха в чердачном этаже.

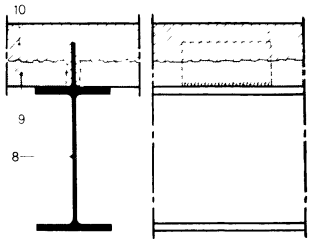
- 8 балка перекрытия IPE 160
- 9 сборная плита толщиной 3 см
- 10 слой монолитного бетона толщиной 4 см
- 11 главная балка HE 650 A
- 12 колонна HE 300 A
- 13 фасонка
- 14 второстепенная балка IPE 600
- 15 балка покрытия I 300
- 16 отверстие в балке
- 17 консольная балка
- 18 диафрагма



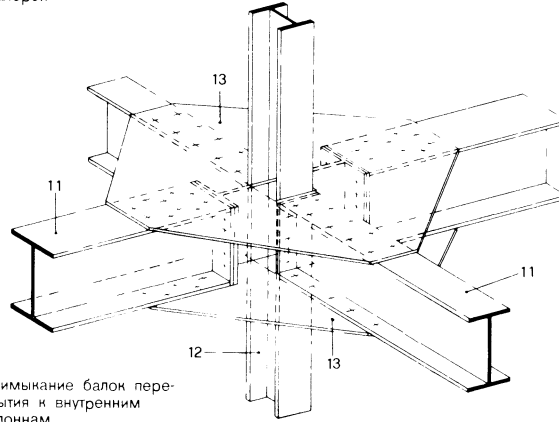
Поперечный разрез соединительной галереи



Разрез зала посадки пассажиров

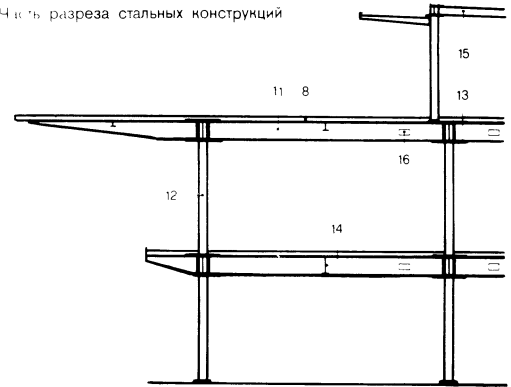


Поперечное сечение перекрытия



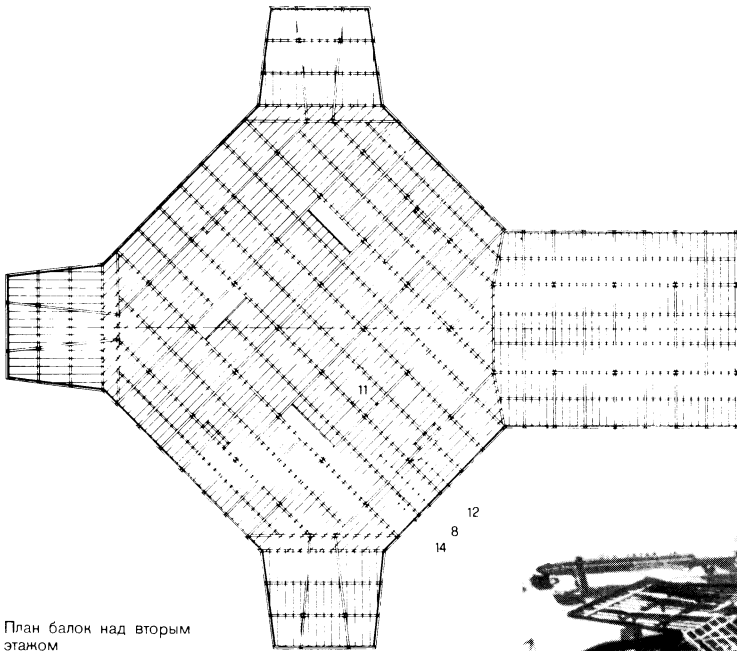
Примыкание балок перекрытия к внутренним колоннам

Четыре разреза стальных конструкций

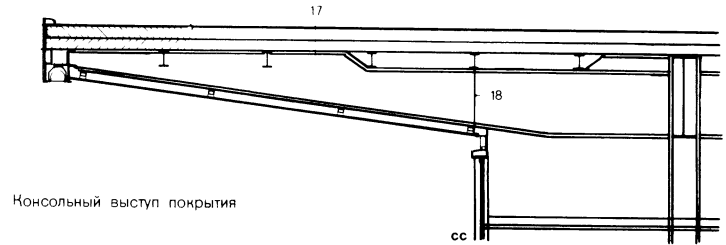


Площади и объём

Общая площадь 10300 м² Объём здания 41 500 м³
 Перекрытая площадь 3600 м²



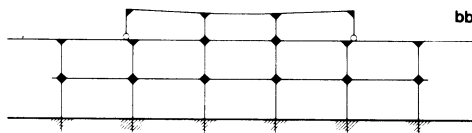
План балок над вторым этажом



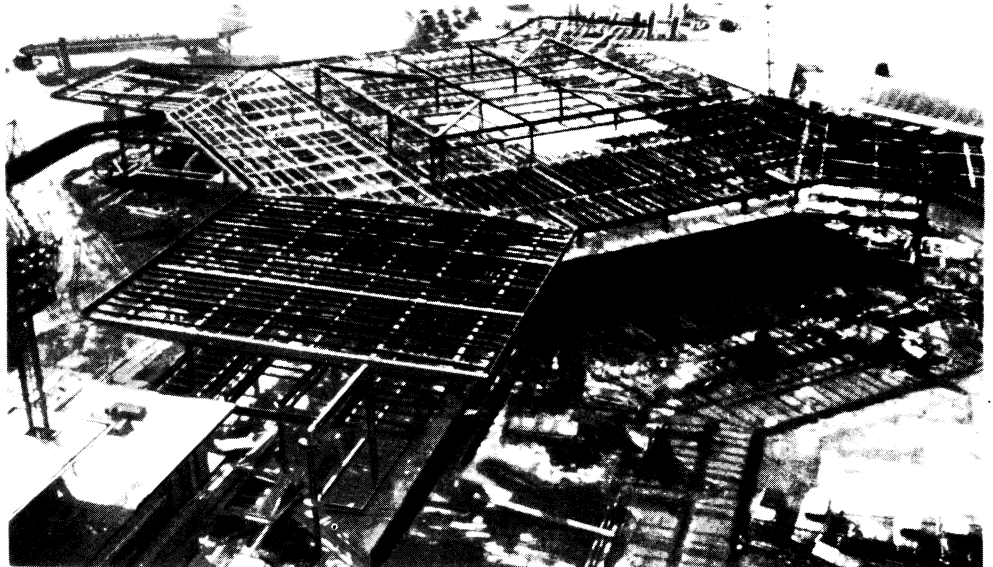
Консольный выступ покрытия

Расход материалов

	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	850 т	11100 м ³	210 т
На 1 м ³ объёма здания	20,5 кг	0,27 м ³	5,1 кг
На 1 м ² общей площади	82,5 кг	1,08 м ³	20,4 кг



Конструктивная схема



Стальная несущая конструкция с частично забетонированным перекрытием

38. Рынок в Интерланене (Швейцария)

Архитектор Ф. Вилер (Берн). Инженеры: Ц. Вальдер и Х. фон Гунтен (Берн).
Время строительства 1964—1965 гг.

Рынок с торговой площадью 1350 м² и рестораном на 120 посетителей в двухэтажном здании. В подвальном этаже склад, холодильное помещение, технические помещения и гардероб, которые могут быть использованы также в качестве бомбоубежища. В первом этаже магазин самообслуживания со входом под аркадами со стороны улицы; с тыльной стороны здания прием товаров с опускающейся платформой до уровня подвала для автомашин грузоподъемностью до 25 т. В отступившем от контура здания верхнем этаже размещены ресторан с кухней и расположенная перед ним терраса на 250 мест.

Вертикальное сообщение с помощью двух лестниц и трех грузовых лифтов. Сообщение с рестораном по эскалатору и лестнице в зоне аркад.

Здание имеет прямоугольную форму в плане с выбранными углами, конструктивная сетка 5,85×5,85 м; наружные размеры 55,8×35,7 м; высота над уровнем земли 11,5 м. Верхний этаж отступает назад от контура здания и имеет квадратную форму в плане размерами 23,4×23,4 м; покрытие консольно выступает на 5,55 м со всех сторон. Высота первого этажа 5,5 м, высота помещения 3,8 м; высота второго этажа 4,5 м, высота помещения от 2,3 до 4,1 м.

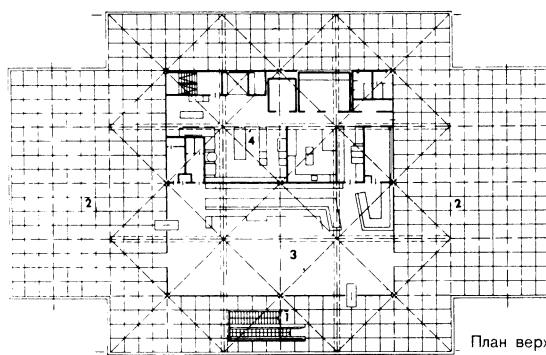
Конструкция

Над подвальным этажом из железобетона (воронкообразное перекрытие с шарнирными опорами) рамные конструкции первого этажа из стали и железобетона. На 28 наружных колонн из HE 220 М и девять внутренних колонн из HE 300 М (шаг колонн 5,85 и 11,7 м) опираются железобетонные плиты перекрытия, которые с помощью стальных анкеров и торцовых пластин жестко крепятся к внутренним колоннам и шарнирно с помощью консолей к наружным колоннам.

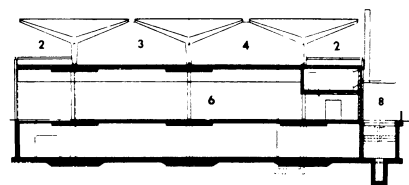
Обрамление плит перекрытия рандбалками [NP 400. Ветровые нагрузки в обоих направлениях передаются через рамы и диски перекрытий на железобетонное ядро жесткости. Консольно выступающие во все стороны конструкции покрытия ресторана на втором этаже собраны из девяти воронкообразных элементов. Каждый элемент состоит из конической сужающейся книзу стойки и квадратной в плане оболочки в форме поставленной на вершину пирамиды. Стойки выполнены из четырех соединенных электросваркой профилей HE 180 В; их внутренние пояса образуют полый короб, используемый в качестве внутреннего водостока. Воронкообразная



Уличный фасад с крытыми торговыми рядами



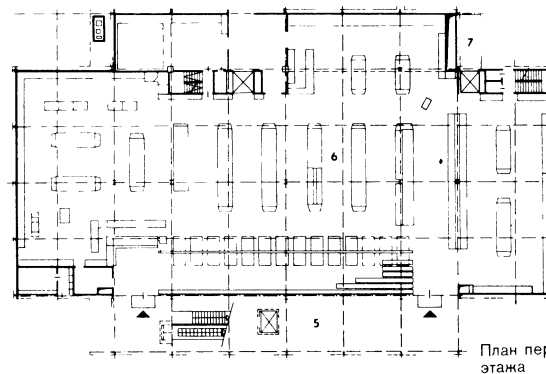
План верхнего этажа.
М 1:750



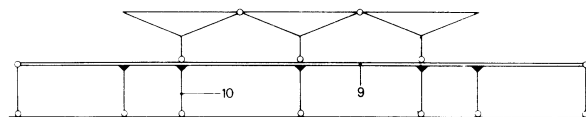
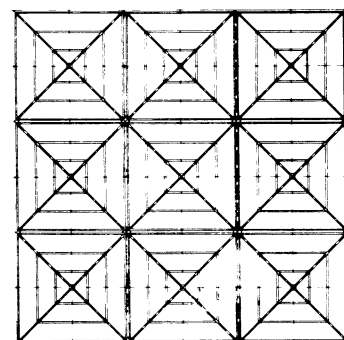
Поперечный разрез здания

- | | |
|----------------|----------------------------|
| 1 эскалатор | 6 магазин самообслуживания |
| 2 терраса кафе | 7 доставка |
| 3 ресторан | 8 опускающаяся платформа |
| 4 кухня | |
| 5 пассаж | |

Воронкообразная конструкция покрытия



План первого этажа



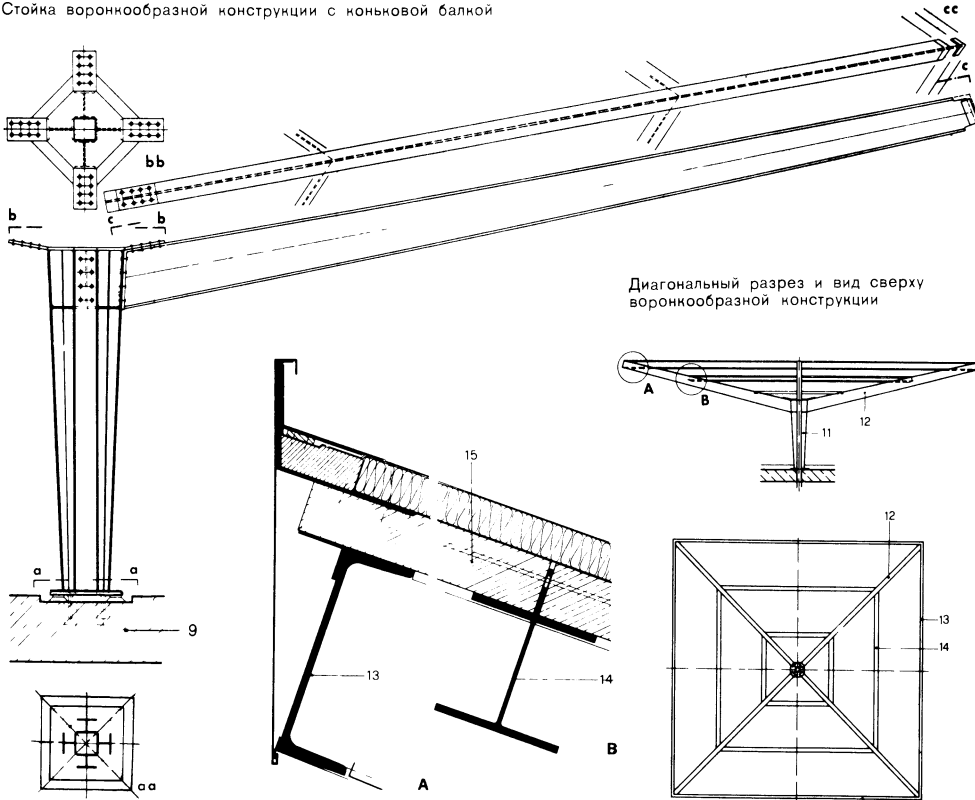
Конструктивная схема. Продольный и поперечный разрезы

оболочка собрана из четырех коньковых балок IPE 400, жестко приваренных к наружным поясам четырех двутавров каждой стойки. Балки, высота которых уменьшается к их свободным концам, соединены между собой рандбалками и прогонами. Благодаря нагрузке на покрытие эти рандбалки и прогоны подвергаются не только изгибу, но и растяжению вследствие изменения геометрии воронкообразных элементов. По балкам уложены плиты из легкого бетона с пробковой изоляцией. Облицовка с нижней стороны алюминиевыми листами.

К свободным концам балок шарнирно присоединены балки соседних воронкообразных элементов; при этом образуются размещенные диагонально к контуру здания трехшарнирные рамы, которые передают горизонтальные ветровые усилия перекрытию первого этажа.

Основание: железобетонная фундаментная плита толщиной 40 см. В связи с тем что грунтовые воды находятся на 2,5 м выше пола подвала, нижняя часть стен подвала выполнена из водонепроницаемого железобетона. Основание из гальки, расчетное давление на грунт 2 кгс/см².

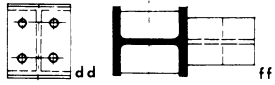
Стойка воронкообразной конструкции с коньковой балкой



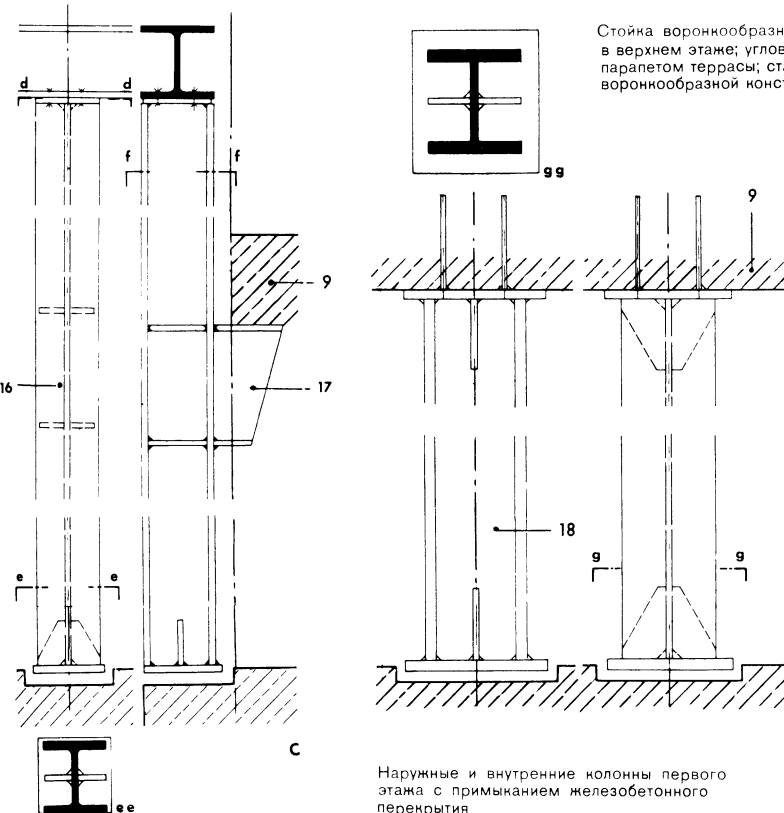
Диагональный разрез и вид сверху воронкообразной конструкции

- 9 железобетонная плита перекрытия
- 10 стальная колонна
- 11 стойка воронкообразной конструкции из четырех HE 180 B
- 12 балка из наискось срезанных и сваренных в перевернутом положении IPE 400

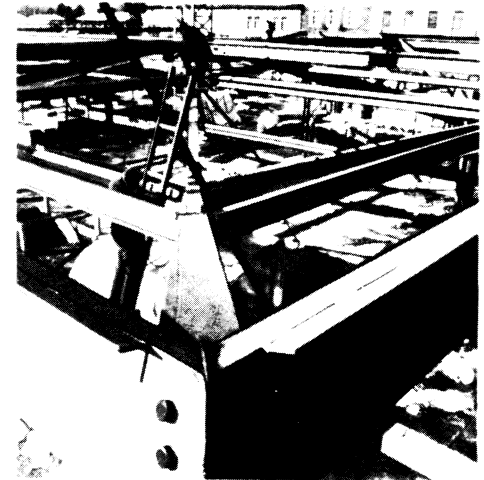
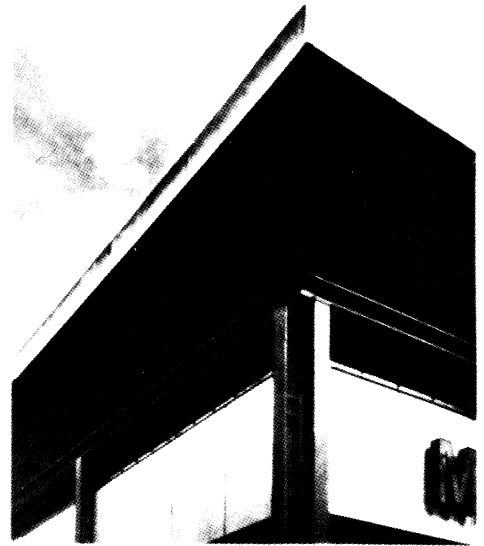
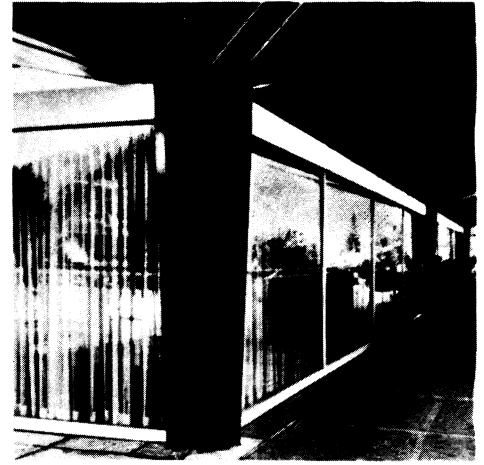
- 13 рандбалка [300
- 14 прогон HE 180 A
- 15 плита из лёгкого бетона
- 16 наружная колонна HE 240 A
- 17 консоль
- 18 внутренняя колонна HE 300 M



Стойка воронкообразной конструкции в верхнем этаже; угловая колонна с паралетом террасы; стальная часть воронкообразной конструкции



Наружные и внутренние колонны первого этажа с примыканием железобетонного перекрытия



Площади и объем		Перекрытая поверхность	
Общая площадь	5 204 м ²	Перекрытая поверхность	1756 м ²
Полезная площадь	3 683 м ²	Объем здания	22 702 м ³

Расход материалов	Расход материалов		
	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	122 т	3 014 м ³	370 т
На 1 м ³ объема здания	5,4 кг	0,133 м ³	16,3 кг
На 1 м ² общей площади	23,5 кг	0,579 м ³	71,1 кг

Литература
 Deutsche Bauzeitung 12/1967, S 966 – Werk 4/1968, S 240 – Detail 2/1970, S 268

39. Торговый центр в Стокгольме

Архитекторы: С. Бакстрем, Л. Рейниус (Стокгольм). Инженеры: «Якобсон и Видмарк» (Стокгольм). Время строительства 1962—1964 гг.

Магазин с пятью наземными и четырьмя подвальными этажами торговой площадью 17000 м² на 1000 служащих. В третьем и четвертом этажах подвала гараж-стоянка на 350 автомашин; во втором подвальном этаже отдел пищевых продуктов и склад; в первом подвальном этаже прием товаров, отдел кредитов и покупок; с первого по четвертый этаж торговые залы; на пятом этаже административные помещения и ресторан для служащих. Сообщение с подземным гаражом и помещением приема товаров по спиральному пандусу. Сообщения между торговыми этажами с помощью эскалаторов, лестниц и лифтов. Входы со всех четырех сторон здания, главный вход соединен с проходом к станции метро.

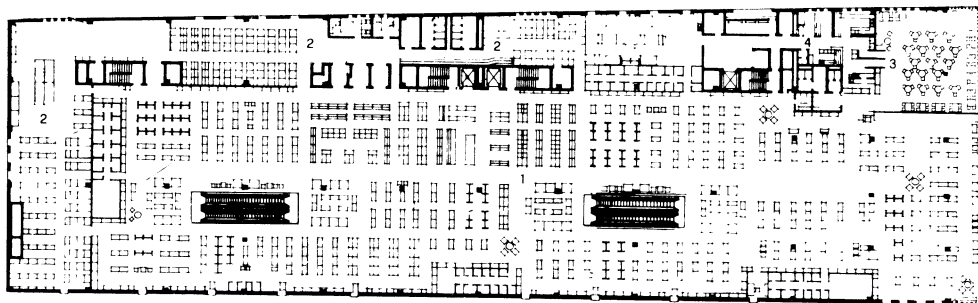
Здание почти прямоугольной формы в плане с наружными размерами 133×40 м; высота над уровнем земли 25 м. Высота этажей в подземном гараже 2,9 м, в первом и втором подвальных этажах 3,95 м, в первом этаже 5,5 м, в остальных верхних этажах 4,7 м. Высота помещений в гараже 2,55 м, в верхних этажах 3,45 м.

Конструкция

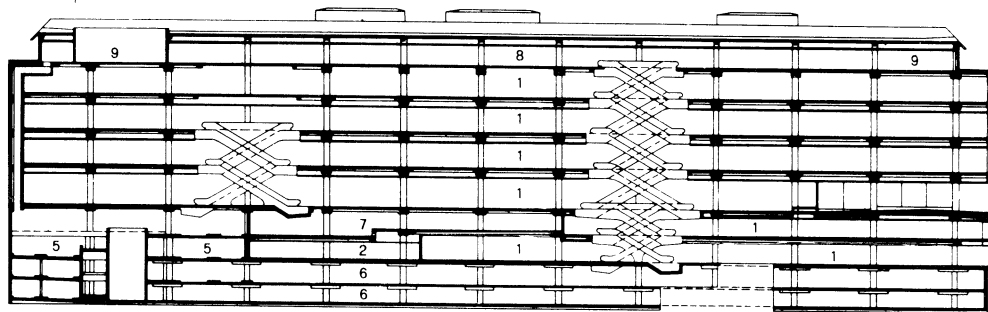
Защемленные в фундаменты стальные колонны из двутавровых профилей 500×500 мм; шаг колонн в продольном направлении 10,65 м, в поперечном направлении в соответствии с планировкой этажей от 8,8 до 14,6 м.

В третьем и четвертом подвальных этажах безбалочное перекрытие из монолитного бетона. В поперечном направлении вышележащих этажей размещены сдвоенные главные балки перекрытий сечением 640×300 мм с расстоянием между ними 820 мм, каждая из которых шарнирно опирается на консоли, выступающие с обеих сторон колонны. В продольном направлении между главными балками уложены предварительно-напряженные железобетонные сборные плиты перекрытий. Ветровые нагрузки в обоих направлениях воспринимаются вертикальными связями из двутаврового профиля. Строительство здания велось одновременно в вертикальном и горизонтальном направлениях, причем монтаж и надстройка верхних этажей продвигались в продольном направлении по мере сооружения подвальных этажей.

Перекрытия: сборные ребристые плиты размерами 9,5×1,5 м из предварительно-напряженного железобетона с ребрами высотой 30 см и полками толщиной 4 см. Плиты опираются на железобетонные эле-

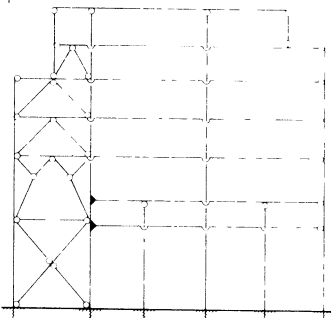


План верхнего этажа. М 1:100С

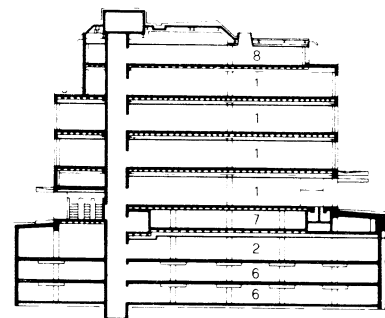


Продольный разрез здания

Конструктивная схема Поперечный разрез



Поперечный разрез здания



- 1 торговый зал
- 2 склад
- 3 кафетерия
- 4 кухня
- 5 двухколейный спиральный пандус
- 6 подземный гараж
- 7 доставка и прием товаров
- 8 ресторан для персонала
- 9 технические помещения

менты, лежащие на нижних полках главных балок и приваренные анкерами к их стенкам. Над плитами и главными балками расположена непрерывная арматурная сетка и слой монолитного бетона толщиной 8 см. Временная нагрузка на перекрытия 400 кгс м².

Наружные стены: на контурные балки перекрытий опираются армированные плиты из легкого бетона высотой на этаж с теплоизоляционным слоем из минеральной ваты и наружной кирпичной облицовкой. Предусмотрена возможность для устройства в дальнейшем окон.

Основание: трещиноватая скала; грунтовые воды на глубине 6,4 м. Дно строительного котлована на глубине 13,4 м от поверхности. Укрепление скалы инъектированием цементного раствора на глубину до 5 м ниже дна котлована. Изоляция наружной стены синтетической пленкой.

Оборудование

В торговых и административных помещениях и ресторане полное кондиционирование воздуха с шестикратным обменом воздуха. Производительность вентиляционных установок 508000 м³/ч, производительность холодильной установки 3325000 ккал/ч. Для всех остальных помещений три отдельные вентиляционные установки.

Производительность вентиляционных установок 508000 м³/ч, производительность холодильной установки 3325000 ккал/ч. Для всех остальных помещений три отдельные вентиляционные установки.

Площади и объем

Общая площадь	49 000 м ²	Перекрытая площ	5 040 м ²
Торговая площадь	17 000 м ²	Объем здания	200 800 м ³

Расход материалов

Всего	3 750 т	16 600 м ³	1 250 т
На 1 м ³ объема здания	18,7 кг	0,083 м ³	6,2 кг
На 1 м ² общей площади	76,6 кг	0,339 м ³	25,5 кг

Стоимость (1964 г.) в шведских кронах

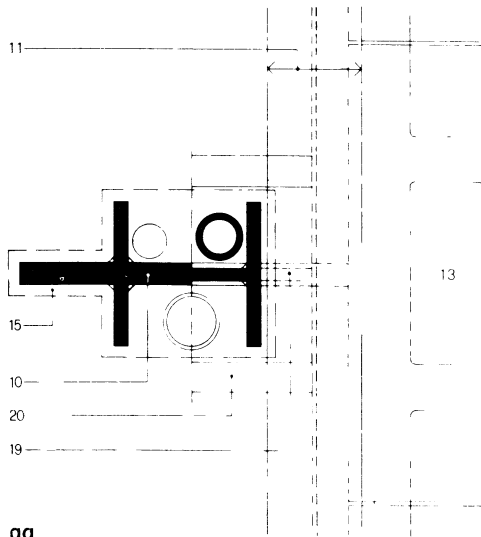
Общая стоимость строительства 57 млн, 1 м³ объема здания — 284, 1 м² общей площади — 1162, 1 м² торговой площади — 3 350.

Литература

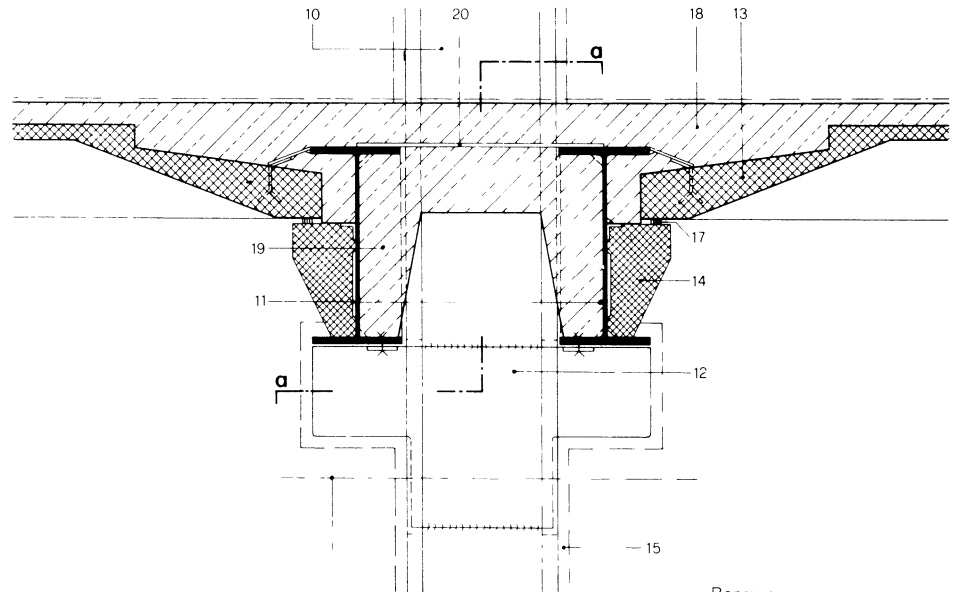
Acler-Stahl-Steel 9/1969 S 358 — Architektur 11/1964



Установка сборных предварительно напряженных железобетонных плит

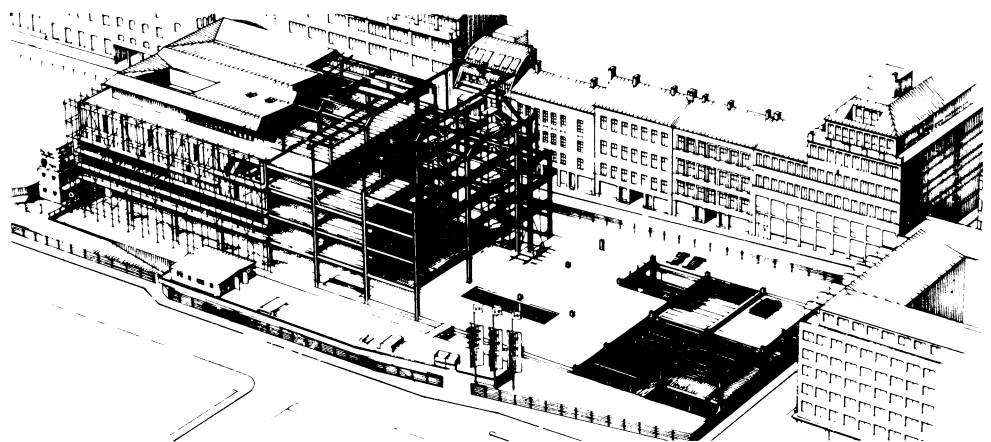


Горизонтальное сечение в зоне колонны



Вертикальное сечение главной балки с опиранием плит перекрытия

Развитие строительства одновременно в горизонтальном и вертикальном направлениях



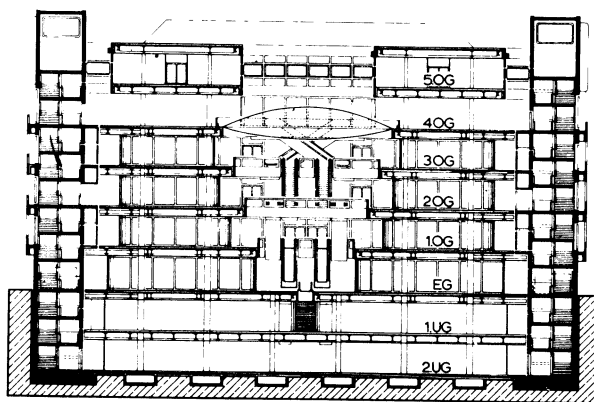
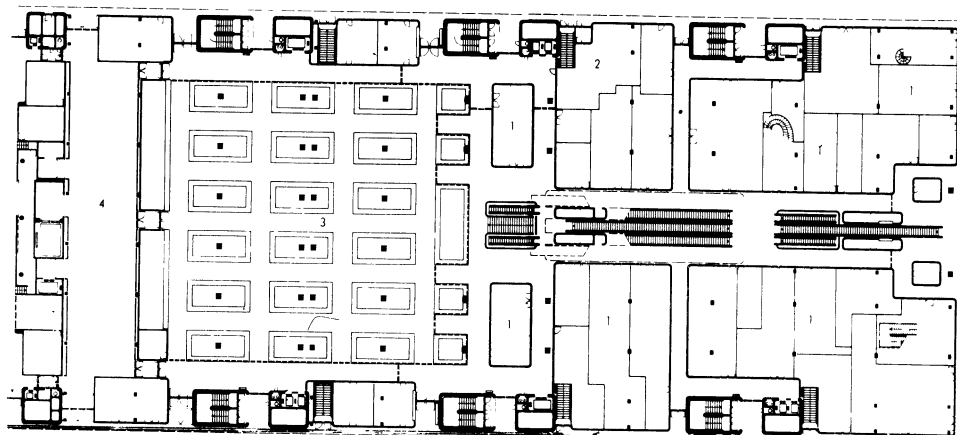
- 10 колонна I профиля 500×500 мм
- 11 главная балка из двух двутавров 640×300 мм
- 12 сварная консоль
- 13 сборные предварительно напряженные железобетонные плиты
- 14 железобетонный элемент
- 15 огнезащитная облицовка
- 16 подвесной потолок
- 17 полоса из неопрена
- 18 бетонное заполнение
- 19 ребро жесткости
- 20 соединительная планка

40. Торговый центр в Западном Берлине (район Штеглиц)

Архитекторы: Г. Хайнрихс, С. Гайгер, Ф. Бартеле, Ц. Шмитт-Отт (Западный Берлин). Расчет выполнен фирмой, возводящей стальные конструкции, и С. Полони (Западный Берлин). Время строительства 1968—1970 гг.

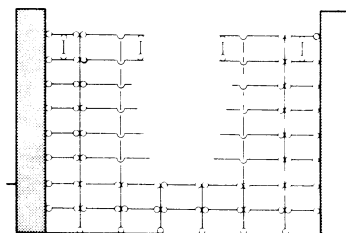


Торцовая сторона здания с главным входом



Фрагмент плана первого этажа, М 1:1000 (без примыкающего слева гаража)
1 магазины, 2 кафе, 3 недельная ярмарка, 4 доставка.

Конструктивная схема Поперечный разрез



Поперечный разрез здания по световому двору

Торговый центр на 200 продавцов, рестораны, предприятия бытового обслуживания, помещения для развлечений; главный вход с оживленной площади. К шестиэтажному зданию торгового центра примыкает с тыльной стороны крытый гараж на 400 автомобилей, который при одинаковой высоте зданий имеет восемь этажей вследствие уменьшенной высоты этажа. В первом подвальном этаже комплекс магазинов, молодежное кафе и суперрынок с торговой площадью 1600 м², а также технические и складские помещения. Во втором подвальном этаже склад и гараж для автомобилей арендаторов. С первого этажа по четвертый вокруг двух крытых световых дворов с окружающими их галереями группируются магазины общей полезной площадью 13 000 м²; галереи сообщаются благодаря эскалаторам, размещенным между световыми дворами. В первом этаже размещается также недельная ярмарка, которая раньше располагалась на этом месте под открытым небом. Открытый пятый этаж использован под парк; он частично перекрыт расчлененным шестым этажом с помещениями для развлечений, административными и служебными помещениями. Сообщение в пределах торгового центра по переходам в первом этаже и по центральному эскалаторному устройству. Восемь ядер жесткости на обеих продольных сторонах здания с одной лестничной клеткой и одним или двумя лифтами.

Наружные размеры здания в плане 162×54 м; длина торговой части 119,4 м; высота над уровнем земли 24 м. Высота первого этажа 4,29 м, высота помещений 3,33 м; высота остальных этажей 3,96 м, высота помещений 3 м.

Конструкция

Гараж с безбалочным перекрытием из монолитного железобетона. Здание торгового центра имеет стальной шарнирный каркас с главными балками пролетом 6,6 м в поперечном направлении, продольными балками пролетом 11 м и колоннами из профилей от HE 500 M до HE 140 B. Главные балки между колоннами из HE 360 M и HE 400 B; консоли в зоне светового двора длиной до 5 м.

Продольные решетчатые балки, обеспечивающие возможность прокладки коммуникаций, размещены с шагом 2,2 м между главными балками; по ним сборные же-

лезобетонные плиты размерами 5,5×2,2 м, толщиной от 10 до 16 см под временную нагрузку на перекрытия от 500 до 1000 кгс/м². Нижний пояс решетчатых балок из половины профиля HE 180 B, раскосы из двух уголковых профилей. К верхним концам раскосов приварены горизонтальные листовые фасонки, служащие опорами для железобетонных плит и для установки шпонок, работающих на срез.

На нижних сторонах железобетонных плит расположены закладные стальные листы, заанкеренные в бетоне. Благодаря соединению закладных деталей плит и фасонки решетчатых балок высокопрочными болтами обеспечивается совместность работы конструкции, при которой железобетонные плиты, работающие на сжатие, выполняют роль верхнего пояса, а решетчатая балка подвергается лишь растяжению. Для вос-

приятя нагрузки от собственного веса балки перед бетонированием плит и затяжкой болтов были приподняты вспомогательными стойками.

Ветровые нагрузки передаются через диски перекрытий на стены восьми железобетонных ядер жесткости на обеих продольных сторонах здания.

Наружные стены из навесных алюминиевых панелей в зоне перекрытий и элементов остекления высотой на этаж между стойками, размещенными с шагом 2,2 м.

Противосолнечная защита — расположенными снаружи жалюзи.

Основание: плотно слежавшийся песок в качестве строительного основания. Уровень грунтовых вод на 8,5 м ниже подошвы фундамента. Под колонны столбчатые фундаменты, под ядра жесткости железобетонные фундаментные плиты.

Площади и объем

Общая площадь	68 000 м ²	Площадь автомобильных стоянок	10 000 м ²
Полезная площадь	39 000 м ²	Перекрытая площ.	9 400 м ²
Торговая площадь	21 500 м ²	Объем здания	275 000 м ³

Расход материалов

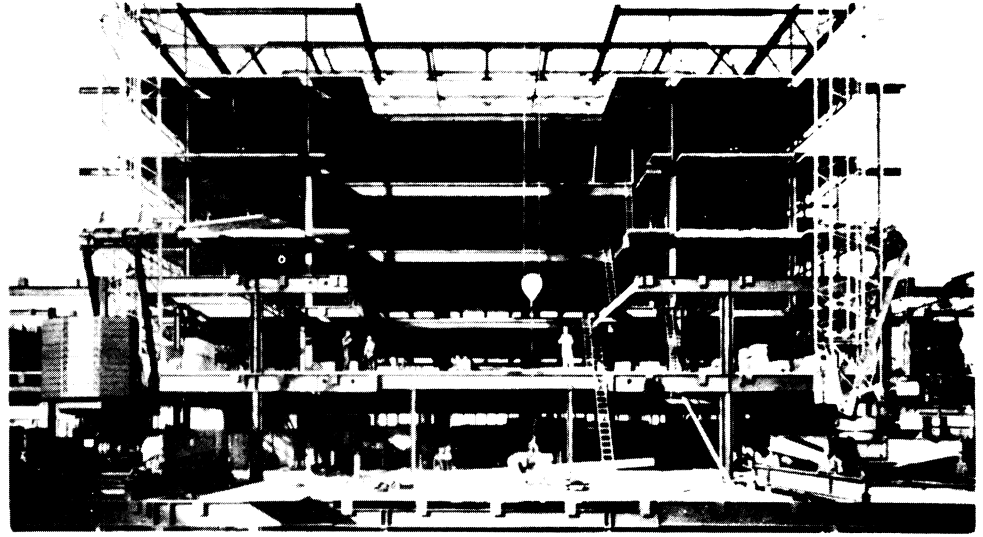
	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	2900 т	9150 м ³	600 т
На 1 м ³ объема здания	14 кг	0,044 м ³	2,9 кг
На 1 м ² общей площади	51,5 кг	0,163 м ³	10,7 кг

Стоимость (1970 г.) в марках ФРГ

Общая стоимость строительства 60 млн., 1 м³ объема здания — 288, 1 м² общей площади — 1065, 1 м² полезной площади — 2069

Литература

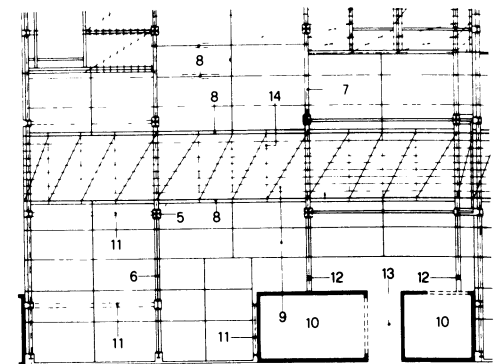
Deutsche Bauzeitung 10/1970, S 836 — Deutsche Bauzeitung 3/1971, S. 355 — Detail 5/1971, Konstruktionstafel. — Bauen + Wohnen 8/1971 S 351 — Acier-Stahl-Steel 1/1972, S 30



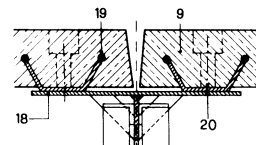
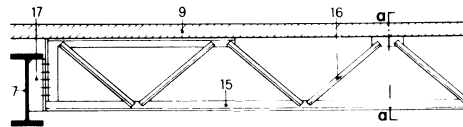
Монтаж несущих конструкций с продвижением строительства в продольном направлении здания

- 5 крестообразные колонны из трех I-профилей
- 6 главная балка HE 340 В
- 7 главная балка HE 600 В
- 8 ферма
- 9 сборные плиты
- 10 ядро жесткости со средними междуэтажными сообщениями
- 11 монтажные связи
- 12 монтажные стойки
- 13 плиты из монолитного бетона
- 14 балки перекрытия I 300
- 15 нижний пояс 1/2 HE 180 В
- 16 раскосы из 2 L 50X50
- 17 сварной T-образный профиль
- 18 фасонка
- 19 стальной анкер
- 20 высокопрочный болт
- 21 рандбалка IPE 450
- 22 скользящая опора для крепления наружных стеновых панелей
- 23 панель из алюминия
- 24 теплоизоляция - асбестовая доска

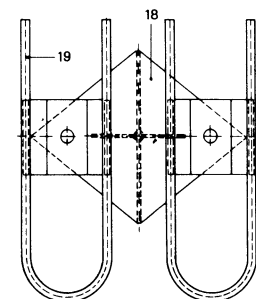
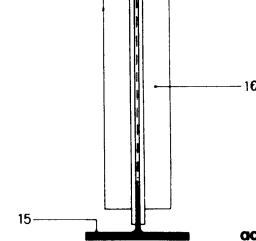
Фрагмент плана балок над первым подвальным этажом



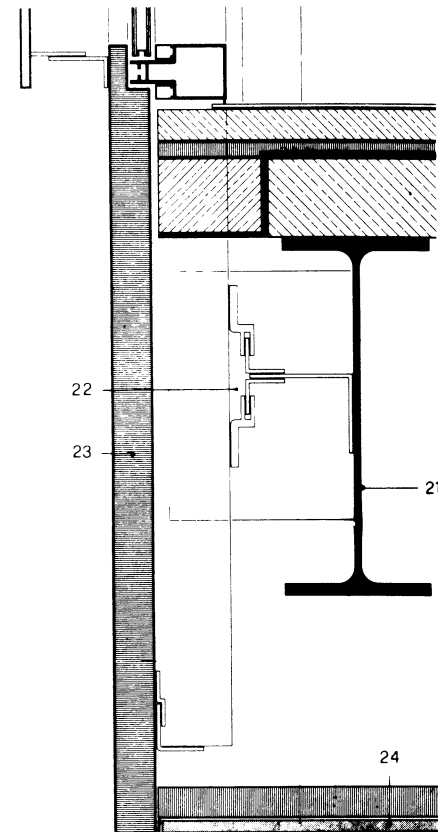
Вид решетчатой балки



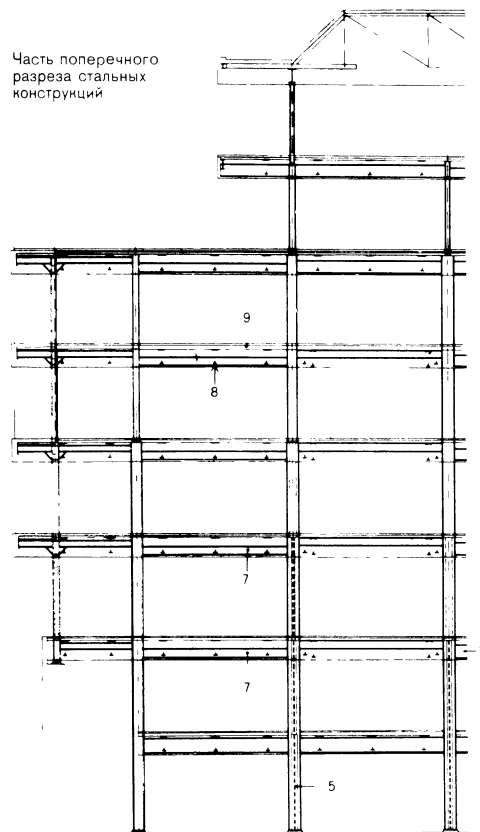
Узел устойчивый на сдвиг крепления между решетчатыми балками и плитами перекрытия; поперечное сечение и вид сверху



Вертикальный разрез наружной стены в уровне шестого этажа



Часть поперечного разреза стальных конструкций



41. Библиотека в Пантене (Франция)

Архитекторы: Ж. Перротте, Ж. Калиш.
Инженер М. Костаневак. Время строительства 1970—1972 гг.

Городская библиотека в двухэтажном здании, которое конструктивно и функционально делится на пять одинаковых секций. В центральной секции на первом этаже вестибюль и квартира швейцара; на втором этаже административные помещения. Четыре остальные секции попарно примыкают к двум противоположным сторонам центральной секции. В первом этаже этих секций размещены зал выдачи книг для взрослых, дискотека, хранилище, мастерская и санитарные помещения; на втором этаже выдача книг детям, читальный зал и помещение, используемое для различных целей.

Под центральной секцией подвал с котельной и подсобными помещениями. К остальным секциям ведут подземные галереи для инженерных коммуникаций. Главная лестница в вестибюле; дополнительные лестницы для персонала и две винтовые лестницы расположены снаружи.

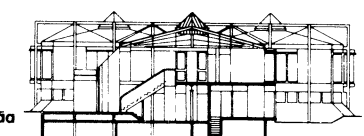
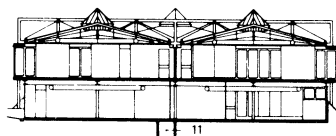
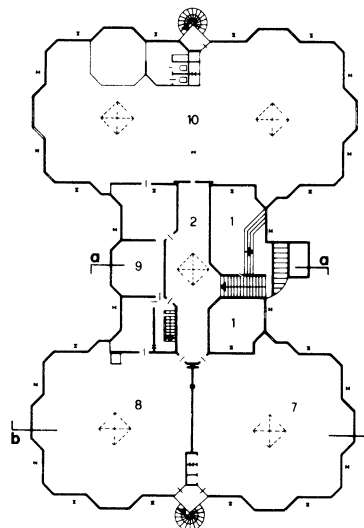
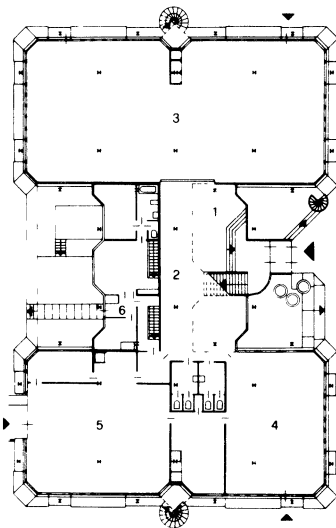
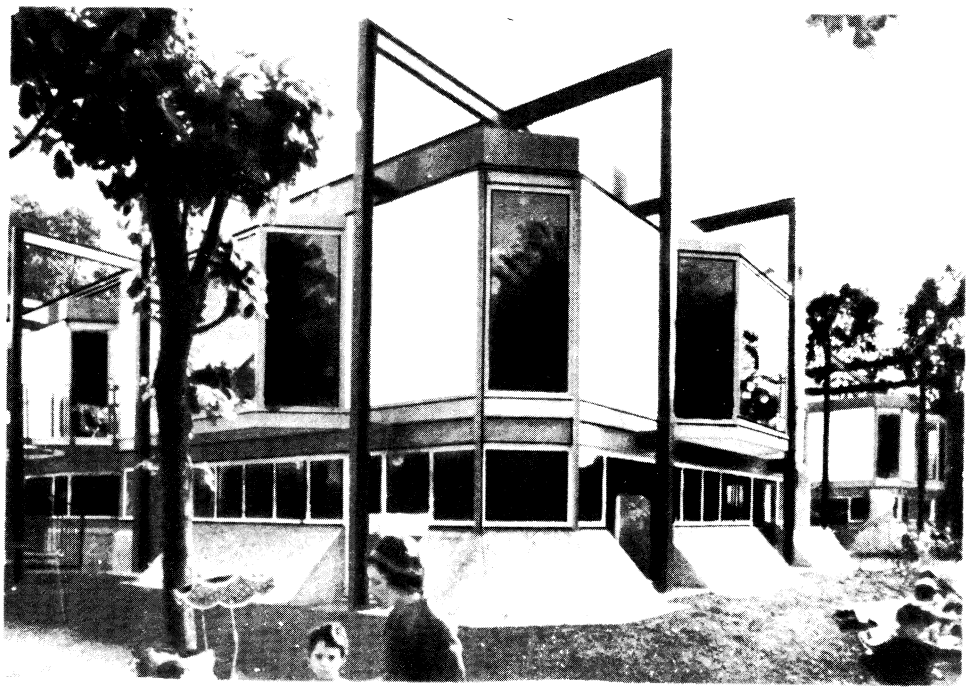
Наружные размеры здания в плане $38,9 \times 26,3$ м; высота над уровнем земли 8,2 м. Каждая секция размерами $12,6 \times 12,6$ м, на втором этаже эркеры на каждой свободной стороне. Высота первого этажа 3,15 м, высота помещения 2,6 м; на втором этаже высота помещения около наружной стены 2,7 м и в середине помещения 4,25 м.

Конструкция

Основными несущими конструкциями каждой из пяти секций являются четыре перекрещивающиеся рамы, рассчитанные на воздействие ветра. Рамы смежных секций соединены общими стойками, на свободных сторонах здания стойки рам размещены на расстоянии 60 см от наружных стен, в четвертях пролета поперечной рамы. Пролет рам 12,6 м; шаг 6,3 м; ригель из IPE 300; стойки из HE 200 В; опирание шарнирное.

Над первым этажом расположены в одном направлении главные балки перекрытий IPE 300, шарнирно-присоединенные к стойкам рамы и имеющие в середине дополнительные опоры в виде шарнирно-опертых колонн. В другом направлении — второстепенные балки IPE 300 между главными балками перекрытий и стойками рам.

Рандбалки из IPE 300. По ним уложена монолитная железобетонная плита толщиной 18 см, которая снаружи окаймлена швеллерным профилем высотой 230 мм. Временная нагрузка на перекрытие 400 кгс/м^2 . Соединение железобетонной плиты перекрытия со стальными балками рассчитано на передачу сдвигающих усилий с помощью шпонок в зоне опирания.

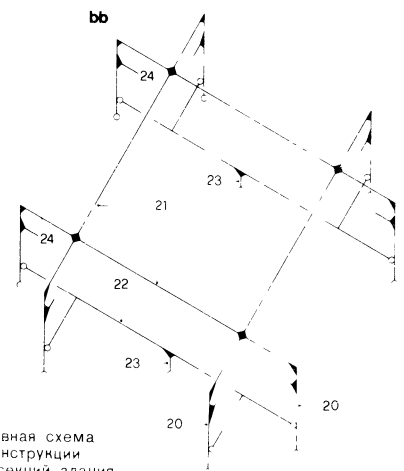


Разрезы здания

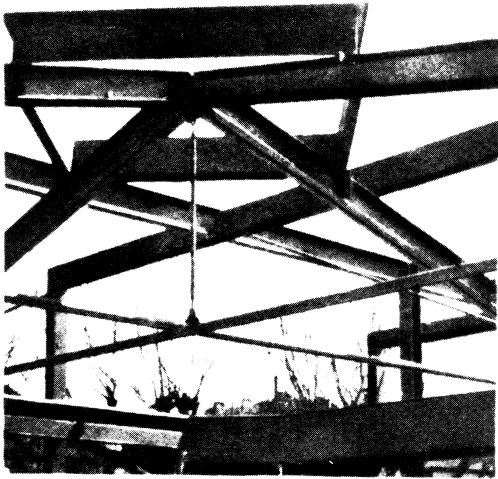
План первого и второго этажей
М 1:650

- 1 вестибюль
- 2 галерея
- 3 выдача книг взрослым
- 4 дискотека
- 5 хранилище и мастерская
- 6 швейцар
- 7 многоцелевое помещение
- 8 читальный зал
- 9 административное помещение
- 10 выдача книг детям
- 11 галерея с инженерными коммуникациями

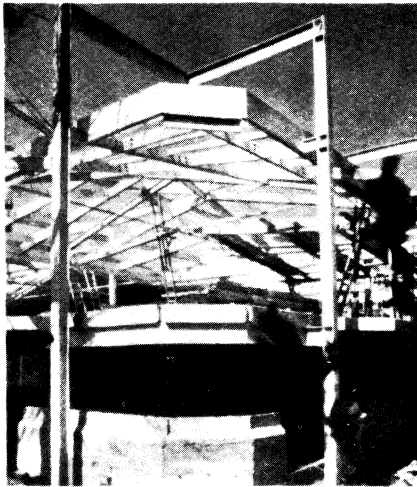
Конструкция покрытия каждой секции имеет форму четырехгранной пирамиды высотой 1,75 м, наклонные грани которой имеют поверхности гиперболического параболоида. Рандбалка из гнутого стального листа прикреплена к консольям стоек рам и в середине каждой стороны здания поддерживается оттяжками из точек пересечения верхних ригелей рам. Четыре стропильные балки из двух швеллеров высотой 200 мм соединены в коньке и опираются снизу на рандбалки. Для восприятия распора от наклонных стропильных балок их нижние концы соединены натяжками из стальных трубчатых профилей диаметром 70 мм. Между рандбалками и



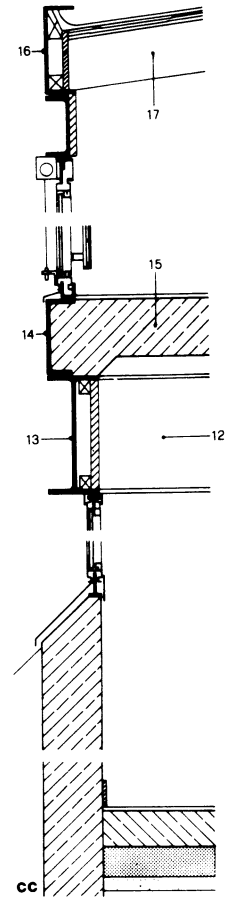
Конструктивная схема рамной конструкции одной из секций здания



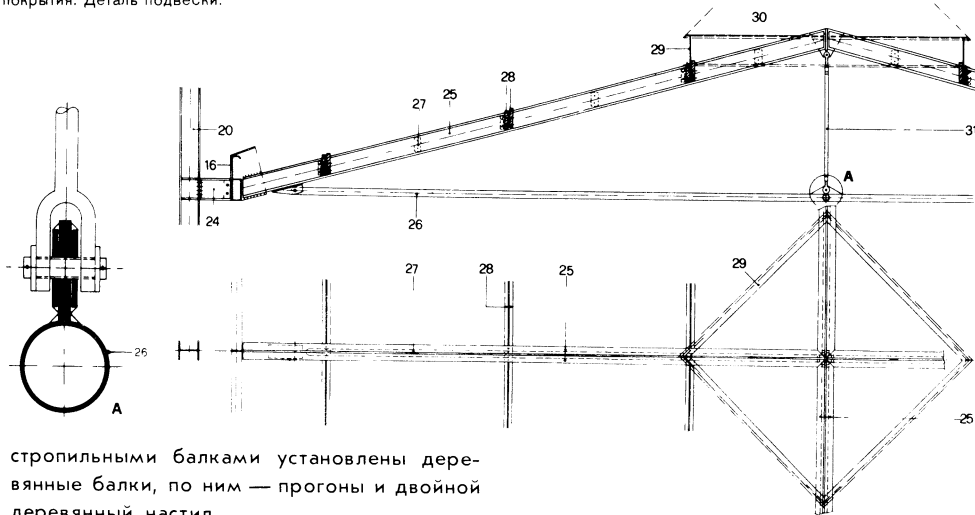
Вертикальный разрез и вид спереди конструкции покрытия. Деталь подвески.



Разрез конструкции покрытия со световым фонарем, наружные рамы с конструкции покрытия



- 12 балка перекрытия I PE 300
- 13 рандбална IPE 300
- 14 ойкаляющий профиль плиты перекрытия [230
- 15 монолитная железобетонная плита
- 16 рандбална покрытия из гнутого листа
- 17 деревянные стропила
- 18 трехслойные плиты
- 19 стойки [100x50
- 20 стойки рамы HE 200 B
- 21 ригель рамы IPE 300
- 22 балка перекрытия IPE 300
- 23 внутренняя колонна HE 140 A
- 24 консоль для присоединения рандбалок
- 25 стропильные балки 2 [200
- 26 затяжка диаметром 70 мм
- 27 прокладна
- 28 прогон
- 29 обрамление из гнутого листа
- 30 световой фонарь
- 31 подвеска $\varnothing 34$ мм



стропильными балками установлены деревянные балки, по ним — прогоны и двойной деревянный настил.

Основание: опускные колодцы на прочном мергеле глубиной 8 м.

Литература

L'Architecture d'Aujourd'hui 1972, Heft 162 S V

Площади и объем

Общая площадь	1700 м ²	Перекрытая площ.	1000 м ²
Полезная площадь	1180 м ²	Объем здания	5500 м ³

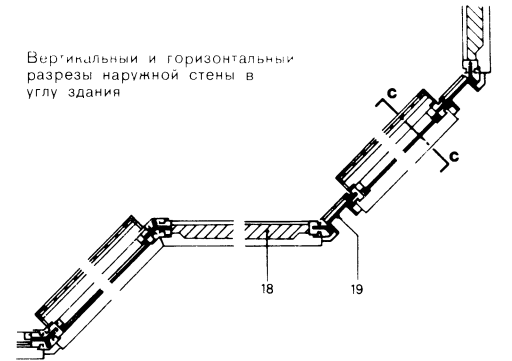
Расход материалов

	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	75 т	800 м ³	35 т
На 1 м ³ объема здания	13,6 кг	0,145 м ³	6,4 кг
На 1 м ² общей площади	44,1 кг	0,471 м ³	20,6 кг

Стоимость (1971 г.) во французских франках

Общая стоимость строительства 2,21 млн.; 1 м³ объема здания — 402, 1 м² общей площади — 1300, 1 м² полезной площади — 1873

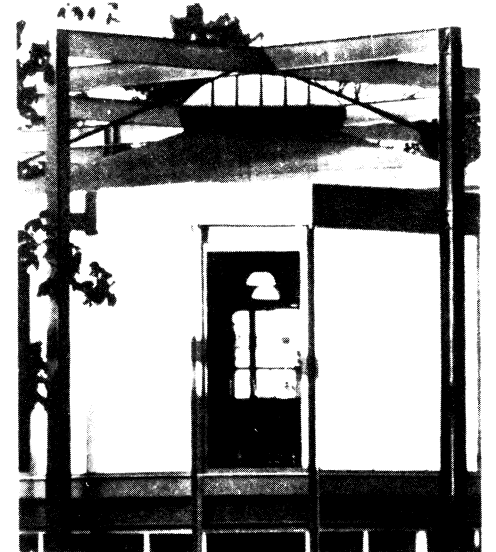
Вертикальный и горизонтальный разрезы наружной стены в углу здания



Примыкание ригеля к стойке рамы с консолями



Угол здания на втором этаже



42. Библиотека в Париже

Архитекторы: М. Лодс, П. Дефон, Х. Боклэр (Париж), Х. Малицард (Булонь-на-Сене). Инженер Л. К. Виленко (Париж). Время строительства 1966—1968 гг.

Здание библиотеки имеет десять наземных и два подвальных этажа. В первом подвальном этаже гараж; во втором центральное книгохранилище на 500 тыс. томов. В первом этаже вестибюль, выставочный зал; в верхних этажах библиотека специальной литературы, читальные залы и индивидуальные читальни. Со второго по пятый этаж соединительные переходы к соседнему пятиэтажному зданию.

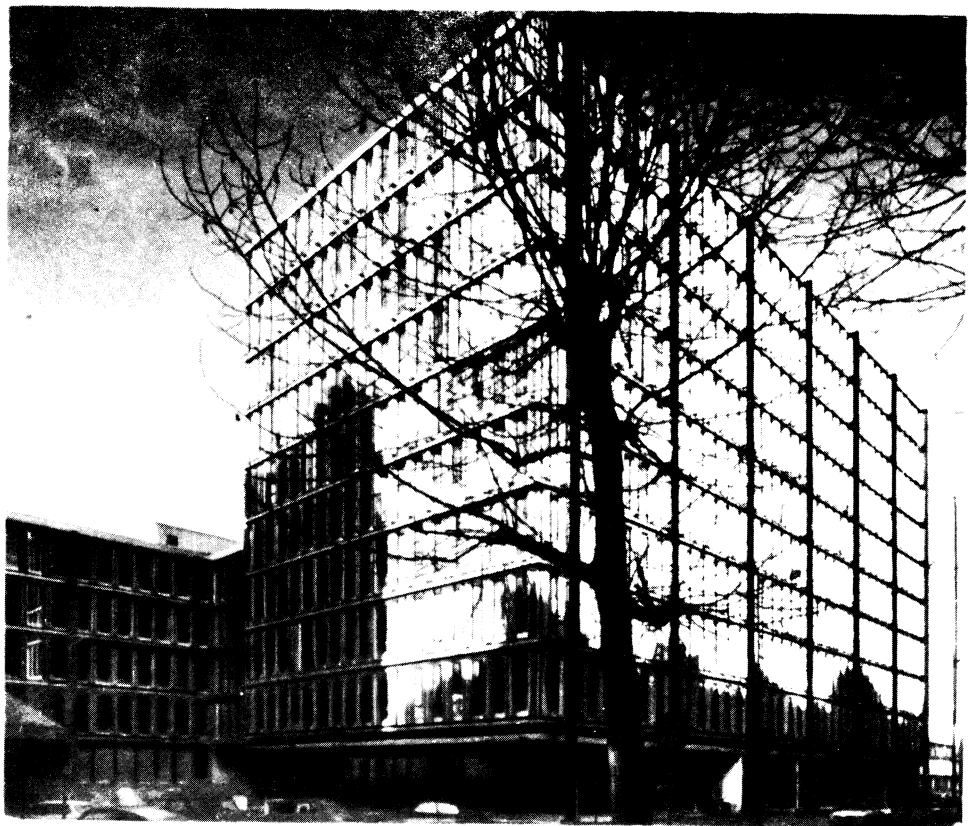
Наружные размеры здания в плане 47,81 × 24,05 м; высота над уровнем земли 34,83 м. Высота первого этажа 4,03 м, высота помещения 3,77 м; высота верхних этажей 2,97 м, высота помещений 2,56 м.

Конструкция

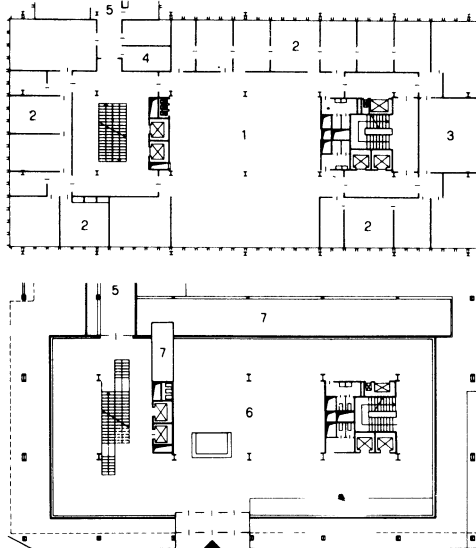
Во всех этажах пространственный рамный каркас, образованный путем жесткого соединения колонн и балок. По сетке 7,9 × 7,5 м размещены в продольном направлении четыре, в поперечном направлении семь рядов колонн. Наружные колонны из HE 300 В; монтажные стыки — в каждом третьем этаже. Внутренние колонны из профилей от HE 600 М до HE 360 В, сечение которых ступенчато уменьшается от нижних этажей к верхним. Балки перекрытий в поперечном направлении из профилей HE 280 А, в продольном направлении — из HE 260 А. Рандбалки из швеллера высотой 270 мм. Все стыки сварные.

По балкам уложены монолитные железобетонные плиты толщиной 14 см. Временная нагрузка на перекрытия от 200 до 600 кгс/м². Совместная работа железобетонных плит и стальных балок обеспечивается наваренными на балки болтовыми шпонками. Предварительное напряжение всех стальных балок осуществлялось с помощью установленных снизу винтовых домкратов, которые после бетонирования убирались. Вследствие жесткого присоединения балок к колоннам одновременно напрягались и колонны. Предварительное напряжение стальных балок и колонн, обратное по знаку напряжениям, возникающим в процессе эксплуатации, обеспечивало более эффективное использование стали. Благодаря этому общая масса стальных конструкций уменьшилась приблизительно на 44,8%.

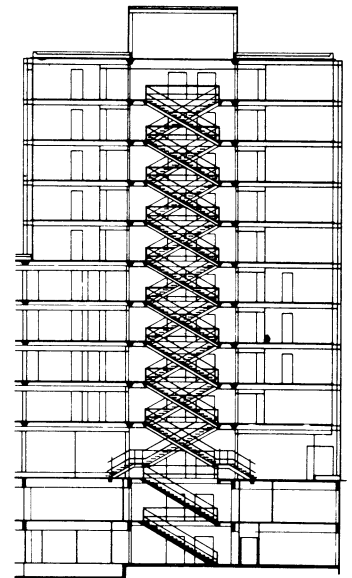
Наружные стены из элементов высотой на этаж, шириной 1,25 м, устанавливаемых между перекрытиями. Элементы состоят из двойных алюминиевых рам, внутрь которых вставляется изолирующее стекло, а снаружи складывающиеся створки из



1 читальный зал 2 индивидуальные читальни 3 помещение для собрания 4 микрофильмы 5 соединительный переход к соседнему зданию 6 выставочный зал 7 бассейн



План типового этажа
М 1:750



План первого этажа

Перерез здания

перфорированных алюминиевых листов для защиты от солнца. Складывающиеся створки могут быть раздвинуты в обе стороны с помощью ручной кривошипной рукоятки.

Огнезащита внутренних колонн и балок перекрытий напылением асбестоцемента.

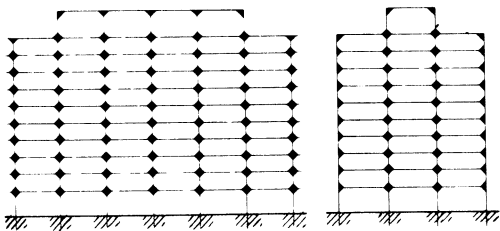
Фундамент — железобетонная плита на известняковой скале глубиной заложения 6 м. Расчетное давление на грунт 8 кгс/см² при допуске давлении 10 кгс/см².

Площади и объем			
Общая площадь	15 805 м ²	Перекрытая площ	1 150 м ²
Полезная площадь	14 360 м ²	Объем	47 735 м ³

	Расход материалов		
	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	600 т	2 162 м ³	128 т
На 1 м ³ объема	12,6 кг	0,046 м ³	2,7 кг
На 1 м ² общей площади	38 кг	0,137 м ³	8,1 кг

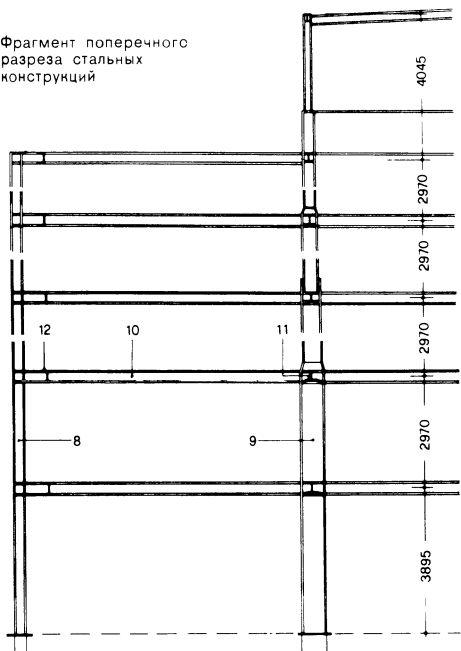
Стоимость строительства (1968 г.)
Стальные несущие конструкции и плиты перекрытия 2 67 млн франц фр

Литература
Bâtr 1970, Heft Nr 185



Конструктивная схема. Поперечный и продольный разрезы предварительно-напряженных стальных конструкций

Фрагмент поперечного разреза стальных конструкций



- 8 наружная колонна HE 300 B
- 9 внутренняя колонна сечением от HE 600 M до HE 360 B
- 10 поперечная балка HE 280 A
- 11 продольная балка HE 260 A
- 12 рандбалка [270
- 13 напрягающие стержни

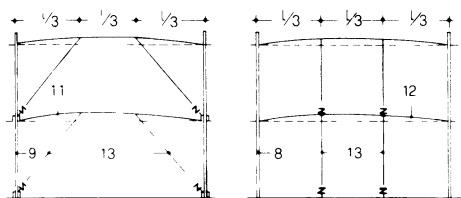
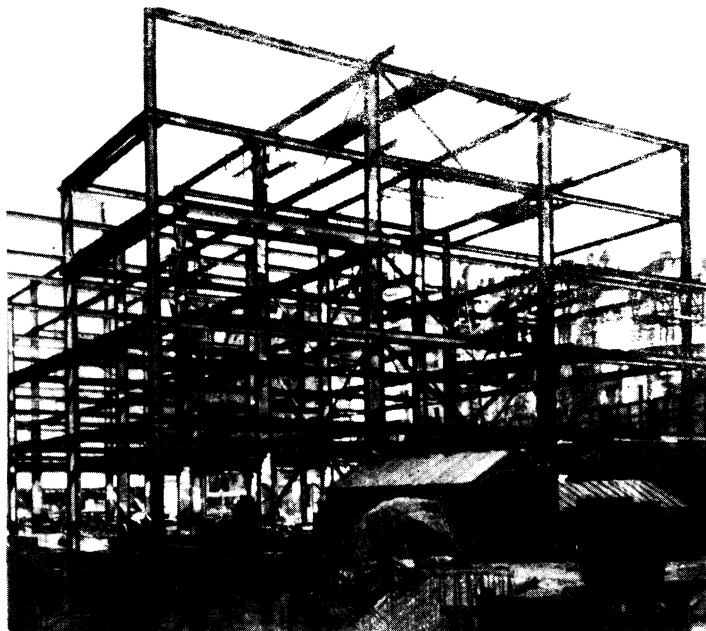
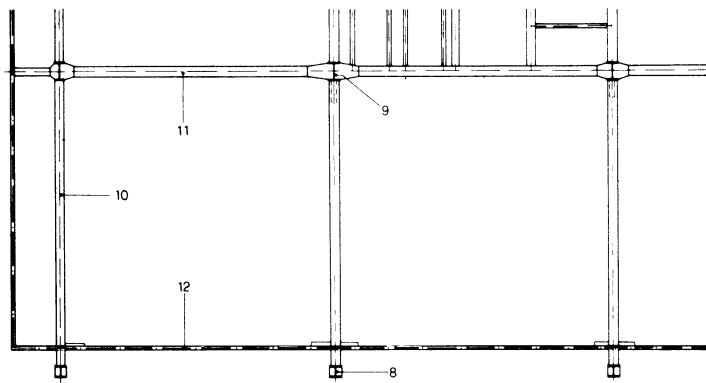


Схема предварительного напряжения балок перекрытий

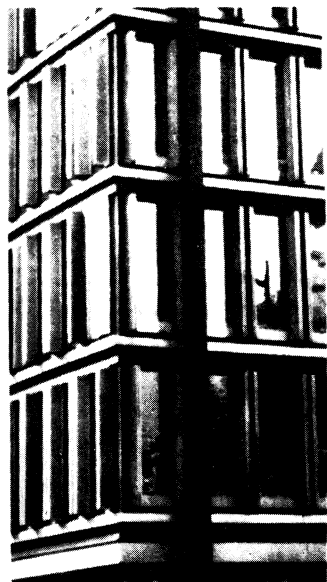


Стальной каркас здания в процессе монтажа

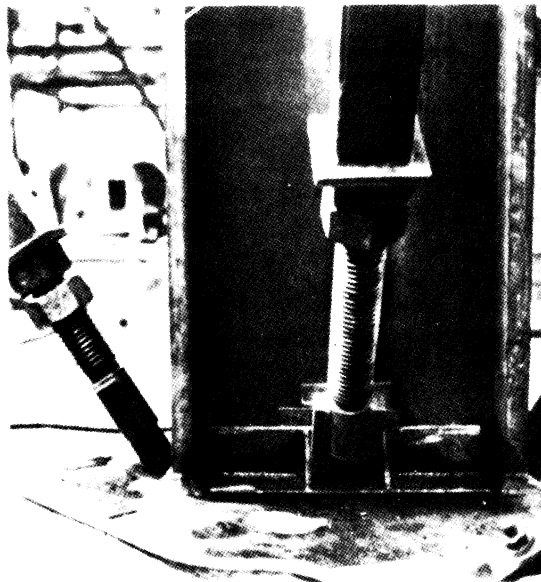


Фрагмент плана балок угла здания

Фрагмент наружной стены



Анкерова напрягающих стержней в опорной части колонны



Предварительное напряжение балок перекрытия около внутренней колонны



43. Здания Федерального конституционного суда в Карлсруэ

Архитектор П. Баумгартен (Западный Берлин). Инженер К. И. Пешлов (Западный Берлин). Время строительства 1965—1969 гг.

Группа из пяти зданий, соединенных остекленными переходами.

Трехэтажное здание зала заседаний с подвалом под всем зданием. В первом этаже вестибюль и зал пленарных заседаний; во втором этаже приемные помещения, комнаты для прессы и участников процесса; в третьем этаже зал заседаний и комната совещаний; в подвальном этаже гараж.

Здание суда: трехэтажное с внутренним двором; свободный первый этаж используется как вестибюль с двумя входами; в верхних этажах рабочие помещения для судей двух сенатов.

Библиотечное здание: одноэтажное с двумя подвальными этажами. В первом этаже каталог, два читальных зала и подсобные помещения; в подвальных этажах архив прессы, переплетная мастерская и книгохранилище на 300 тыс. томов.

Здания администрации и казино одноэтажные и имеют подвалы под всей площадью.

Здание зала заседаний: наружные размеры в плане 29,5 × 29,5 м; высота над уровнем земли 16,6 м. Высота первого и второго этажей 3,9 м, третьего этажа 7,5 м; высота помещений в первом и втором этажах 3,1 м, в третьем этаже 6 м.

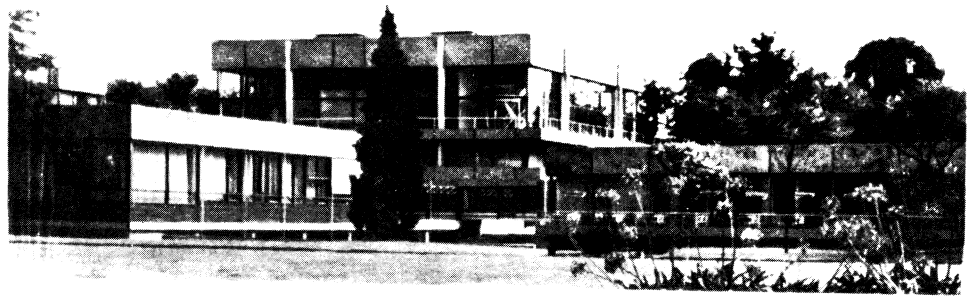
Здание суда: наружные размеры в плане 43,25 × 42 м; высота над уровнем земли 14,4 м; высота этажа 3 м; высота помещения 3,1 м.

Здание библиотеки: наружные размеры в плане 28 × 28 м; высота над уровнем земли 7,2 м; высота помещения 3,5 м.

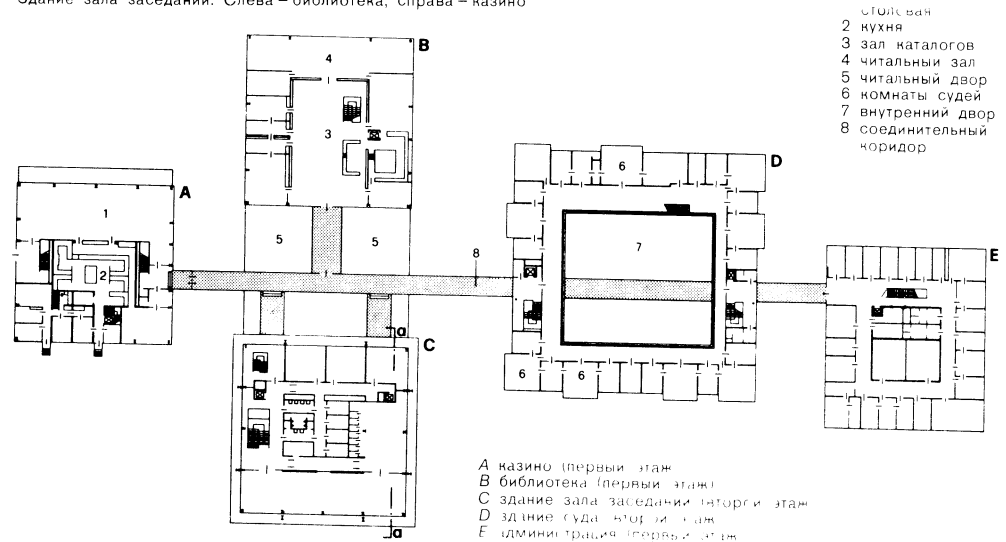
Конструкция

В третьем этаже свободный от колонн зал заседаний. Решетчатое покрытие опирается на восемь наружных колонн. Внутренние стальные колонны обоих нижних этажей размещены по сетке 7 × 7 м. Ветровые нагрузки передаются в нижних этажах через диски перекрытий на железобетонные стены. Для обеспечения сопротивляемости покрытия ветровым нагрузкам восемь наружных колонн соединены с обоими нижележащими междуэтажными перекрытиями консольными балками. Несущая решетка покрытия состоит из четырех перекрещивающихся балок со сплошными стенками высотой 2000 мм, образующих с помощью рандбалок и крестовых связей жесткий диск.

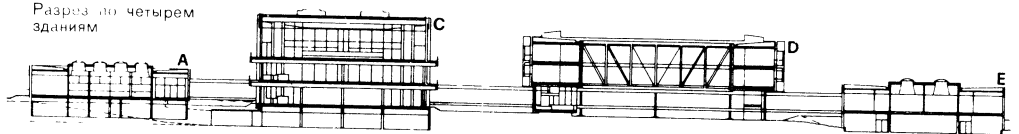
Наружные колонны высотой на все зда-



Здание зала заседаний. Слева — библиотека, справа — казино



Разрез по четырем зданиям



ние из HE 500 М, в первом и втором этажах внутренние колонны и балки перекрытий из двутавровых профилей; по балкам перекрытий уложены сборные железобетонные плиты; временная нагрузка 500 кгс/м².

Здание суда: контурный ряд колонн позади наружных стен здания. В углах внутреннего двора четыре спаренные колонны соединены фермами, высота которых равна высоте второго и третьего этажей. Передача вертикальной нагрузки через балки перекрытий на наружные колонны и через фермы на четыре внутренние угловые колонны. Горизонтальные усилия передаются через монолитные железобетонные диски перекрытий на два железобетонных ядра жесткости. Жесткость покрытия при действии ветровой нагрузки обеспечивается горизонтальными крестовыми связями.

Колонны и балки из прокатных профилей, раскосы ферм из арматурных стержней диаметром 26 мм, количество которых меняется в различных панелях фермы в соответствии с действующими усилиями.

Сооружение расположено в сейсмическом районе, поэтому 7,5% вертикальных нагрузок учитываются в виде допол-

нительной горизонтальной нагрузки; расчетное давление на грунт повышается на 50%.

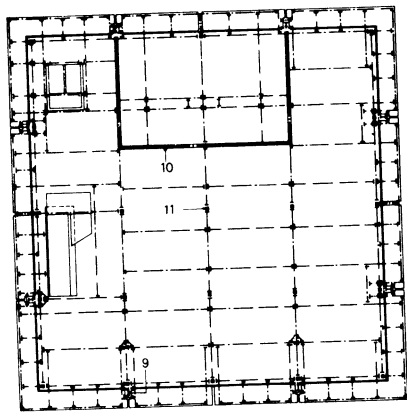
В соответствии с требованиями противозвушной обороны при проектировании учитывалась нагрузка от обломков 1 тс м² и были предусмотрены выходы в наружных стенах подвала.

Покрытия: вентилируемые холодные покрытия с настилом из алюминиевых листов и многослойные битумокартонные кровли с гравийной засыпкой.

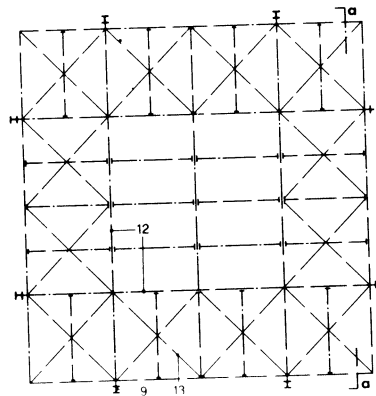
Наружные стены: элементы с деревянными рамами на высоту этажа, глухим остеклением, раздвижными окнами и нижнеподвесными фрамугами. Перед подоконными панелями деревянная обшивка с воздушной прослойкой или алюминиевые листы, соединенные на фалец; перед ними алюминиевые литые плитки. Противосолнечная защита с помощью расположенных снаружи жалюзи.

Противопожарная защита стальных конструкций изолирующим слоем окраски, а также спринклерными устройствами.

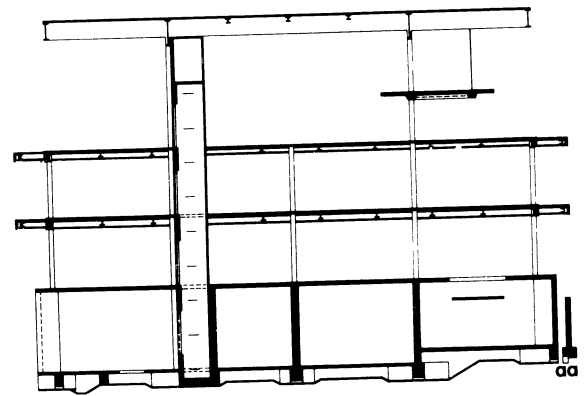
Основание: ленточные и столбчатые фундаменты на песке и гравии. Для обеспе-



План балоч второго этажа

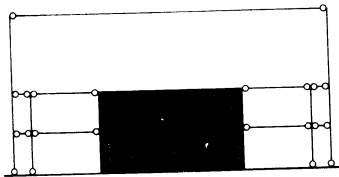


Несущая конструкция покрытия



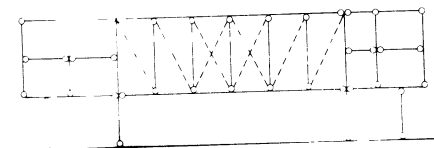
Разрез по залу заседаний

Конструктивная схема
Разрез по бетонной стене



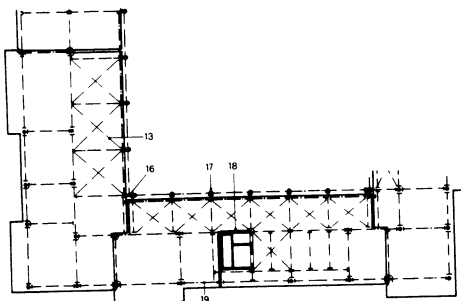
Здание суда заседаний

Здание суда

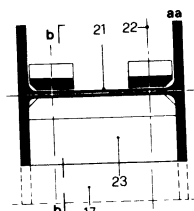
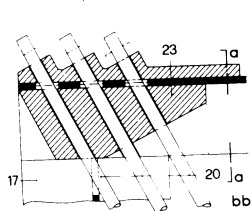


Конструктивная схема Разрез по двухэтажной ферме

Фрагмент плана балоч третьего этажа



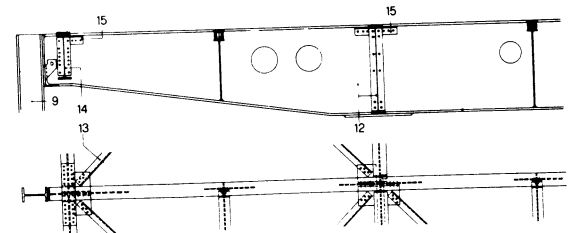
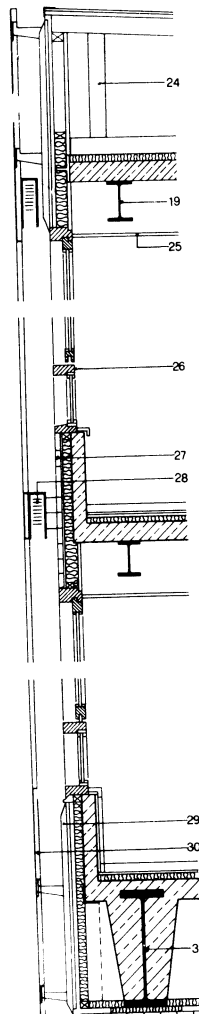
Заделка напрягаемых стержней в крайней панели фермы



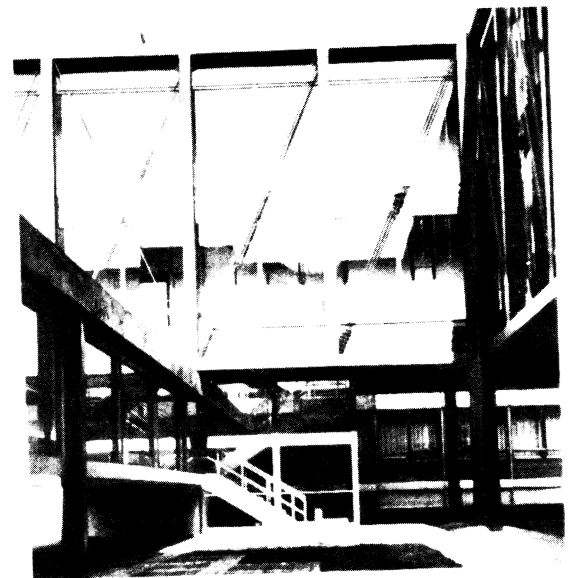
- 9 наружная колонна на HE 500 M
- 10 железобетонная стена
- 11 внутренняя колонна HE 300 B
- 12 сплошнотенчатая балка высотой 200 мм
- 13 горизонтальная связь
- 14 рандбалка высотой 1000 мм
- 15 уголок для присоединения горизонтальных связей
- 16 спаренная колонна
- 17 стойка (HE 360 B) двухэтажной фермы
- 18 железобетонное ядро жесткости

- 19 рандбалка IPE 270
- 20 напрягаемый стержень $\Delta 26$ мм
- 21 верхний пояс HE 360 B
- 22 ось напрягаемого стержня
- 23 анкерная плита
- 24 покрытие с деревянными стропилами
- 25 потолок
- 26 элемент деревянной рамы
- 27 деревянная обшивка
- 28 жалюзи
- 29 алюминиевые листы, соединенные на фальц
- 30 плитки из литого алюминия
- 31 рандбалка HE 800 M

Разрез наружной стены



Балка покрытия со сплошной стенкой Вид сбоку и сверху



Внутренний двор здания суда с соединительным коридором

Площади и объем

Общая площадь	14 323 м	Перекрытая площадь	6 771 м
Полезная площадь	9 635 м	Объем здания	55 000 м

Расход материалов

	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	1261	т 11000	м ³ 1050
На 1 м ³ объема здания	22,9 кг	0,2 м ³	18,5 кг
На 1 м ² общей площади	88 кг	0,768 м ³	73,5 кг

Стоимость (1969 г.) в марках ФРГ

Общая стоимость строительства 17,06 млн., 1 м³ объема здания - 310, 1 м² общей площади - 1191, 1 м² полезной площади - 1771

Литература

Die Bauverwaltung 11/1969, S. 604 - Bauwelt 48/1969 S. 1714 - Glasforum 1/1970, S. 3 и 36 - Deutsche Bauzeitschrift 4/1970, S. 631

44. Здание суда Европейского сообщества в Люксембурге

Архитекторы: И. Концемиус (Люксембург), Ф. Жамань и М. ван дер Элст (Анверс). Инженеры Шредер и К° (Люксембург). Время строительства 1967—1972 гг.

Шестиэтажное здание суда с залами заседаний и административными помещениями. В первом этаже конференц-залы и общая администрация; во втором этаже фойе, канцелярия, библиотека и три зала заседаний, которые имеют высоту в два этажа; в третьем этаже вокруг двухэтажных залов заседаний кабинеты судебной администрации; в четвертом этаже вокруг двух центральных световых дворов отдельные кабинеты для судей и президента. В отступивших внутрь от контура здания пятом и шестом этажах ресторан и квартира швейцара, а также технические помещения.

В двух подвальных этажах архив, подсобные помещения и установка для кондиционирования воздуха. Гараж-стоянка на 260 автомобилей расположен в подвальном помещении под площадью перед фасадом здания.

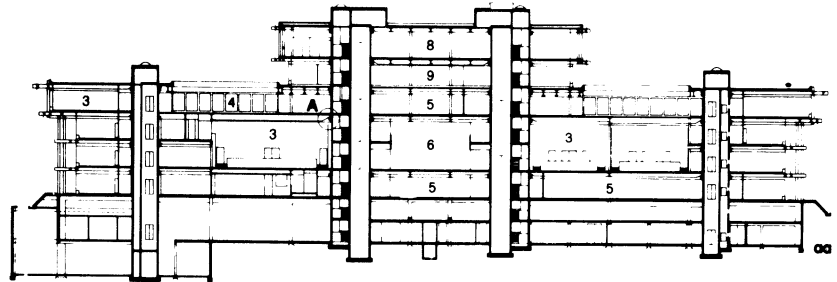
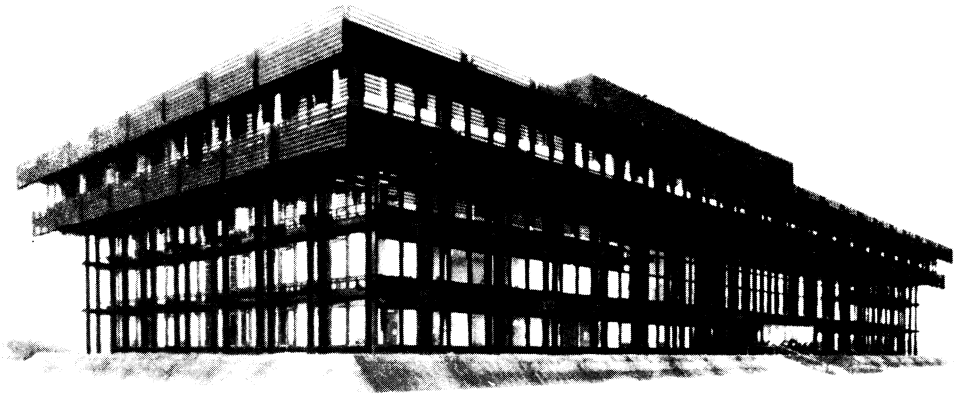
Проход для публики по лестнице на продольной стороне к фойе на втором этаже. Служебный вход на противоположной продольной стороне. Междуетажное сообщение пятью пассажирскими и одним грузовым лифтом, а также двумя лестницами в четырех ядрах жесткости из железобетона.

Наружные размеры здания в плане $108 \times 48,5$ м; высота над уровнем земли 28 м. Наружные размеры обоих уменьшенных в плане верхних этажей $43,1 \times 27$ м. Первый этаж расположен на 1,25 м выше поверхности земли. С первого по пятый этажи высота этажа 3,7 м, высота помещения 2,65 м. Высота шестого этажа 4,31 м, высота помещения 4,04 м. Высота обоих подвальных этажей 3,15 и 2,95 м, высота помещений 2,8 и 2,65 м.

Конструкция

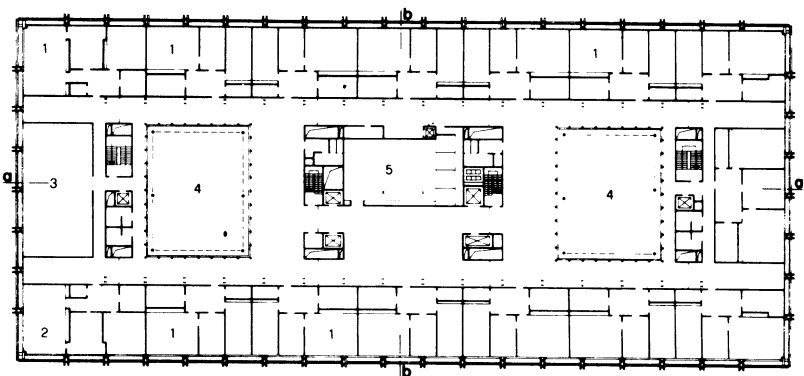
Внешний вид этого сооружения определяется трехэтажными сдвоенными колоннами, отстоящими на 1,3 м от наружных стен, и выступающими концами соответственно разделенных балок перекрытий. Четвертый этаж консольно выступает на 1,8 м за наружные колонны. Внутри здания четыре железобетонных ядра жесткости, между которыми размещена шарнирная стержневая конструкция по модульной сетке $5,4 \times 5,4$ м. В поперечном направлении главные балки с шагом 5,4 и 10,8 м, пролетами 5,4; 10,8 и 16,2 м в зависимости от назначения помещения. В продольном направлении второстепенные балки с шагом 2,7 м.

К элементам шарнирной стержневой конструкции на обеих продольных сторонах



Продольный разрез здания
М 1:1000

План четвертого
этажа М 1:1000

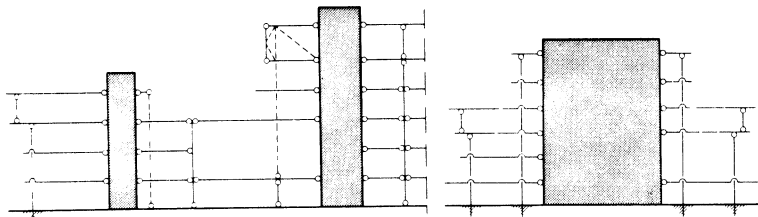


- 1 кабинет судьи
- 2 кабинет президента
- 3 зал заседаний
- 4 внутренний двор
- 5 конференц-зал
- 6 фойе
- 7 гараж
- 8 ресторан
- 9 квартира швейцара

с шагом 5,4 м примыкают поперечные балки перекрытий пролетом 8,2 м, опирающиеся другими концами на наружные колонны. Эти балки выполнены сдвоенными из HE 400 А соответственно наружным колоннам, состоящим из двух HE 300 В с расстоянием между ними 700 мм; оба крайних ряда внутренних колонн также выполнены сдвоенными. В продольном направлении здания все сдвоенные колонны жестко заделаны в фундаментах. На торцевой стороне здания балки перекрытий расположены между наружными колоннами и внешними железобетонными ядрами жесткости. Рандбалки выполнены из двух HE 400 А, размещенных на расстоянии 900 мм друг от друга; они соединяют балки перекрытий и служат одновременно опорами для сквозных балконов. Настил перекрытий из сталь-

ного профилированного листа с уложенной поверху плитой из монолитного бетона толщиной 10 мм; временная нагрузка в зависимости от назначения помещения от 250 до 1000 кгс/м². Ветровые нагрузки в поперечном направлении воспринимаются через горизонтальные крестовые связи между продольными балками перекрытий четырьмя железобетонными ядрами жесткости, в продольном направлении через балки перекрытий обоими наружными ядрами жесткости и четырьмя рядами заземленных сдвоенных колонн продольной стороны.

Противопожарная защита: напыление слоя асбестоцемента толщиной от 4 до 6 см на всех несущих стальных элементах здания. Дополнительно спринклерные устройства и пожарные гидранты.



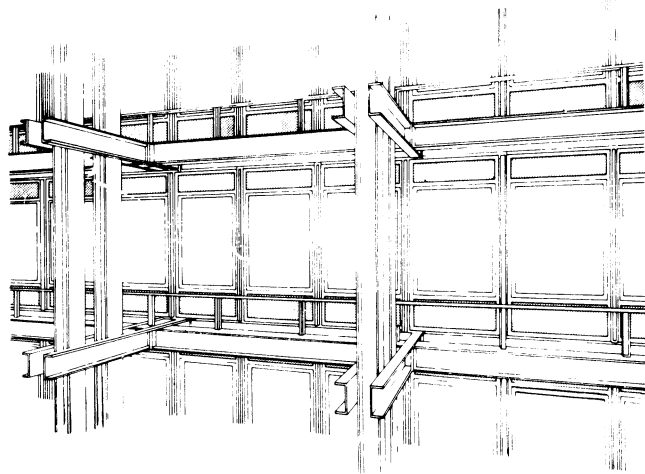
Площади и объем
 Общая площадь 31000 м² Перекрытая площ. 5000 м²
 Полезная площадь 12500 м² Объем здания 150000 м³

Конструктивная схема Часть
 продольного разреза и попереч-
 ный разрез

Расход материалов

	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	2600 т	20000 м ³	1500 т
На 1 м ³ объема здания	17,3 кг	0,133 м ³	10 кг
На 1 м ² общей площади	83,9 кг	0,645 м ³	48,4 кг

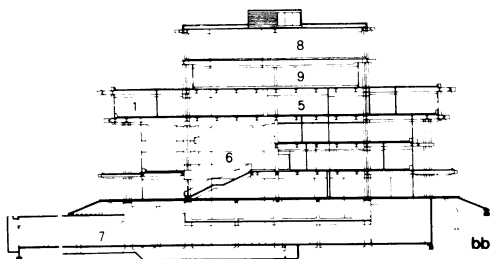
Наружная стена с выступа-
 ющими сдвоенными колоннами и сквоз-
 ными балками



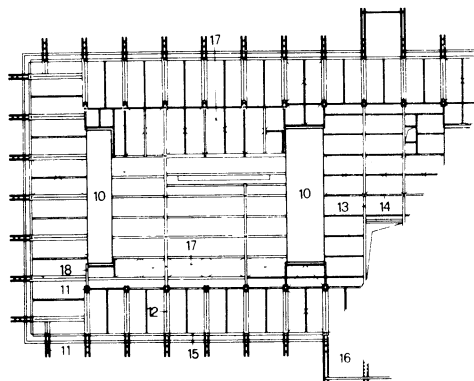
Стоимость (1972 г.) в бельгийских франках

Общая стоимость строительства 485 млн 1 м³ объема –
 3233 1 м² общей площади – 15645 1 м² полезной площа-
 ди – 38800

Опираие балок на консоли
 железобетонного ядра
 жесткости

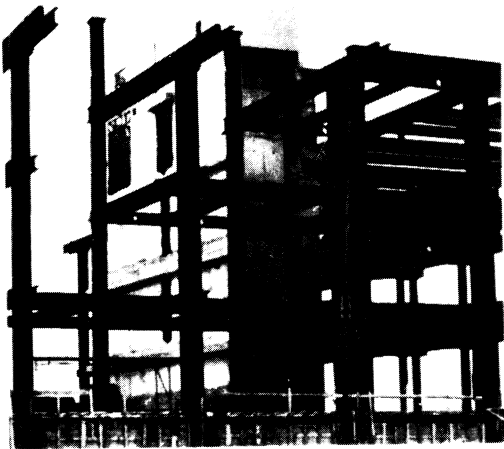


Поперечный разрез здания

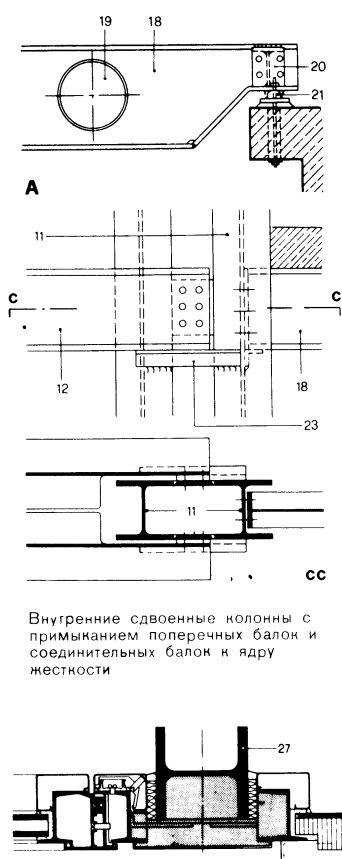


Часть плана балок над первым этажом

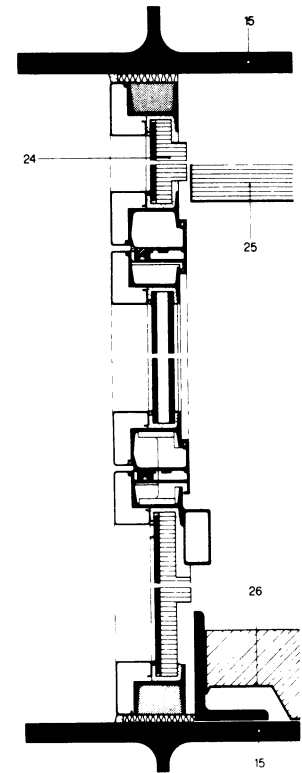
Стальные несущие конструкции вокруг крайнего
 железобетонного ядра жесткости



- 10 железобетонное ядро жесткости
- 11 сдвоенная колонна из двух HE 300 B
- 12 поперечная балка из двух HE 400 A
- 13 главная балка HE 700 B
- 14 второстепенная балка IPE 400
- 15 рандбалка из двух HE 400 A
- 16 навес над главным входом
- 17 ветровая связь
- 18 балка перекрытия HE 700 A
- 19 отверстие в балке
- 20 приваренный лист для примыкания второстепенной балки
- 21 опорная цапфа
- 22 анкерный болт
- 23 опорный уголок
- 24 многослойная панель
- 25 потолок
- 26 профилированный настил
- 27 стойки наружных стен



Внутренние сдвоенные колонны с примыканием поперечных балок и соединительных балок в ядру жесткости



Горизонтальный и вертикальный разрезы наружной стены

Наружные стены: панели на высоту помещения из стального профиля с заполнением из теплоизолирующего стекла. В зонах перекрытий многослойные панели. Все расположенные снаружи стальные детали и несущие конструкции из атмосферостойкой стали.

Основание: на скальном основании из песчаника столбчатые фундаменты под колоннами и фундаментные плиты под бетонными ядрами жесткости.

Оборудование

Отопление водяное; три паровых котла производительностью 3 000 000 ккал/ч. Вентиляция воздуха в помещениях архива и в гараже. Кондиционирование воздуха в остальных помещениях с помощью установок высокого давления в зоне окон и установок низкого давления во внутренних зонах; расход воздуха соответственно 54 000 м³/ч и 107 000 м³ ч.

45. Телевизионный центр в Западном Берлине (район Шарлоттенбург)

Архитектор Р. Тепец (Западный Берлин). Инженер Г. Трептов (Западный Берлин). Время строительства 1966—1971 гг.

Внутри комплекса зданий телевизионного центра с несколькими невысокими строениями для съемочных студий, цехов, хранилищ и технического оборудования поднимается высотное здание с одним 13-этажным и одним 14-этажным прямоугольными крыльями. В связи со строго определенной привязкой их положения на площади, оба крыла расположены под углом друг к другу и соединены торцовыми сторонами в одном ядре жесткости, которое 20-этажной башней возвышается над крыльями здания.

В крыльях находятся административные помещения на 320 рабочих мест для дирекции, редакции, администрации и обслуживающего персонала. На 7-м и 8-м этажах архив, на 9-м этаже установка для кондиционирования воздуха. На 15-м этаже помещение для конференций с выходом к террасе на покрытии 13-этажного крыла. В ядре жесткости три лифта, лестничная клетка и шахта с инженерными коммуникациями; с 16-го по 21-й этаж — технические помещения и площадки для параболических антенн и оборудования радиорелейной связи. К 13-этажному северному крылу примыкает на половине ширины здания семизэтажный корпус с помещениями для вычислительной техники, монтажа, студии звукозаписи, а также режиссерскими и техническими помещениями. Два ядра жесткости с лестничными клетками и лифтами расположены вблизи от свободной торцевой стороны и в зоне примыкания к 13-этажному крылу.

Длина 14-этажного крыла 28,3 м, длина 13-этажного крыла 33,3 м, длина 7-этажного корпуса 58,7 м. Ширина одинаковая: 14,18 м. Высота над уровнем земли 56,3, 50,5 и 29,8 м. Высота ядра жесткости 78,2 м, высота этажей 3,65 м, высота помещений 3 м. Конструктивная сетка 1,25 × 1,25 м.

Конструкция

Комплексная планировка технических помещений в сочетании с требованиями гибкости, учитывающими возможные изменения назначения, потребовали помещений, свободных от внутренних колонн. Выбранные незначительные глубины помещений и применение комплексных конструкций дали возможность свободно перекрыть общую ширину здания, равную 12,5 м, при временной нагрузке на перекрытие 500 кгс/м².

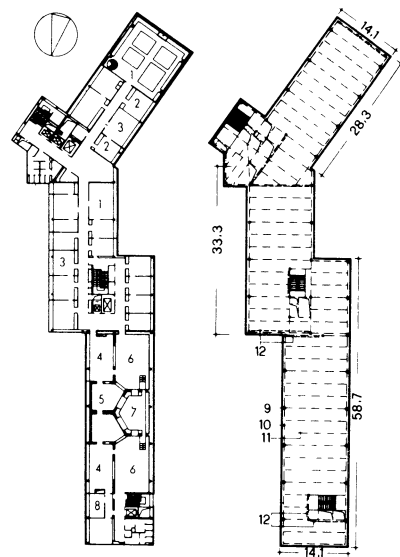
Колонны на продольных сторонах, размещенные с шагом 7,5 м, коробчатого



Высотное здание с прилегающим слева семизэтажным корпусом

сечения из профилей HE-M с приваренными металлическими полосами. Колонны шарнирно соединены с помощью рандбалок IPE 600 или IPE 750. В поперечном направлении с шагом 2,5 м уложены балки перекрытий высотой 375 мм из сварных несимметричных двутавровых профилей, работающих совместно с железобетонными плитами заводского изготовления толщиной 12 см. Совместность работы обеспечивается благодаря наваренным на стальные балки болтовым шпонкам, которые входят в соответствующие пазы железобетонных плит и охватываются арматурными петлями, выпущенными из плит. Перед замоноличиванием стыков со шпоночными соединениями производилось вывешивание балок перекрытий в третях длины с монтажным закреплением распорками, что позволяло использовать совместность работы при нагрузке от собственного веса. Сопrotивляемость шарнирной стержневой системы воздействию ветровых нагрузок обеспечивается вертикальными решетчатыми связями в плоскостях торцовых стен и, кроме того, стенами трех ядер жесткости.

Наружные стены: к консолям колонн подвешены подоконные многослойные панели толщиной 16 см из бетона и смешанной с цементом древесной стружки; высота панелей 1,65 м; перед ними алюминиевые плиты со звукоизоляционным слоем и с воздушной прослойкой. Прочное изолирующее остекление с двумя и частично тремя стеклами различной толщины, с уплотнителями для дополнительной звукоизоляции специальных помещений. Защита от солнца — постоянными жалюзи в верхней зоне окон, в нижней зоне — открывающимися жалюзи с центральным управлением



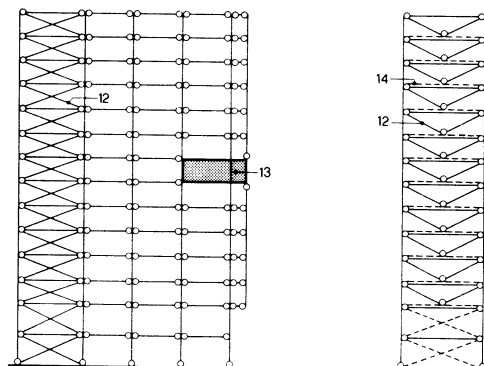
План седьмого этажа
М 1:1500

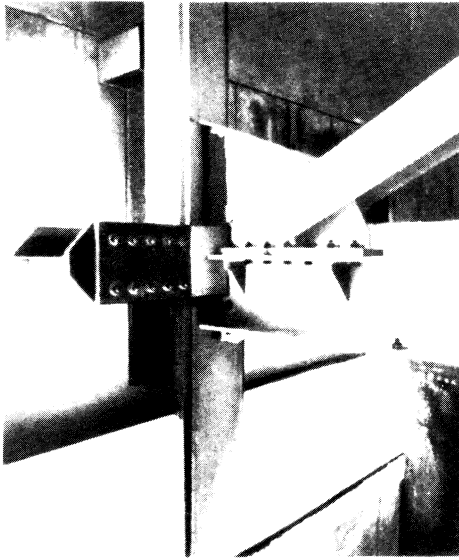
План балок типового этажа

- 1 архив
- 2 монтажная комната
- 3 служебное помещение
- 4 техническое помещение

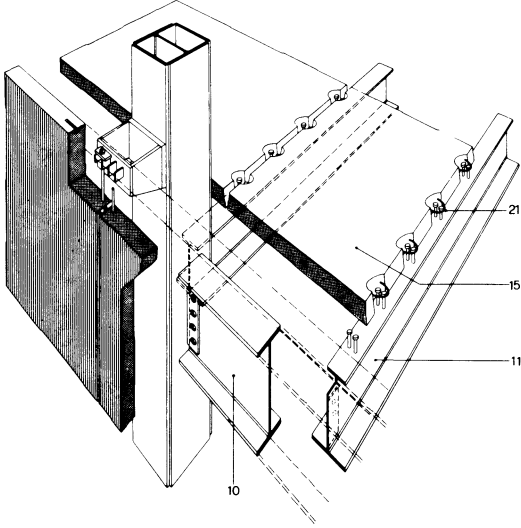
- 5 режиссерская
- 6 студия синхронизации
- 7 звукопоглощающее помещение
- 8 местопребывание дикторов

Конструктивная схема. Продольный и поперечный разрезы южного крыла

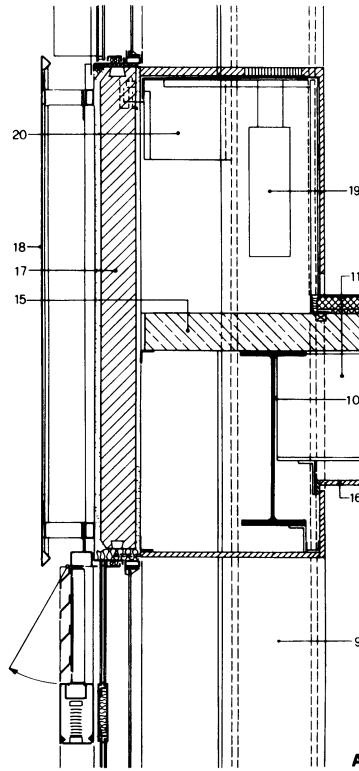




Примыкание балок перекрытия и ветровых связей к наружным колоннам

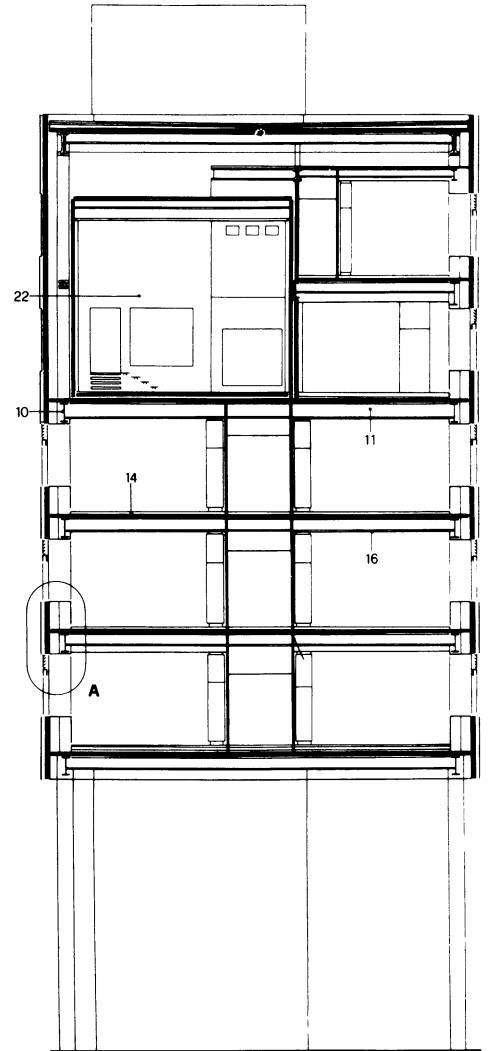


Примыкание комплексного перекрытия и подоконных панелей к наружным колоннам



Сечение наружной колонны в подоконной зоне

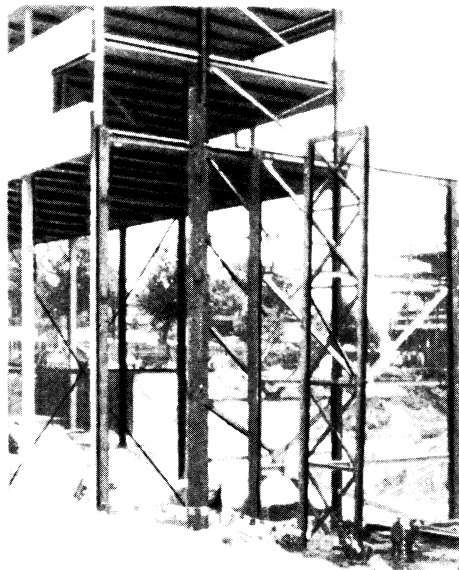
- 9 наружные колонны из усиленного HE-M-профиля
- 10 рандбалка IPE 600
- 11 балки перекрытий из сварного двутавра высотой 375 мм
- 12 ветровая связь
- 13 сплошнстенчатая балка
- 14 комплексное сталежелезобетонное перекрытие
- 15 плиты заводского изготовления толщиной 12 см
- 16 огнестойкий акустический потолок
- 17 подоконная панель из газобетона
- 18 алюминиевые плиты
- 19 оборудование для кондиционирования воздуха



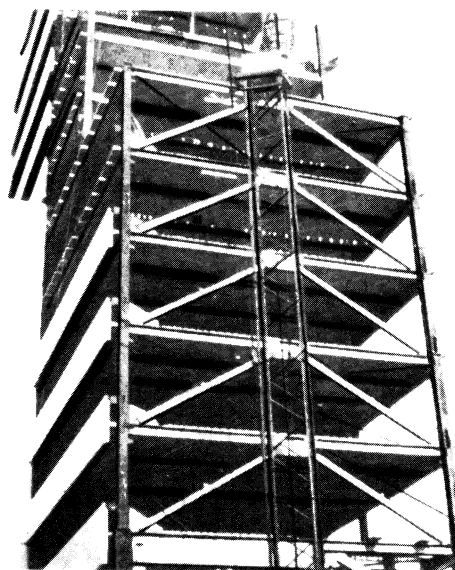
Поперечный разрез здания семиэтажного корпуса

- 20 консоли для навешивания подоконных панелей
- 21 арматурная петля
- 22 звукопоглощающее помещение

Монтаж конструкций южного крыла



Монтаж конструкций северного крыла с ветровыми связями в зоне примыкания к южному крылу



Огнезащита: напыление слоя асбестоцемента на колонны и балки перекрытий в зонах вестибюля (коридоров); в остальных зонах перекрытий класс огнестойкости F90 (1,5 ч) достигается благодаря огнестойким звукопоглощающим потолкам. Облицовка ветровых связей гипсовыми плитами толщиной 6 см.

Площади и объем

Общая площадь 16 285 м² Перекрытая площ. 1 771 м²
 Полезная площадь 8 499 м² Объем здания 65 364 м³

Расход материалов

	Сталь	Бетон
Всего	2 520 т	3 048 м ³
На 1 м ³ объема здания	38,6 кг	0,047 м ³
На 1 м ² общей площади	154,7 кг	0,187 м ³

Стоимость (1970 г.) в марках ФРГ

Общая стоимость строительства 21,3 млн.; 1 м³ объема здания — 326; 1 м² общей площади — 1308; 1 м² полезной площади — 2506 м.

Литература

Detail 6/1971, Konstruktionstafel. — Bauwelt 37/1971, S. 1524.
 — Deutsche Bauzeitschrift 12/1971, S. 2493. — Acier-Stahl-Steel 6/1972, S. 262.

46. Здание Бундестага в Бонне

Архитектор Э. Айерман (Карлсруэ). Расчет выполнен фирмой, возводящей стальные конструкции. Время строительства 1966—1968 гг.

Канцелярии и залы заседаний для депутатов Бундестага в 31-этажном высотном здании. На этажах с 5-го по 19-й размещены 446 отдельных кабинетов депутатов; на этажах с 21-го по 30-й — 114 административных помещений, пять помещений для конференций и 19 двухэтажных залов для заседаний; на 20-м и 31-м этажах оборудование для кондиционирования воздуха; на 31-м этаже ресторан и кафе.

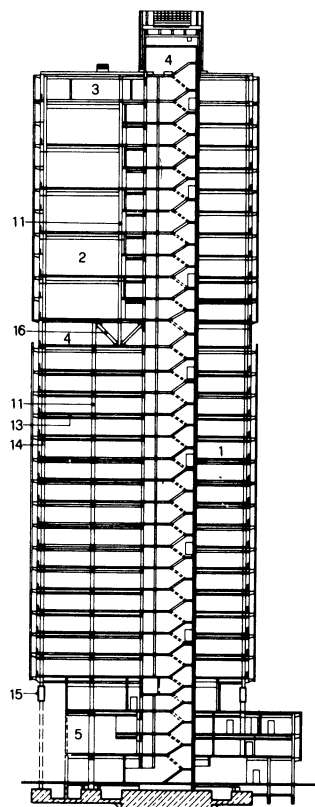
На этажах с отдельными кабинетами расположены зоны ожидания для посетителей перед ядром жесткости, смещенным к одной из продольных сторон здания; в ядре жесткости 12 пассажирских и один грузовой лифт, две лестничные клетки и санитарные помещения.

От подвального до четвертого этажа простирается зрительно и функционально отделенный от высотного здания объем, который на одной продольной стороне выступает наружу, а с трех других сторон отступает внутрь за контур здания. В этих четырех этажах расположены приемные залы, почтамт, центральная телеграфная и телефонная связь, общая администрация; в подвальном этаже технические помещения.

Наружные размеры здания в плане 48×33 м; высота над уровнем земли 109 м. Типовые этажи имеют высоту 3,2 м и высоту помещений 2,5 м; высота этажа в залах заседаний 6,4 м; высота помещений 5,4 м. Наружные размеры ядра жесткости $30,8 \times 8,3$ м. Конструктивная сетка $3,75 \times 3,75$ м.

Конструкция

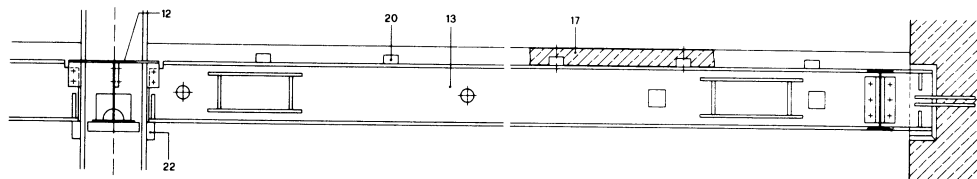
Прямоугольное железобетонное ядро жесткости обеспечивает сопротивляемость здания горизонтальным нагрузкам и служит внутренней опорой для балок перекрытий HE 450 В, которые расположены с шагом 3,75 м между стенами ядра жесткости и наружными колоннами. Наружные колонны коробчатого сечения 650×650 мм, шаг в осях также 3,75 м. Вследствие нецентрального расположения ядра жесткости на обеих узких сторонах и одной продольной образовались свободные пролеты 7,5 м. На другой продольной стороне расстояние 15 м между ядром жесткости и наружными колоннами делится пополам дополнительным рядом внутренних колонн, соединенных продольными балками HE 500 В. Над 20-м этажом эти внутренние колонны перемещены к ядру жесткости для обеспечения большей глубины помещений залов заседаний с соблюдением единого модуля сет-



Поперечный разрез здания

- 1 кабинеты депутатов
- 2 комната заседаний
- 3 ресторан
- 4 технические помещения

Балка перекрытия



ки 3,75 м и опираются на фермы высотой на этаж, расположенные в пределах 20-го этажа.

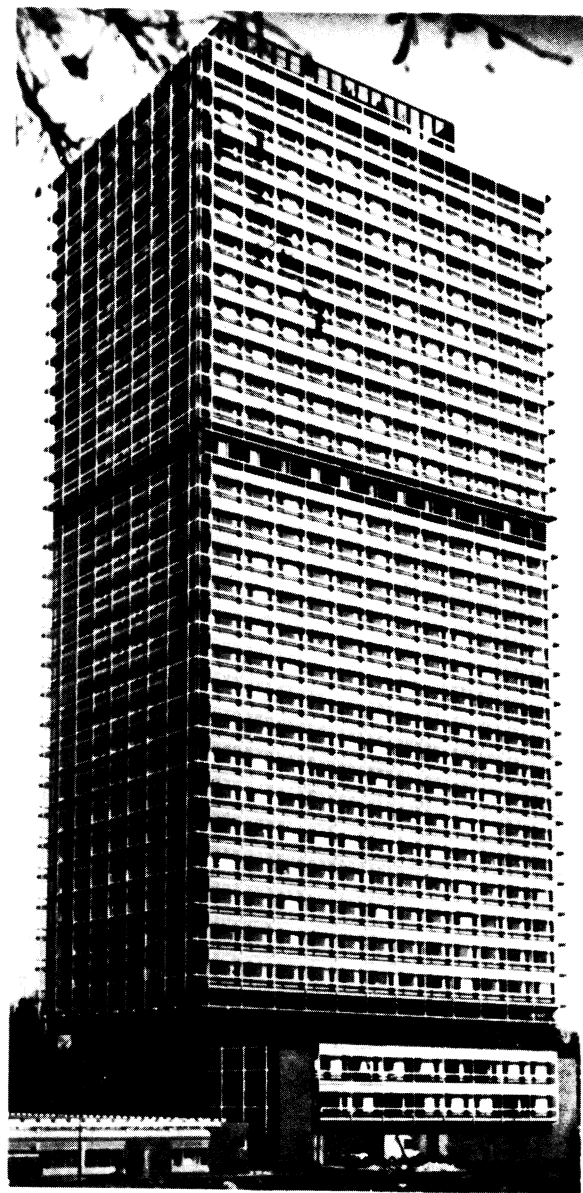
Над четвертым этажом каждая вторая наружная колонна опирается на контурную балку коробчатого сечения высотой 2000 мм. Нижестоящие колонны, размещенные с шагом 7,5 м, имеют на трех сторонах здания свободную длину 13,2 м вследствие того, что нижние этажи несколько отступают внутрь от линии фасадов.

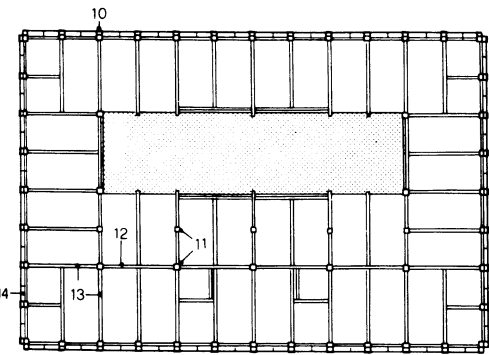
Перекрытия: по балкам перекрытий уложены сборные железобетонные плиты толщиной 12 см, пролетом 3,75 м. Временная нагрузка на перекрытие 500 кгс/м^2 . Для обеспечения неразрезности плит перекры-

тий в верхней их части в зоне опор предусмотрены штрабы и оставлены арматурные выпуски. После укладки дополнительной арматуры стыки замоноличены. Продольная устойчивость стальных балок обеспечивается благодаря приваренным к верхним полкам металлическим пластинкам, которые заделаны в стыках между плитами.

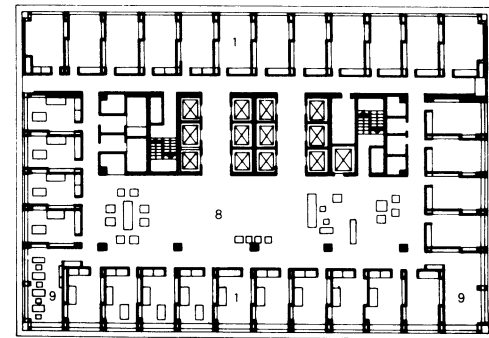
Огнезащита балок — штукатуркой «пирок» (Pyrok) и подвесным потолком. В стенках балок отверстия для прокладки инженерных коммуникаций в пределах высоты перекрытий.

Наружные стены: на консоли, которые присоединены к наружным колоннам болтами, опираются контурные балки для креп-

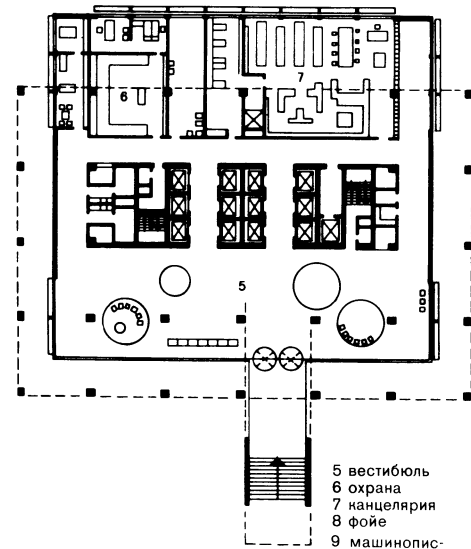




План балок 20-го этажа



План типового этажа (М 1:800) с отдельными кабинетами



План первого этажа

Площади и объём

Общая площадь 44 000 м² Технических помещений 2810 м²
 Полезная площадь 29 000 м² Перекрытая площадь 1855 м²
 Одного рабочего места 24 м² Объём здания 150 300 м³

Расход материалов

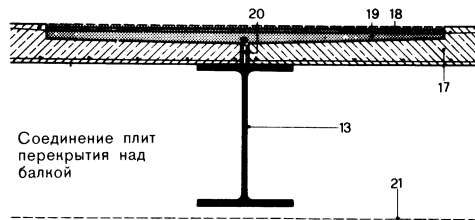
	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	4500 т	18200 м ³	1200 т
На 1 м ² общей площади	102 кг	0,414 м ³	27,3 кг
На 1 м ³ объёма здания	29,9 кг	0,121 м ³	8,9 кг

Стоимость (1969 г.) в марках ФРГ

Общая стоимость строительства 47,3 млн.; 1 м³ объёма здания - 315; 1 м² общей площади - 1075; 1 м² полезной площади - 1631.

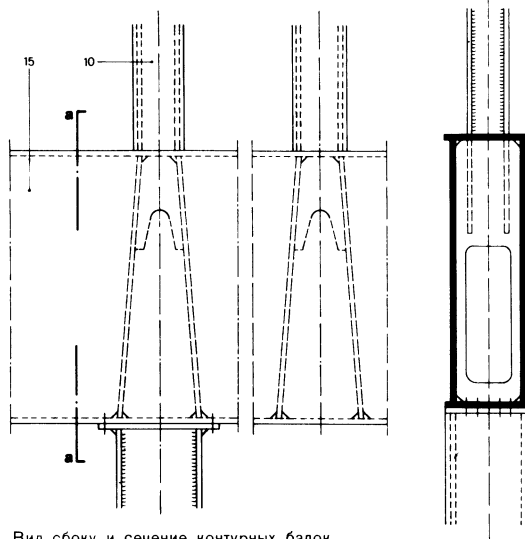
Литература

Der Stahlbau 8/1970, S. 225 - schweißen + schneiden 3/1971.
 - Architektur und Wohnwelt 6/1972. - Deutsche Bauzeitschrift 9/1972, S. 1583.

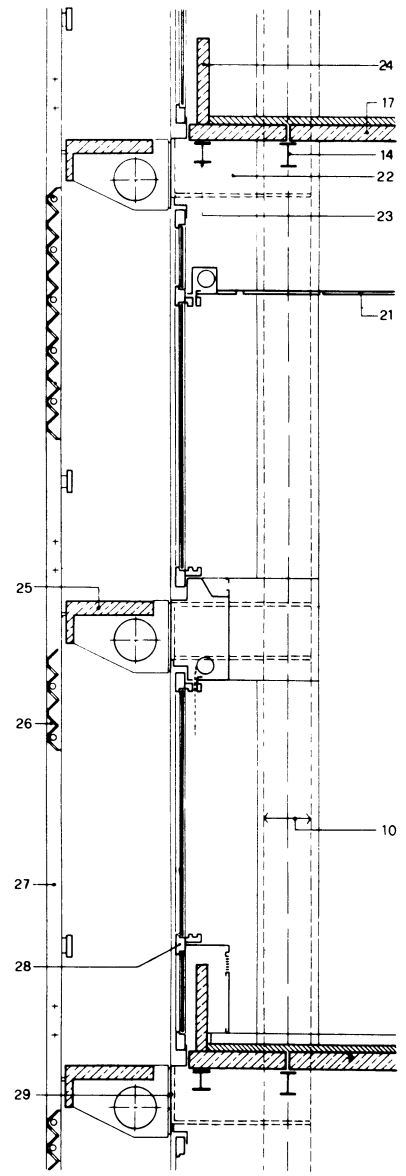


Соединение плит перекрытия над балкой

- 10 наружная колонна
- 11 внутренняя колонна
- 12 продольная балка HE 500 В
- 13 балка перекрытия HE 450 В
- 14 рандбалка IPE 270
- 15 контурная опорная балка на коробчатого сечения 770×2000 мм
- 16 ферма
- 17 сборные плиты толщиной 12 см
- 18 арматурная сетка
- 19 замоноличивание бетоном
- 20 приваренная стальная пластинка для обеспечения устойчивости балки из плоскости
- 21 подвесной потолок
- 22 консоль
- 23 продольная наружная балка
- 24 подоконная панель
- 25 железобетонный сборный элемент
- 26 жалюзи из полистирола
- 27 стойки наружной стены
- 28 оконная рама из тиковой древесины
- 29 листовая облицовка

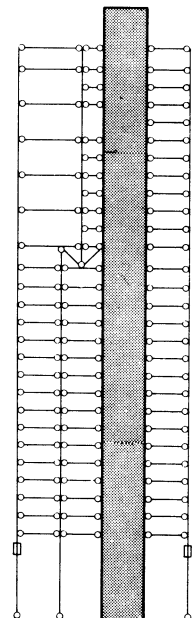


Вид сбоку и сечение контурных балок



Вертикальный разрез наружной стены перед комнатами заседаний

Конструктивная схема. Поперечный разрез



ления плит перекрытий и подоконных железобетонных элементов. Оконные рамы из тикового дерева высотой на все помещение с изолирующим остеклением крепятся к листовой облицовке перекрытий и к стойкам перед наружными колоннами. Глухие плоскости наружных стен из железобетонных плит. Сборные железобетонные элементы, уложенные на концы консолей, служат наружным проходом для очистки окон и одновременно солнцезащитой. Стойки, прикрепленные снаружи к консолям, несут как дополнительную противосолнечную защиту постоянные жалюзи из полистирола.

Основа: прочный строительный грунт из крупного галечного песка; допускаемое давление на грунт 10 кг/см²; грунтовая вода под подошвой фундамента. Под ядром жесткости железобетонный фундамент высотой 3 м с наружными размерами 31×13,5 м, под колоннами ленточные фундаменты высотой 3 м и шириной 2 м.

47. Административное здание завода аппаратуры в Штефа (Швейцария)

Архитектор И. Дахинден (Цюрих). Инженеры: М. Корроди (Штефа), Б. Мёллер (Цюрих). Время строительства 1962—1964 гг.

Административное здание на 120 рабочих мест в двух одинакового размера трехэтажных корпусах. Из-за наклонной поверхности земли корпуса смещены по высоте на половину этажа и соединены четырехэтажным переходом с лестничной клеткой и лифтом.

На первом этаже приемная, лекционный зал, дирекция и бухгалтерия; на обоих верхних этажах отдельные кабинеты и чертежные залы; на чердачном этаже персонал технического обслуживания, а в двух подвальных этажах технические помещения, архив и бомбоубежище.

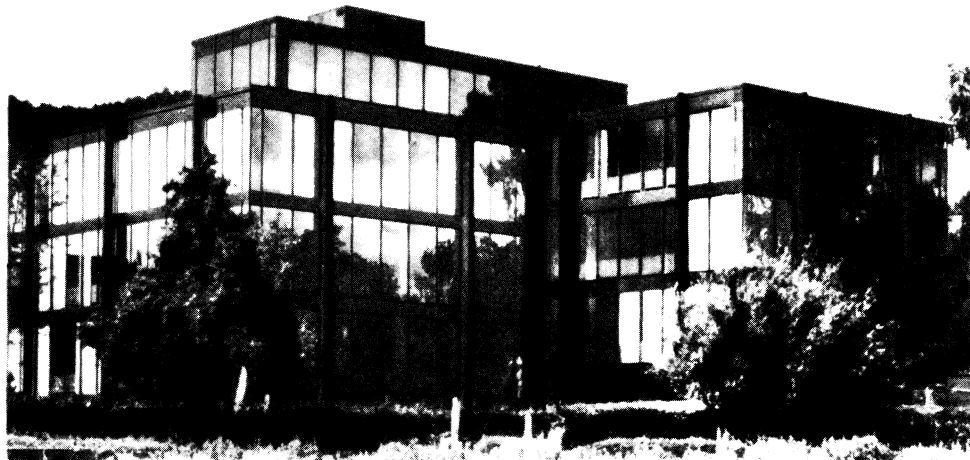
Наружные размеры обоих корпусов в плане 19,2×12,8 м; высота над уровнем земли 14,5 м, высота этажа 3,16 м, высота помещения 2,7 м.

Конструкция

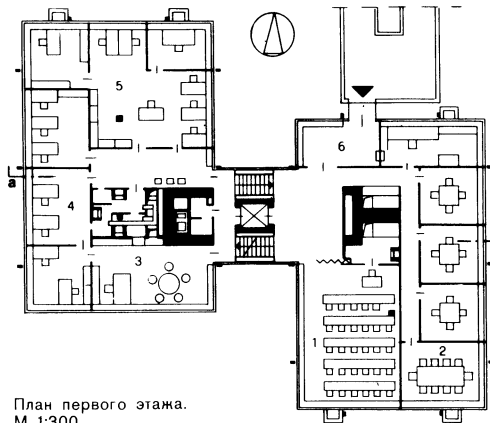
Перед продольными наружными стенами обоих корпусов размещены три, а перед поперечными стенами — две колонны коробчатого сечения высотой, равной высоте этажа, к коротким консолям которых примыкают междуэтажные перекрытия. Расположенные друг против друга наружные колонны жестко соединены поперечными балками перекрытий в трехэтажные рамы. В продольном направлении одна центральная балка связывает три поперечные балки. Между поперечными балками центральная балка жестко присоединена к двум внутренним колоннам коробчатого сечения и опирается по концам на идущую по контуру здания рандбалку. Колонны и фундаменты рассчитаны так, что в дальнейшем возможна надстройка обоих корпусов на три этажа. Ветровые нагрузки воспринимаются в обоих направлениях рамами и железобетонными ядрами жесткости в каждом корпусе.

Колонны опираются на железобетонные стены подвалов. Наружные колонны сварного коробчатого сечения 300×200 мм, толщина стенок от 8 до 20 мм. Колонны отстоят от фасада на 8 см и соединены в каждом этаже с балками перекрытий при помощи консолей. Полости колонн армированы и заполнены бетоном. Железобетон воспринимает 30% нагрузки на колонны. Внутренние колонны сварного коробчатого сечения 300×280 мм.

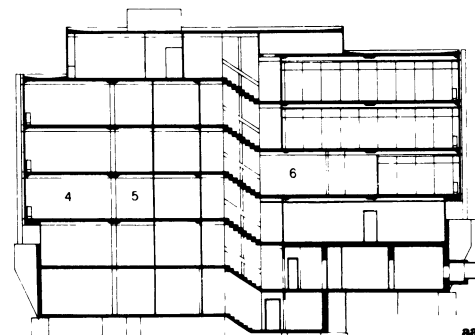
Перекрытия: поперечные балки и рандбалки из I 160, центральная балка из 2 I 160. Нижний пояс балок перекрытия усилен приваркой листа толщиной 12 мм. Верхний пояс работает совместно с монолитными



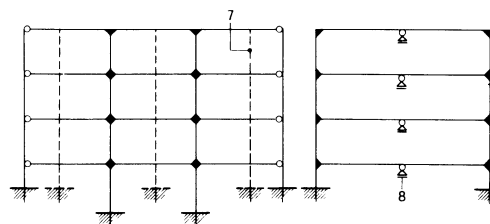
Вид с юго-запада



План первого этажа.
М 1:300

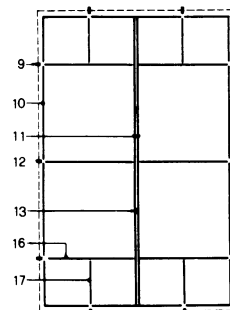


Поперечный разрез здания



Конструктивная схема. Продольный и поперечный разрез части зданий

- 1 лекционный зал
- 2 зал заседаний
- 3 дирекция
- 4 секретариат
- 5 бухгалтерия
- 6 вестибюль

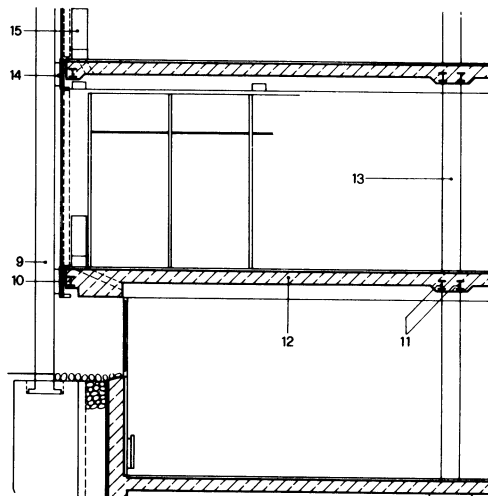


План балок типowego этажа

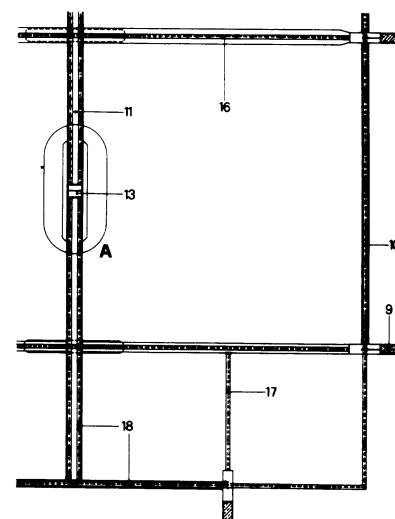
железобетонными плитами толщиной 20 см благодаря приваренным коротким обрезкам стальных профилей. Временная нагрузка на перекрытие 300 кгс/м².

Наружные стены: двойное остекление на всю высоту этажа шириной 1,24 м. Между элементами остекления алюминиевые стойки шириной 7 см. Облицовка перекрытий в плоскостях наружных стен алюминиевыми листами высотой 47 см с теплоизоляционным слоем из минеральной ваты толщиной 6 см. Противосолнечная защита напылением металла на наружные стекла и вертикальными жалюзи с внутренней стороны.

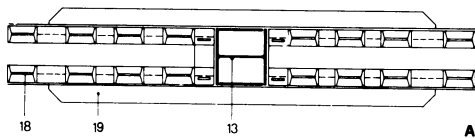
Основание: грунтовое основание из слоев сугеси и речного песка (пльвуна) на скале, расположенной наклонно с запада на восток на глубине от 6,5 до 8,5 м. Западный корпус опирается непосредственно на скалу. Для восточного корпуса было необходимо устройство фундаментов в виде буровых опор, представляющих собой заполненные бетоном обсадные трубы диаметром 1,75 м, которые опускаются до скалы. Расчетная нагрузка на одну опору достигает 100 тс при трех этажах и 170 тс при надстройке в дальнейшем еще трех этажей.



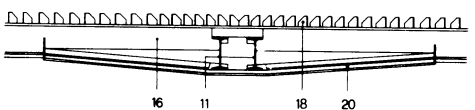
Часть поперечного разреза



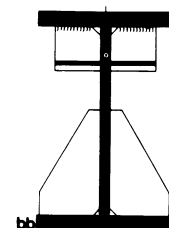
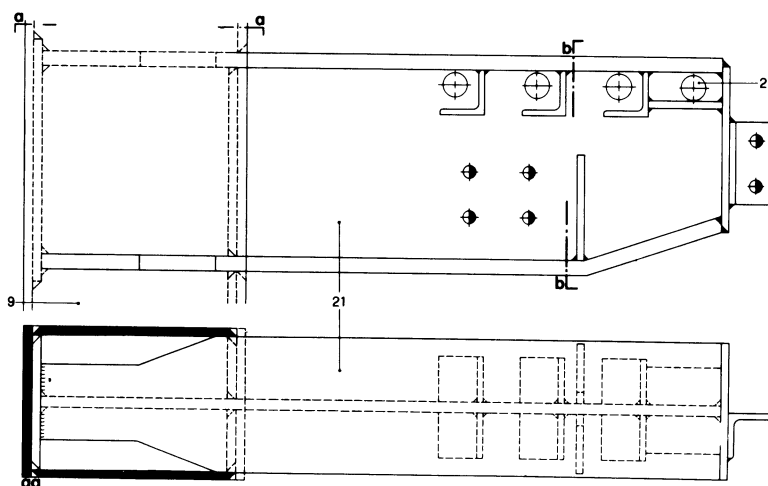
Фрагмент плана балок в зоне угла здания



Вид сверху центральной балки в зоне примыкания к внутренней колонне



стык поперечной балки с центральной балкой



Консоль наружной колонны для примыкания поперечной балки

Оборудование

Полное кондиционирование воздуха установками высокого и низкого давления. Выводы установок высокого давления размещены в свободно стоящих подоконных элементах перед окнами. Выходные отверстия установок низкого давления — в подвесном потолке.

Площади и объем

Общая площадь	2 369 м ²	Перекрытая площадь	565 м ²
Полезная площадь	1 714 м ²	Объем здания	8 403 м ³

Расход материалов

	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	82 т	1315 м ³	92,8 т
На 1 м ³ объема здания	9,8 кг	0,156 м ³	11 кг
На 1 м ² общей площади	34,6 кг	0,555 м ³	39,2 кг

Стоимость (1964 г.) в швейцарских франках

Общая стоимость строительства 3,03 млн.; 1 м³ объема здания — 361; 1 м² общей площади — 1279; 1 м² полезной площади — 1768.

Площади и объем

Общая площадь	1 492 м ²	Перекрытая площ.	606 м ²
Полезная площадь	1 216 м ²	Объем здания	5 215 м ³

Литература

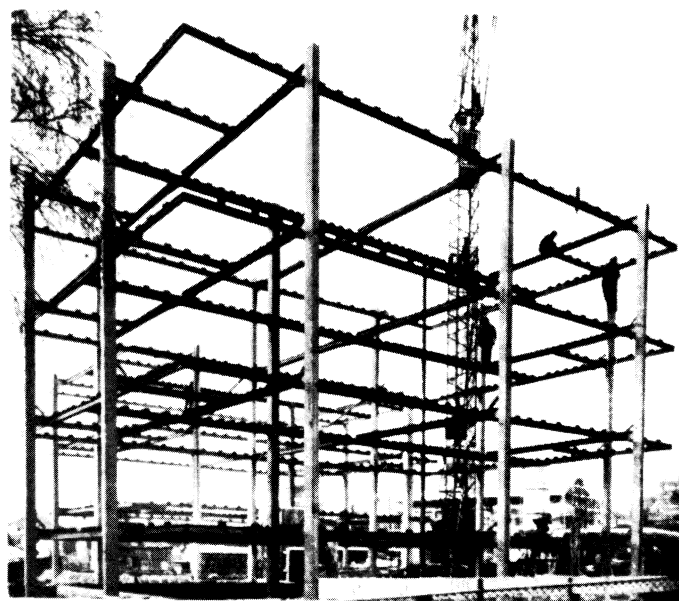
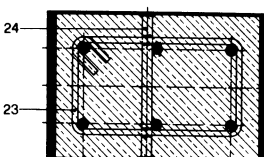
Architektur + Wohnform, 74. Jhrg., Heft 1, S. 40. - L'Architecture d'Aujourd'hui 6-7/1965, S. 42. - Bauen + Wohnen 1/1965, S. 32. - Deutsche Bauzeitung 3/1965.

- 7 поперечная рама
- 8 опирание поперечной балки на центральную балку
- 9 наружная колонна сварного коробчатого сечения 300×200 мм с бетонным заполнением
- 10 рандбалка I 160
- 11 центральная балка из двух I 160
- 12 монолитное бетонное перекрытие толщиной 20 см
- 13 внутренняя колонна сварного коробчатого сечения 300×280 мм
- 14 алюминиевые листы с теплоизоляцией
- 15 подоконный элемент климатической установки
- 16 поперечная балка I 160 (усиление нижнего пояса на варной пластине 300×12 мм)

- 17 второстепенная балка I 160
- 18 профильный элемент приваренный для связи с бетоном
- 19 накладка — 75×16 мм

- 20 накладка — 250×10 мм
- 21 консоль сварного двутаврового сечения высотой 310 мм
- 22 отверстие для арматурной стали перекрытия
- 23 арматурный хомут
- 24 распорка

Поперечное сечение наружной колонны



48. Административное здание трубного завода в Онуа (Франция)

Архитекторы: Е. Альбер, А. Шампетье де Риб (Париж). Инженер И. Л. Сарф (Париж). Время строительства 1959—1960 гг.

Конструкторское бюро и дирекция трубного завода в трехэтажном квадратном здании. В первом этаже вестибюль, лекционный зал на 80 мест, библиотека, архив и вспомогательные помещения. Во втором этаже чертежный зал и отдельные кабинеты с общим числом рабочих мест 60; в уменьшенном в плане третьем этаже приемная, кабинет директора, конференц-зал и общие помещения. Под частью здания полупроходной подвал для инженерных коммуникаций.

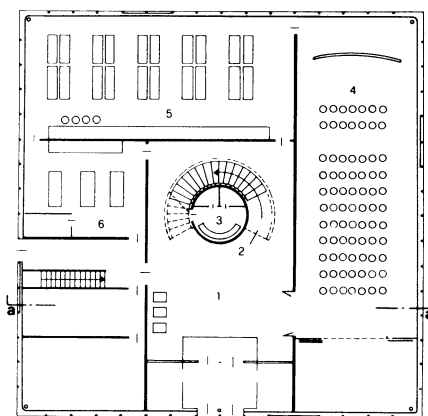
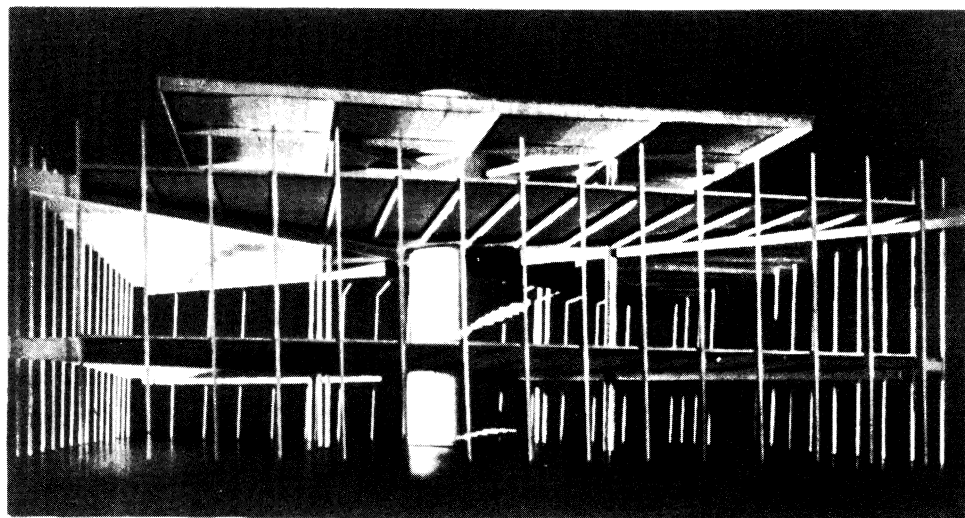
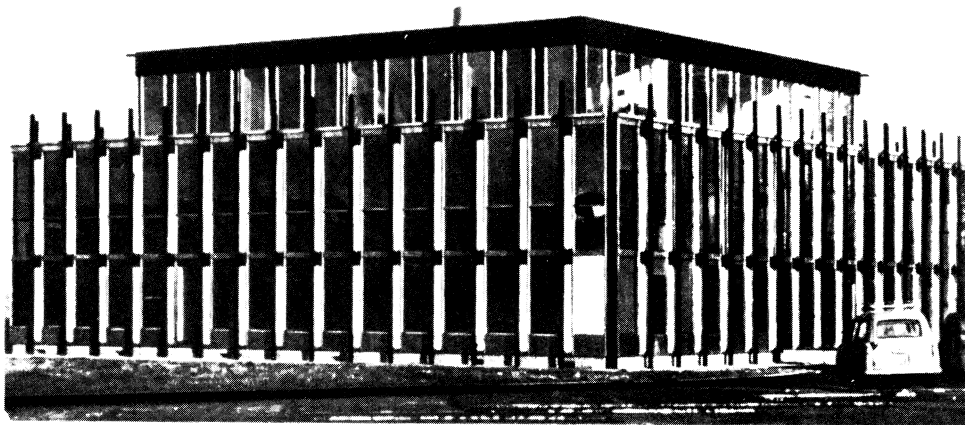
Сообщение с верхними этажами по внутренним винтовым лестницам, расположенным вокруг центрального цилиндрического ядра жесткости с санитарными узлами.

Наружные размеры здания в плане 24,12×24,12 м, диаметр цилиндрического ядра жесткости 4 м. Высота над уровнем земли 12,2 м. Стены третьего этажа со всех сторон отступают от контура здания на 3,25 м. Высота этажа/высота помещения до балок перекрытий: в первом этаже 2,78/2,32 м, во втором этаже 3,53/3,07 м, в третьем этаже 3,13/2,62 м. Высота помещения в полупроходном подвале 1,19 м.

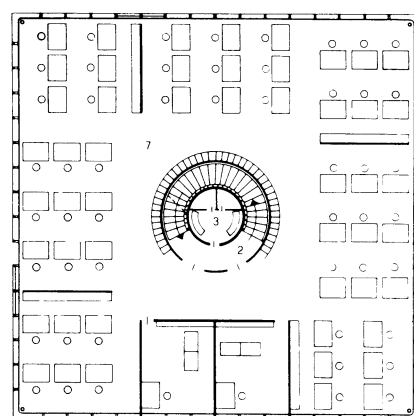
Вокруг центрального цилиндрического железобетонного ядра жесткости размещены по углам квадрата со стороной 7,5 м четыре трубчатых колонны диаметром 216 мм, соединенные прогонами IAP 400. На эти прогоны одним концом опираются балки перекрытий IAP 200, которые другим концом примыкают к колоннам коробчатого сечения 100×100 мм, установленным снаружи на расстоянии 20 см от наружных стен. В угловых зонах балки перекрытий опираются на прогоны IAP 400, которые расположены по диагонали между внутренними трубчатыми колоннами ядра жесткости и трубчатыми колоннами диаметром 171 мм в четырех углах здания. Через наружные угловые колонны организован сток воды с крыши; колонны коробчатого сечения перед наружными стенами заполнены бетоном.

По балкам перекрытия уложены монолитные железобетонные плиты толщиной 8 см, совместная работа которых обеспечена благодаря болтовым шпонкам, приваренным к стальным балкам, и замоноличиванию швов. Временная нагрузка на перекрытия 300 кгс/м². Подвесного потолка нет, стальные балки остаются открытыми. Для передачи ветровых нагрузок на ядро жесткости диски перекрытий соединены с ним в зоне лестничных площадок.

Над уменьшенным в плане третьим этажом между четырьмя, дошедшими до



План первого этажа М 1450



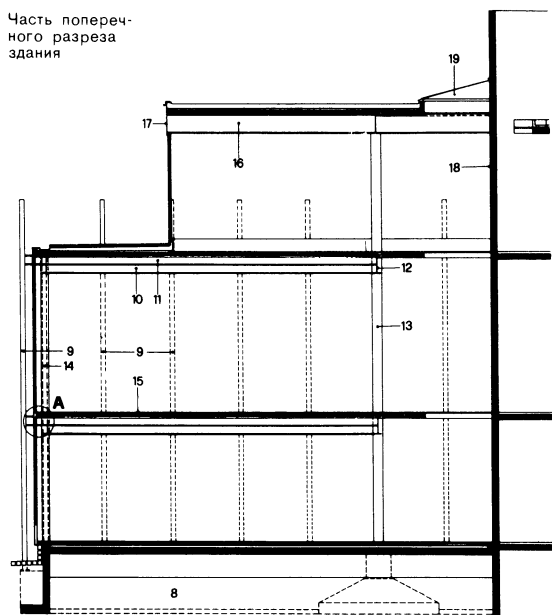
План второго этажа

верхнего этажа внутренними колоннами, — четыре перекрещивающиеся балки покрытия IAP 450, консольно выступающие во все стороны на 4,5 м и объединенные по концам рандбалкой. Для передачи ветровых нагрузок предусмотрено примыкание конструкции покрытия к железобетонному ядру жесткости через промежуточные балки, которые размещены между ранд-

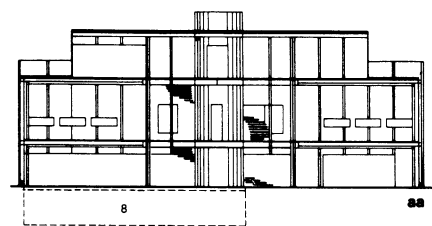
балкой и главными балками и заделаны в железобетонной стене ядра жесткости.

Наружные стены: перед первым и вторым этажами проходят насквозь рамные элементы шириной 1,1 м, которые между двумя наружными колоннами крепятся к перекрытиям; в уровне третьего этажа рамы высотой на этаж. Заполнение рам — изолирующим остеклением на всю высоту;

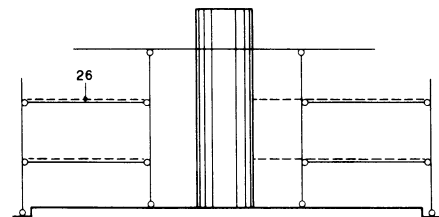
Часть поперечного разреза здания



Разрез здания

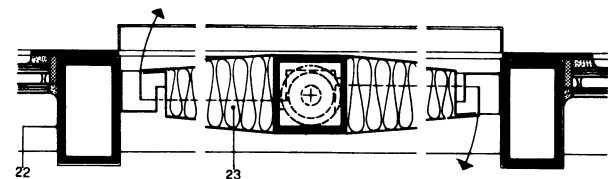


Конструктивная схема. Разрез по железобетонному ядру жёсткости



- 1 вестибюль
- 2 винтовая лестница
- 3 ядро жёсткости с санузлами
- 4 лекционный зал
- 5 библиотека
- 6 архив
- 7 чертёжный зал
- 8 полупроходной подвал для оборудования

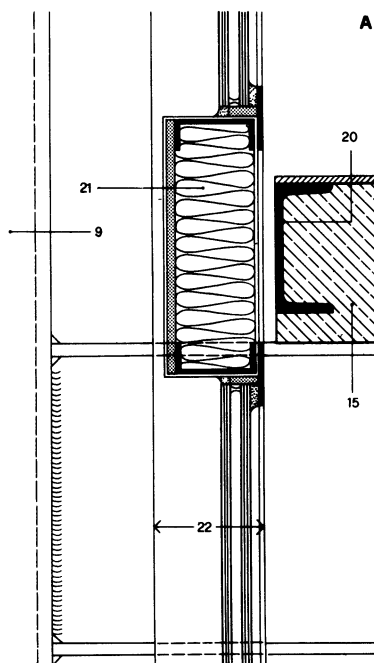
Вертикальное и горизонтальное сечения створки для проветривания



противосолнечная защита — напылением металла снаружи. Между оконными рамами вертикальные вентиляционные створки из трехслойных панелей.

Оборудование

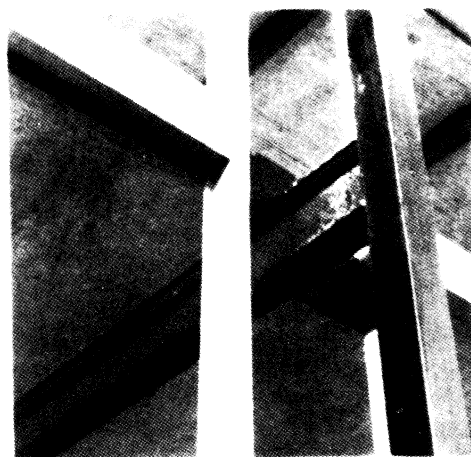
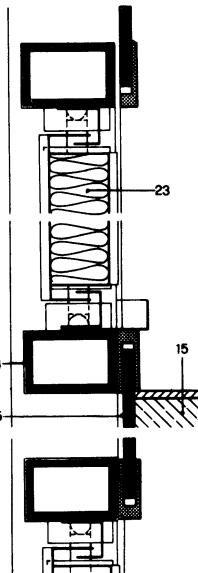
Лучистое отопление пола и потолка нагревательными приборами в плитах перекрытия. Тепло для отопления поступает через теплообменник от расположенного вблизи завода.



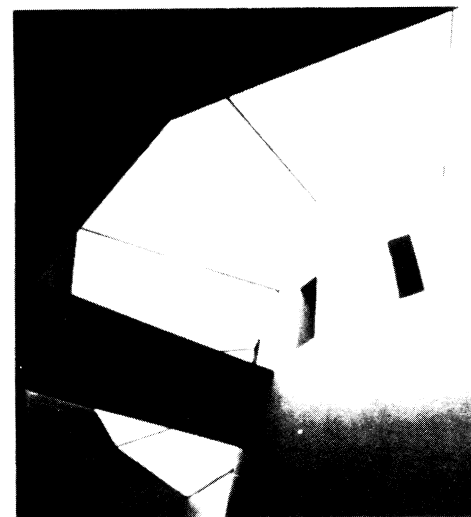
Вертикальный разрез наружной стены около перекрытия

- 9 трубчатая колонна 100×100 мм
- 10 балка перекрытия в диагональном направлении IAP 400
- 11 балка перекрытия IAP 200
- 12 прогон IAP 400
- 13 трубчатая колонна \varnothing 171 мм
- 14 угловая колонна
- 15 плита перекрытия
- 16 балка покрытия IAP 450
- 17 рандбалка из сварного I-профиля высотой 750 мм
- 18 железобетонное ядро жёсткости
- 19 верхний свет
- 20 контурный швеллер плиты перекрытия
- 21 ригель оконного элемента
- 22 стойки оконных элементов — 70×40 мм
- 23 створка для проветривания
- 24 прямоугольная труба 60×40 мм
- 25 полоса для присоединения оконных элементов и створок
- 26 комплексное перекрытие

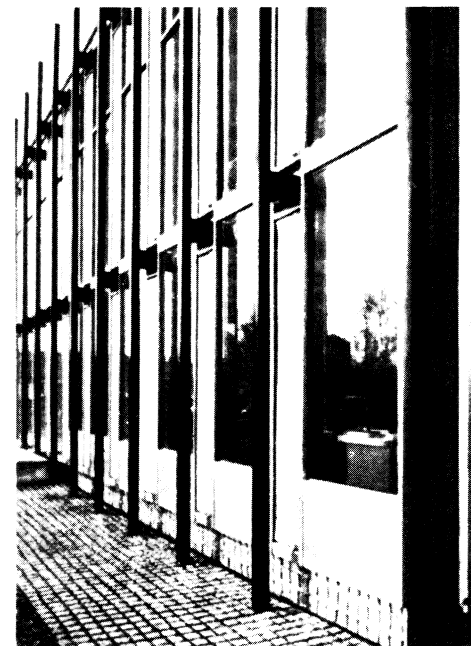
Наружная стена с глухим остеклением и поворотными створками позади выступающих трубчатых колонн



Примыкание балки перекрытия к наружной колонне



Примыкание балок перекрытия к ядру жёсткости



Площади и объем

Общая площадь 1492 м² Перекрытая площадь 606 м².
Полезная площадь 1216 м² Объем здания 5215 м³.

Литература

Acier-Stahl-Steel 7-8/1963, S. 333.

49. Конструкторское бюро строительной фирмы стальных конструкций в Лангенхагене (ФРГ)

Архитектор Х. Вилке (Ганновер). Расчет выполнен фирмой, возводящей стальные конструкции. Время строительства 1971—1972 гг.

Круглое пятиэтажное здание с помещениями конструкторского бюро строительной фирмы, возводящей стальные конструкции, на 300 рабочих мест. Со второго по четвертый этажи вокруг осевой винтовой лестницы расположено также круглое в плане ядро жесткости с лифтом, санузлами и подсобными помещениями; рабочая зона состоит из отдельных кабинетов и идущего вокруг ядра чертежного зала. Выход с лестничной клетки в расположенную снаружи от нее рабочую зону через четыре прохода, в которых одновременно размещены гардеробы.

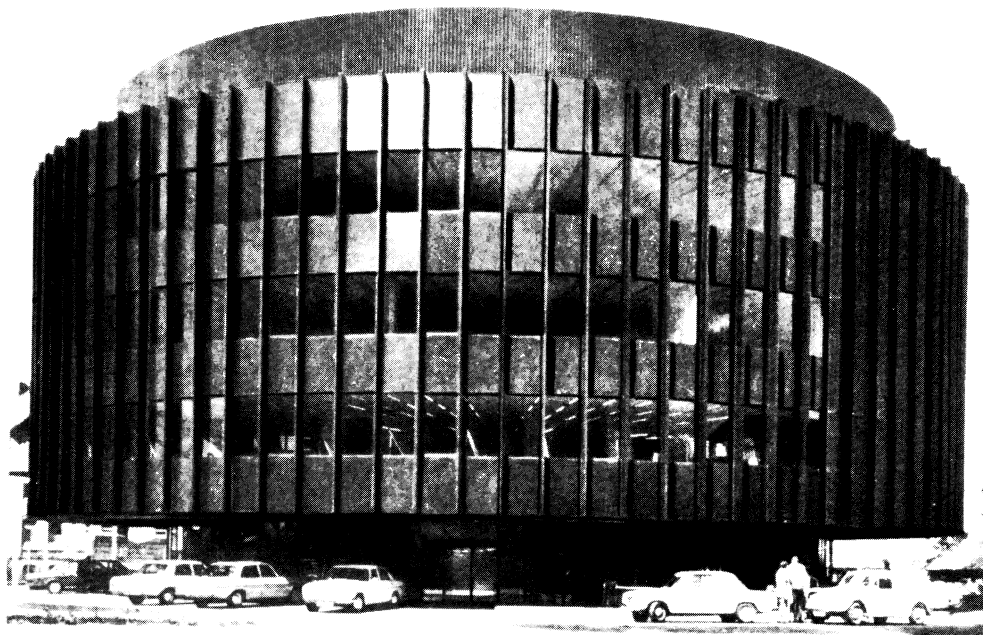
В уменьшенном в плане верхнем этаже находятся помещения для хранения документации и калькирования, помещения для отдыха, типография, регистратура и технические помещения. В отступившем вглубь от контура здания первом этаже размещены вестибюль, центральная телефонная станция, помещения для выставок и переговоров. Под выступающим консольно вторым этажом размещена стоянка для 40 автомобилей.

Здание круглой формы в плане диаметром 38 м в верхних этажах, 28 м в первом этаже и 33 м в пятом этаже. Диаметр ядра жесткости 14,9 м. Высота над уровнем земли 18,7 м. Высота этажа в первых трех этажах 3,61 м, четвертого этажа 3,94 м, пятого этажа 3,54 м. Высота помещений во всех этажах 2,82 см.

Конструкция

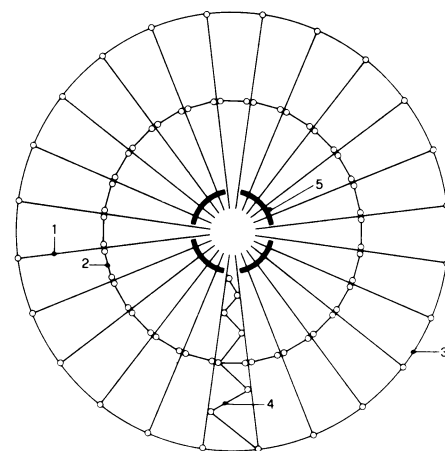
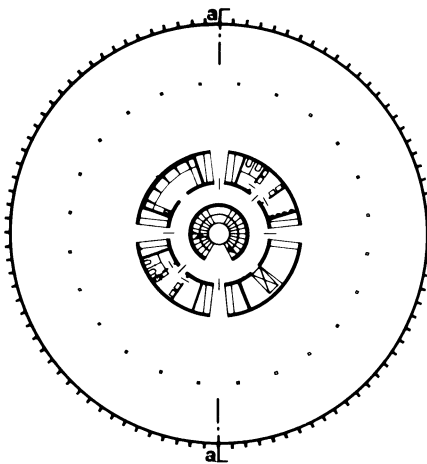
Форма здания обусловила радиальное расположение балок перекрытий и расположение колонн по концентрическим окружностям. Со второго по четвертый этажи по 24 радиальные балки из IPE 400 уложены между 24 колоннами внутреннего кольца из 2 [120, шарнирно-опертыми колоннами среднего кольца из HE 150 B и наружными подвесками из полосовой стали 50X30 мм. Эти подвески, с помощью которых удерживается консольный выступ в 5,2 м над первым этажом, присоединяются в четвертом этаже к усиленным балкам перекрытия из HE 650 A. Балки покрытия расположены между внутренним и отступившим от наружных стен на 2,5 м наружным кольцом колонн.

Внутренний ряд колонн соединен кольцевыми стяжными анкерами и после монтажа стального каркаса обетонирован цилиндрической стеной ядра жесткости. Жесткость отдельных междуэтажных пе-



Верхний этаж с помещением конструкторского бюро. М 1:700

Конструктивная схема несущего перекрытия

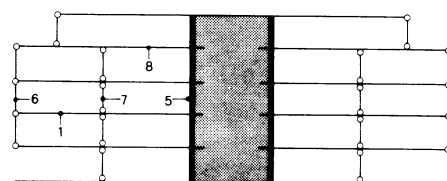


Конструктивная схема. Радиальное сечение

рекритий обеспечивается с помощью кольцевых стяжных анкеров, которые связывают шарнирно-опертые колонны, а также благодаря горизонтальным решетчатым связям между двумя радиальными балками в каждом этаже.

Перекрытия: по радиальным балкам уложены железобетонные сборные плиты толщиной 14 см, стыки между которыми замоноличены бетоном. Временная нагрузка на перекрытие 350 кгс/м², в пятом этаже 500 кгс/м². На плитах плавающий бесшовный сплошной пол с штепсельными розетками. Потолок из минерально-волоконных акустических плит между радиально расположенными светильниками и вентиляционными отверстиями.

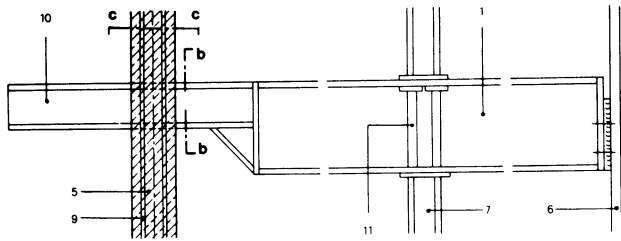
Наружные стены: в каждом сегменте между подвесками четыре стеновые панели шириной 1,24 м. Несущая конструкция наружных стен из стоек и ригелей. Заполнение из изолирующего стекла и многослойных подоконных панелей высотой 1,51 м с обшивками из алюминиевых



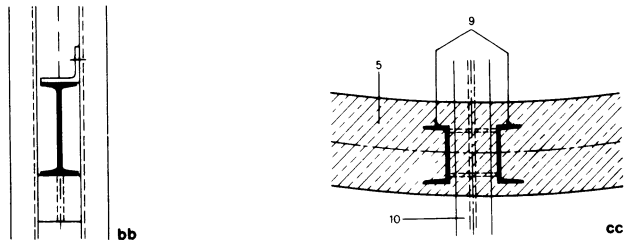
листов с пластмассовым покрытием и расположенной между ними теплоизоляции из жесткого пенопласта. Защита от солнца с помощью выступающих стоек, а также окраски стекла.

Противопожарная защита: колонны облицованы огнестойкими асбестосиликатными плитами; защита балок перекрытия — напылением слоя асбестоцемента.

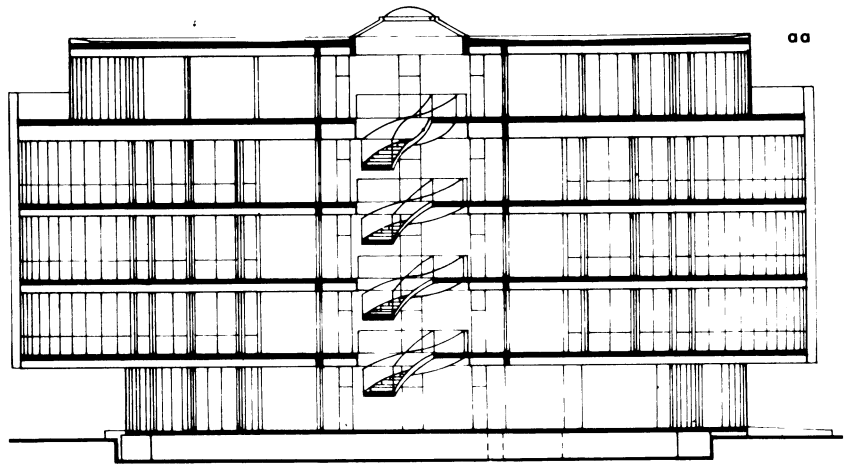
Основание: песок с допустимым давлением 2 кгс/см²; грунтовые воды на 70 см ниже подошвы фундамента. Под обоими кольцевыми рядами колонн — ленточный фундамент глубиной 80 см.



Радиальные балки с примыканием к железобетонному ядру жесткости, внутренним колоннам и подвескам



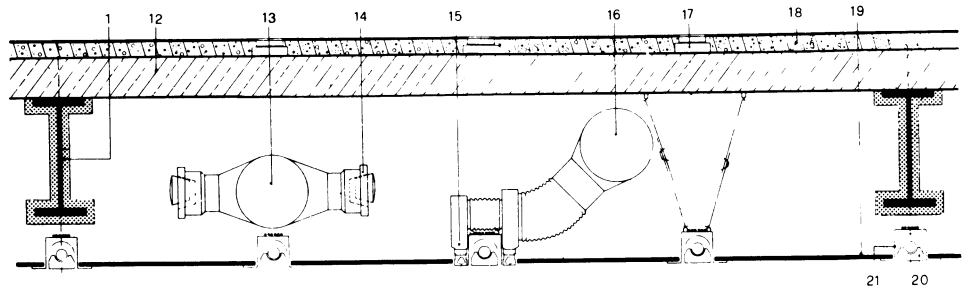
Поперечный разрез перекрытия



Разрез здания

- 9 колонны ядра жесткости из двух I 120
- 10 удлиняющий профиль радиальной балки I 200
- 11 ребро жесткости
- 12 сборные плиты
- 13 канал отсоса воздуха
- 14 вентиль отсоса воздуха
- 15 выходное отверстие приточного воздуха
- 16 канал приточного воздуха
- 17 штелевая розетка в полу
- 18 бесшовный монолитный пол
- 19 потолок
- 20 светильники большой протяженности
- 21 отверстия для отсоса воздуха

- 1 радиальная балка IPE 400
- 2 нольцевой стяжной болт
- 3 окармливающий профиль
- 4 решетчатая связь
- 5 железобетонное ядро жесткости
- 6 подвеска из полосовой стали 50X30 мм
- 7 шарнирно-опертая колонна на HE 150 В
- 8 усиленная балка перекрытия IPE 700



Несущая конструкция с радиальными балками, плитами перекрытий и подвесками

Оборудование

Воздушное отопление. Производительность установки 400 000 ккал/ч. Вентиляционная установка с циркуляцией воздуха мощностью 60 000 м³/ч. Третий этаж частично кондиционирован.

Площади и объем

Общая площадь	4 896 м ²	Перекрытая площ.	1 134 м ²
Полезная площадь	4 000 м ²	Объем здания	18 530 м ³

Расход материалов

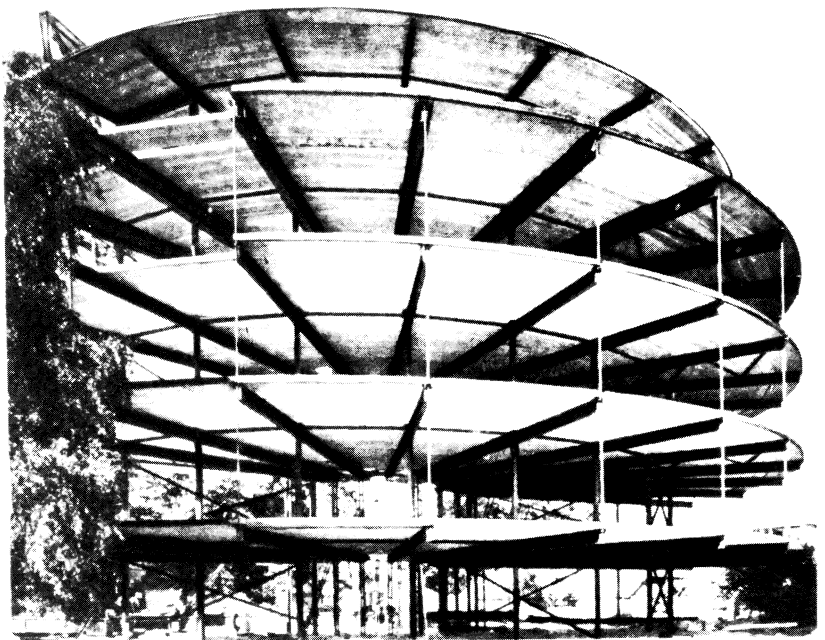
	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	265 т	1 180 м ³	12 т
На 1 м ³ объема здания	14,3 кг	0,064 м ³	0,6 кг
На 1 м ² общей площади	54,1 кг	0,241 м ³	2,5 кг

Стоимость (1971-1972 гг.) в марках ФРГ

Общая стоимость строительства 3 млн.; 1 м³ объема здания - 162; 1 м² общей площади - 613; 1 м² полезной площади - 750; одного рабочего места - 10 000.

Литература

Element + Fertigbau, 5/1971. - Zentralblatt für Industriebau 8/1971, S. 288. - Acier-Stahl-Steel 12/1972, S. 514. - Bauwelt 33/1972, S. 1262. - Deutsche Bauzeitschrift 2/1973, S. 203.



50. Административное и банковское здания в Милане

Архитекторы: Л. Бельгиэзо, Е. Пересути, Е. Рогерс (Милан). Инженер И. Трикардио (Милан). Время строительства 1967—1969 гг.

На угловом участке между двумя улицами, выходящими на площадь, расположено семизэтажное здание конторы с фасадом почти полукруглой формы. Благодаря этому создана хорошая архитектурная привязка к расположенной в непосредственной близости старинной церкви, кроме того, обеспечено благоприятное направление транспортного потока.

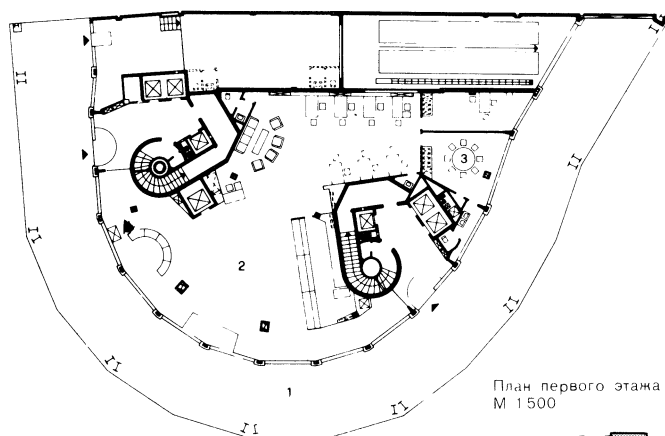
На первом и антресольном этажах, отступающих вглубь за идущую по контуру аркаду высотой 8,7 м, а также на втором этаже размещены помещения банка. На остальных этажах расположены отдельные конторские помещения с обеих сторон центрального коридора. В двух подвальных этажах гараж на 40 автомобилей.

Доступ к двум ядрам жесткости, имеющим каждое по винтовой лестнице и по три лифта, через два изолированных входа, расположенных по обе стороны кассового зала; на этажах ядра жесткости соединены центральным коридором. Дополнительно имеется лифт между кассовым залом и вторым этажом.

Здание имеет в плане полигональную форму, ограниченную дугой круга радиусом 20,4 м; высота над уровнем земли 31,3 м. Высота первого этажа 5,52 м, высота помещения 4,57 м; высота верхних этажей 3,5 м, высота помещений 3,05 м.

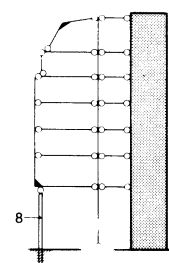
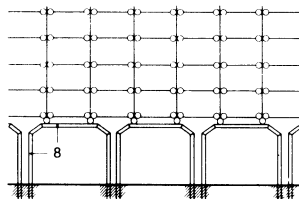
Конструкция

Аркады образованы рамами; над ними шарнирная стержневая конструкция, жесткость которой увеличена двумя железобетонными ядрами. Рамы расположены соответственно полигональному очертанию здания. На каждый ригель рамы опираются с шагом 5,9 м две радиальные балки, которые выступают за ригель на 1 м; на концы этих балок опираются наружные колонны вышележащих этажей. К наружным колоннам из HE 300 В примыкают в верхних этажах поперечные балки из HE 300 M, вторыми опорами которых служат продольные балки, расходящиеся под углом от внутренних колонн. Между радиально расположенными поперечными балками уложены второстепенные балки из HE 200 A и IPE 240 с шагом 2 м. Между продольными балками и колоннами тыльной стороны здания — соответствующее расположение главных и второстепенных балок и рандбалок. Жесткость перекрытий обеспечивается горизонтальными крестовыми связями. Все соединения болтовые и рассчитаны



План первого этажа
М 1:500

Конструктивная схема Развертка на наружной стены и радиальный разрез по ядру жесткости



- 1 аркада
- 2 кассовый зал
- 3 конференц-зал
- 4 отдельные административные помещения
- 5 центральный коридор
- 6 подземный гараж
- 7 пандус к гаражу
- 8 рамы аркады
- 9 анкерный болт $\varnothing 42$ мм
- 10 стойка рамы из сварного I-профиля, полка — 400×55 мм, стенка — 600×25 мм
- 11 монтажный стык
- 12 ригель рамы из сварного I-профиля полка — 600×25 мм, стенка — 710×25 мм
- 13 стропильная балка IPE 200
- 14 прогон IPE 120
- 15 поперечная балка HE 300 M
- 16 второстепенная балка HE 200 A
- 17 продольная балка HE 300 M
- 18 наружная колонна HE 300 B
- 19 внутренняя колонна из сварного I-профиля 400×340 мм
- 20 ветровая связь из полковой стали 80×8 мм

таны как шарнирные. Стальные элементы, видимые на фасаде, из атмосферостойкой стали.

Рамы аркады из сварного двутаврового профиля; пролет рам 11 м; высота 8,35 м. Высота стенки стоек 600 мм, ригеля 710 мм. Стойки с опорной плитой толщиной 60 мм, заанкеренной с помощью четырех болтов диаметром 42 мм в железобетонной стене подвала.

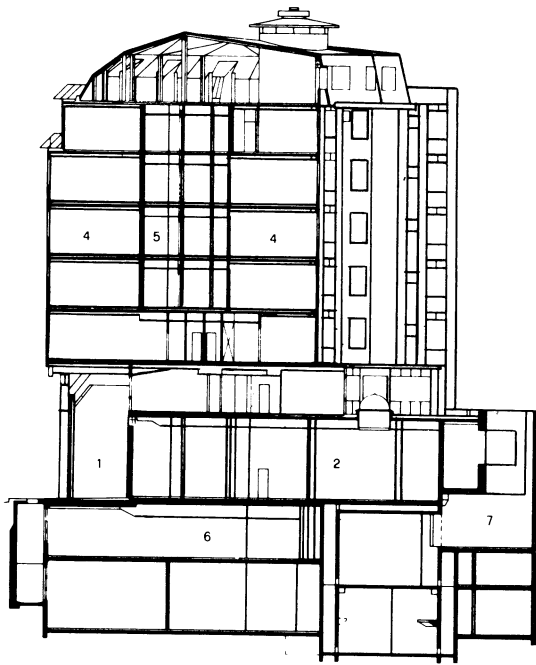
Перекрытия: над балками перекрытий оштукатуренные профилированные листы со слоем просмоленного щебня, несколько слоев просмоленного картона и сверху 4 см армированного бетона; временная нагрузка 350 кгс/м^2 .

Стропила: расходящиеся под углом

стропильные балки и расположенные параллельно наружным стенам прогоны двутаврового профиля. Кровля из медных листов толщиной 0,8 мм, уложенных на изоляционные плиты.

Противопожарная защита: на внутренних колоннах и балках перекрытия напыление слоя асбестоцемента. Наружные колонны не защищены.

Кондиционирование воздуха в помещениях установками низкого давления с 15-кратным обменом воздуха, расположенными в подвальных этажах. Водяное отопление с конвектором и тремя котлами, работающими на жидком топливе; общая мощность 1,25 млн. ккалч.



Поперечный разрез здания

Площади и объем

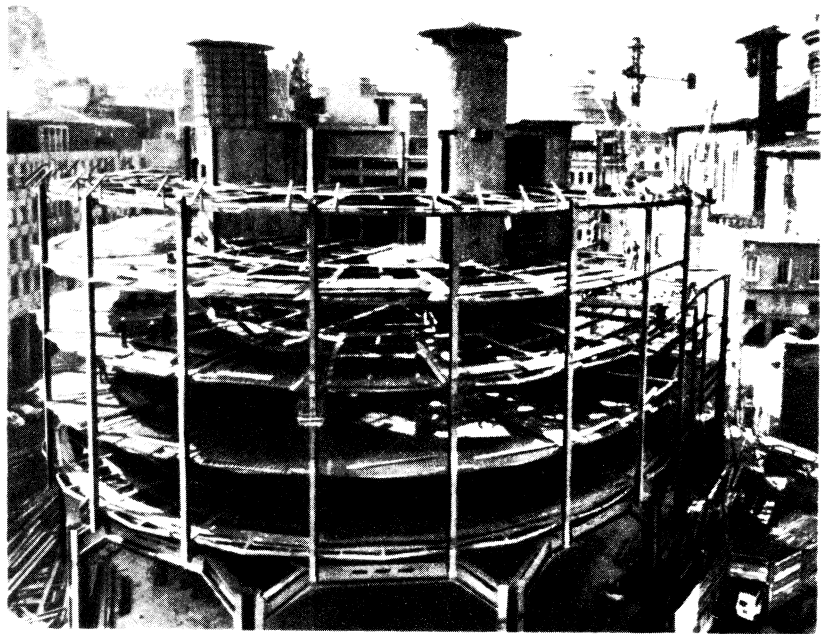
Общая площадь 7 780 м² Объем здания 36 157 м³

Расход материалов

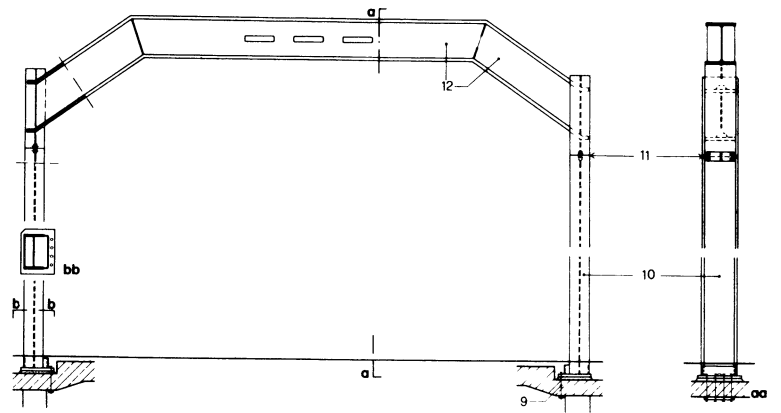
	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	826 т	2 105 м ³	212 т
На 1 м ³ объема здания	22,9 кг	0,058 м ³	5,9 кг
На 1 м ² общей площади	106,1 кг	0,27 м ³	27,2 кг

Литература

L'architettura Nr. 176, Juni 1970, S. 76.

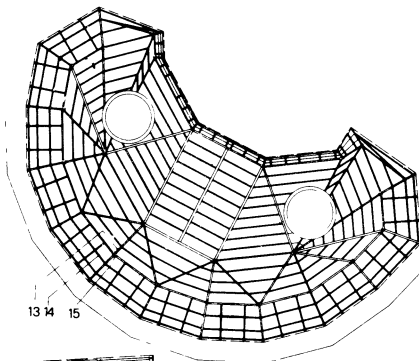


Монтаж стального несущего каркаса, раскладка профилированных листов на балки перекрытия

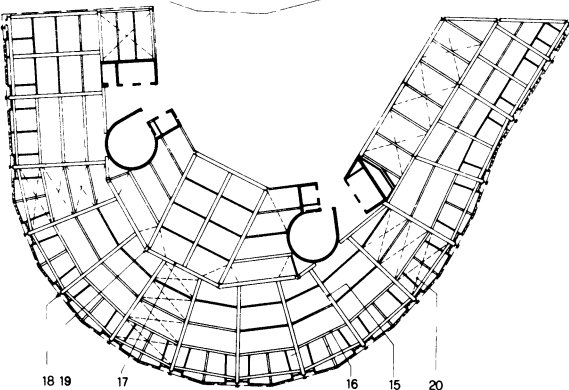


Поддерживающая рама

Опирающие наружные колонны на двухэтажные стальные рамы



План балок покрытия



План балок типового этажа



51. Административное здание предприятия электропромышленности в Мюнхене

Архитектор В. Хенн (Брауншвейг) и строительный отдел фирмы «Осрам» (Мюнхен). Инженер Г. Шольц (Мюнхен). Время строительства 1964—1966 гг.

Административное здание на 850 рабочих мест, из них 610 в больших общих залах. В подвале архив, склад, выставочное и технические помещения. В первом этаже вестибюль, кухня, столовая, почтовое отделение и помещения общего обслуживания. Со второго по шестой этажи: большие общие залы и по восемь отдельных кабинетов на каждом этаже. Обработка данных на втором этаже, конференц-зал на шестом этаже.

Междуетажное сообщение по расположенному на одной из сторон здания главному ядру жесткости с четырьмя пассажирскими лифтами, одним грузовым лифтом, главной лестничной клеткой, шахтой оборудования и санитарными помещениями. Вспомогательное ядро жесткости с запасной лестницей. Три гидравлических подъемных лифта в зоне буфета и общего обслуживания между подвалом и первым этажом.

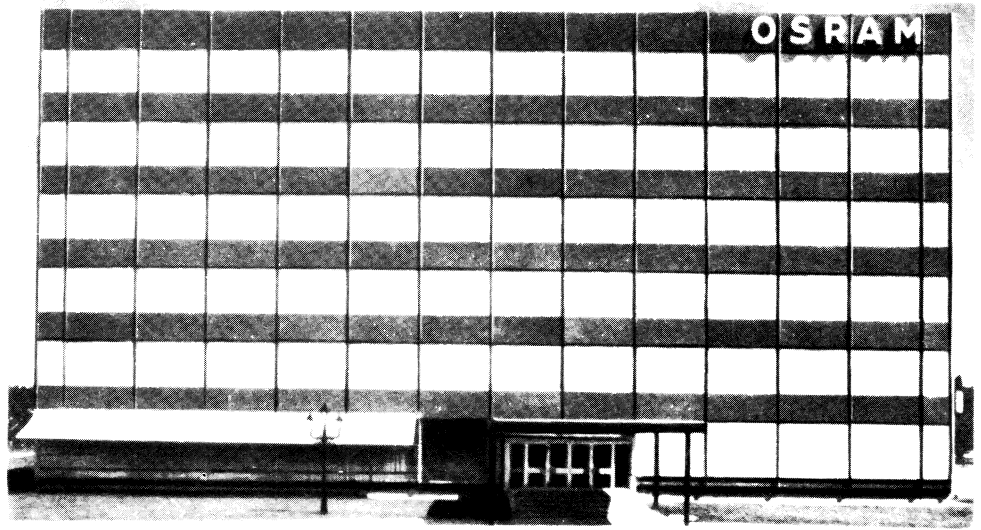
Здание квадратной формы в плане: наружные размеры 50,3×50,3 м обуславливаются размещением на этажах больших конторских помещений. Высота над уровнем земли 26,65 м. Подвальный этаж: высота этажа 4 м, высота помещения от 2,5 до 3 м. Первый этаж: высота этажа 4,5 м, высота помещения 3,5 м. Со второго по шестой этаж: высота этажа 4 м, высота помещения 3 м.

Конструкция

По сетке 7,85×7,85 м шарнирно-оперные колонны из стальных трубчатых профилей диаметром 298 мм, которые объединены в одном направлении главными балками. В другом направлении колонны и главные балки соединены вспомогательными балками. Наружные концы балок образуют консоли длиной 1,5 м. В точках пересечения балки перекрытий жестко соединены накладками. Ветровые нагрузки в обоих направлениях передаются через диски перекрытий на два монолитных ядра жесткости.

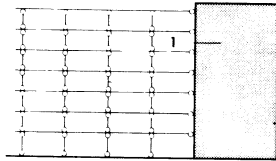
Перекрытия: главные и второстепенные балки из сварных двутавровых профилей высотой от 680 до 440 мм. Вспомогательные балки с вутами на опорах. По вспомогательным балкам уложены железобетонные сборные плиты размерами 3,92×1,96 м толщиной 12 см. Временная нагрузка 500 кгс/м². Потолок из звукопоглощающих алюминиевых плит.

Наружные стены: алюминиевые навесные панели, прикрепленные к консолям

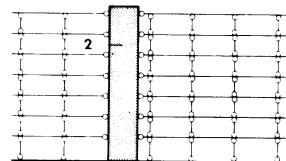


Вид на здание с юга с главным входом

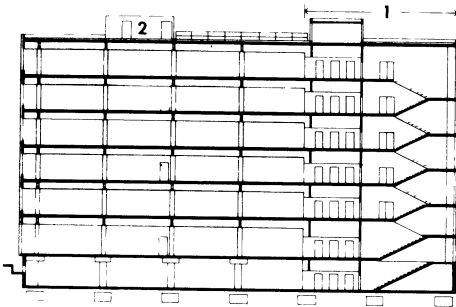
Конструктивная схема



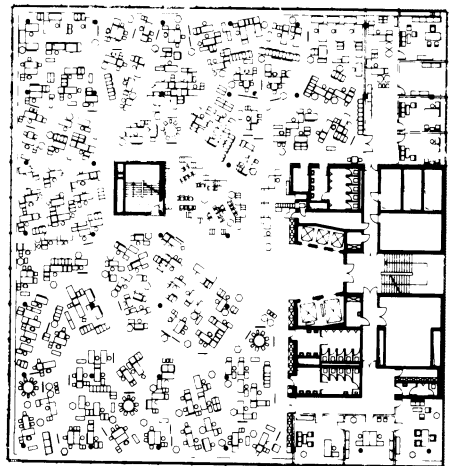
Разрез по главному ядру жесткости



Разрез по вспомогательному ядру жесткости



Разрез здания по главному ядру жесткости

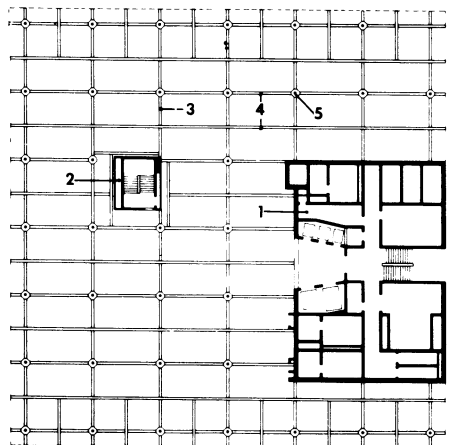


План типового этажа. М 1:850

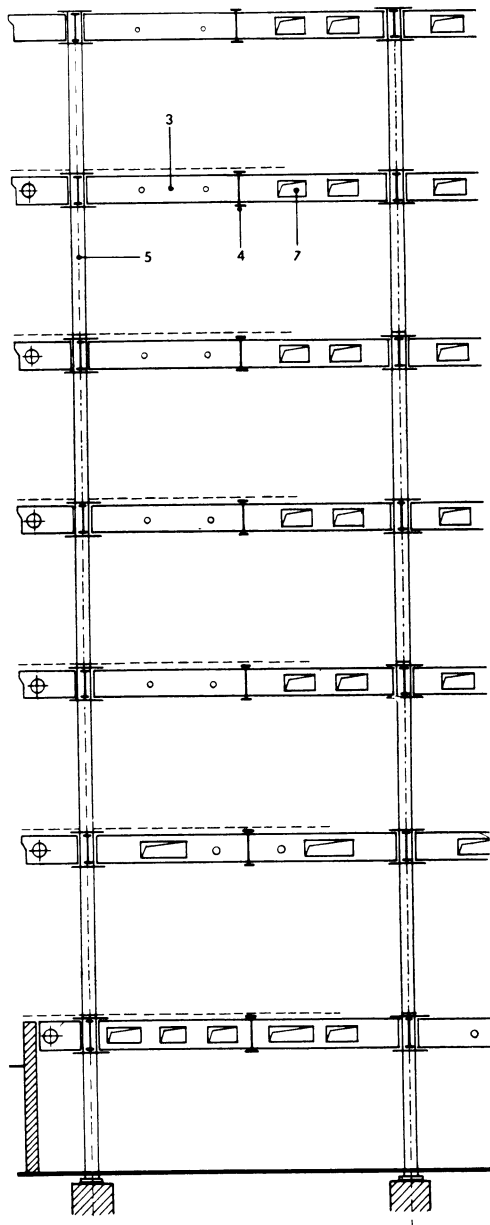
балок перекрытий. Окна с теплоизолирующим остеклением. Подоконные панели железобетонные сборные с теплоизоляцией и алюминиевой облицовкой. Противосолнечная защита с помощью расположенных снаружи алюминиевых жалюзи с электрическим приводом. Управление всеми жалюзи одновременно с центрального пункта, для отдельных комнат возможно индивидуальное управление; кроме того, общее управление подключено к установленным на крыше анемометру и приспособлению, предупреждающему о шторме.

Покрытие плоское утепленное; защита от солнечного излучения свободно уложенными на песчаную подушку цементными плитами.

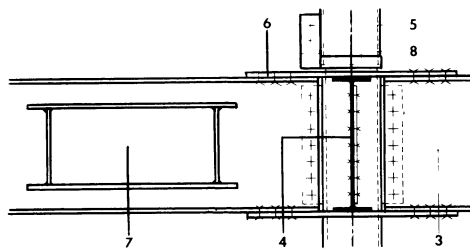
Противопожарная защита: стальные колонны покрыты гипсовым слоем, балки перекрытия — штукатуркой толщиной 3 см; конструкции наружных стен защищены массивными подоконными панелями



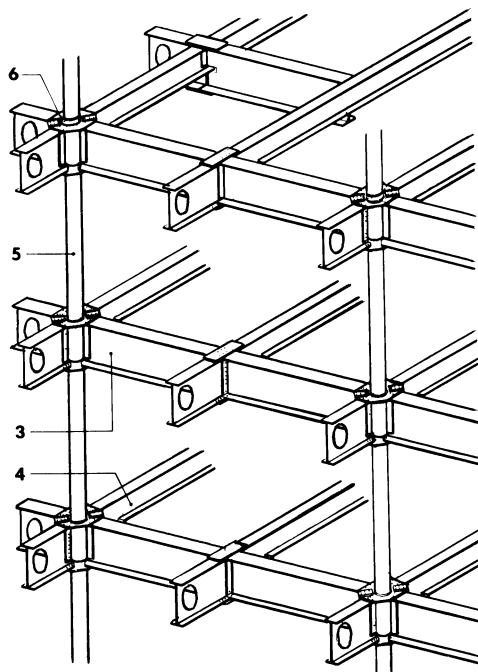
План балок типового этажа



Примыкание балок перекрытия к трубчатым колоннам; в главных балках — отверстия для оборудования



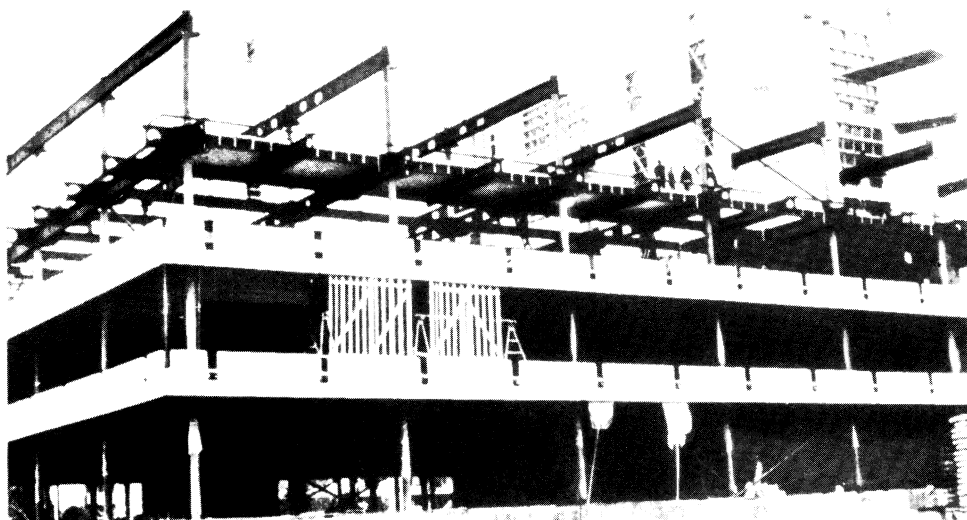
- | | |
|---|-------------------------------------|
| 1 главное ядро жесткости | 7 отверстие в балке |
| 2 вспомогательное ядро жесткости | 8 соединительная трубчатая муфта |
| 3 главная балка высотой 680 мм | 9 облицовка конвектора кондиционера |
| 4 второстепенная балка высотой 680 и 440 мм | 10 плита перекрытия |
| 5 трубчатая колонна \varnothing 298 мм | 11 подоконная панель |
| 6 фасонка | 12 крепление стеновых панелей |
| | 13 изоляционная панель |
| | 14 алюминиевый лист 8 мм |
| | 15 стойка |



Часть несущего стального каркаса

Несущий стальной каркас на углу здания с консольными выступами балок перекрытий для крепления конструкций наружных стен

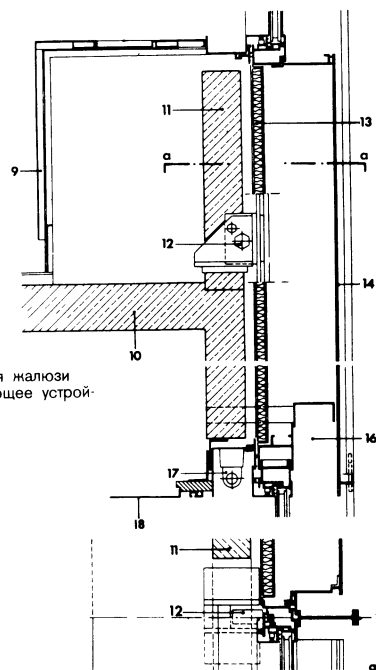
Монтаж стального каркаса, прикрепленные подоконные панели на 2-м и 3-м этажах



и оконными перемычками. Ионизационная пожарная сигнализация на каждые 150 м^2 поверхности больших административных помещений.

Основание: аллювиальный галечный слой различной толщины, местами грунт уплотнен. Уровень грунтовых вод на 4 м ниже уровня земли. Фундаментные плиты под бетонным ядром жесткости, столбчатые фундаменты под колонны.

Подключение к городской магистральной теплосети. Установка низкого давления для обеспечения горячей водой кондиционеров и подсобных помещений в ядре жесткости. Кондиционирование воздуха в больших общих залах с помощью установок высокого давления в краевых зонах и комбинированных установок низкого



- | |
|---------------------------|
| 16 короб для жалюзи |
| 17 поднимающее устройство |
| 18 потолок |

Вертикальный и горизонтальный разрезы наружных стен

давления во внутренних зонах. Общая производительность установок $263\,500 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Общая площадь	18 290 м^2	Перекрытая площ.	2 586 м^2
Нетто-площадь	16 360 м^2	Площадь ядра жесткости	484 м^2
Полезная площ.	12 311 м^2	Объем здания	74 137 м^3

Расход материалов

	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	1112 т	4071 м^3	222 т
На 1 м^3 объема здания	15 кг	0,055 м^3	3 кг
На 1 м^2 общей площади	60,8 кг	0,223 м^3	12,1 кг

Стоимость (1966 г.) в марках ФРГ

Общая стоимость строительства 20,83 млн.; 1 м^3 объема здания — 281; одного рабочего места — 24 406; 1 м^2 общей площади — 1139; 1 м^2 полезной площади — 1692, 1 м^2 нетто-площади 1273.

Литература

R. Hohl: Bürogebäude international, Stuttgart 1968. — G. Feuerstein: New Directions in German Architecture, New York 1968. — Deutsche Bauzeitschrift: Baufachbuch Nr. 4, Gütersloh 1969. — Bauen + Wohnen 2/1964, S. 72 — Baumeister 10/1966, S. 1157. — Bauwelt 4/1966, S. 95. — Deutsche Bauzeitschrift 1/1967, S. 51. — Bouw 37/1968, S. 1289. — Bauen in Stahl 13/1969,

52. Административное здание нефтяной компании в Риме

Архитекторы: Л. Моретти, В. Морпурго (Рим). Инженеры: А. Болокан, Г. Дори, Г. Кацциаланца и фирма, возводящая стальные конструкции. Время строительства 1965—1966 гг.

Главная администрация нефтяной компании размещена в одном из двух одинаковых зданий, расположенных симметрично по обе стороны оживленной улицы. Оба здания имеют Т-образную форму в плане, они состоят из вытянутого семиэтажного главного корпуса и примыкающего к нему с узкой стороны четырехэтажного поперечного корпуса.

Каждое здание имеет три подвальных этажа: в первом подвальном этаже столовая, аудитория на 300 мест, почтамт и подсобные помещения; во втором подвальном этаже отопительное оборудование и холодильная установка; в третьем этаже подземный гараж на 500 автомашин. В верхних этажах большие административные помещения и отдельные кабинеты, конференц-зал, архив, отделение телефонной станции, вычислительный центр и медицинский кабинет.

По центральной оси расположены два ядра жесткости с девятью пассажирскими и одним грузовым лифтами, тремя лестничными клетками и санитарными узлами.

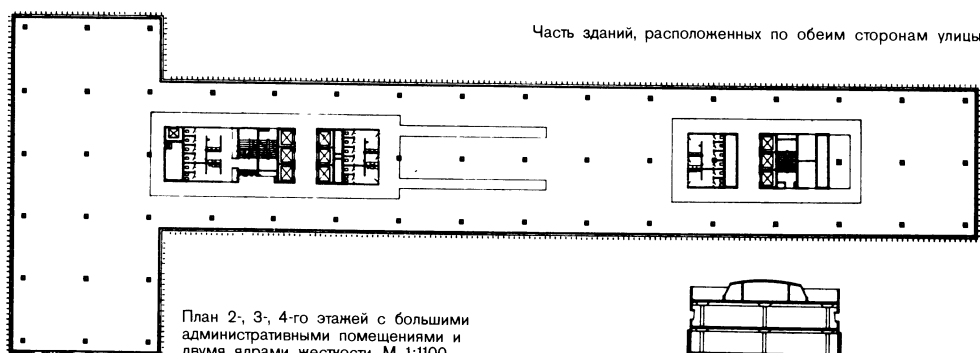
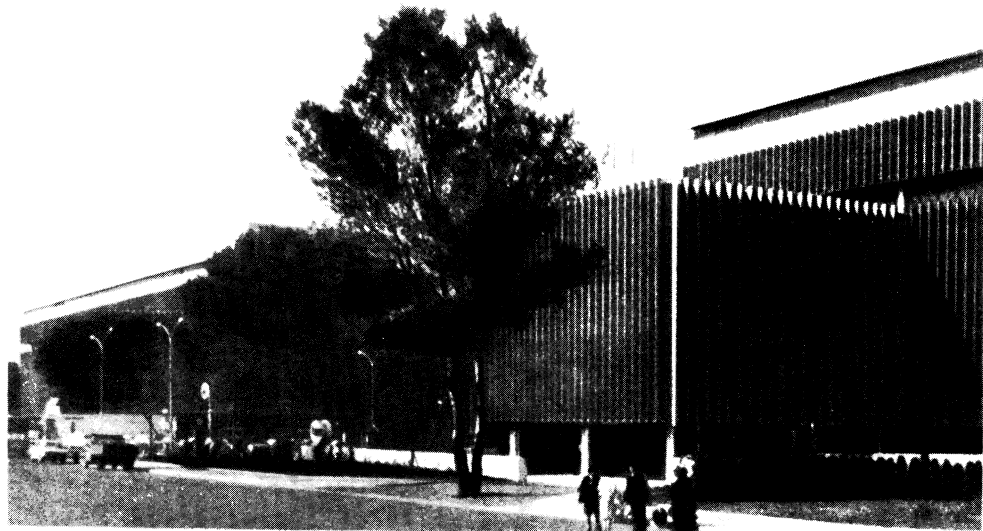
Наружные размеры главного корпуса в плане 23×141 м, поперечного корпуса 23×50 м; высота над уровнем земли 26,9 м. Высота первого этажа 4,7 м, высота помещения 4 м; высота верхних этажей 3,7 м, высота помещений 3 м.

Конструкция

Шарнирная стержневая система из размещенных по сетке 9×9 м шарнирно-опертых колонн высотой на этаж, главных балок HE 500 В, соединяющих колонны в продольном направлении, и второстепенных балок HE 220 А, уложенных между главными балками с шагом 2,25 м. Главные балки образуют консоли на поперечных сторонах со 2-го по 5-й этаж длиной 1,5 м, с 6-го по 8-й этаж длиной 3 м; на продольной стороне на 1,5 м консольно выступают второстепенные балки. Обеспечение сопротивляемости воздействию ветровых нагрузок в обоих направлениях благодаря двум ядрам жесткости. Подвальные этажи с железобетонными конструкциями.

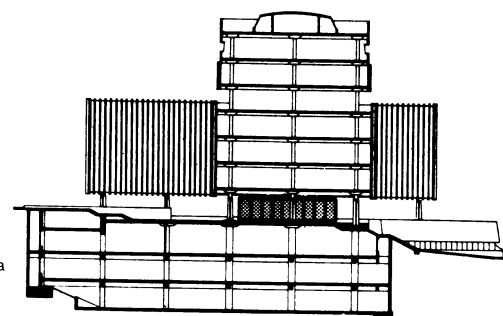
Колонны из двутавровых профилей; в нижних этажах они усилены приваркой стальных листов и преобразованы в коробчатые профили размерами 340×240 мм, полости которых заполнены бетоном в качестве антикоррозионной защиты.

Перекрытия: для обеспечения совместной работы второстепенные балки жестко



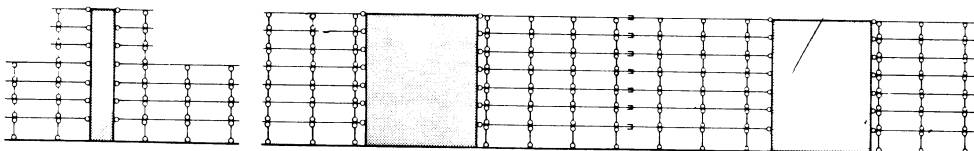
Часть зданий, расположенных по обеим сторонам улицы

План 2-, 3-, 4-го этажей с большими административными помещениями и двумя ядрами жесткости. М 1:1100



Поперечный разрез главного корпуса

Конструктивная схема. Поперечный и продольный разрезы



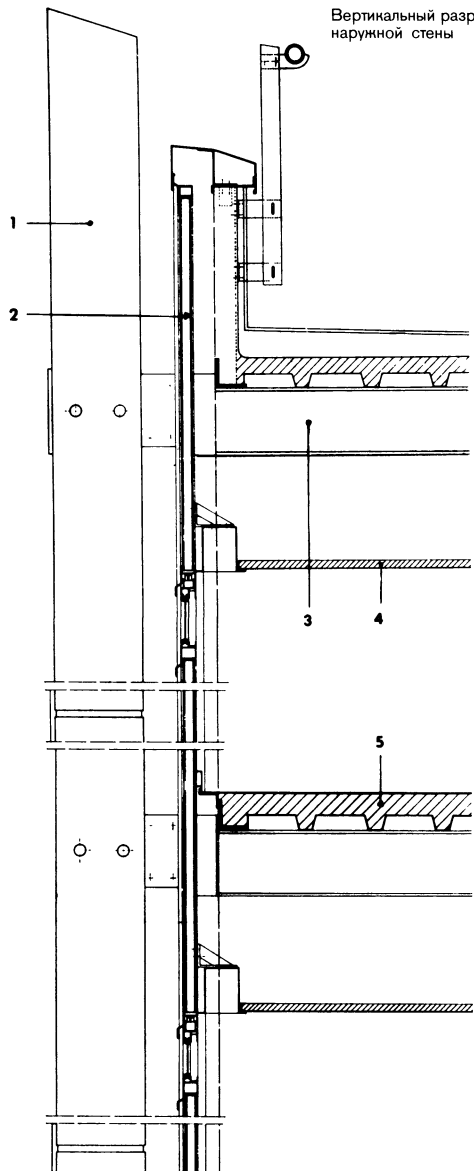
присоединены к главным балкам, размещенным по оси здания, высокопрочными болтами. Для восприятия моментов, возникающих в колоннах и для уменьшения прогибов предусмотрено втуообразное усиление второстепенных балок путем приварки кососрезанных двутавровых профилей. В продольном направлении по второстепенным балкам уложен стальной профилированный настил длиной 9 м, монолитный поверх слоем бетона толщиной 3,5 см. Высота настила 60 мм, ширина 630 мм.

Во избежание появления усадочных трещин и для распределения нагрузки (временная нагрузка 350 кгс/м²) бетонный

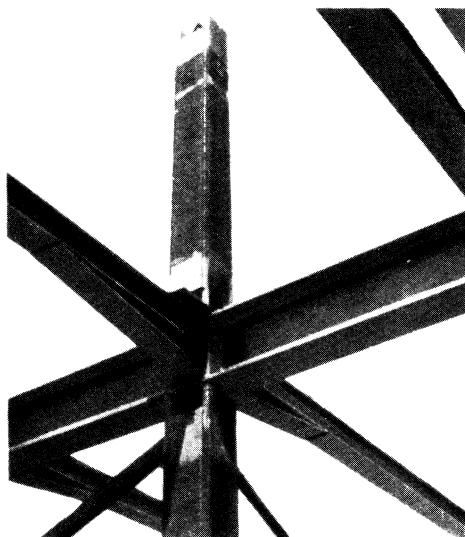
слой армирован стальными сетками, сваренными точечной сваркой. Дополнительная жесткость перекрытий обеспечена горизонтальными связями в краевых полях, а также в полях, примыкающих к железобетонным ядрам жесткости. В пролете между ядрами жесткости температурный шов, проходящий до фундамента. Образование шва в главных балках путем соединения их стенок накладками с продольными отверстиями, допускающими продольное перемещение, но воспринимающими поперечные силы.

Наружные стены: вертикальное членение благодаря выступающим вперед постоянным противосолнечным жалюзи из

Вертикальный разрез
наружной стены



Фрагмент монтируемого стального каркаса



Примыкание главных и второстепенных балок к
внутренней колонне

алюминия с пластмассовым покрытием. В алюминиевых рамах оконное заполнение из теплоизолирующего стекла; подоконные панели с двумя обшивками и уложенной между ними теплоизоляцией.

Основание: грунтовое основание из слоев глины, песка, гальки и известняка. Фундаменты из свай длиной от 20 до 25 м, диаметром 62 см; несущая способность каждой сваи 60 тс.

Площади и объем (одно здание)

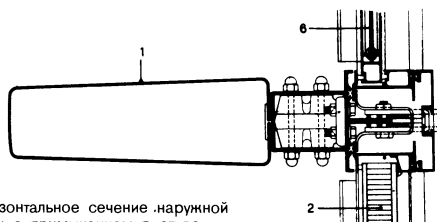
Общая площадь	48 168 м ²	Перекрытая площ.	3 643 м ²
Полезная площадь	37 300 м ²	Объем здания	189 810 м ³

Расход материалов (на одно здание)

	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	1869 т	19 220 м ³	2 256 т
На 1 м ³ объема здания	9,8 кг	0,101 м ³	11,9 кг
На 1 м ² общей площади	38,8 кг	0,399 м ³	46,8 кг

Литература

Acier-Stahl-Steel 3/1966, S. 125. –Detail 5/1968, S. 929

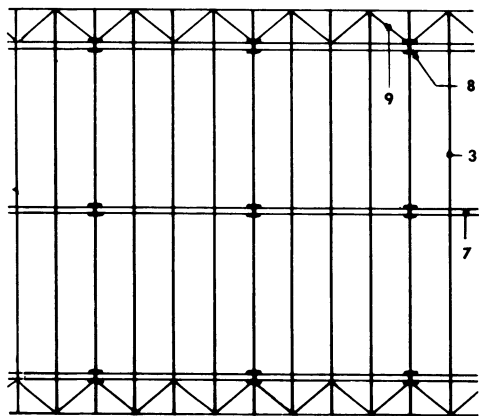


Горизонтальное сечение наружной
стены с примыканием противо-
солнечных жалюзи

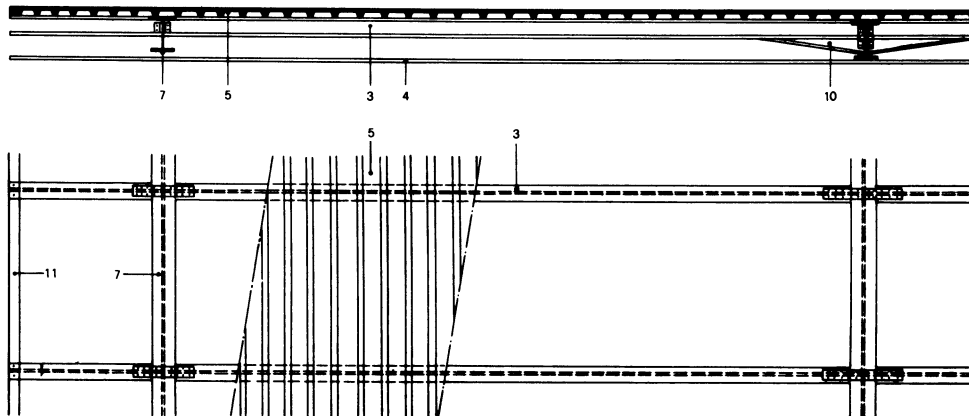
- 1 постоянные противо-солнечные жалюзи
- 2 подоконная панель
- 3 второстепенная балка HE 220 A
- 4 потолок

- 5 стальной профилированный настил с уложенным поверху слоем бетона
- 6 глухое остекление
- 7 главная балка HE 500 B
- 8 колонна 340×240 мм
- 9 горизонтальные связи
- 10 приваренный вуг
- 11 окармливающий профиль плит покрытия

План балок типового этажа главного корпуса



Несущая конструкция перекрытия, поперечный разрез и вид сверху



53. Административное здание предприятия электропромышленности в Сен-Дени (Франция)

Архитектор Б. Цэрфус (Париж). Инженеры: И. Пров. Л. Фрут. Время строительства 1969—1970 гг.

Квадратное в плане здание подвесного типа с общей полезной площадью 4100 м² в семи верхних этажах. В первом этаже вестибюль с приемной и выставкой; в подвальной этаже технические службы; в семи верхних этажах свободные от колонн административные помещения, расположенные вокруг центрального ядра жесткости, в котором размещены три лифта, винтовая лестница, шахта сантехнического оборудования и санитарные узлы.

Наружные размеры верхних этажей в плане 28,8×28,8 м; первого этажа, отодвинутого вглубь от контура верхних этажей, 21,6×21,6 м. Квадратное ядро жесткости имеет размеры 9,8×9,8 м; высота над уровнем земли 38,2 м. Высота вестибюля в свету 4,5 м, высота верхних этажей 3,56 м, высота помещений 2,7 м.

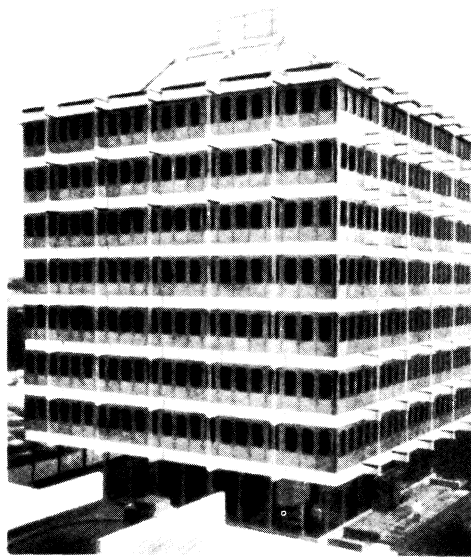
Конструкция

Главные балки перекрытий внутри здания опираются на железобетонные стены центрального ядра жесткости, а снаружи крепятся к подвескам, проходящим перед наружными стенами. Усилия от вертикальных подвесок передаются по наклонным оттяжкам покрытия на железобетонное ядро. Ветровые нагрузки воспринимаются через междуэтажные перекрытия ядром жесткости.

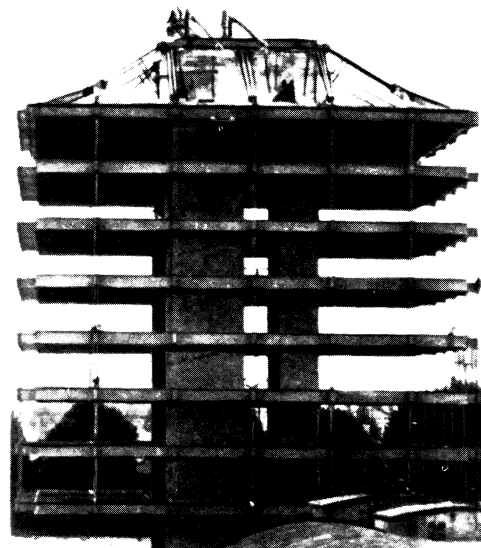
Перекрытия: между четырьмя стенами железобетонного ядра жесткости и контурными подвесками уложены по три главные балки I 700 (сварные), соединенные посередине поперечной балкой I 300. В квадратных угловых полях перекрытий расположены крестообразные балки, примыкающие внутри к главным балкам, а снаружи к подвескам. Концы главных балок объединены рандбалкой, размещенной в плоскости наружных стен позади подвесок на расстоянии от них 1,05 м. Между главными балками с шагом 1,2 м размещены второстепенные балки I 140, по которым уложены железобетонные плиты толщиной 8 см. Временная нагрузка на перекрытия верхних этажей 250 кгс/м². Жесткость перекрытий обеспечивается диагональными связями в полях, примыкающих к ядру жесткости.

Вертикальные подвески: круглая сталь диаметром 45 мм; подвески расположены попарно с шагом 4,8 м перед наружными стенами на расстоянии от них 1,05 м; к подвескам присоединены выступающие наружу концы балок междуэтажных перекрытий.

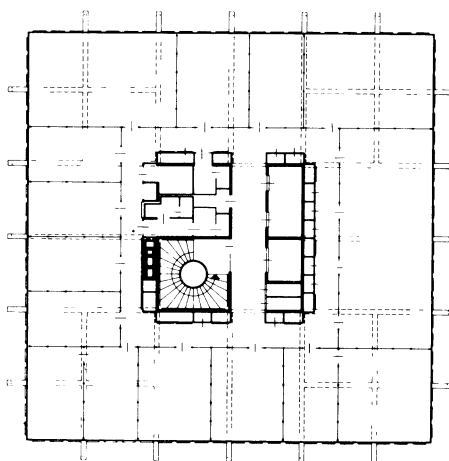
Наклонные растяжки: два круглых стерж-



Построенное здание

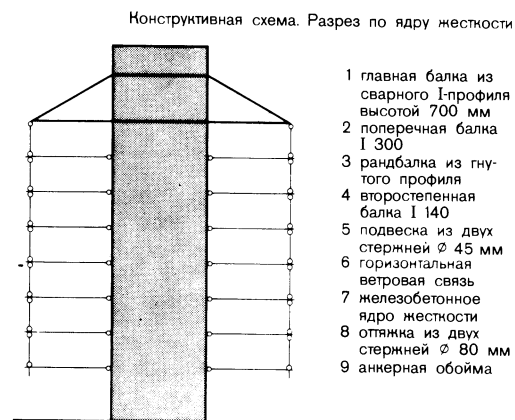


Междуэтажные перекрытия между ядром жесткости и наружными подвесками



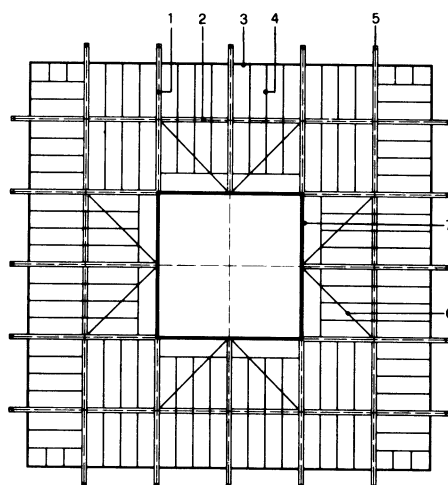
Типовой этаж

План балок типового этажа

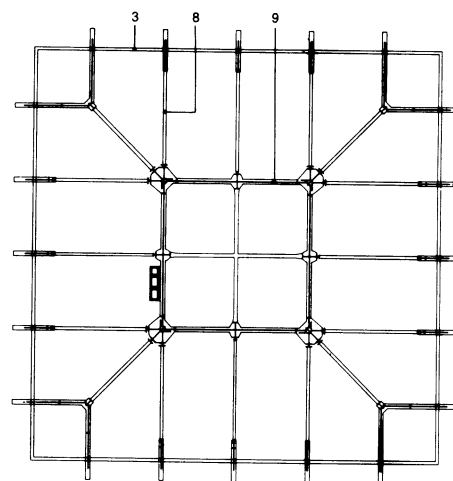


Конструктивная схема. Разрез по ядру жесткости

- 1 главная балка из сварного I-профиля высотой 700 мм
- 2 поперечная балка I 300
- 3 рандбалка из гнутого профиля
- 4 второстепенная балка I 140
- 5 подвеска из двух стержней \varnothing 45 мм
- 6 горизонтальная ветровая связь
- 7 железобетонное ядро жесткости
- 8 оттяжка из двух стержней \varnothing 80 мм
- 9 анкерная обойма



Несущая конструкция покрытия Вид сверху



ня диаметром 80 мм. Заанкеривание растяжек в обойме из балок двутаврового профиля, укрепленной на железобетонном ядре жесткости.

Наружные стены: панели наружных стен из алюминиевого сплава установлены между остающимися открытыми балками

перекрытий. Размеры панелей 2,86 × 1,2 м. Теплоизоляция из пенополиуретана толщиной 30 мм с внутренней пароизоляцией. Коэффициент теплопроводности $k < 1 \text{ м}^2 \times \text{Х} \cdot \text{ч} \cdot \text{°С} / \text{ккал}$. Окна с изолирующим остеклением; противосолнечная защита достигается серой тонировкой остекления.

Оборудование

Подключение к существующему зданию через проходной канал для инженерных коммуникаций. Конторские этажи полностью кондиционированы; по каждой оконной оси установки высокого давления для кондиционирования воздуха, в первом этаже установки низкого давления.

Площади и объём

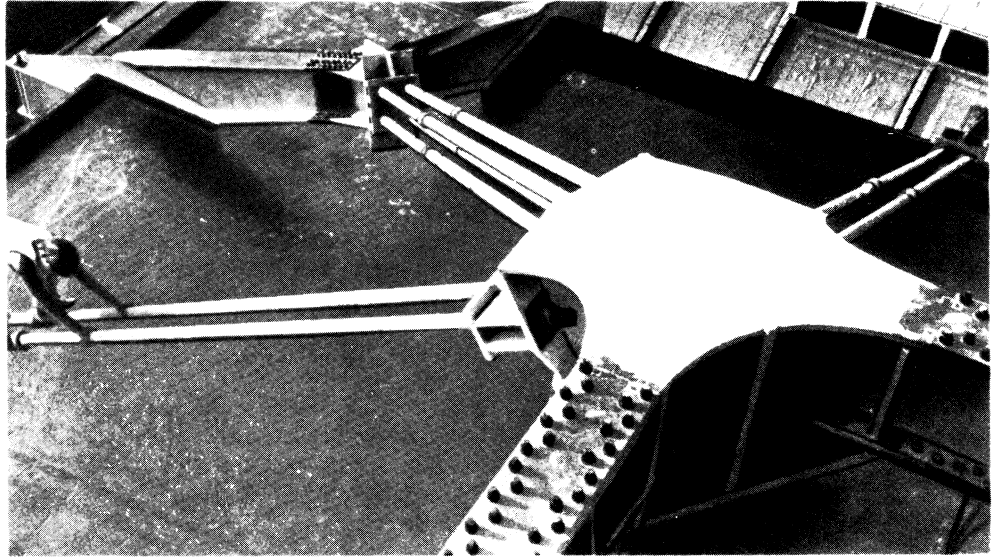
Общая площадь 6 084 м² Перекрытая площадь 676 м²
 Полезная площадь 4 800 м² Объем здания 17 800 м³

Расход материалов

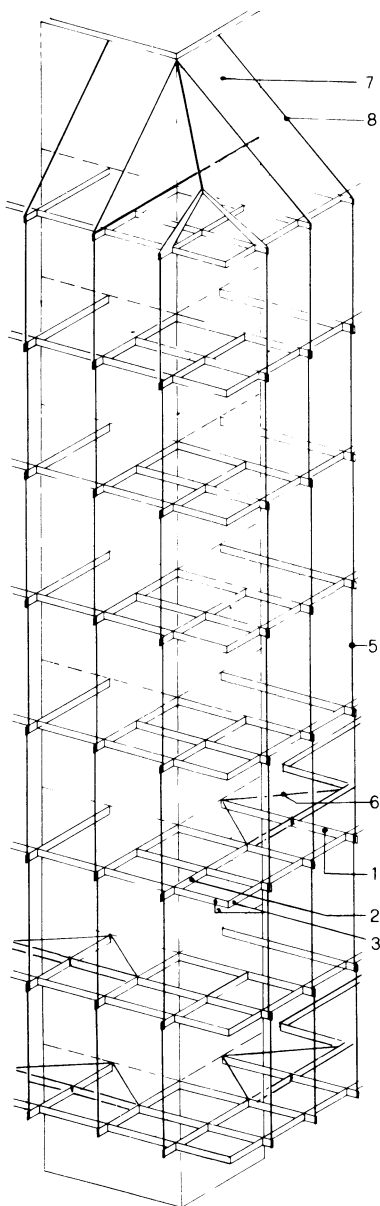
	Сталь	Бетон
Всего	360 т	1700 м ³
На 1 м ³ объема здания	20,2 кг	0,096 м
На 1 м ² общей площади	59,2 кг	0,279 м

Литература

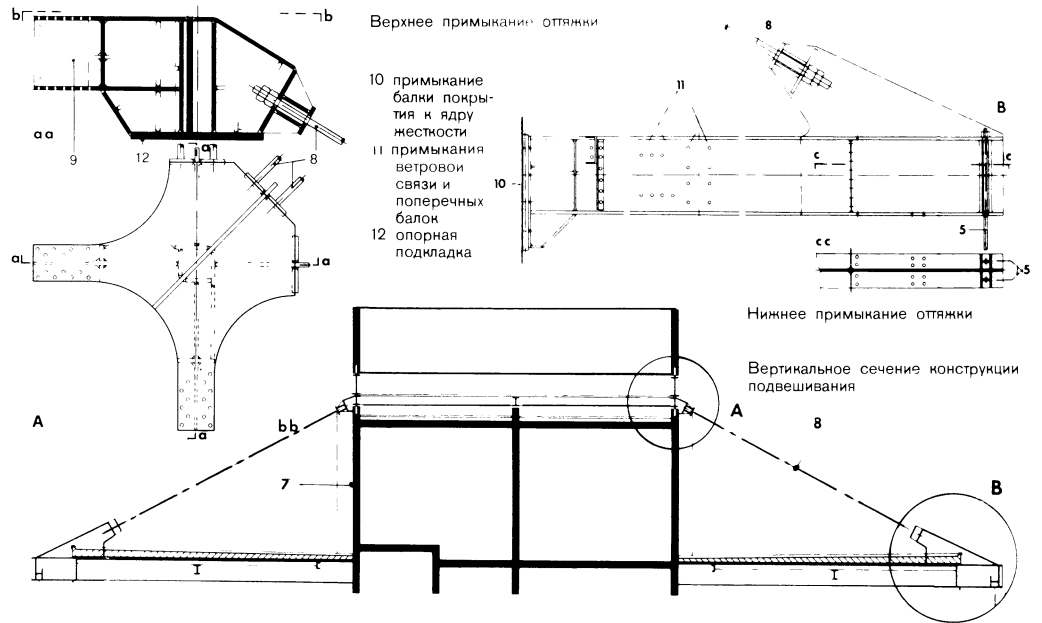
Acier - Stahl - Steel 10/1971, S. 398 - Detail 1972, Konstruktionsstafel.



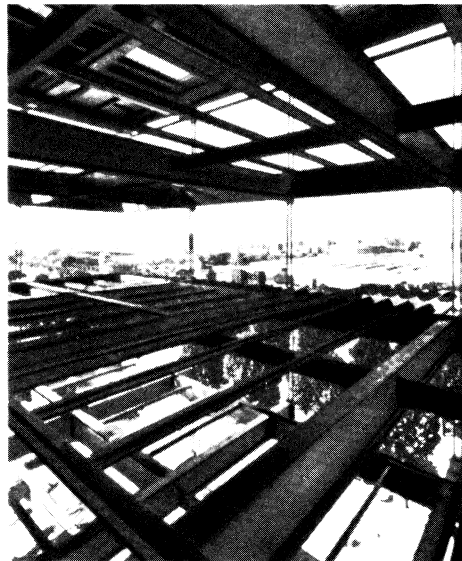
Примыкание оттяжки к анкерной обложке ядра жесткости



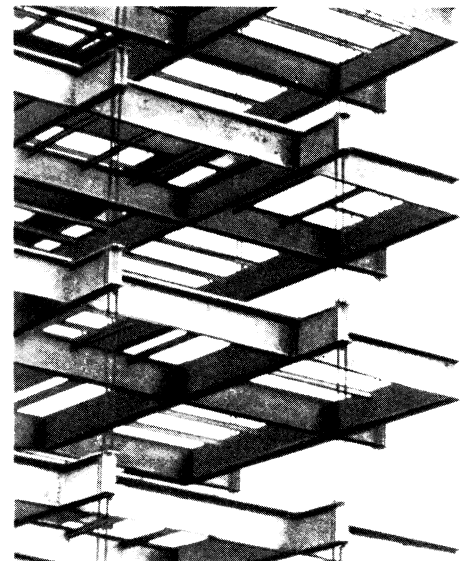
Подвешивание междуэтажных перекрытий



Несущая конструкция перекрытия. Вид со стороны ядра жесткости



Примыкание балок перекрытия к подвескам



54. Административное здание страховой компании в Лондоне

Архитекторы: Голлинз, Мелвин, Вард и К° (Лондон). Инженеры: Скотт, Вилсон, Киркпатрик и К° (Лондон). Время строительства 1964—1969 гг.

Тридцатизэтажное здание подвешено над городской площадью. Площадь административных помещений 26 100 м² для 3000 служащих. Вестибюль занимает по высоте два этажа. С 3-го по 14-й и с 17-го по 28-й этажи — большие административные помещения и отдельные кабинеты. Технические помещения на 15, 16, 29 и 30-м этажах. На 13-м этаже обработка документации. В первом подвальном этаже ресторан и кухня; во втором подвальном этаже доставка и гараж-стоянка на 178 автомашин. В третьем и четвертом этажах склады и сейфы.

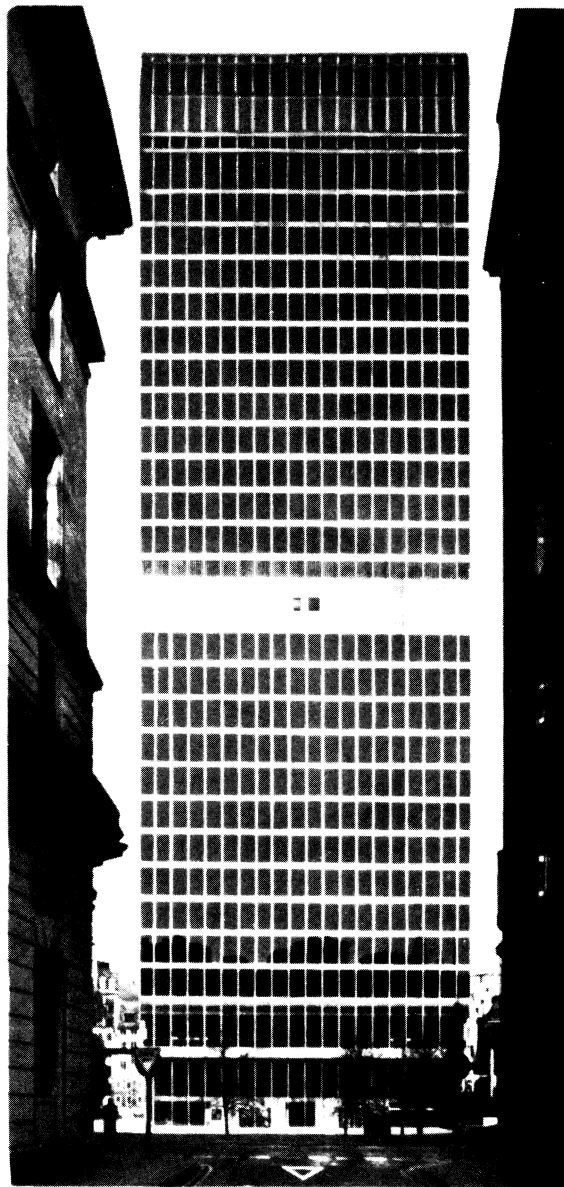
Связи между этажами с помощью 12 лифтов и двух лестничных клеток в центральном ядре жесткости.

Наружные размеры здания в плане 37,5 × 37,5 м; высота 118 м. Высота верхних этажей 3,66 м, высота помещений 2,69 м, высота вестибюля в чистоте 7,8 м. Расположенное в центральной части здания ядро жесткости имеет прямоугольную форму в плане размерами 22,85 × 15,25 м.

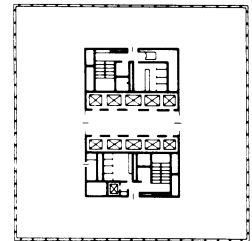
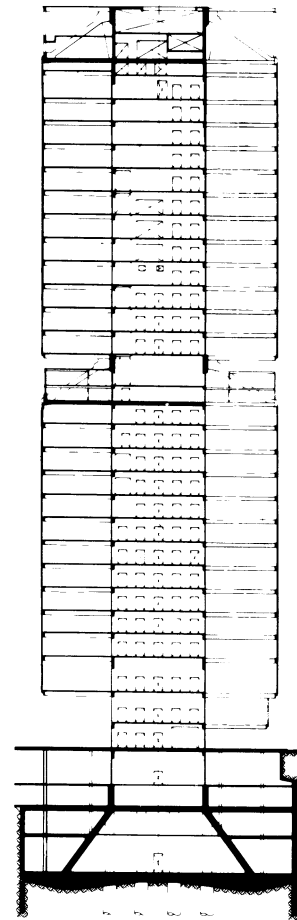
Балки перекрытия отдельных этажей уложены внутри здания в пазы стен центрального железобетонного ядра жесткости, а по контуру примыкают к подвескам. В середине высоты здания и в уровне покрытия подвески передают свои усилия от 12 этажей через консольные конструкции на ядро жесткости. Ветровые нагрузки передаются через диски перекрытий на железобетонное ядро.

Перекрытия: балки со сквозной стенкой, опирающиеся внутри на стены ядра жесткости, в плоскости наружных стен объединены контурной фермой и присоединены к подвескам высокопрочными болтами. Балки выполнены из двутавровых профилей высотой 685 мм; шаг балок 3,9 м; пролет 11,4 и 8 м; сверху по ним уложены легкотяжелые плиты толщиной 13 см. Связь между балками и плитами перекрытий с помощью приваренных болтовых шпонок и замоноличивания стыков бетоном. Временная нагрузка на перекрытие 488 кгс/м². Подвески из полосовой стали шириной 228 мм; толщина увеличивается небольшими ступенями от 19 мм внизу до 51 мм наверху.

Консольные конструкции: против продольных сторон ядра жесткости подвески присоединены к рандбалкам со сплошной стенкой, а против коротких сторон — к двухэтажным контурным фермам. Вертикальные усилия от подвесок передаются рандбалками на ядро жесткости по четырем либо по двум наклонным оттяжкам и го-



Разрез здания

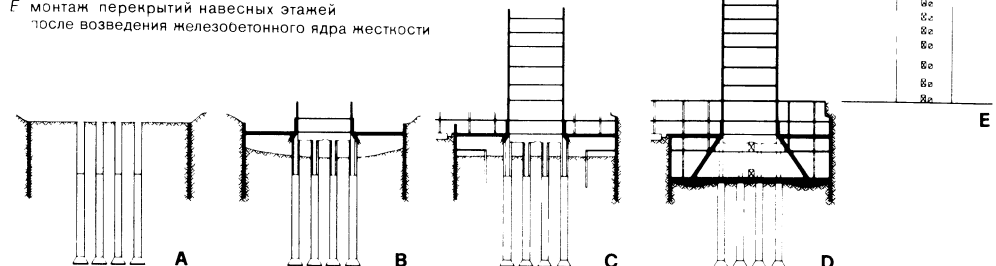


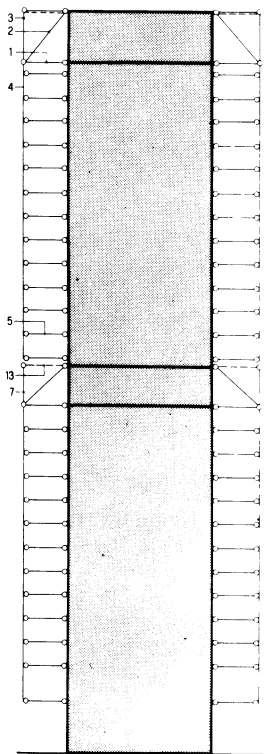
Типовой этаж со свободными от колонн административными помещениями, расположенными вокруг ядра жесткости
М 1:1200

ризонгальным сжатым распоркам. При этом горизонтальные усилия в консольных конструкциях уравновешиваются благодаря тому, что противоположные сжатые распорки соединены дисками перекрытий ядра жесткости, а противоположные оттяжки связаны между собой в верхних точках. Вертикальные усилия от наклонных оттяжек передаются через опоры консолей в ядро

Этапы строительства

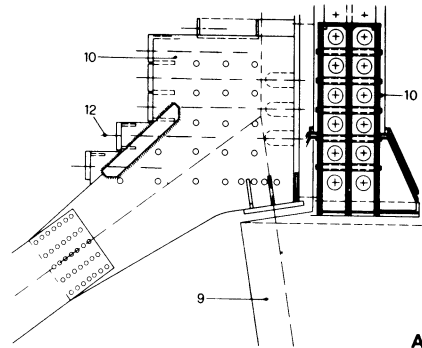
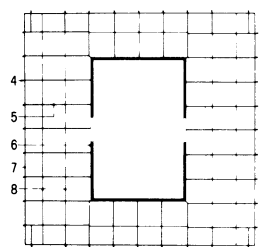
- бетонирование свай основания и шпунтовой стенки, ограждающей будущий котлован
- бетонирование распорной плиты перекрытия и рытье котлована внутри шпунтовой стенки
- сооружение стен ядра жесткости, устройство промежуточного перекрытия под распорной плитой перекрытия
- изготовление конической опорной части здания и фундаментной плиты после полной выемки котлована
- монтаж перекрытий навесных этажей после возведения железобетонного ядра жесткости



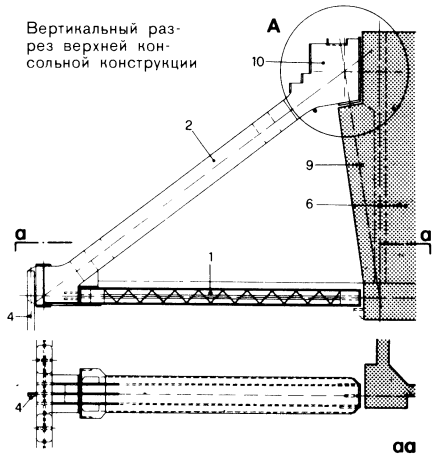


Конструктивная схема. Разрез в зоне ядра жесткости (повернуто по отношению к плану)

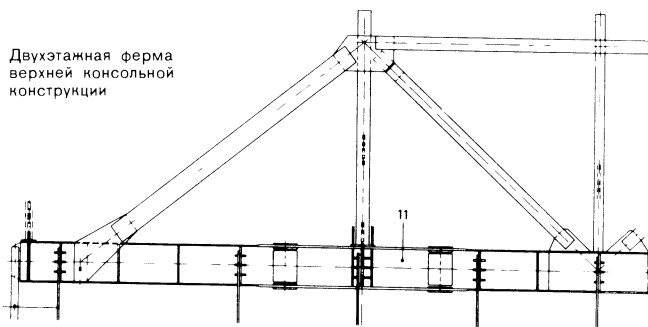
План балок типового этажа



Вертикальный разрез верхней консольной конструкции



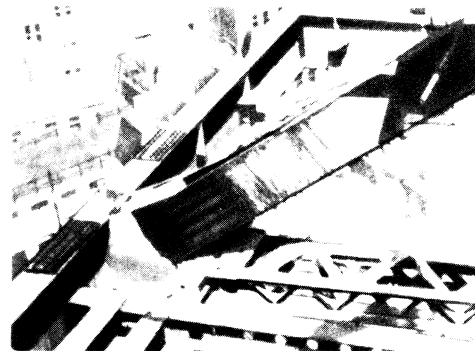
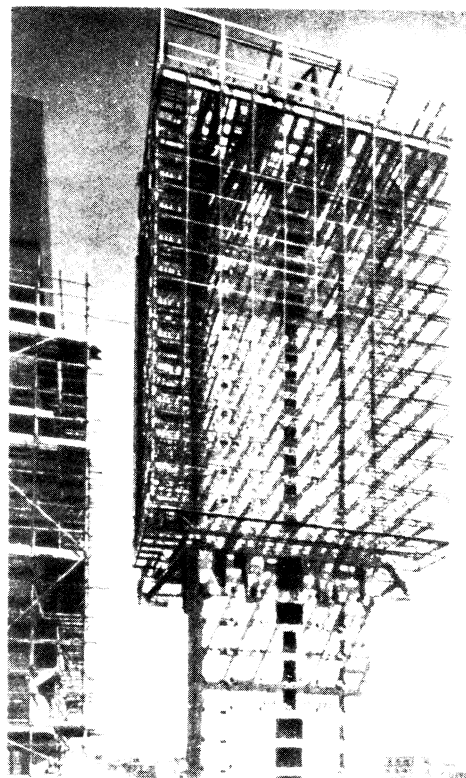
аа



Двухэтажная ферма верхней консольной конструкции

- 1 распорка
- 2 наклонная оттяжка из шести полос 762×46 мм
- 3 двухэтажная ферма подвески из полосовой стали сечением от 228×51 до 228×19 мм
- 4 балка со сквозной стенкой из I-профиля высотой 685 мм
- 5 железобетонное ядро жесткости
- 6 контурная ферма, пояса L101×89, раскосы L63×51
- 7 продольные балки I-профиля
- 8 консоль
- 9 инертный блок
- 11 сварной I-профиль высотой 1200 мм
- 12 оси направляющих стержней
- 13 вспомогательная балка

Монтаж нижней консольной конструкции после изготовления верхней части здания



Фрагмент нижней консольной конструкции

жесткости. Нижний пояс двухэтажной фермы из сварного двутаврового профиля высотой 1200 мм, толщина листа до 62 мм; верхний пояс и стойки также из двутаврового профиля; раскосы из полосовой стали.

Наклонные оттяжки консольных конструкций из шести полос, каждая из которых размерами 762 × 46 мм, длиной 8,7 м на продольных сторонах ядра жесткости и 6,1 м на коротких сторонах.

Оттяжки соединены болтами на трех фанонках со сжатыми распорками и нижним поясом рандбалки. Распорки выполнены в виде решетчатых элементов из угольковых профилей.

Наружные стены: стойки из штампованных анодированных алюминиевых профилей размещены с шагом 1,95 м. Каждая вторая стойка охватывает подвеску. Остекление на всю высоту этажа; в зоне перекрытий — алюминиевые панели.

Огнезащита консольных конструкций обетонированием легким бетоном, огнестойкость 4 ч. Балки со сквозными стенками

и подвески облицованы асбестоцементными листами толщиной 19 мм, огнестойкость 2 ч.

Антикоррозионная защита подвесок после пескоструйной очистки — металлизация цинком и окраска цинк-хроматом. После монтажа конструкций наружных стен — вторичная окраска цинк-хроматом и двумя слоями окиси железа со слюдой. На балках перекрытий — грунтовка цинк-хроматом.

Площади и объем

Общая площадь 53 500 м² Перекрытая площ. 6 500 м²
Полезная площадь 25 600 м²

Расход стали

Всего 2540 т
На 1 м² общей площади 47,5 кг

Стоимость в фунтах стерлингов

Общая стоимость строительства 8 млн.; одного рабочего места — 2667; 1 м² общей площади — 150; 1 м² полезной площади — 312.

Литература

The Structural Engineer 4/1967, S. 143. — Acier-Stahl-Steel 6/1969, S. 269. — Der Stahlbau 2/1968, S. 41. — Architectural Review 6/1970, S. 420. — Design 11/1970

Примыкание балок перекрытия к подвескам



55. Административное здание „Банкрасхоф“ в Амстелвене (Нидерланды)

Архитекторы: Финк и Ван де Кюлен (г. Клейн). Инженер А. И. Уленриф. Время строительства 1968—1970 гг.

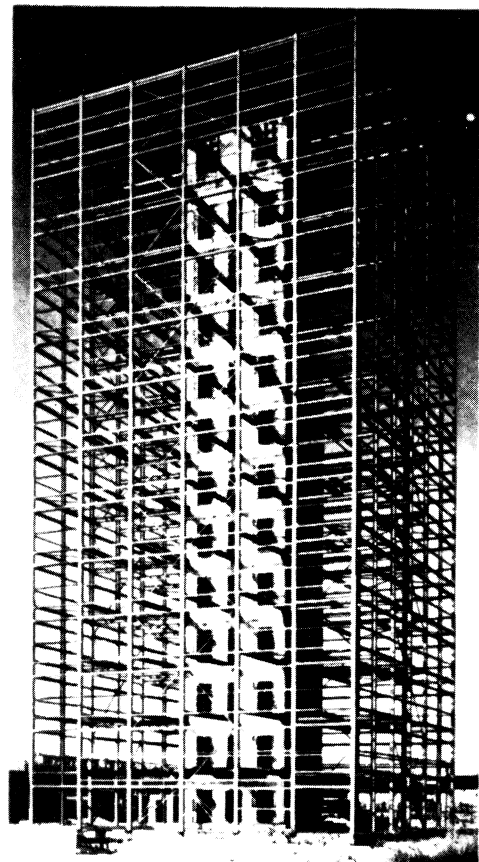
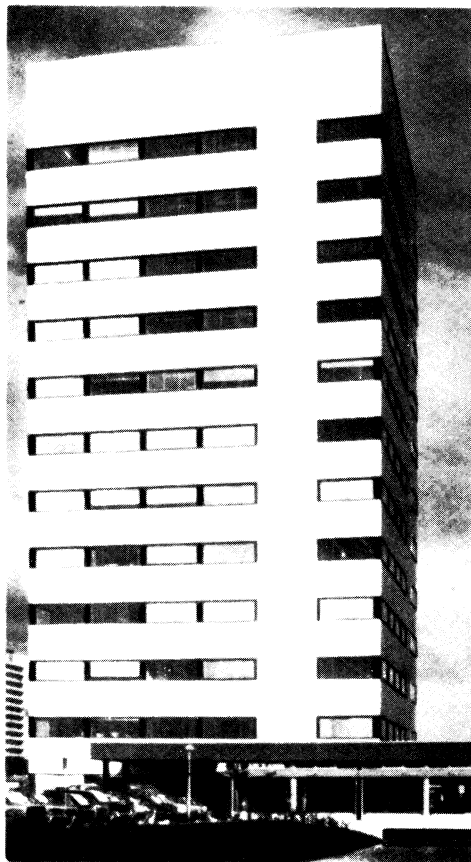
Квадратное в плане административное здание имеет 13 этажей. В первом этаже вестибюль, торговые киоски, бюро и подсобные помещения. Со 2-го по 12-й этажи общей площадью 4150 м² — свободные от колонн административные залы, расположенные вокруг центрального ядра жесткости с лестничной клеткой, двумя лифтами, санитарными узлами и шахтой технического оборудования. На 13-м этаже складские помещения, отопление и подъемные машины. В подвальном этаже складские помещения и напорный котел водяного отопления.

Наружные размеры здания в плане 22 × 22 м; высота над уровнем земли 47,6 м. Внешние размеры ядра жесткости 7,2 × 6,8 м. Высота верхних этажей 3,6 м, высота помещений 3 м; высота первого этажа 4,02 м.

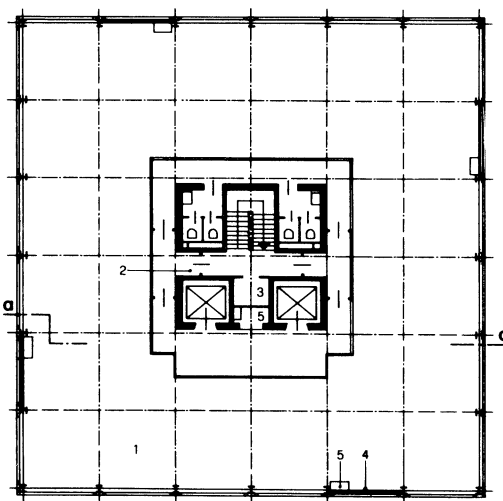
Балки междуэтажных перекрытий передают свою нагрузку на бетонные стены центрального ядра жесткости, а по контуру здания шарнирно присоединяются на болтах к колоннам. По балкам уложены сборные железобетонные плиты. Ветровые нагрузки передаются через диски перекрытий на железобетонное ядро жесткости и расположенные снаружи вертикальные связи, облицовка которых на каждой из сторон здания смотрится как вертикальные глухие полосы. Колонны из профилей от HE 260 А до HE 180 А, сечение которых уменьшается ступенями по мере подъема вверх, размещены с шагом 3,6 м. Над железобетонными конструкциями подвала колонны установлены на коротких обетонированных балках из I 400.

На каждую сторону ядра жесткости опираются три балки перекрытия; шаг балок 3,6 м; пролет 7,2 м. Балки, являющиеся как бы продолжением двух параллельных стен ядра жесткости, изготовлены из HE 280 А и используются в качестве опор для балок перекрытий квадратной угловой зоны; все остальные балки из HE 260 А. Две балки, пересекающиеся на углу ядра жесткости, присоединены к нему с помощью вертикальных стальных закладных плит, которые забетонированы в ядро приваренными анкерами из круглой стали; для опирания средних балок в стенах ядра жесткости предусмотрены специальные гнезда. Рандбалки соединяют колонны по контуру здания.

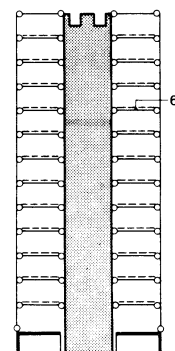
Перекрытия: по балкам уложены сборные плиты толщиной 15 см из легкого железобетона; по ним выравнивающий слой бе-



Стальной каркас перед бетонированием плит перекрытий. Обеспечение жесткости благодаря монтажным связям



План типового этажа
М 1:350



Конструктивная схема.
Разрез по ядру жесткости

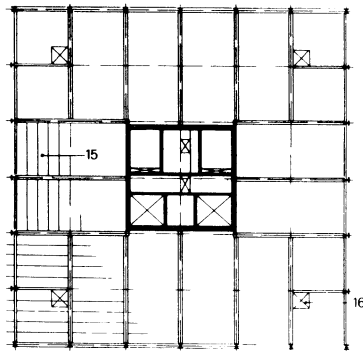
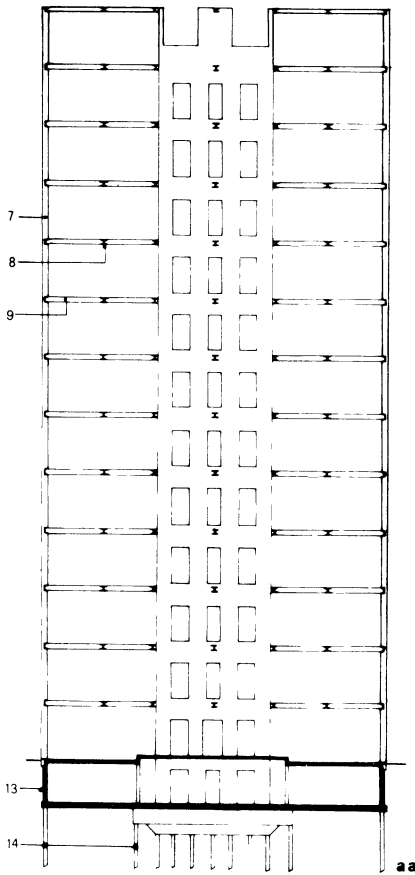
тона толщиной 5 см. Совместная работа железобетонных плит со стальными балками обеспечивается благодаря приваренным болтовым шпонкам и замоноличиванию стыков бетоном. Временная нагрузка на перекрытие 400 кгс/м².

Противопожарная защита: на наружной стороне колонн за облицовкой размещены огнезащитные плиты, на внутренней стороне — асбестовая штукатурка по керамической сетке.

Наружные стены: оконные рамы из

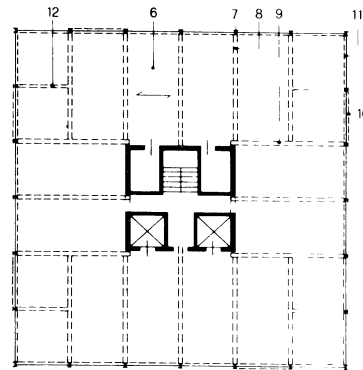
древесины твердых пород, подоконные панели из изоляционных плит толщиной 12 см с наклеенными алюминиевыми листами. Несущие конструкции наружных стен из подоконных стальных балок и оконных стоек. Противосолнечная защита с помощью внутренних жалюзи.

Основания: песчаный грунт под верхним торфяным слоем толщиной 70 см; уровень грунтовых вод на 30 см ниже поверхности земли. Поэтому применено свайное основание с устройством подвального этажа в виде

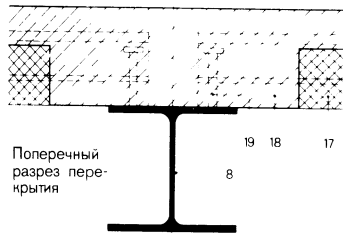


Несущая конструкция покрытия

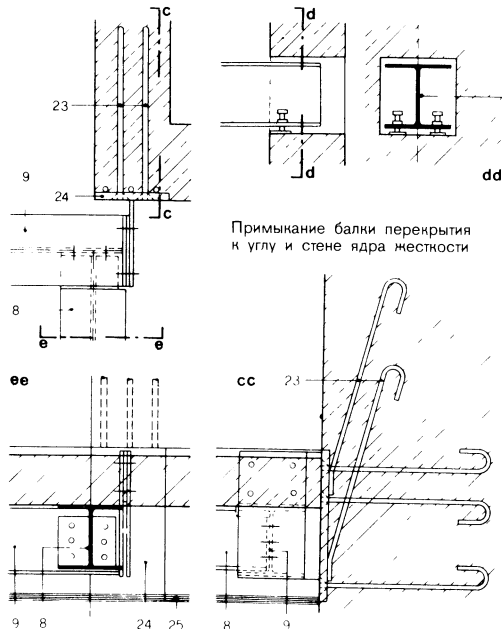
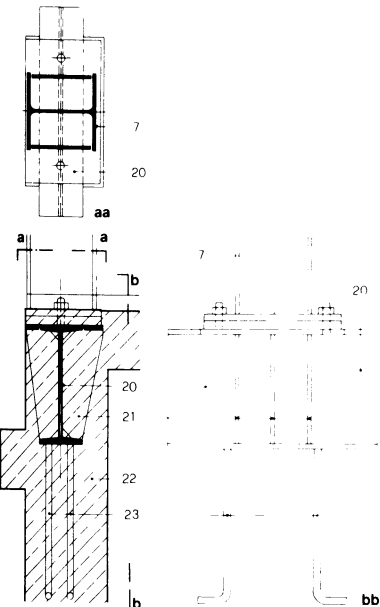
Несущая конструкция перекрытия
типового этажа



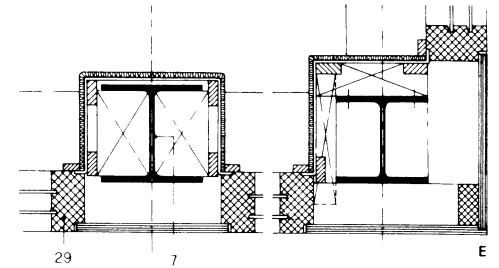
Разрез здания



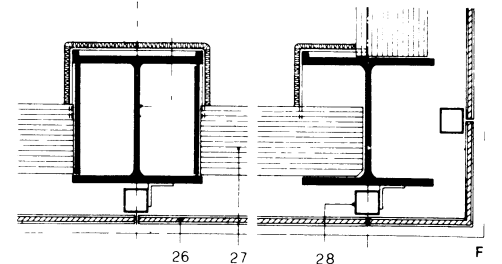
Опора наружной колонны



Примыание балки перекрытия
к углу и стене ядра жесткости



Горизонтальный разрез наружной стены на высоте окна
и подоконной стенки



- 7 наружные колонны HE-A от 260 до 180
- 8 балка перекрытия HE 260 A
- 9 балка перекрытия HE 280 A
- 10 ветровая связь
- 11 рандбалка [200
- 12 балка жесткости L 80 × 80 × 8
- 13 подвал в виде водонепроницаемой ванны свайное основание шпунт 8 × 18 см
- 15 световой купол
- 17 сборная плита (вкладыш) из легкого железобетона
- 18 бетон замоноличивания
- 19 болтовые шпонки
- 20 часть балки I 400
- 21 ребра жесткости
- 22 железобетонная стена подвала
- 23 анкер
- 24 анкерная плита
- 25 потолок
- 26 подоконная панель
- 27 сплошная стенка
- 28 несущая конструкция из стального профиля
- 29 оконная рама из древесины твердых пород

Площади и объем			
Общая площадь	6976 м ²	Перекрытая площ	1169 м ²
Полезная площадь	4988 м ²	Объем здания	26 690 м ³

	Расход материалов		
	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	275 т	1055 м ³	106 т
На 1 м ³ объема здания	113 кг	0,04 м ³	4 кг
На 1 м ² общей площади	39,4 кг	0,151 м ³	15,2 кг

Стоимость (1967 г.) в голландских флоринах
 Общая стоимость строительства 4,15 млн. 1 м³ объема здания - 115; 1 м² общей площади - 595; 1 м² полезной площади - 832.

водонепроницаемой ванны. Под ядром жесткости 60 свай, под наружными колоннами 33 свай. Длина свай 7,5 м; поперечное сечение 35 × 35 см, на конце уширение до 50 × 50 см; давление на острие 35 кгс/см².

Оборудование

Центральное газовое отопление производительностью 35 000 ккал/ч. На этажах радиаторы и вентиляционные установки с трехкратным обменом воздуха.

Литература

Bouw 10/1970, S. 380 - Bouwen met Staal 11/1970, S. 4 - Acier-Stahl-Steel 1/1971, S. 2

56. Здание пенсионной кассы в Люксембурге

Архитекторы: Евен, Кайзер, Кнафф, Ланнерс (Люксембург). Инженеры: Л. Гел, Ц. Клайн, А. Лоевен, И.-П. Штраусс (Люксембург). Время строительства 1972 г.

Главная администрация частной пенсионной кассы для служащих в восьмизэтажном здании прямоугольной формы в плане и шестизэтажном здании Г-образной формы. В обоих зданиях отдельные служебные кабинеты размещены вокруг вытянутых в плане ядер жесткости с лестницами, лифтами, санитарными узлами и шахтами для инженерных коммуникаций. В двух-трехэтажной подземной части здания находятся помещения для котельной, вентиляционных установок, а также для центральных установок сжигания пыли.

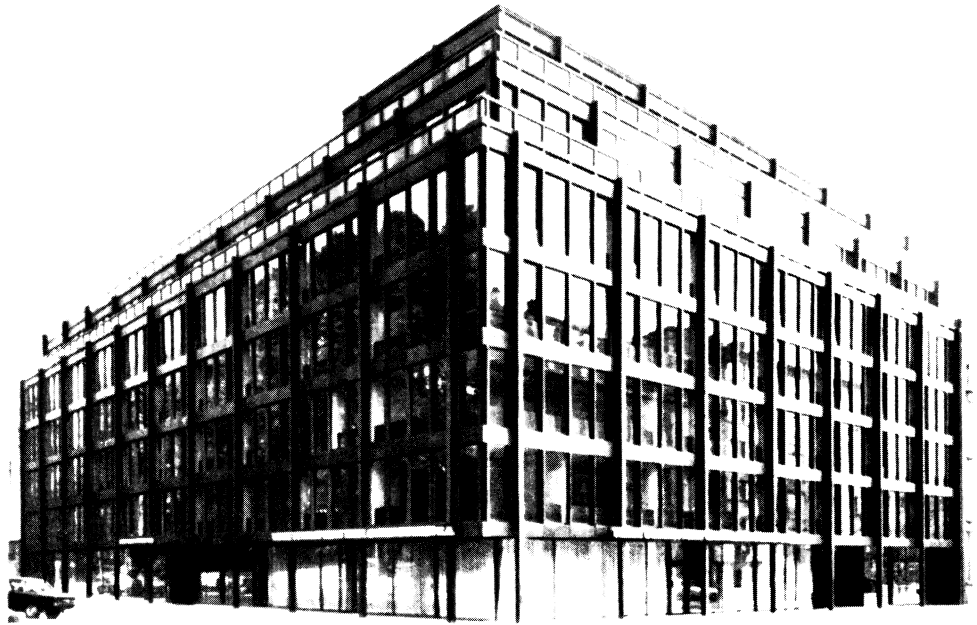
Между зданиями садовый дворик, а под землей две стоянки на 150 автомобилей с проходом к обоим зданиям.

Наружные размеры в плане прямоугольного здания 29,4 × 16,8 м, высота над уровнем земли 28 м. Длина сторон Г-образного здания 56,3 и 40,5 м; ширина по торцевой стороне 16,8 м; высота над уровнем земли 18,9 м. Высота первого этажа 3,6 м, высота помещения 3,2 м; высота верхних этажей 3,03 м, высота помещений 2,6 м.

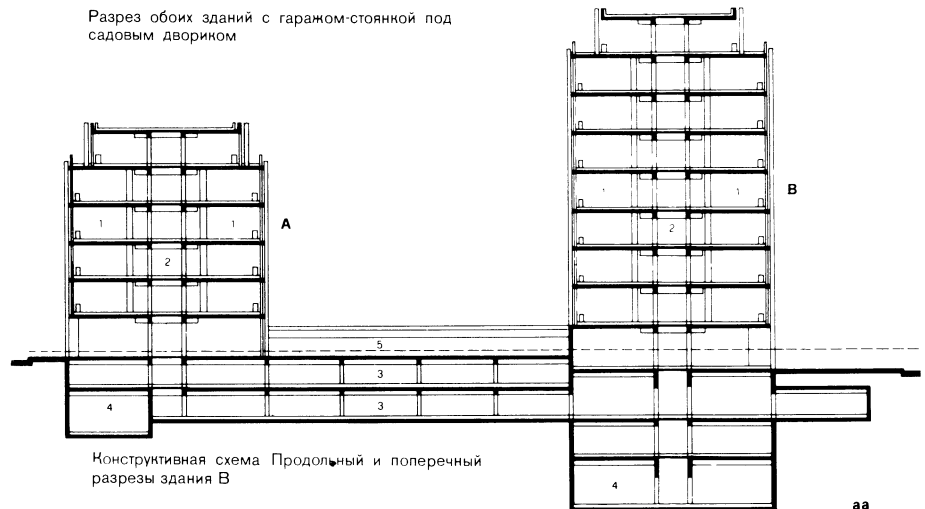
Конструкция

К вытянутому вдоль здания внутреннему железобетонному ядру жесткости с обеих сторон примыкают элементы шарнирной стержневой системы, состоящей из наружных колонн, балок перекрытий и рандбалок. Наружные колонны из HE 300 В (шаг 5,4 м) выступают на 17 см за пределы наружных стен и соединены короткими консолями с рандбалками из [150 × 37, расположенными в плоскости наружных стен. Балки перекрытий из HE 260 В (шаг 2,7 м) шарнирно опираются снаружи на колонны и рандбалки, а внутри на стены ядра жесткости. По балкам перекрытий параллельно продольным сторонам здания уложены монолитные железобетонные плиты перекрытий толщиной 10 см по остающейся в бетоне опалубке из оцинкованных профилированных листов, приваренных в отдельных точках к стальным балкам. Временная нагрузка на перекрытия 350 кгс/м². Ветровые нагрузки передаются через горизонтальные крестовые связи по жестким дискам перекрытий на железобетонное ядро жесткости и на торцевые стены из кирпичной кладки.

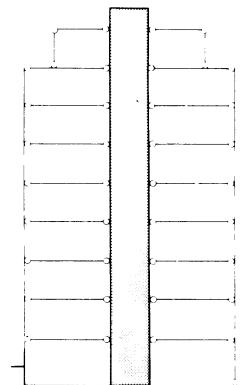
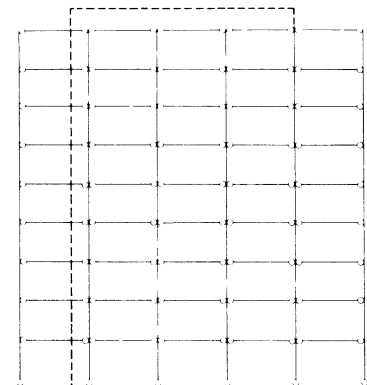
Наружные стены: в каждой ячейке решетки между открытыми наружными колоннами расположены четыре отступающие в глубину здания алюминиевые рамы с изолирующим остеклением высотой на все помещение. Средние окна не раскрываются, оба боковых окна раскрывающиеся. В зоне



Разрез обоих зданий с гаражом-стоянкой под садовым двориком



Конструктивная схема Продольный и поперечный разрезы здания В



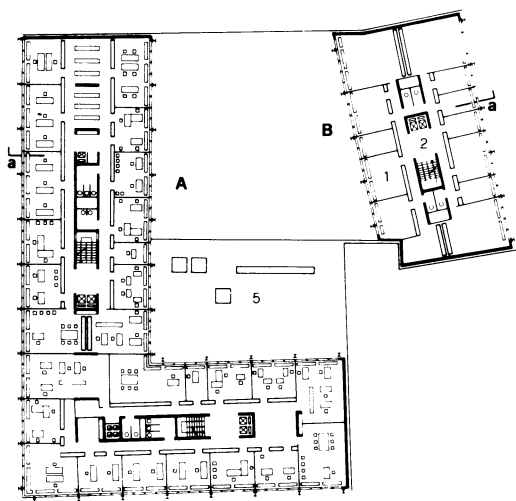
перекрытий облицовка из алюминиевых листов коробчатой формы. В полостях коробок пластинчатые жалюзи для противосолнечной защиты.

Огнезащита балок перекрытий и листов напылением слоя асбестоцемента.

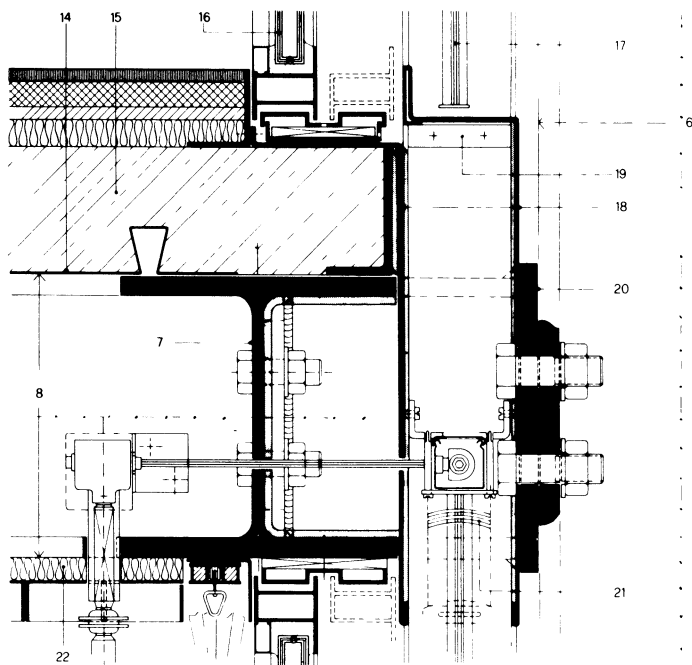
Фундаменты столбчатые и ленточные на скальном грунте; давление на грунт от 5 до 10 кгс/см².

Оборудование

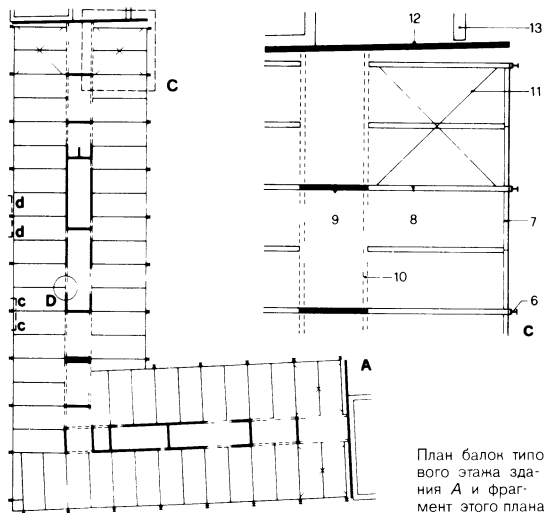
Во всех помещениях здания предусмотрено кондиционирование воздуха. В зависи-



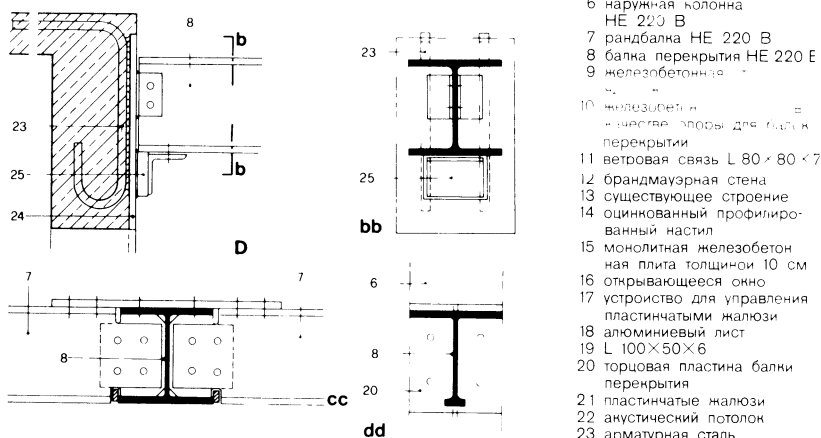
План типового этажа обоих зданий (М 1:900)
1 отдельные служебные кабинеты, 2 ядро между-
этажного сообщения, 3 гараж-стоянка, 4 технические
помещения, 5 садовый дворик



Вертикальный разрез наружной стены с примыканием балок к наружным колоннам



План балок типо-
вого этажа зда-
ния А и фраг-
мент этого плана



Примыкание балок перекрытия к ядру жесткости, сс – при-
мыкание рандбалок к балкам перекрытия, dd – примыкание
балок перекрытия к наружной колонне

- 6 наружная колонна HE 220 В
- 7 рандбалка HE 220 В
- 8 балка перекрытия HE 220 Е
- 9 железобетонная плита
- 10 железобетонная плита в качестве опоры для балок перекрытия
- 11 ветровая связь L 80 × 80 < 7
- 12 брандмауэрная стена
- 13 существующее строение
- 14 оцинкованный профилированный настил
- 15 монолитная железобетонная плита толщиной 10 см
- 16 открывающееся окно
- 17 устройство для управления пластинчатыми жалюзи
- 18 алюминиевый лист
- 19 L 100 × 50 × 6
- 20 торцовая пластина балки перекрытия
- 21 пластинчатые жалюзи
- 22 акустический потолок
- 23 арматурная сталь
- 24 анкерные плиты толщиной 15 мм
- 25 опорные консоли

мости от наружной температуры свежий воздух подается через горячие либо холодные радиаторы. Для вентиляции и отопления подземного гаража используется отработанный воздух административных помещений. Мощность отопительных установок 3 млн. ккал/ч, холодильных установок 1,2 млн. ккал/ч; расход воздуха 100 000 м³/ч.

Фрагмент наружной стены



Площади и объем

Общая площадь	17 540 м ²	Перекрытая площ	2 332 м ²
Полезная площ	15 960 м ²	Объем здания	58 563 м ³

Расход материалов

	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	600 т	4 300 м ³	310 т
На 1 м ³ объема здания	10,2 т	0,073 м ³	5,3 кг
На 1 м ² общей площади	34,2 кг	0,245 м ³	17,7 кг

57. Административное здание в Пуатье (Франция)

Архитекторы: И. Бину, М. Фоллиасон (Булонь-на-Сене), И. Фазтон (Париж). Расчет выполнен фирмой, возводящей стальные конструкции. Время строительства 1966—1968 гг.

Административное здание с 7400 м² служебной площади, возвышающееся над стилобатом с гаражом на 220 автомобилей, рестораном и техническими помещениями. Со 2-го по 13-й этаж здания — отдельные служебные кабинеты, на 14-м этаже конференц-залы и дирекция, на 15-м этаже технические помещения.

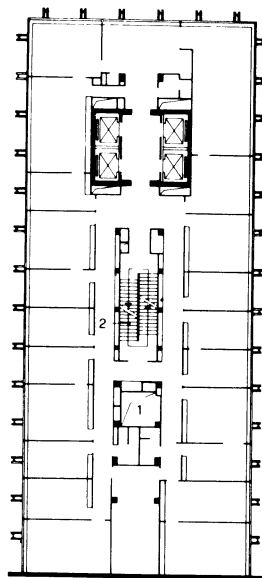
Сообщение между этажами по четырем лифтам центрального ядра жесткости; кроме того, две одномаршевые лестницы расположены внутри шахты, отделенной пожарозащитной стеной из газобетона. Лифты высотной части здания имеют входы и со всех этажей стилобата.

Здание имеет прямоугольную форму в плане с наружными размерами 43,5 X 18 м; высота над уровнем земли 47,8 м. Высота верхних этажей 3 м, высота помещений 2,6 м; высота первого этажа 5,6 м, высота помещения над балками 3,6 м. Между высотной частью здания и стилобатом открытый этаж высотой 5,9 м.

Конструкция

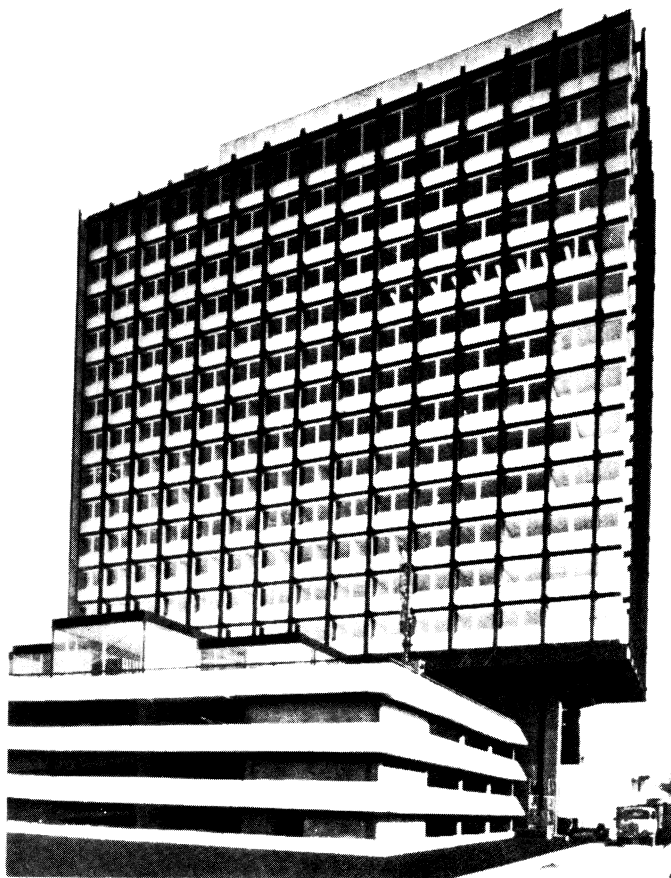
Стилобат является опорой высотной части здания. Двойной ряд железобетонных колонн проходит через стилобат до открытого этажа. На эти оба ряда колонн, расположенных на расстоянии 9 м друг от друга, опираются шесть поперечных балок опорной конструкции с выступающими с обеих сторон на 4,8 м консолями. Они состоят из сварных стальных коробчатых профилей 0,9 X 2 м и соединены продольными балками высотой 1 м, уложенными по железобетонным колоннам. Шаг поперечных балок 6 м, в пределах железобетонного ядра жесткости 9 м. Опирание балок на колонны — с помощью неопределенных прокладок с целью более благоприятного распределения усилий. На торцовой стороне две дополнительные продольные балки соединяют обе крайние поперечные балки и выступают консольно на 5,1 м. Консольные балки торцовых и продольных сторон объединены между собой с помощью рандбалок из HE 1000 М на сварке. Строительный подъем консолей до 13 мм с целью компенсации прогиба от собственного веса конструкции возведенного здания.

Опорные консольные конструкции поддерживают шарнирную стержневую систему высотной части здания, состоящую из наружных колонн, двойного ряда внутренних колонн и балок перекрытий. Ветровые нагрузки передаются в продольном направ-



12-й этаж с отдельными кабинетами с обеих сторон зоны междэтажного сообщения (М 1.600)

- 1 шахта коммуникаций для кондиционирования воздуха
- 2 двойная лестничная клетка с пожарозащитной стеной
- 3 гараж-стоянка
- 4 ресторан
- 5 технические помещения



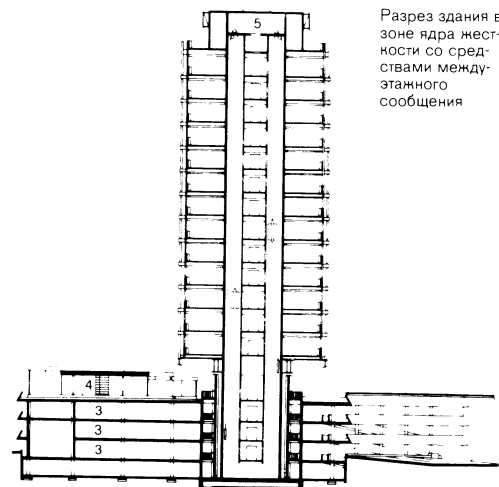
Продольная сторона здания, возвышающегося над гаражом

лении через диски перекрытий на железобетонное ядро жесткости размерами в плане 8 X 7 м, в поперечном направлении — через перекрытия на ядро и торцовую железобетонную стену. Шаг колонн в поперечном направлении здания 7,9; 3,4 и 7,9 м, в продольном направлении — расстояние между осями колонн 3 м. Балки перекрытий из двух швеллерных профилей шарнирно соединены с колоннами из двутаврового профиля и частично заделаны в стены железобетонного ядра жесткости.

Перекрытия: слой монолитного бетона толщиной 9 см с легким верхним армированием по стальным оцинкованным ребристым листам, использованным как в качестве нижней арматуры, так и в качестве опалубки, остающейся в бетоне. Ребра листов параллельны продольным стенам; опирание — на верхние полки балок перекрытий. Временная нагрузка на перекрытия 300 кгс/м².

Наружные стены: подоконные панели из газобетона крепятся к стальным стойкам; наружная облицовка панелей из непрозрачного стекла. Оконные рамы из анодированного алюминия также крепятся к стойкам. Свертывающиеся жалюзи могут быть опущены выборочно перед внутренней или наружной поверхностью глухого остекления.

Основание: песчаный грунт; торцовая стена и ядро жесткости на железобетонной плите на глубине 4 м от поверхности земли. Железобетонные колонны на столбчатых железобетонных фундаментах, соединен-



Разрез здания в зоне ядра жесткости со средними этажами междэтажного сообщения

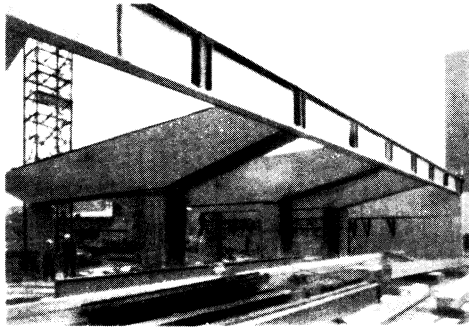
ных между собой продольными обвязочными балками. Давление на грунт под плитами 4 кгс/см², под столбчатыми фундаментами 5 кгс/см².

Оборудование

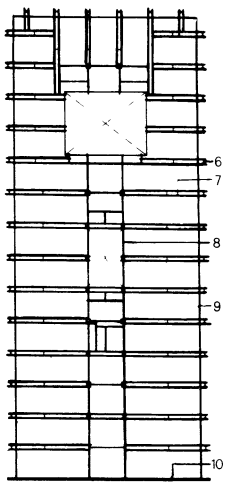
Установка для кондиционирования воздуха в виде индукционной системы с конвекционным оборудованием у каждой наружной стены. Температура приточного воздуха летом 12° С, зимой 55° С. Отопление на природном газе. Башенный охладитель на крыше здания, холодильный агрегат в подвале под гаражом, мощность двух



Фрагмент наружной стены



Опорная консольная конструкция на железобетонных колоннах



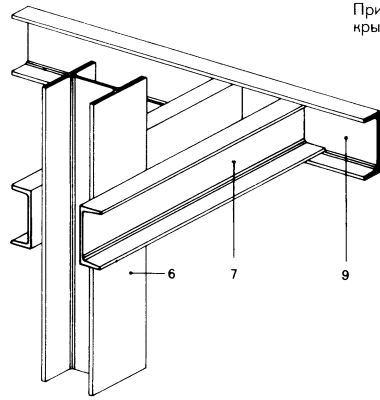
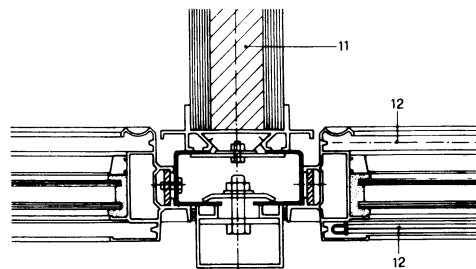
План балок типового этажа

- 6 наружная колонна HE 260 A
- 7 балки перекрытия из двух I 300
- 8 продольные балки IPE 100
- 9 рандбалка I 100
- 10 торцовая железобетонная стена

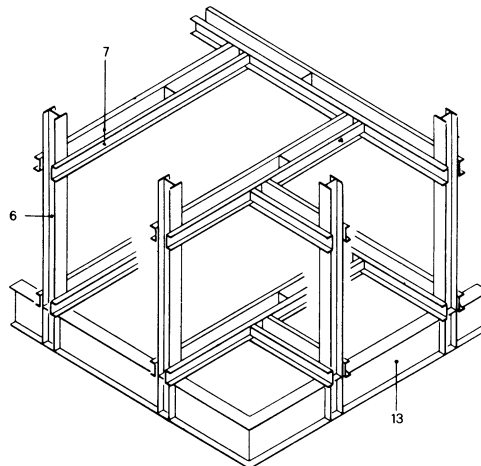
- 11 перемещаемая перегородка
- 12 жалюзи
- 13 рандбалка HE 100 M
- 14 поперечная балка опорной конструкции коробчатого профиля 2000X900 мм

- 15 железобетонная колонна 90X90 см
- 16 эмалированное стекло
- 17 подоконная газобетонная панель
- 18 ребристый лист
- 19 листовая облицовка с теплоизоляцией
- 20 подвесной потолок
- 21 оконный переплет

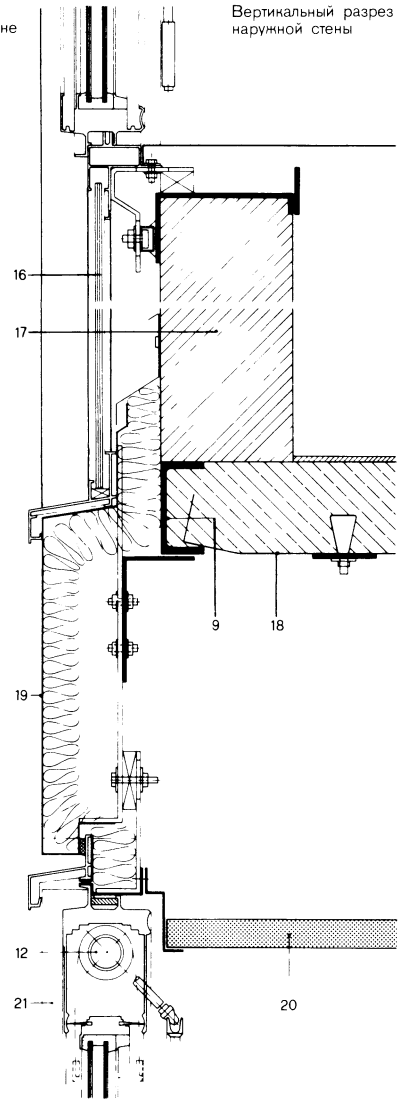
Горизонтальный разрез наружной стены с оконными стойками и примыканием перегородки



Примыкание балок перекрытия к наружной колонне



Стальной каркас, поддерживаемый рандбалками опорной конструкции на углу здания



Вертикальный разрез наружной стены

котлов по 1,4 млн. ккал/ч. Горизонтальная проводка инженерных коммуникаций между перекрытием и подвесным потолком.

Площади и объем (высотная часть здания)

Общая площадь 10 930 м² Перекрытая площадь 783 м²
 Полезная площадь 7 400 м² Объем здания 33 500 м³

Расход стали (нарас высотой части здания)

Всего 1000 т На 1 м² общей площ. 91,5 кг
 На 1 м³ объема 29,9 кг На 1 м² полезной площ. 35,1 кг

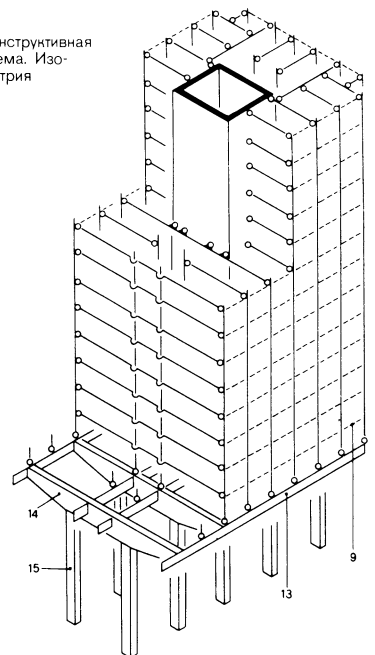
Стоимость (1968 г.) во французских франках

Общая стоимость строительства 17,97 млн.; 1 м³ объема здания - 332; 1 м² общей площади - 937; 1 м² полезной площади - 974.

Литература

Acier-Stahl-Steel 7-8/1969, S 307.

Конструктивная схема. Изометрия



58. Здание страховой компании в Брюсселе

Архитекторы: П. Дюфо (Париж), Р. Стапельс (Брюссель). Расчет «Сосьете д'Этюд Вердейен е Монэр». Время строительства 1968—1971 гг.

Здание на 2500 рабочих мест предназначено для главной администрации страховой компании. Над квадратным в плане стилобатом поднимается девятиэтажный корпус, имеющий в плане форму симметричного креста. Четыре крыла здания примыкают к расположенному в центре ядру жесткости и опираются на конструкции стилобата. Два самых верхних этажа отступают вглубь от плоскости наружных стен. Со второго по восьмой занимают административные помещения, расположенные с обеих сторон коридора, на девятом этаже — дирекция и помещения для конференций.

В стилобате расположены двухэтажный вестибюль, аудитория, вычислительный центр и подсобные помещения. В двух подвальных этажах — архив и технические помещения. Междуетажное сообщение с помощью восьми лифтов в центральном ядре жесткости и четырех лестниц в торцах.

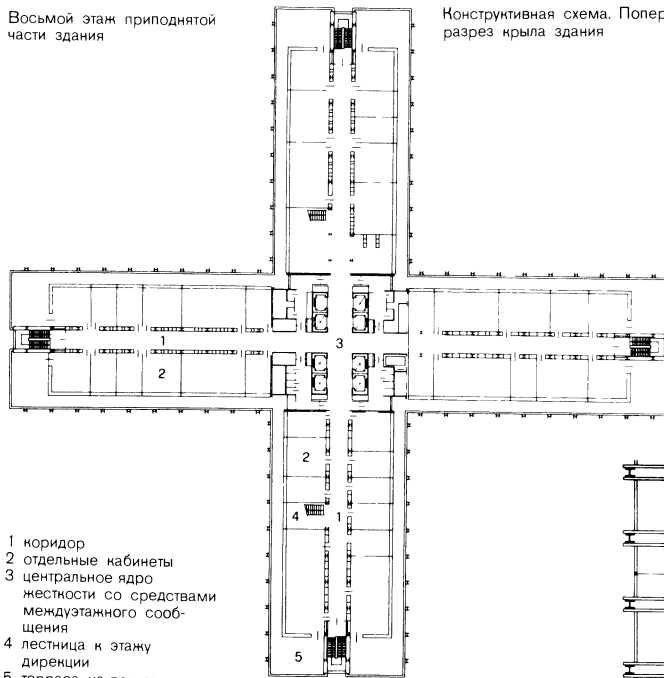
В четырех подвальных этажах квадратной в плане пристройки размещены гараж-стоянка на 750 автомобилей, над ней в наземном этаже — ресторан, имеющий выход на террасу покрытия стилобата и сообщение с кафетерием, расположенным под крыльями здания.

Ядро жесткости, расположенное в центре здания, имеет размеры в плане $18,5 \times 18,5$ м; длина крыла здания 35,5 м; ширина 19,5 м; высота 48 м. Высота этажей 3,5 м, высота помещений 3 м. Размеры стилобата 88×88 м, пристройки 54×54 м.

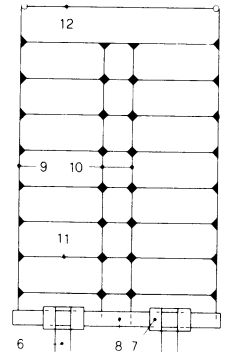
Конструкция

Под каждым крылом здания в два продольных ряда размещены по три железобетонные колонны, которые проходят через стилобат до фундамента. Поперечное сечение колонн $1,44 \times 1,44$ м, шаг в каждом направлении 10,5 м. На каждый ряд колонн опираются спаренные железобетонные балки высотой 2,2 м, шириной 1,25 м, размещенные на расстоянии 1,44 м друг от друга и объединенные в зоне опирания на колонну. На эти спаренные продольные пары с шагом 3,5 м опираются десять поперечных балок из двух сварных швеллерных профилей; высота профилей 1350 мм, ширина полки 485 мм, расстояние между профилями 300 мм. Каждая такая поперечная балка служит опорой для восьмизетажной рамы вышележащей несущей конструкции. Рама состоит из двух наружных колонн HE 300 В, вынесенных перед продольными стенами, и двух внутренних колонн HE 300 А, жестко соединенных в каждом

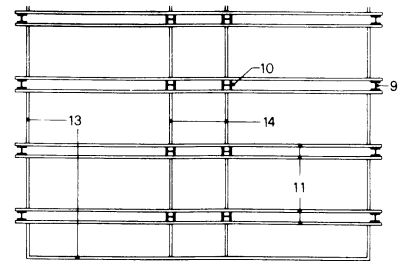
Восьмой этаж приподнятой части здания



Конструктивная схема. Поперечный разрез крыла здания



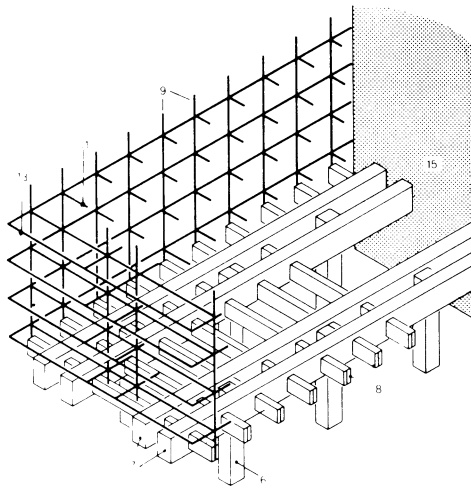
Часть плана балок в торцевой стороне крыла здания



этаже поперечными ригелями; пролеты рам 8,05; 2,9; 8,05 м. Все ригели рам составные ($2 [300]$) и охватывают колонны с двух сторон.

В продольном направлении рамы шарнирно соединены рандбалками I 20, размещенными позади продольных наружных стен, и балками перекрытий I 20 в зоне внутренних колонн. На поперечные балки

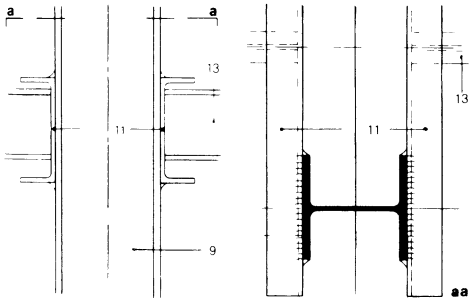
опираются плиты перекрытий из монолитного бетона; временная нагрузка на перекрытие 400 кг/м^2 . Девятый этаж, свободный от колонн, перекрыт опирающимися на наружные колонны балками сварного двутаврового профиля высотой 1020 мм, пролетом 19 м. Все стальные элементы, расположенные снаружи, выполнены из атмосферостойкой стали. Ветровые нагрузки в



Каркас крыла здания с примыканием к железобетонному ядру жесткости

поперечном направлении передаются через рамы, а в продольном направлении — через железобетонные диски перекрытий на центральное ядро жесткости.

Наружные стены: панели с двойным остеклением, тонированным под золото, обрамлены стальными профилями. Наружная облицовка подоконных панелей обычным стеклом, тонированным под бронзу, что создает впечатление сплошного остекления этажа. Облицовка элементов перекрытий листами атмосферостойкой стали.



Примыкание балок перекрытия к наружной колонне

Основание: грунтовое основание из глины, пронизанной торфом; грунтовые воды в уровне поверхности земли, поэтому фундамент сооружения из 1170 свай. Для уменьшения неравномерной осадки сваи объединены железобетонным балочным ростверком высотой 2,2 м. С целью предупреждения всплывания здания по верху и по низу балок ростверка уложены железобетонные плиты, а пространство между ними заполнено песком.

Площади и объем (включая пристройку)

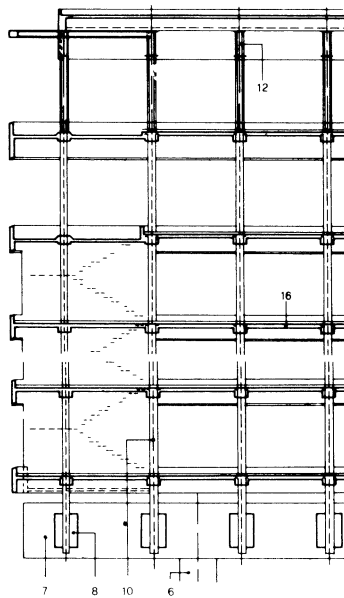
Перекрытая площ	9 350 м ²	Площадь административных помещений	49 900 м ²
Общая площадь	82 500 м ²	Площадь стоянки	25 500 м ²
Объем	330 000 м ³	Одного рабочего места	20 м ³

Расход материалов

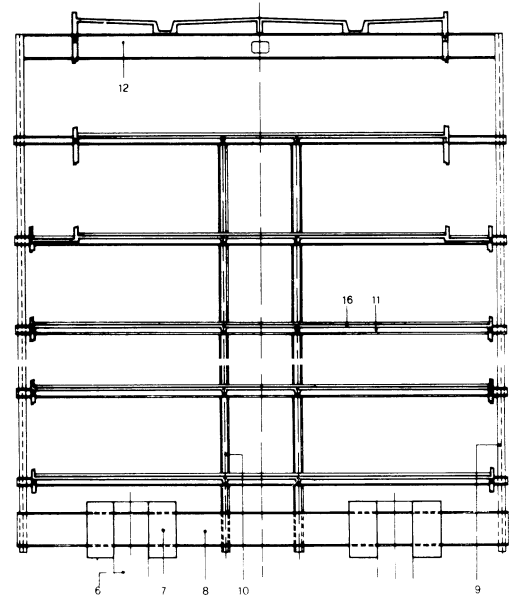
	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	2 582 т	49 000 м ³	8 430 т
На 1 м ³ объема	7,8 кг	0,148 м ³	25,5 кг
На 1 м ² общей площади	31,3 кг	0,594 м ³	102 кг

Литература

Acier-Stahl-Steel 3/1971, S 97 — La Technique des Travaux 1971, S 123



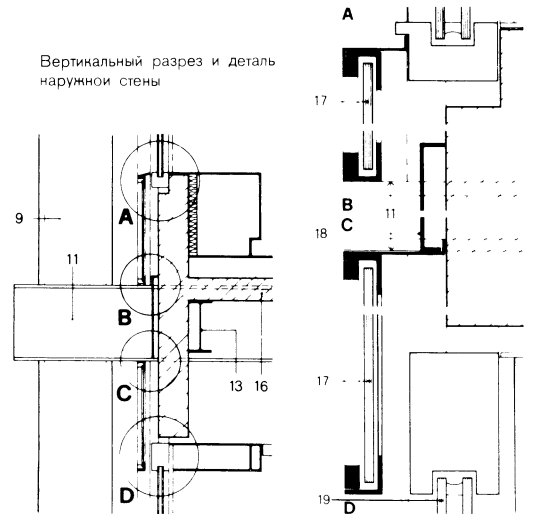
Фрагмент разреза крыла здания



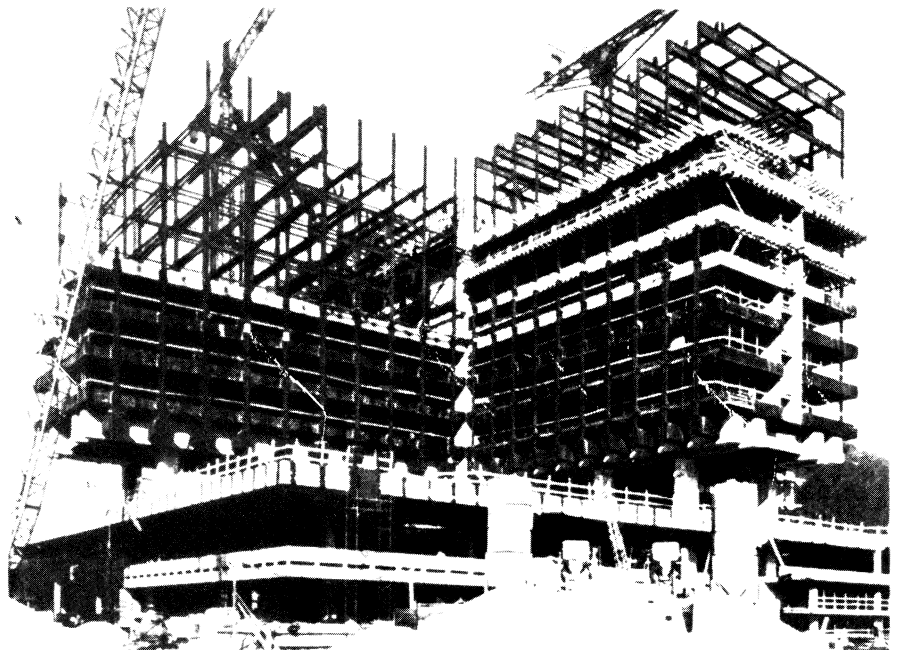
Поперечный разрез крыла здания

- 6 железобетонная колонна 1,44×1,44 см
- 7 железобетонная продольная балка 2,20×1,25 м
- 8 поперечная балка из двух [1350×485 мм
- 9 наружная колонна HE 300 B
- 10 внутренняя колонна HE 300 A
- 11 поперечный ригель 2 [300
- 12 балка покрытия из сварного двутаврового профиля высотой 1020 мм
- 13 рандбалка I 20
- 14 продольная балка I 20
- 15 железобетонное ядро жесткости
- 16 плиты перекрытия из монолитного железобетона
- 17 тонированное стекло
- 18 облицовка листами из атмосферостойкой стали
- 19 изолирующее остекление

Вертикальный разрез и деталь наружной стены



Монтаж стальных конструкций и бетонирование плит перекрытия



59. Административное здание предприятия алюминиевой промышленности в Сан-Франциско

Архитектурная часть проекта и расчет: проектное бюро СОМ. Время строительства 1968 г.

Высотное здание Американской алюминиевой компании имеет 37 000 м² административной площади в 24 верхних этажах. На 26-м этаже технические помещения. Вход с озелененной площади расположен на два этажа выше уровня улицы. Под площадью три подземных этажа для помещений обслуживания, стоянки на 1300 автомобилей и въезд. Сообщение между уровнями улицы и площади с помощью двух эскалаторов. Сообщение внутри высотного здания пятью скоростными и пятью обычными лифтами, расположенными внутри ядра жесткости, а также по двум лестничным клеткам.

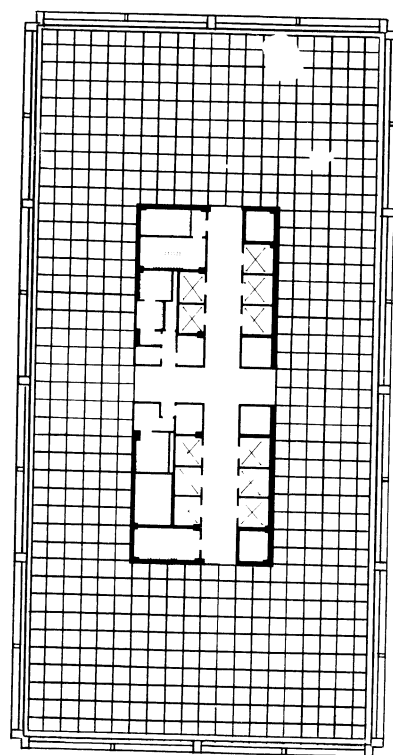
Здание прямоугольной формы в плане с наружными размерами 62,3 × 31,15 м; высота над уровнем улицы 116 м. Высота этажей 3,96 м, высота помещений 2,74 м. Высота вестибюля 4,9 м.

Здание расположено в сейсмически опасной области. Горизонтальные сейсмические силы значительно больше ветровых нагрузок, в связи с этим в плоскостях наружных стен здания предусмотрены видимые снаружи диагональные элементы, обеспечивающие его жесткость.

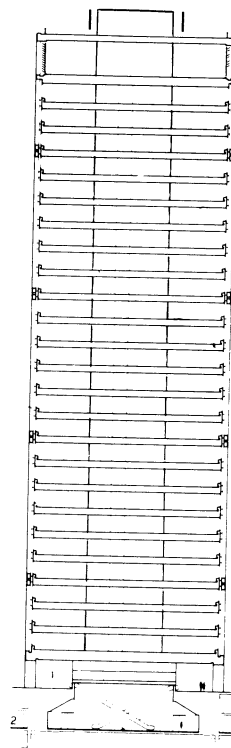
Идущие насквозь колонны и пересекающиеся диагональные элементы образуют жесткую наружную решетку, предохраняющую здание от значительных продольных отклонений и обеспечивающую сопротивляемость сильным сейсмическим толчкам. Дополнительную жесткость зданию придают рамы ядра жесткости, которое по местным строительным нормам запроектировано так, что может воспринять 25% сейсмических нагрузок.

Жесткая наружная решетка состоит из сварных пустотелых коробчатых профилей со стенками толщиной до 100 мм. Диагонали, имеющие поперечное сечение 410 × 410 мм, отстоят от фасада на 360 мм. Поперечное сечение колонн 960 × 510 мм. Угловые колонны из двух наружных колонн.

Перекрытия: конструкции перекрытий внутри опираются на стены ядра жесткости, а снаружи на колонны и подвески. Подвески присоединены в каждом шестом этаже к точкам пересечения диагональных элементов, лежащим между колоннами. Размещенные позади наружных стен рандбалки перекрытий присоединяются через консоли к колоннам и подвескам. Перекрытия состоят из главных и второстепенных балок двутаврового профиля и монолитной плиты толщиной 6,5 см, уложенной по стальному профилированному настилу; временная нагрузка на перекрытия 390 кгс/м².

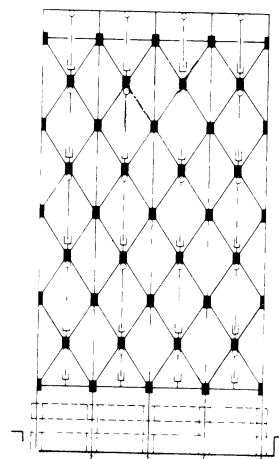


Типовой административный этаж вокруг ядра жесткости со средствами междуэтажного сообщения



Поперечный разрез здания

Конструктивная схема наружной решетки



Навесные панели наружных стен со стойками и ригелями из алюминиевых профилей крепятся к краям перекрытий. Шаг стоек 1,57 м, шаг ригелей 1,98 м. Заполнение изолирующим стеклом; подоконные панели из тонированного в темный цвет безопасного стекла.

Противопожарная защита: наружные колонны, раскосы и подвески покрыты огнезащитной штукатуркой и облицованы алюминиевыми листами. На этажах расположены спринклерные установки.

Основание: под уровнем площади колонны жестко заделаны в железобетонных стенах толщиной 51 см. Свайное основание из 566 железобетонных буровых свай, достигающих скального грунта на глубине 43 м.

Несущая способность каждой сваи 200 тс. Против подпора грунтовых вод предусмотрена железобетонная плита толщиной 30 см.

Установка для кондиционирования воздуха высокого давления в зоне окон и низкого давления во внутренних помещениях.

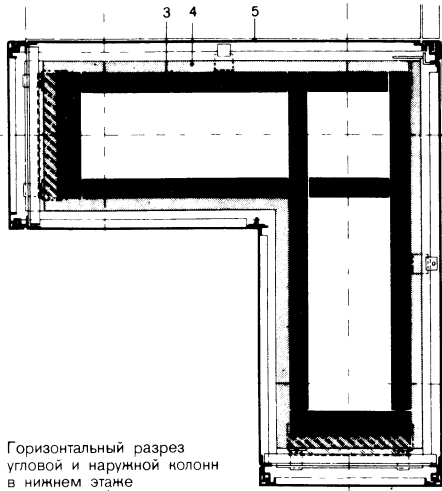
Площади и объем			
Общая площадь	54 846 м ²	Перекрытая площ.	2 161 м ²
Полезная площадь	37 261 м ²	Объем здания	21699 м ³

Стоимость (1968 г.) в долларах

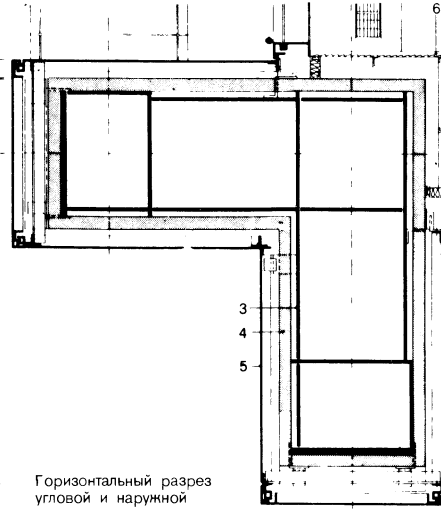
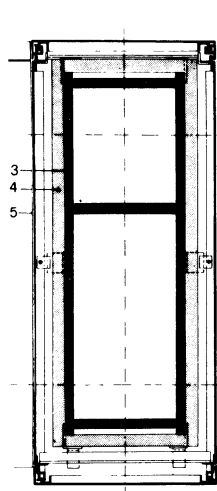
Общая стоимость строительства 15,2 млн.; 1 м³ объема здания — 70,3; 1 м² общей площади — 277, 1 м² полезной площади — 408

Литература

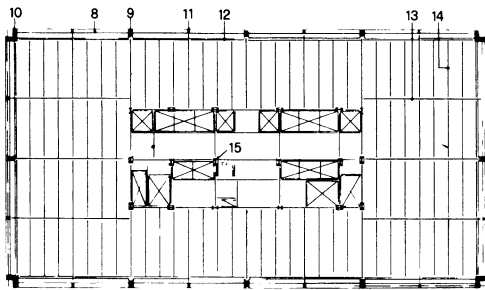
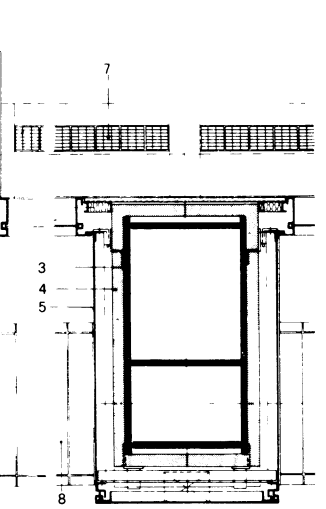
Progressive Architecture 12/1968, S. 84 — Detail 1/1970, Konstruktionsstafel.



Горизонтальный разрез
угловой и наружной колонн
в нижнем этаже

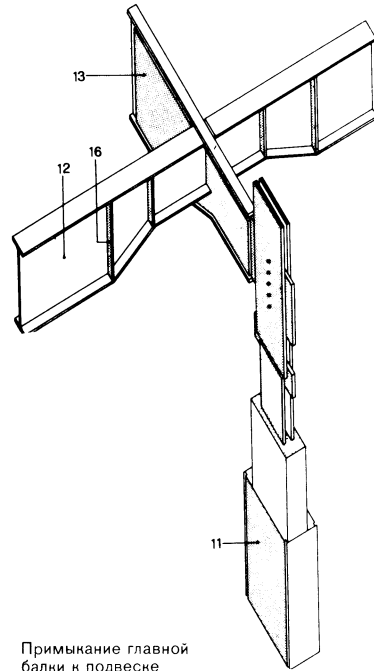


Горизонтальный разрез
угловой и наружной
колонн в верхнем этаже

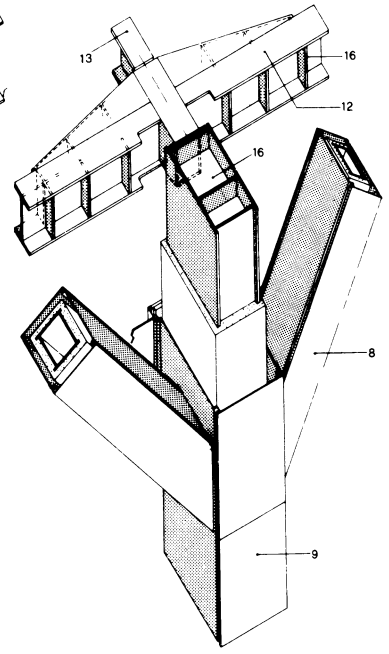


План балок типового этажа

- | | | |
|------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 1 уровень площади | 6 внутренняя штукатурка | 12 рандбалка перекрытия |
| 2 железобетонные | 7 выпускное отверстие | из I-профиля высотой |
| конструкции подзем- | климатической уста- | 915 мм |
| ных ярусов, на стены | новки | 13 главная балка из |
| которых опираются | 8 диагональный элемент | I-профиля высотой |
| колонны | сечением 65×65 см | 915 мм |
| 3 стальная плита | 9 наружная колонна сече- | 14 второстепенная балка |
| толщиной до 100 мм | нием 121×74 см | колонны ядра жесткости |
| 4 покрытие огнестойкой | 10 угловые колонны сече- | 15 диафрагма жесткости |
| штукатуркой | нием 175×175 см | 17 стойки стенового |
| 5 алюминиевый лист | 11 подвеска сечением | заполнения |
| | 81×31 см | 18 стеклянная облицовка |

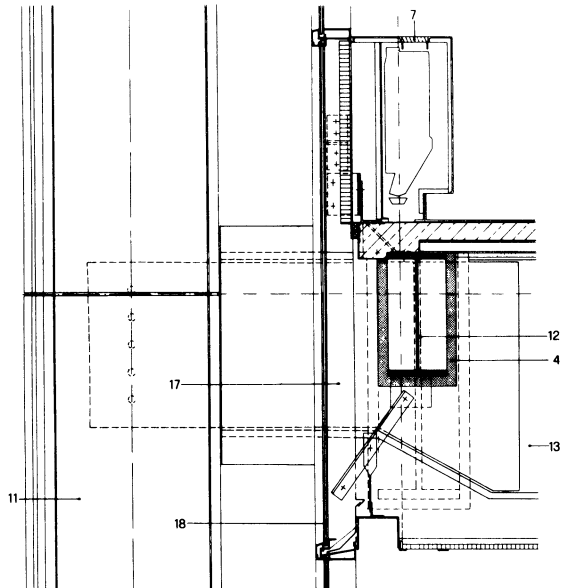


Примыкание главной
балки к подвеске

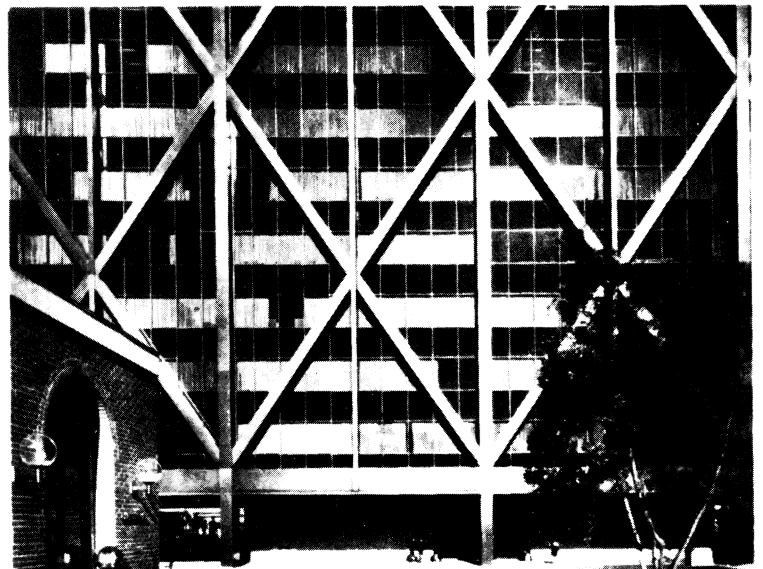


Примыкание главной балки
к наружной колонне

Вертикальный разрез подоконной стенки типового этажа



Фрагмент продольной стороны здания над уровнем площади



60. Здание правления „Тур дю Миди“

Архитекторы: Р. Аэртс и П. Рамон (Брюссель). Инженер А. Липски (Брюссель). Время строительства 1962—1966 гг.

Административное высотное здание и два соседних здания принадлежат пенсионно-страховому предприятию. В обоих вспомогательных зданиях два кассовых зала, установка ЭВМ, ресторан, конференц-зал и стоянка на 300 автомобилей в трех подвальных этажах. В 37-этажном высотном здании конторские помещения с полезной площадью 41 000 м² на 3500 рабочих мест, в подвальном и чердачном этажах помещения технического назначения.

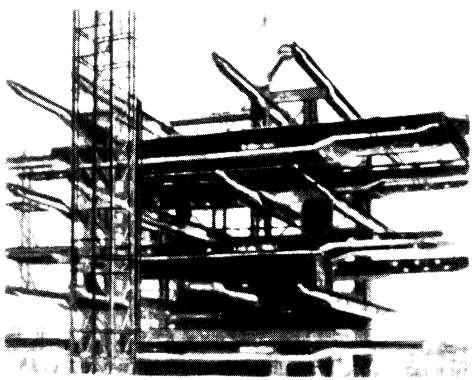
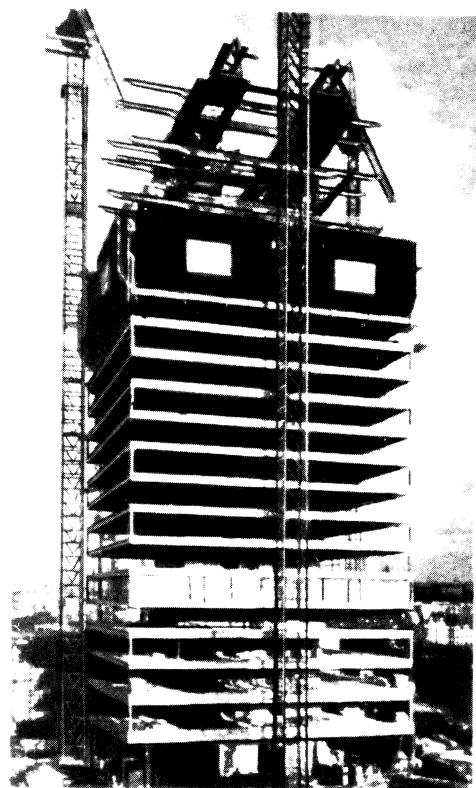
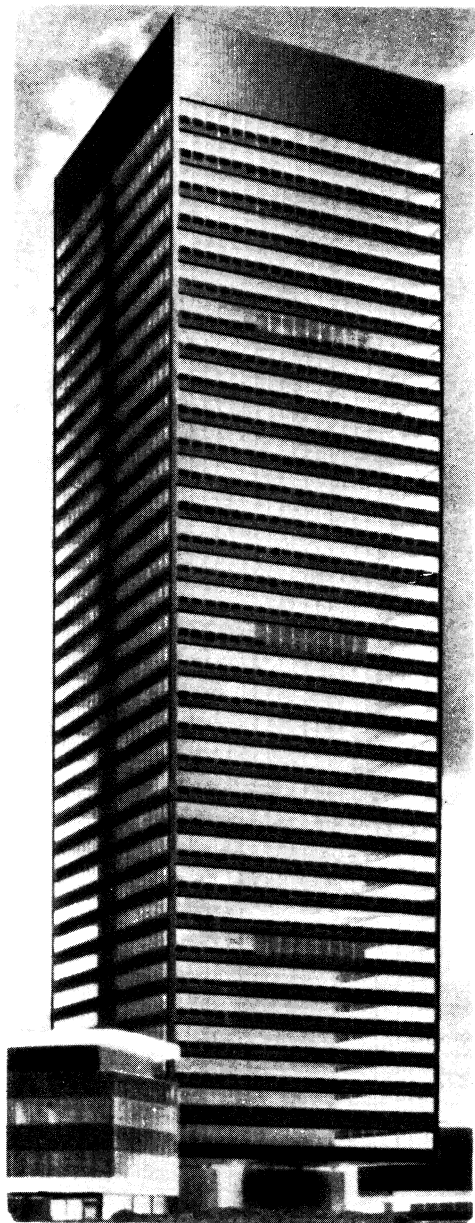
В центрально расположенном ядре жесткости размещены 11 лифтов и лестничная клетка, вторая лестница примыкает к внутреннему фасаду.

Наружные размеры в плане 38,5 × 38,5 м; высота над уровнем земли 149,5 м. Высота этажа 3,8 м. Расположенное в центре здания ядро жесткости имеет наружные размеры 19,7 × 19,7 м.

Ядро жесткости воспринимает все вертикальные и горизонтальные нагрузки. Помещения типовых этажей размещены на перекрытиях консольной конструкции. Ядро жесткости состоит из четырех колонн уголкового сечения 700 × 700 мм, из стали марки St52, которые объединены железобетонными стенами. К колоннам ядра в каждом этаже крепятся по четыре главные балки с двумя консолями по 9,4 м. Так как из монтажных и конструктивных соображений главные балки не должны пересекаться в одном уровне, то на каждом этаже установлены параллельно идущие балки, направление которых чередуется от этажа к этажу.

Обетонированные рандбалки, идущие по наружным сторонам здания, двутаврового сечения высотой 900 мм. На каждом этаже две рандбалки из четырех крепятся непосредственно к консолям главных балок. Другие две рандбалки, идущие в направлении, перпендикулярном к первым, либо подвешиваются к главным балкам вышележащего этажа, либо опираются через стойки на главные балки нижележащего этажа. Поэтому несущие конструкции перекрытий двух этажей образуют единую систему. Все ветровые нагрузки передаются на ядро жесткости через диски перекрытий.

Несущие конструкции перекрытий: главные балки из сварных двутавров высотой от 1235 мм в зоне ядра с уменьшением ее ступенями до 430 мм на концевых участках консолей. Длина балок 38,26 м, толщина стенки от 8 до 15 мм, сталь марки St 52, масса одной балки 39 т. Нижний пояс двухконсольной главной балки работает на сжатие. Экономичность достигается путем обетонирования нижней полки балки, при



этом бетон работает совместно со стальной балкой (система Префлекс). Обетонирование играет одновременно роль защиты от огня. Чтобы устранить прогиб от собственного веса перекрытия, необходимо иметь строительный подъем балок перед монтажом. Для этого стальные балки при изготовлении выгибают с помощью гидравлических домкратов в направлении, обратном действию эксплуатационных нагрузок, и растянутая полка обетонируется. Так как обетонированная стальная балка после отключения домкратов оказывается предварительно-напряженной, то она может иметь необходимый строительный подъем.

Между главными балками и рандбалками уложены сборные железобетонные балки с шагом 1,8 м. Сверху монолитная железобетонная плита толщиной 8 см, жестко соединенная с железобетонными балками. Полезная нагрузка на перекрытие 600 кгс/м².

Основание: чтобы обеспечить здание от опрокидывания, нужно было значительно

Монтаж предварительно-напряженных консольных балок системы „префлекс“ с последующим замоноличиванием междуэтажных перекрытий

увеличить площадь опоры ядра жесткости. Для этого у основания ядро жесткости раскреплено по четырем углам подкосами в направлениях обеих стен. Эти подкосы проходят от лежащей на глубине 9 м фундаментной плиты до места крепления главной балки к колонне ядра жесткости в уровне перекрытия над первым этажом; их опоры соединены друг с другом горизонтальными затяжками. Фундаментная плита размерами 54,1 × 54,1 м выполнена в виде сетки из четырех перекрестных железобетонных балок высотой 5 м с промежуточными балками высотой 3 м.

Грунтовое основание из содержащей песок глины, давление на грунт 2,2 кгс/см². Неравномерная осадка здания может быть выровнена домкратами, установленными между подошвой ядра жесткости и фундаментом.

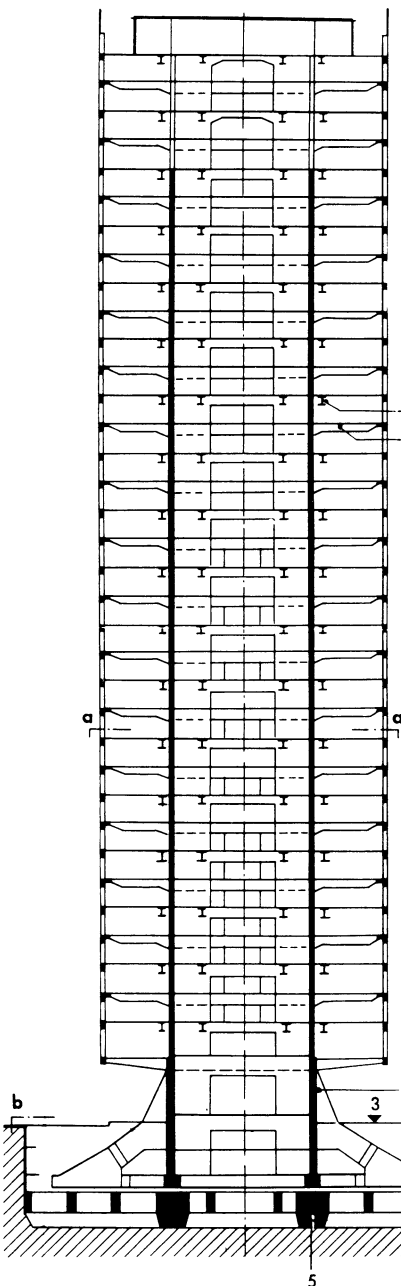
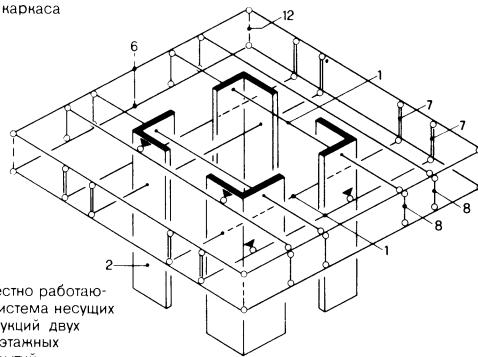
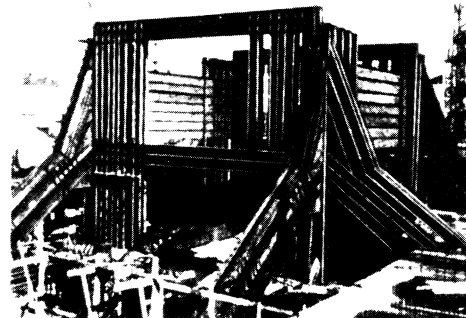
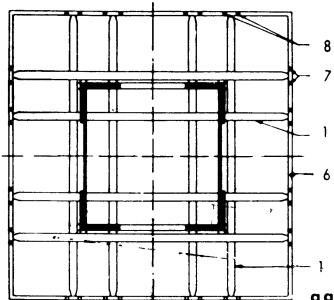


Схема каркаса

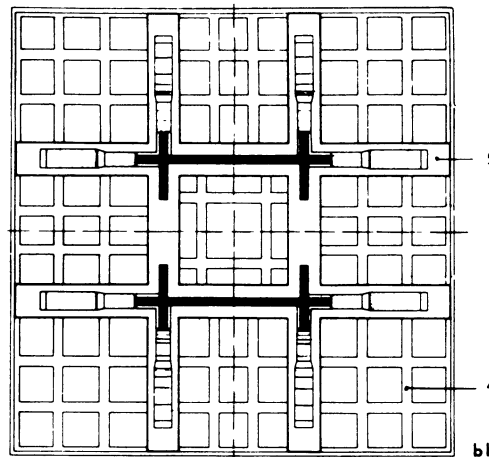


Совместно работающая система несущих конструкций двух междуэтажных перекрытий

Несущие конструкции перекрытия, вид по аа



Подкосы из стальных балок у основания ядра жесткости



Фундаментная плита вид по bb

- 1 главная балка
- 2 стальные колонны ядра жесткости
- 3 уровень входа
- 4 фундаментная ребристая плита
- 5 железобетонные балки под стенами ядра жесткости
- 6 рандбалка
- 7 стойка из стальной трубы $\varnothing 83$ мм
- 8 подвеска из стальной трубы $\varnothing 50$ мм
- 9 вспомогательные сборные железобетонные балки
- 10 плита перекрытия из монолитного железобетона
- 11 вентиляционная шахта
- 12 угловые стойки
- 13 фасадные стойки
- 14 установка кондиционирования воздуха
- 15 облицовка стеклом
- 16 подвесной потолок
- 17 вентиляционное отверстие системы кондиционирования

Площади и объем

Общая площадь	85 630 м ²	Перекрытая площ	1 480 м ²
Полезная площадь	63 400 м ²	Объем здания	355 800 м ³

Расход материалов

	Сталь	Бетон	Арматурная сталь
Всего	5 778 т	25 000 м ³	4 100 т
На 1 м ³ объема здания	16,2 кг	0,07 м ³	11,5 кг
На 1 м ² общей площади	67,4 кг	0,292 м ³	47,9 кг

Стоимость (1966 г.) в бельгийских франках

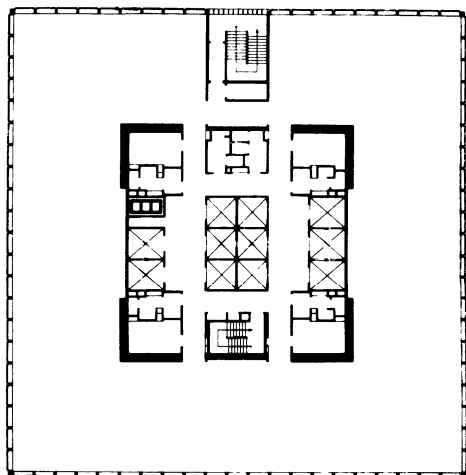
Общая стоимость строительства 1400 млн. 1 м³ объема здания — 3935, 1 м² общей площади — 16 349 1 м² полезной площади — 22 082

Литература

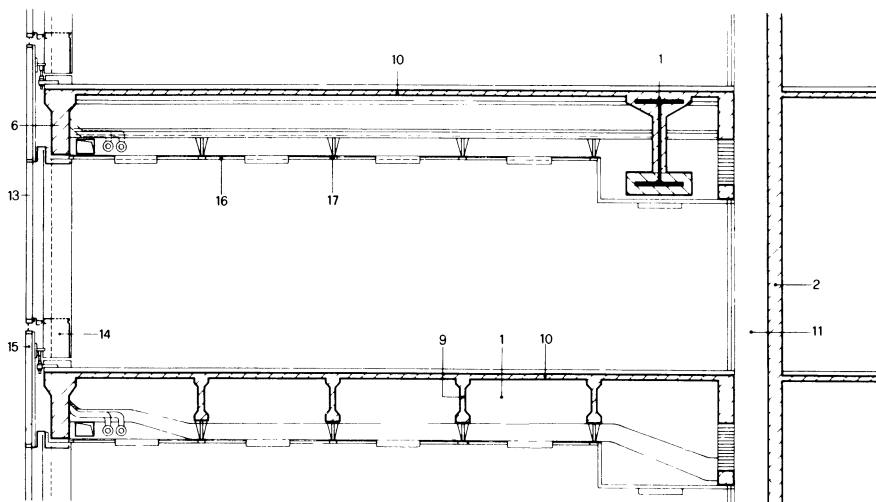
Architecture 83/1968, S. 144 — Detail 5/1968, S. 937 — Der Stahlbau 2/1968, S. 39 — La Maison 1/1967, S. 15 und 1/1968, S. 40

Вертикальный разрез здания по ядру жесткости

Типовой этаж площади вокруг ядра жесткости со свободной планировкой М 1600



Часть поперечного разреза типового этажа



61. Административное здание предприятия стальной индустрии в Питтсбурге (США)

Архитекторы: Гаррисон, Абрамович, Аббе (Нью-Йорк). Инженеры: Скайлинг, Хелле, Христиансен, Робертсен, Эдвардс и Хьорс (Нью-Йорк). Время строительства 1967—1970 гг.

Высотное здание с 64 верхними этажами предназначено для правления корпорации стальной индустрии США.

В верхних этажах служебные помещения общей площадью 145 000 м². В первом этаже главный вестибюль и две группы лифтов, на втором этаже холл с еще четырьмя группами лифтов. В первом подвальном этаже два ресторана, аудитория, приемные и место загрузки грузовых автомобилей; в третьем и четвертом подвальных этажах площадь для стоянки автомобилей на 650 мест. В самом верхнем этаже ресторан, на крыше площадка для вертолета.

Внутри ядра жесткости, расположенного в центральной части здания, находятся 54 лифта, три лестничных клетки, санитарные узлы и шахты технического оборудования и коммуникаций. Восемь лифтов соединяют восьмиэтажный блок с вестибюлем. Эскалаторы ведут от вестибюля к подвальным этажам.

В плане здание имеет вид равностороннего треугольника со срезанными внутрь углами, длина стороны 67,32 м. Высота над уровнем земли 256 м. Центральное расположенное ядро жесткости имеет треугольную форму в плане с длиной стороны 48,3 м; удаление фасада от стен ядра жесткости 13,8 м. В верхних этажах высота этажа 3,61 м, высота помещения 2,59 м. Высота главного вестибюля 10,4 м. Высота первого подвального этажа 6,7 м, второго — 7,3 м. Высота этажей, где размещены автомобильные стоянки, 3,36 м. Все размеры основаны на едином модуле 1,32 м.

Схема несущего каркаса высотного здания в значительной мере определена способом восприятия ветровых нагрузок. Ядро жесткости образовано стойками, жестко закрепленными в основании и соединенными решеткой по граням трехгранной призмы. Образованная таким образом трехгранная труба работает на восприятие горизонтальных усилий от ветра как консольная балка. В плоскости перекрытия верхнего этажа ядро жесткости и наружные колонны, соединенные системой горизонтальных связей. Благодаря конструкции узла примыкания колонн к этой жесткой конструкции, работающего как на растяжение, так и на сжатие, поворот верхней части здания невозможен. Все это уменьшает горизонтальные перемещения верха здания и, кроме того, ограничивает температурные деформации.

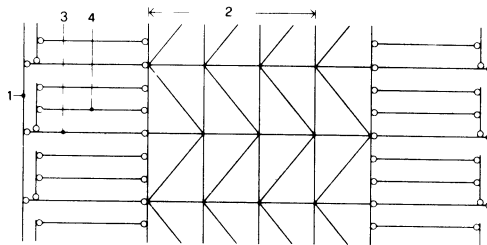
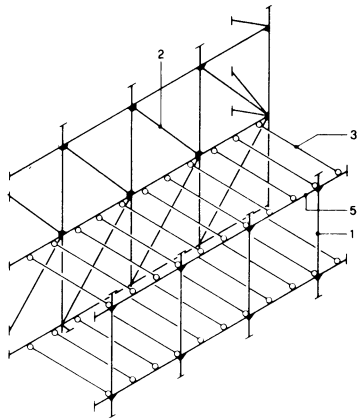
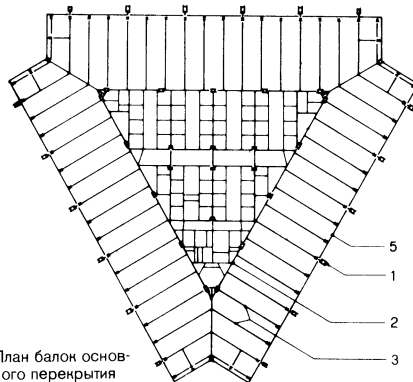


Схема каркаса: вверху вертикальный разрез (развертка), внизу изометрия с балками основного перекрытия между ядром жесткости и наружными колоннами (балки и колонны промежуточных перекрытий не показаны)



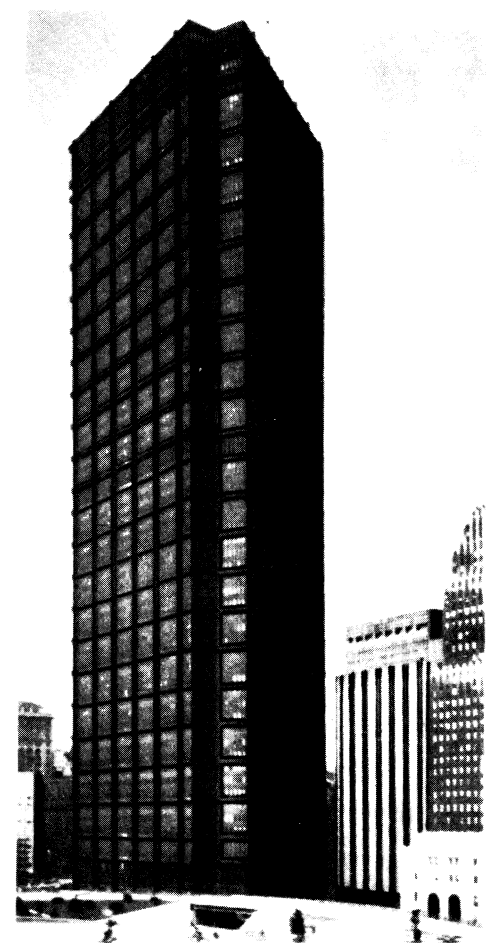
- 1 наружная колонна 733×712 мм
- 2 раскос каркаса ядра жесткости
- 3 балка основного перекрытия, двутавр высотой 686 мм
- 4 балка промежуточного перекрытия
- 5 рандбалка 1190×369 мм



План балок основного перекрытия

Наружные колонны соединены друг с другом в каждом третьем этаже ригелями перед фасадом. Балки каждого третьего (основного) перекрытия присоединены непосредственно к этим снаружи идущим ригелям. Балки промежуточных перекрытий опираются на двухэтажные колонны, которые установлены позади фасадной стены на балках основного перекрытия. Внутри здания балки всех перекрытий опираются на ригели ядра жесткости.

Наружные колонны и наружные ригели коробчатого профиля. Наружные колонны сечением 733 × 712 мм, расположенные с шагом 11,9, изготовлены из листов постепенно изменяющейся толщины. Наиболь-



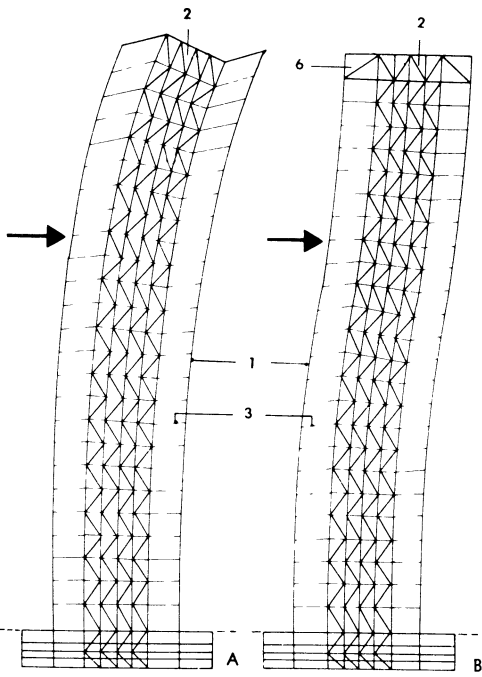
шая толщина листа 100 мм; высота ригеля 1190 мм. Балки перекрытий, колонны, поддерживающие промежуточные перекрытия, и раскосы каркаса ядра жесткости двутаврового сечения. Все находящиеся снаружи стальные элементы из атмосферостойкой стали.

Перекрытия: по балкам перекрытий стальной профилированный настил, сверху которого 6,4 см легкого бетона. Устройства электроосвещения и вентиляции закрыты подвесным потолком.

Фасад: вертикальные стойки между двумя основными перекрытиями крепятся к перекрытиям. Между стойками установлены попеременно стальные панели (снаружи атмосферостойкая сталь, внутри оцинкованные стальные листы) и окна с тонированным под бронзу солнцезащитным стеклом. Нижнеподвесные створки для очистки окон.

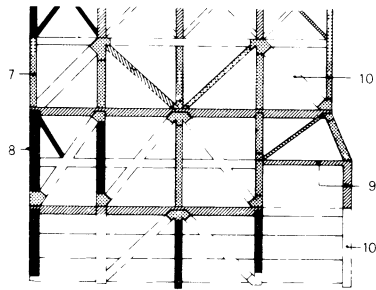
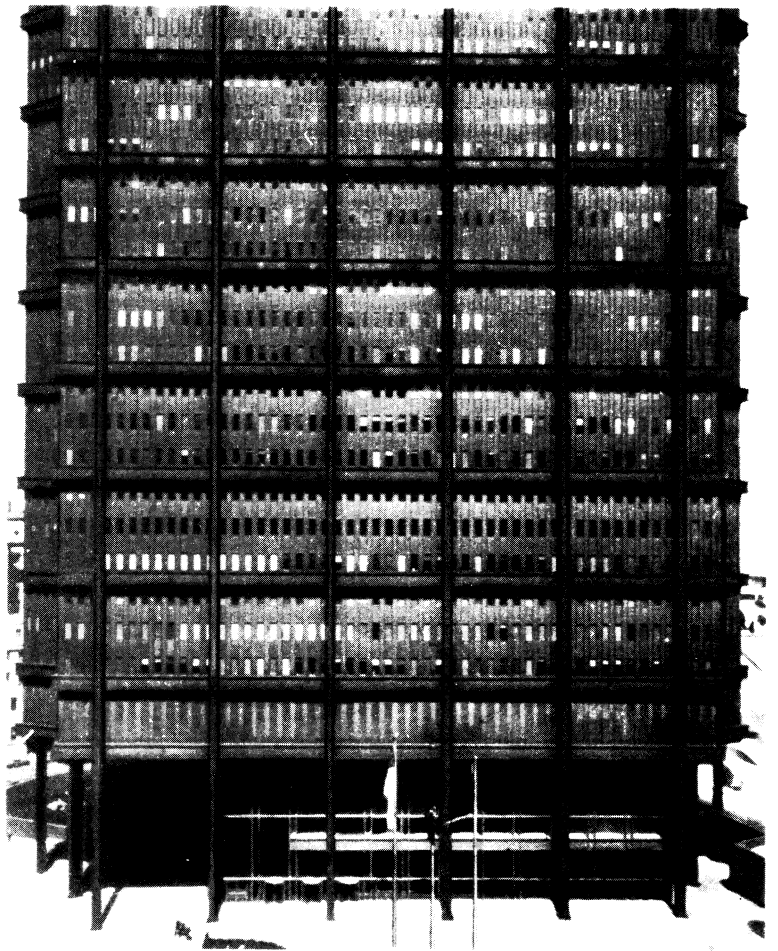
Огнезащита 18 наружных колонн (коробчатого профиля) — заполнение водой. Участки колонн на высоту 61 м соединены в замкнутую циркуляционную систему с открытыми расширительными баками. В воду добавляются средства защиты от ржавчины и замерзания. Балки перекрытий и внутренние колонны облицованы асбестоцементом.

Основание: на глубине 22 м песчаник, на глубине 37 м — скальный грунт. Грун-



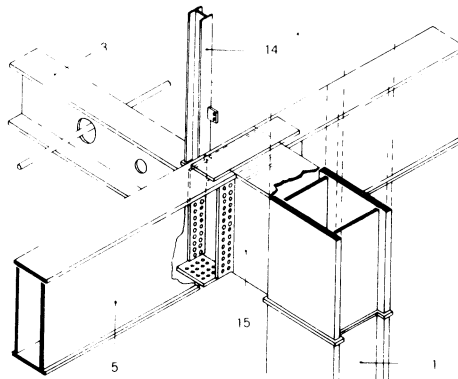
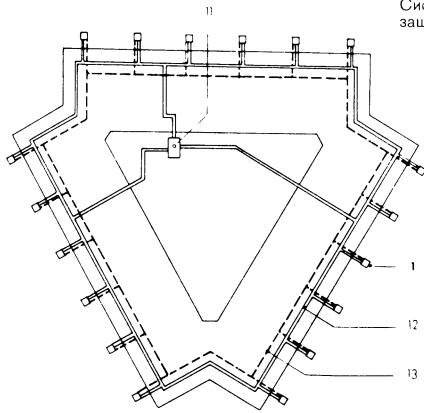
Деформация каркаса при действии ветровой нагрузки
 А наружные колонны не включены в работу
 В наружные колонны включены в работу благодаря дополнительным связям в верхнем этане

- 6 дополнительные связи
- 7 Т-1
- 8 кор-тен
- 9 енс-тен
- 10 А-36
- 11 расширительный бак
- 12 верхняя кольцевая магистраль
- 13 нижняя кольцевая магистраль
- 14 колонны фасада I-профиля 152×152 мм
- 15 консоль
- 16 канал кондиционирования с отверстиями для выпуска воздуха
- 17 осветительная установка с отверстиями для вентиляции
- 18 облицовка из стали кор-тен перед рандбалкой
- 19 стойки фасада
- 20 многослойная панель, снаружи лист из стали кор-тен
- 21 профилированный настил с набетонкой
- 22 соединительный уголок



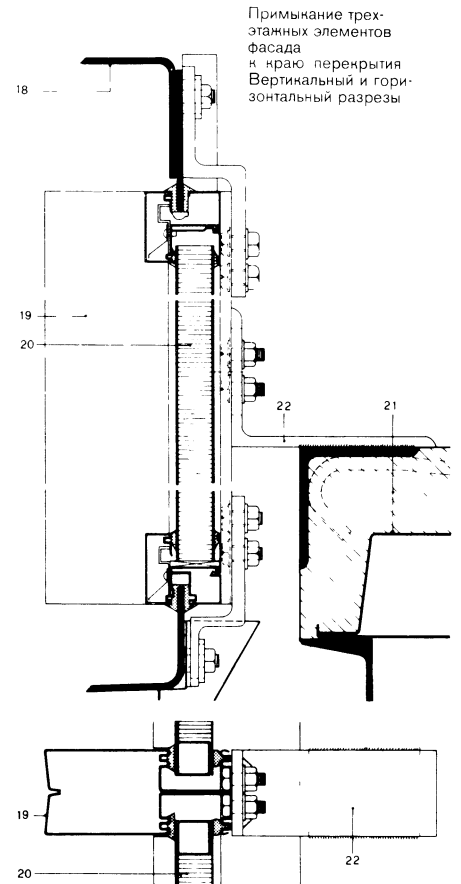
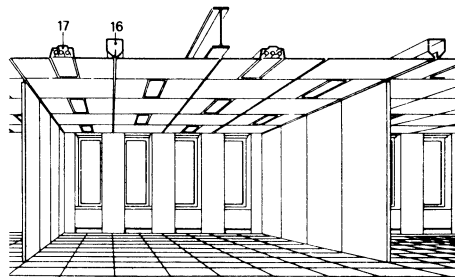
Каркас ядра жесткости из сталей разных марок в нижних этанях

Система пожарного водопровода для защиты наружных колонн



Примыкание рандбалок и балок перекрытия (основного) к наружным колоннам

Внутренний вид помещения с подвесным потолком и перегородками



Примыкание трех-этажных элементов фасада к краю перекрытия. Вертикальный и горизонтальный разрезы

товые воды на 8,5 м выше пола нижнего подвального этанжа. Наружные стены подвала рассчитаны на давление воды. Фундаментная плита расположена на песчанике; толщина плиты 3,65 м в зоне ядра и 1,5 м за ним. Общая масса здания 28 800 т; расчетная осадка здания 1,12 м.

Площади и объем

Общая площадь	270 000 м ²	Общая площадь этанжа	3 829 м ²
Перекрытая площ	12 140 м ²	Полезная площадь этанжа	2 790 м ²

Расход стали

Всего	40 000 т	На 1 м ² общей площ	148 кг
-------	----------	--------------------------------	--------

Литература

Der Stahlbau 10/1970. S 298 – Acier-Stahl-Steel 9/1967

62. Международный торговый центр в Нью-Йорк-Сити

Архитекторы: М. Ямасаки и К° (г. Трой/Мичиган), Е. Ротс и сыновья (Нью-Йорк). Инженеры: Скилменги, Халл Яксон (Сиэтл). Время строительства 1966—1973 гг.

Комплекс зданий из двух башен каждая по 110 этажей со служебными помещениями и четырех восьми- и десятиэтажных вспомогательных зданий, которые группируются вокруг башен и окружают площадь. В комплексе, рассчитанном на 50 000 рабочих мест и 80 000 посетителей ежедневно, размещены управления и отдельные торговые фирмы, фирмы страхования, банки и гостиница.

Служебные помещения со свободной планировкой, размещенные в 110 этажах, имеют полезную площадь на каждом этаже 2900 м². В пяти подвальных этажах — станции электропоездов и метро, подземный гараж на 2000 автомобилей, оборудование торговых предприятий и сервиса. В шестом подвальном этаже и в четырех, делящихся по высоте двойных этажах — техническое оборудование здания.

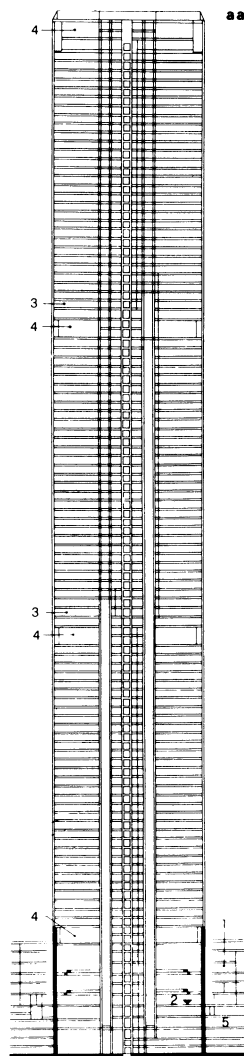
Каждая башня оборудована 100 пассажирскими и четырьмя грузовыми лифтами.

Главный холл в первом этаже и два «поднебесных» холла на 45-м и 79-м этажах делят башню на три транспортные зоны. Одиннадцать и соответственно двенадцать скоростных лифтов соединяют оба верхних холла с первым этажом. По 24 местных лифта ведут от каждого из трех холлов к вышележащим этажам. Кроме того, пять скоростных лифтов соединяют первый этаж со 108-м и 111-м этажами. Так как в одной шахте могут подниматься три расположенных один над другим местных лифта, то для 104 лифтов необходимо лишь 56 шахт (13% площади этажа).

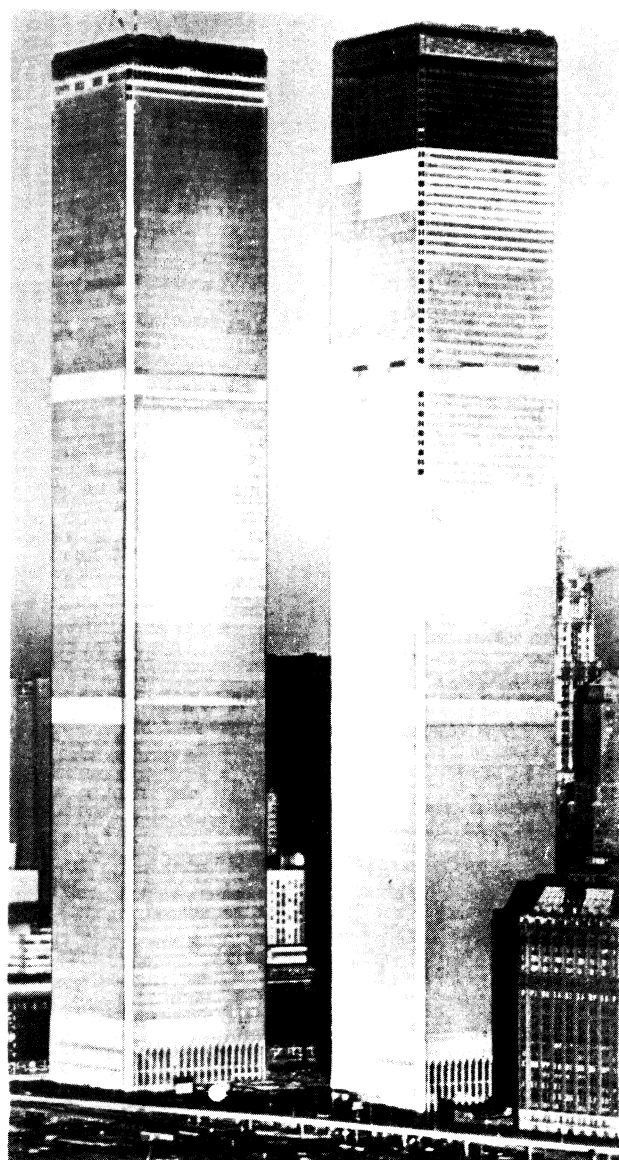
Максимальное время подъема, включая пересадку, 2 мин. Время эвакуации (общее число работающих и посетителей достигает 55 000 человек) в случае тревоги 5 мин.

Обе башни имеют высоту по 411 м, размеры в плане 63,5 × 63,5 м, размеры ядра жесткости 24 × 42 м. Высота этажей 3,66 м, высота помещений 2,62 м, высота главного вестибюля 22,3 м.

Конструкция каркаса башен определена способом восприятия ветровых нагрузок. По каждой внешней стороне 59 пустотелых колонн (расстояние в осях 1,02 м), жестко соединенных в уровнях перекрытий горизонтальными ригелями, образуют несущую стенку системы Виренделя. Эти стенки, жестко соединенные в углах здания, образуют совместно с междуэтажными перекрытиями квадратную оболочку — трубу, которая



Вертикальный разрез башни
1 вспомогательные здания
2 уровень земной поверхности
3 «поднебесные» холлы
4 технические этажи
5 подземный гараж



Вид на башни с р. Гудзон

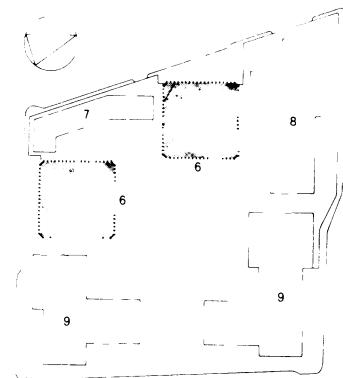
заземлена в фундаменте и воспринимает все ветровые нагрузки. Междуэтажные перекрытия не имеют дополнительных опор между наружными колоннами и ядром жесткости; 44 колонны пустотелого коробчатого профиля ядра жесткости воспринимают лишь вертикальные нагрузки.

Наружный каркас и фасад: в верхних этажах пустотелые коробчатые колонны имеют постоянные наружные размеры 450 × 450 мм. Ригель из стального листа высотой 1,32 м. На высоте 12 м от уровня входа каждые три колонны объединены в одну базисную колонну, имеющую наружные размеры 800 × 800 мм при шаге 3,06 м. От нижнего к верхнему этажу толщина стенок и прочность стали наружных колонн постепенно уменьшаются (толщина стенок от 12,5 до 7,5 мм; предел текучести стали от 70 до 29,5 кгс/мм²). Чтобы перекрытия оставались плоскими, наружные колонны запроектированы так, что напряжения в них, а поэтому и деформации от вертикальных нагрузок будут одинаковыми с теми же характеристиками колонн ядра жесткости

(предел текучести колонн ядра 24 кгс/мм²). Запасы прочности в наружных колоннах вследствие ступенчатого изменения предела текучести стали и толщины стенок по высоте используются для восприятия ветровых нагрузок. При принятом давлении ветра 220 кгс/м² по всей высоте здания расчетное отклонение верхнего этажа составляет 28 см.

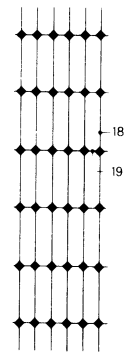
Монтажный элемент наружного каркаса из трех соединенных ригелями колонн имеет ширину 3,06 м и длину на высоту трех этажей. Элементы, масса которых с высотой здания уменьшается от 22,3 до 6 т, составлены со смещением соседних элементов по высоте на один этаж и соединены друг с другом высокопрочными болтами.

Наружная облицовка колонн и ригелей — из алюминиевых листов. Заполнение больших (1,98 × 0,48 м) поверхностей окон — специальным стеклом, тонированным под бронзу, в алюминиевых рамах с неопреновыми прокладками. Автоматическая очистка стекол вращающимися щетками, которые перемещаются по рельсам снаружи колонн.



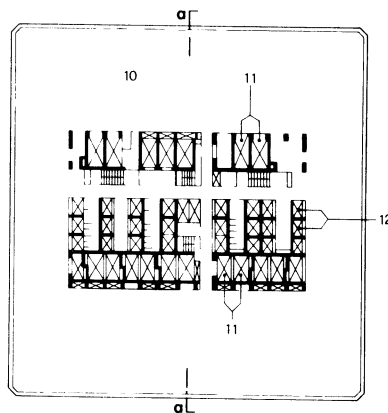
План комплекса зданий

Схема размещения лифтов

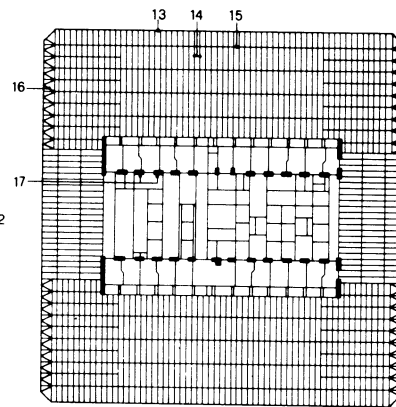


Конструктивная схема. Наружная стена шахтной конструкции

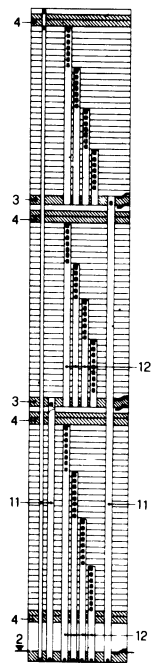
Элемент наружной стены



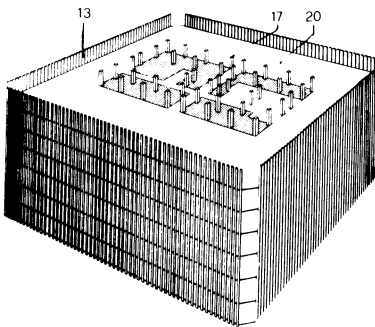
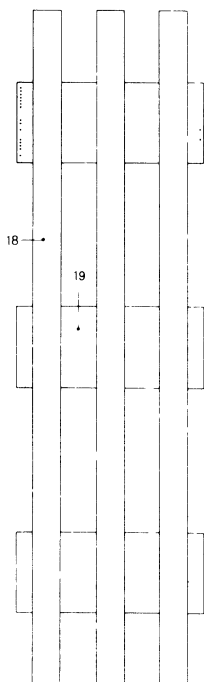
План типового этажа М 1:1300



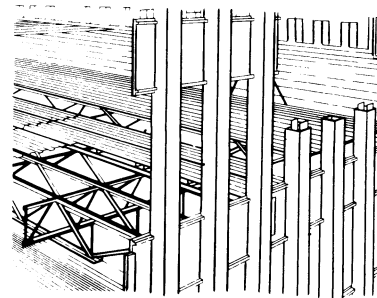
Несущая конструкция перекрытия типового этажа



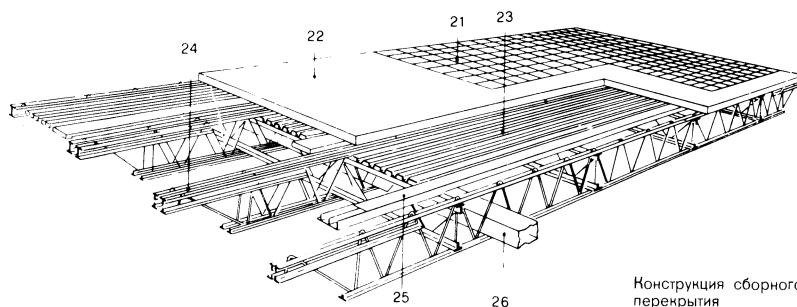
- 6 башня
- 7 гостиница
- 8 здание пылины США
- 9 вспомогательные здания
- 10 служебная площадь
- 11 скоростной лифт
- 12 местный лифт
- 13 несущая наружная стена
- 14 ферма высотой 900 м
- 15 второстепенная балка
- 16 горизонтальная связь
- 17 колонны ядра жесткости коробчатого профиля
- 18 колонны коробчатого профиля 450×450 мм
- 19 ригель с отверстиями для крепления к соседним элементам
- 20 диск перекрытия
- 21 настил пола
- 22 монолитный бетон
- 23 профилированные листы
- 24 фермы
- 25 канал электропроводки
- 26 канал кондиционирования



Шахтная конструкция, обеспечение жесткости несущих конструкций наружных стен с помощью дисков перекрытия



Монтаж сборных элементов наружных стен, смещенных по высоте на один этаж, и сборных элементов перекрытия



Конструкция сборного перекрытия

Перекрытия: сборно-монолитное перекрытие по стальным фермам высотой 900 мм (шаг 2,04 м, в поперечном направлении раскреплены второстепенными балками), плита из легкого бетона толщиной 10 см по профилированным листам, используемым в качестве опалубки. Связь между стальными фермами и плитой осуществляется путем пропуска раскосов решетки сквозь профилированные листы в бетонные плиты. Собственный вес перекрытия 50 кгс/м², полезная нагрузка 488 кгс/м².

Каждое междуэтажное перекрытие состоит из 32 монтажных элементов, которые уложены между ядром жесткости и наружными колоннами. Размеры элементов 18,3×6 м у продольной стороны ядра и 10,7×4 м около поперечной стороны ядра. Дополнительно установлены балки усиления в четырех угловых плоскостях.

Между балками перекрытия и наружными колоннами установлен вязкоупругий амортизатор, поглощающий качку от ветра.

Перед монтажом в элементах перекрытия были установлены электропроводка, разводка телефона и каналы кондиционирования.

Огнезащита стальных конструкций нанесением слоя вермикулитовой штукатурки толщиной 3 мм. Ядро жесткости здания — как пожаробезопасная зона с эвакуационными лестницами и гидрантами для активной борьбы с пожаром. Вода для тушения в емкостях по 18 500 л в технических этажах; дополнительно — пожарный водопровод в ядре жесткости.

Основание: на глубине 22,5 м скала с допустимым давлением на грунт 39 кгс/м². Ограждение строительного котлована площадью 440 000 м² — шпунтовая железобетонная стенка толщиной 90 см, заанкеренная за пределы котлована.

Плитные фундаменты под колонны из двух рядов вплотную уложенных прокатных балок, которые передают нагрузку через бетонную подушку на скальный грунт. Заанкеривание башмака колонны в плиту основания из железобетона толщиной 2,1 м.

Весь комплекс зданий полностью кондиционирован. В башнях установлены индукционные аппараты перед окнами по окружности здания. Центральная холодильная станция в шестом подвальном этаже, холодная вода подается из находящегося рядом Гудсона, забор 333 000 л/мин. В центральном холодильнике семь холодильных машин с мощностью каждой 21 000 ккал/ч.

Разводка холодной воды ($t=3,3^{\circ}\text{C}$) с помощью всего 20 распределительных устройств. С 60-го по 11-й этаж зона высокого давления с двумя распределительными станциями на 76-м и 109-м этажах. В нижележащих этажах и подсобных зданиях зоны низкого давления с 16 распределительными станциями в подвале, на 8-м и 42-м этажах. Отопление водяным паром, который вырабатывается в центральном холодильнике.

Площадь и объем (на каждую башню)

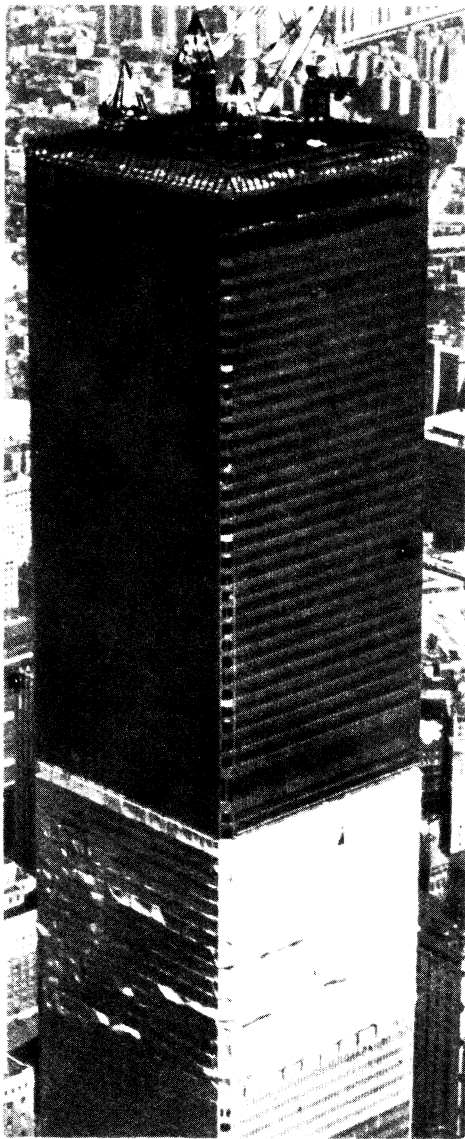
Общая площадь	418 000 м ²	Перекрытая площ	4 032 м ²
Полезная площадь	319 000 м ²	Перекрытый объем	1 754 000 м ³

Расход стали (несущий нарас одной башни)

Всего	78 000 т	На 1 м ² общей площади	186,6 кг
На 1 м ³ объема	44,5 кг	На 1 м ² полезной площади	244,5 кг

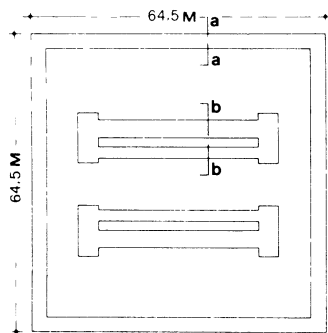
Литература

Architectural Forum 4/1964, S 119 — Engineering News-Record 9/1964, S. 36, 11/1971. — Der Stahlbau 11/1964, S. 350 und 4/1970, S 123 — Der Baingenieur 9/1965, S. 373, 11/1967, S 421 — Bauwelt 32/1966, S 909 — Acier-Stahl-Steel 12/1966, S 556, 6/1970, S 273

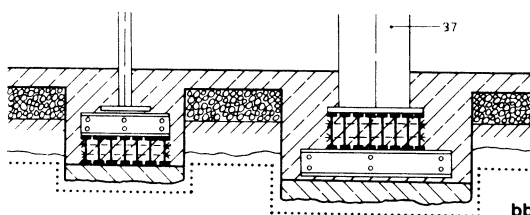
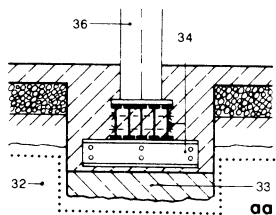


Завершающий этап монтажа стального несущего каркаса

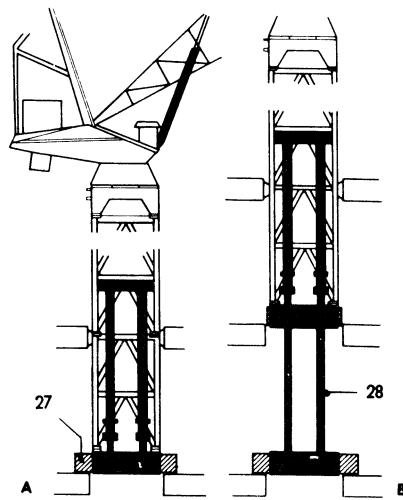
План фундамента башни М 11700



Плитные фундаменты наружных колонн и колонн ядра жесткости

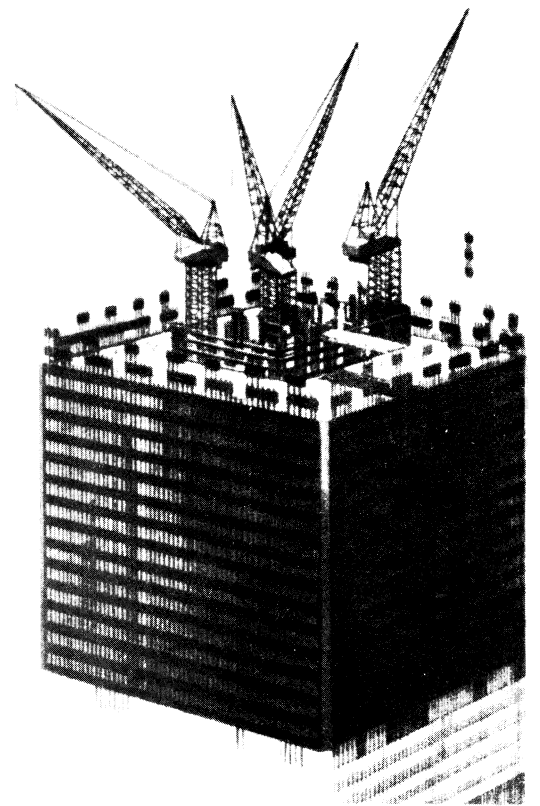
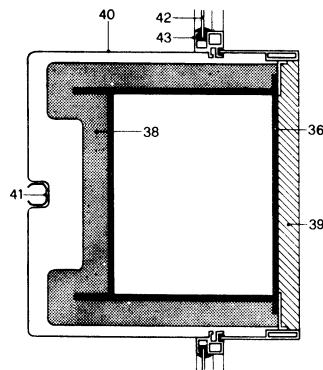


База колонны ядра жесткости

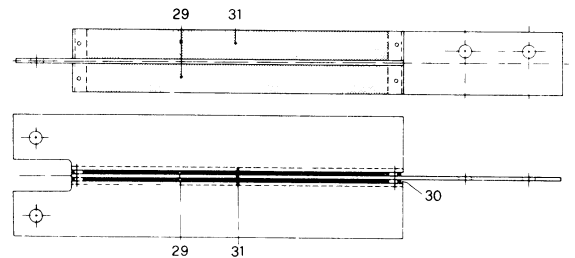


Ползучий кран с гидравлическим подъемным устройством; А положение штока при работе крана, В подъем крана с помощью выдвижения стоек

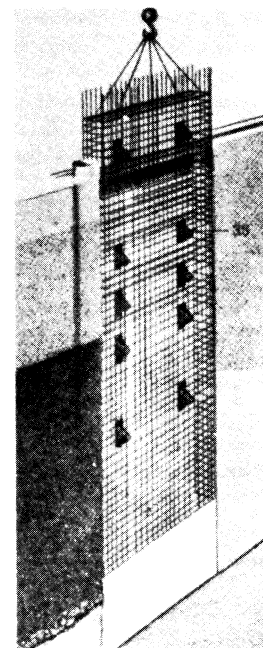
Сечение наружной колонны с примыкающими окнами



Монтаж четырьмя ползучими кранами, установленными в угловых лифтовых шахтах ядра жесткости



Амортизатор между балками перекрытий и наружной стеной вид спереди и сверху



- 27 выдвижные консоли
- 28 стойки
- 29 вязкоэластичная плита
- 30 проволока из высокопрочной стали
- 31 стальная плита
- 32 скальный грунт
- 33 бетон
- 34 прокатные балки
- 35 направляющая гильза стального анкера
- 36 наружная колонна
- 37 колонна ядра жесткости
- 38 штукатурка из вермикулита
- 39 специальная огнестойкая штукатурка
- 40 алюминиевый лист
- 41 направляющие рельсы для механизма очистки окон
- 42 тонированное специальное стекло
- 43 оконные рамы из алюминия

Установка арматурного каркаса участка шпунтовой стены

Основы расчёта и конструирования

ХАНСЮРГЕН ЗОНТАГ

Соавторы: ПЕТЕР ЦИФФЕР, АННЕЛИЗЕ ЦАНДЕР

Основные положения проектирования зданий

Особенности строительства с применением стальных конструкций	
Преимущества стальных конструкций	165
Рациональное проектирование	165
Расположение колонн	166
Высота зданий	167
Обеспечение жесткости	167
Ограждающие конструкции	168
Вертикальный транспорт и прокладка инженерных коммуникаций	168
Гибкость планировки	169
Производство строительных работ	170
Огнезащита, защита от коррозии, звукоизоляция	170
Экономичность строительства с применением стальных конструкций	
Экономическая оценка	171
Критерии для выбора строительного материала	172
Расход стали	172
Индустриализация строительства	172
Система измерений	
Модульная система	172
Допуски	175
Деформации	176

Для несущей конструкции здания могут быть использованы разнообразные строительные материалы и способы строительства. Преимущества строительного материала или метода приобретают свою ценность только в том случае, если при проектировании здания учитываются их особенности, т. е. выбран рациональный материал. Это имеет особое значение для зданий, несущие конструкции которых выполнены из стали.

Преимущества стальных конструкций

При проектировании: большой шаг колонн при их малом поперечном сечении; большая высота здания и высокая несущая способность каркаса при малом весе; сквозная несущая система с простой прокладкой коммуникаций.

В ходе строительства: предварительное изготовление и монтаж элементов, вслед-

ствие этого короткий период строительства; жесткие допуски, благодаря которым обеспечивается точный монтаж строительных элементов; незначительные размеры строительной площадки; отсутствие мокрых процессов.

При эксплуатации: большая гибкость планировки здания; большие площади этажей, свободные от колонн; простая трансформация несущего каркаса применительно к условиям эксплуатации и вследствие этого удлинение срока службы здания; возможность демонтажа после использования.

Эти преимущества стальной несущей конструкции ведут к повышению рентабельности здания.

Рациональное проектирование

Чтобы использовать преимущества, которые делают проект многоэтажного сооружения из стали рациональным, нужно исходить из свойств несущих конструкций. При этом несущие конструкции должны быть увязаны с ограждающими конструкциями и с инженерными коммуникациями.

Несущий каркас

Исходным материалом для металлических конструкций здания служат прокатные профилированные стальные элементы. Они имеют тонкостенные поперечные сечения, обладают высокой несущей способностью при незначительных размерах сечений и незначительном весе. Число прокатных профилей ограничено, однако их многочисленные комбинации создают возможность получения разнообразных сечений элементов конструкций. Соединения стальных конструкций просты.

Стальной каркас

Из стальных элементов (стержней) собирают несущие конструкции здания — стальной каркас, который выполняет несущие функции, причем создается возможность удобного прикрепления ограждающих элементов.

Изготовление

Элементы стального каркаса изготавливаются на заводах на автоматизированных поточных линиях. Серийное производство дает значительный экономический эффект. Однако возможно изготовление и несерийной продукции по специальным заказам.

Влияние несущей конструкции

Решающее влияние на проект в целом оказывают: расположение и тип колонн; расстановка колонн вдоль пролета; шаг опор и пролет несущих конструкций; вид элементов жесткости здания и их расположение.

Ограждающие конструкции

Требования к ограждающим конструкциям

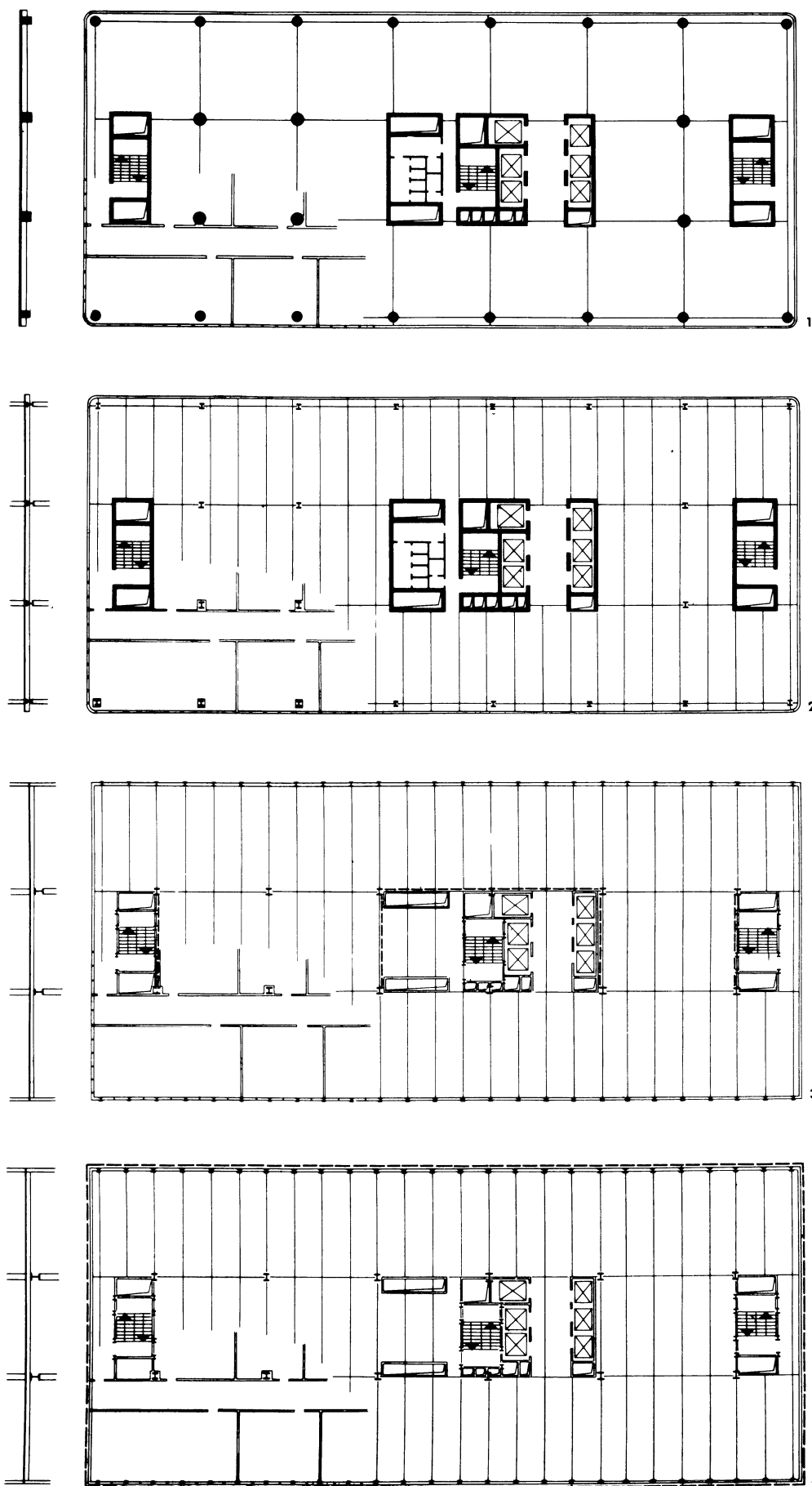
Преимущества стальной несущей конструкции могут быть использованы оптимально лишь тогда, когда ограждающие конструкции выбраны с соблюдением следующих требований: разбивка на элементы с изготовлением их заранее для сокращения сроков строительства; легкость для снижения общего веса сооружения; изменчивость для удобства подгонки к стальному каркасу; конструктивное согласование со стальным каркасом; обеспечение огнезащиты стального несущего каркаса.

Сопровождающие строительные элементы

Стальные несущие конструкции должны удобно сопрягаться со следующими элементами здания: междуэтажными перекрытиями, покрытиями, наружными стенами, внутренними стенами, средствами вертикального транспорта.

Инженерные коммуникации

В зданиях с несущим каркасом облегчена прокладка технических магистралей в вертикальном и горизонтальном направлениях с последующими изменениями их расположения. Разнообразные возможности для крепления различного оборудования особенно облегчают прокладку инженерных коммуникаций.



Пример

Ниже рассмотрены четыре варианта планировки этажей 15-этажного административного здания Технической высшей школы в Гамбурге. Архитекторы: Кальморген, Рикке и Каррес.

1 Железобетонный каркас с круглыми колоннами диаметром от 0,4 до 0,8 м, расположенными с шагом 8,4 м; наружные колонны расположены внутри здания, средства сообщения между этажами и санитарно-технические помещения заключены в бетонные шахты; наружные стены жестко присоединены к перекрытиям.

2 Замена несущего каркаса этого здания стальным каркасом при полном сохранении всех деталей проекта с уменьшением поперечных сечений колонн.

3 Другое решение со стальным каркасом: установленные с малым шагом наружные стальные колонны сечением от 16 X 16 до 27 X 25 см, обеспечение жесткости здания вертикальными решетчатыми связями (четыре в поперечном направлении, одна — в продольном), ограждение лестниц, лифтовых шахт и шахт технического оборудования легкими огнестойкими стенами, уменьшение числа внутренних колонн с огнестойкой облицовкой; наружная стена крепится к наружным колоннам.

4 Оптимальное решение. В многоэтажном сооружении из стальных конструкций наружные колонны образуют вместе с подоконными панелями жесткие рамы или каркас наружной стены для обеспечения жесткости здания; внутри здания остаются большие свободные площади; лифтовые шахты и лестничные клетки не привязаны к несущей конструкции.

Расположение колонн

Типы и расстановка колонн

Вертикальные нагрузки многоэтажного сооружения с каркасом из стальных конструкций воспринимаются стальными колоннами. Колонны устанавливают, как правило, в точках пересечения модульной сетки. Прямоугольная сетка наиболее соответствует характеру узлов стального каркаса. Прямоугольная сетка с вытянутыми ячейками в большинстве случаев дает более экономичные решения по сравнению с квадратной сеткой (см. с. 197).

Поперечные сечения колонн

Стальные колонны, включая огнезащитную облицовку, имеют значительно меньшее поперечное сечение, чем железобетонные колонны (см. с. 226), и менее стесняют основную площадь.

Наружные колонны

Часто установленные наружные колонны, совмещенные с наружными стенами, особенно характерны для сооружений из стальных конструкций (см. с.201). Преимущества такой расстановки колонн следующие:

благодаря малому поперечному сечению колонны не занимают полезной площади;

возможно прикрепление панелей наружных стен без дополнительных стоек (см. с. 309);

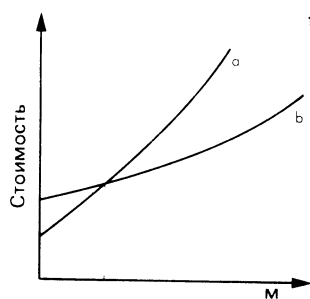
примыкание перегородок к стенам одинаково во всех осях.

Малый вес

Благодаря незначительному весу стальных конструкций в сооружениях из стали получается благоприятное соотношение между нагрузкой и собственным весом здания. Общая нагрузка в этом случае меньше, чем при несущих конструкциях из других материалов. Отсюда экономия на несущем каркасе и фундаменте, размеры которых в массовых зданиях могут быть весьма значительными, особенно при тяжелых грунтовых условиях.

Большие пролеты

Применение стальных несущих перекрытий позволяет перекрывать большие пролеты. Благодаря этому создается возможность свободной планировки помещений. Стальные перекрытия рентабельны при пролетах от 6 до 18 м, в особых случаях до 30 м



Сопоставление расходов на здания со стальным каркасом с расходами при других способах строительства (рис. 1) показывает, что стоимость стальных балок *б* при увеличении пролета растет медленнее, чем стоимость железобетонных балок *а*. Положение точки пересечения кривых, т. е. точки равной стоимости, зависит от нагрузки и высоты балок. При малых пролетах в большинстве случаев дешевле железобетонные балки, при больших пролетах — стальные балки.

С применением стальных ферм, имеющих высоту этажа стало возможным перекрывать пролеты от 30 до 60 м.

Еще больший пролет получается в домах с конструкциями мостового типа (см. с.207).

Стальные несущие конструкции могут воспринимать очень большие нагрузки, например от консольно выступающих частей здания (см. с. 203), от всего здания (см. с. 202) или от висячих домов (см. с. 205).

Высота зданий

Стальные несущие конструкции могут применяться для многоэтажных зданий любой высоты.

Одноэтажные здания

Несущая конструкция одноэтажного здания воспринимает нагрузки только от покрытия. При легких стальных конструкциях покрытия с листовой кровлей получается наиболее благоприятное соотношение между собственным весом и временной нагрузкой.

Многоэтажные здания

В зданиях средней этажности, составляющих основную массу жилых домов и других видов зданий, стальной каркас с облегченными конструкциями перекрытий представляет собой весьма экономичную несущую систему, особенно при большом шаге колонн и большом насыщении оборудованием.

Высотные дома

В высотных домах применение стального каркаса дает значительный экономический эффект, особенно в том случае, когда часто поставленные наружные колонны расположены в одной плоскости с наружными стенами.

Обеспечение жесткости

Все здания должны иметь элементы, обеспечивающие горизонтальную жесткость от действия ветра, а в некоторых районах, например сейсмических, или в особых случаях — и от других воздействий, создающих горизонтальные нагрузки.

Системы жесткости передают горизонтальные силы на грунт и ограничивают горизонтальные деформации здания.

В более высоких зданиях следует учитывать также колебания от действия ветра.

Горизонтальное усилие, которое вызывается ветром, зависит от скорости ветра, формы плана здания и структуры поверхности фасада. Скоростной напор ветра зависит от высоты здания и его географического положения (см. с. 209).

Типы элементов жесткости

Жесткость стального каркаса может быть обеспечена:

равными конструкциями (см. с. 210);
вертикальными связями (см. с. 213);
железобетонными стенами, отдельно стоящими или объединенными в шахты ядра жесткости (см. с. 217).

Выбор типа элементов жесткости имеет огромное значение для конструкций несущей системы и может быть решающим при проектировании высотных домов. Он влияет на эксплуатацию, экономичность, внешний вид, процесс строительства.

Влияние на эксплуатацию зданий

Обеспечение жесткости сплошными диафрагмами или массивными стенами требует устройства опорных зон внутри здания и препятствует свободной планировке помещений и прокладке коммуникаций. Тип элементов жесткости и их размещение в сооружении оказывают поэтому большое влияние на планировку здания. Наиболее приемлемой представляется комбинация конструкций элементов жесткости с ограждающими конструкциями лифтовых шахт и лестничных клеток, но в зданиях из стальных конструкций это часто не идеальное решение. В ряде случаев целесообразно располагать жесткие связи в наружных стенах.

Влияние на экономичность

Рентабельность обеспечения жесткости здания стальными связями или железобетонными шахтами (ядрами жесткости) проверяется в каждом отдельном случае. Железобетонные шахты имеют большой вес и нуждаются в мощных основаниях; кроме того, в высоких зданиях в качестве элемента жесткости они должны иметь стены большой толщины с интенсивным армированием, что не требуется для огнезащиты шахт. Это повышает стоимость здания. Поэтому вертикальные связи жесткости значительно экономичнее, особенно если они расположены с большим шагом.

Влияние на внешний вид

Если элементы жесткости расположены в наружных стенах, то передача горизонтальных усилий обеспечивается через наружные рамы (см. с. 212) или связи с раскосами, видимые снаружи (см. с. 216), но здание при этом приобретает нежилой вид. Однако такой тип зданий благодаря его экономичности должен иметь в будущем большое распространение, особенно при строительстве высотных домов с квадратными, прямоугольными или крестообразными планами.

Влияние на процесс строительства

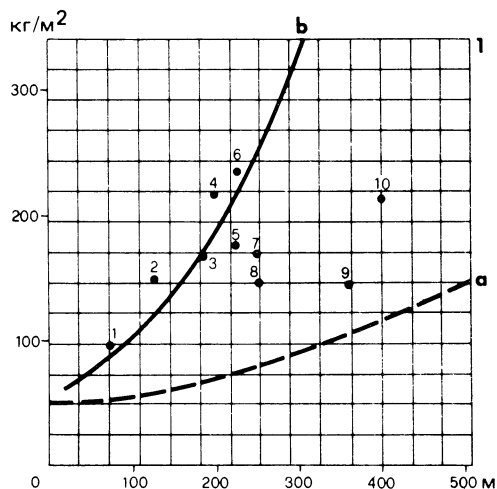
Сооружение железобетонного ядра жесткости, являющегося инородным телом в стальном каркасе, удлиняет сроки строительства. Скорость, с которой возводится оболочка ядра жесткости в скользящей опалубке, вводит в заблуждение относительно общих сроков строительства, так как к этому времени следует прибавить время на установку и разборку опалубки и внутренние строительные работы в ядре жесткости. Монтаж стальных конструкций можно начинать лишь после изготовления ядра жесткости, что сильно задерживает процесс возведения здания.

Различная величина допусков для стальных и железобетонных элементов и проблема соединения стальных элементов с железобетонным ядром жесткости часто создают затруднения и увеличивают сроки строительства (см. с. 217 и с. 267).

Процесс строительства будет более гибким и простым, если применять элементы жесткости, изготавливаемые из стали, которые монтируют одновременно со стальным каркасом.

Обеспечение жесткости высотных зданий

В высотных зданиях расход стали на строительные элементы, требующиеся для обеспечения жесткости, может составить существенную долю общего расхода стали: уже при 20 этажах — до 30% общего расхода стали. Из сравнения американских высотных домов за последние 10 лет можно сделать некоторые выводы (рис. 1).



- 1 „Гейтвей-центр“
- 2 „Эквит. Ферзихерунг“, Чикаго
- 3 „Ферст Насьонел банк“ Ситл
- 4 „Сивин-центр“, Чикаго
- 5 „Торонто Доминион центр“

- 6 „Чейз Манхеттен банк“
- 7 „Ферст Насьонел банк“, Чикаго
- 8 „УС Стил“, Питтсбург
- 9 „Джон Ханнон центр“, Чикаго
- 10 „Уорлд Трейд центр“, Нью-Йорк

Пунктирная кривая а в зависимости от высоты здания показывает расход стали в $\text{кг}/\text{м}^2$ площади этажа на элементы, необходимые только для восприятия вертикальных нагрузок, т. е. на балки перекрытий и колонны. Кривая б дает представление о полном расходе стали. Разница ординат между обеими кривыми показывает вес стальных конструкций, необходимых для обеспечения жесткости здания, отнесенный к 1 м^2 площади этажа. Наибольший расход стали — в зданиях с устаревшими рамными конструкциями, в то время как в новейших зданиях (точки 8, 9, 10) с элементами жесткости, расположенными в наружной стене, расход стали меньше (см. также, «Высотные дома из стальных конструкций в США». — «Detail», 1969, № 3).

Ограждающие конструкции

Принимая во внимание высокие требования к элементам ограждающих конструкций, рассмотрим важнейшие из них.

Перекрытия этажей

Для балочных перекрытий используются следующие виды конструкций:

плиты из монолитного бетона;
сборные железобетонные плиты (см. с. 278);

металлические перекрытия с нанесенным сверху бетонным слоем (см. с. 276).

Обеспечение совместной работы бетонных плит и стальных балок, возможное при всех трех видах перекрытий, повышает экономичность конструкции. Для всех видов перекрытий подразумевается совершенная технология изготовления.

Огнезащита стальных балок перекрытий должна быть достаточно экономичной (см. с. 279). Имеются многочисленные испытанные варианты перекрытий, которые наряду со своими обычными функциями без дополнительных затрат выполняют роль огнезащиты (см. с. 281 и далее).

Пространство между перекрытием и подвесным потолком используется для прокладки коммуникаций (см. с. 285). В плитах перекрытий из профилированных стальных листов можно размещать кабельную сеть.

Высота конструкции перекрытий влияет на высоту этажа.

Покрывтия

Для большинства плоских многоэтажных зданий с применением стальных конструкций могут быть использованы различные легкие листовые покрытия и железобетонные покрытия из тяжелого или легкого бетона (см. с. 299 и далее).

Наружные стены

Наружные стеновые панели чаще всего высотой на один этаж в зданиях с каркасом выполняют только ограждающие функции — они навешиваются на несущую конструкцию. Их изготовляют обычными способами из обычных материалов. Наиболее легкие — металлические панели (см. с. 304 и далее).

Внутренние стены

Легкие внутренние стены наиболее соответствуют характеру зданий из стальных конструкций. При выборе конструкции внутренних стен принимаются во внимание особенности примыканий к несущему каркасу и размер ожидаемых перекрытий (см. с. 316 и далее).

Противопожарные стены

К противопожарным стенам предъявляются повышенные требования по прочности и огнестойкости.

Вертикальный транспорт и прокладка инженерных коммуникаций

Средства вертикального сообщения

Под вертикальными сообщениями понимаются все устройства, которые служат для транспортировки людей, грузов или материалов: обычные или механические лестницы, лифты, установки для пневмопочты, транспортеры для бумаг, трубопроводы для жидкостей или газов, проводки слабых и сильных токов. Шахты, в которых объединяются все эти устройства, часто служат и ядрами жесткости. Если стены шахт, необходимые по противопожарным требованиям, используются одновременно и для обеспечения жесткости здания (см. с. 217), то их следует проектировать в соответствии с расчетом на прочность от горизонтальных нагрузок. Такие массивные шахты представляют собой инородные тела в стальном каркасе. Если жесткость стального каркаса обеспечена стальными конструкциями (рамами или решетчатыми связями), то в перекрытиях по стальным балкам предусматривают проемы для лестниц и различных проводок, а легкие стены требуемой степени огнестойкости устанавливаются на междуэтажные перекрытия. Лестничные марши монтируют как готовые стальные или железобетонные элементы между балками несущего перекрытия.

Горизонтальные проводки инженерных коммуникаций

Коммуникаций
Большое значение имеет простота и четкость прокладки магистралей инженерных коммуникаций, так как доля расходов

на них по отношению к общей стоимости сооружения весьма велика, особенно для зданий с центральным кондиционированием (например, для высотных зданий или для сооружений с большой площадью) или для зданий с большим количеством инженерных сетей (например, для лабораторий или больниц).

Так как горизонтальные технические магистрали почти полностью находятся в толще перекрытий, то большое преимущество балочных перекрытий — существенный внутренний объем между перекрытием и подвесным потолком (см. с. 192 и 241).

Технические магистрали могут быть проложены и в стальных балках со сплошными стенками, в которых предусматривают специальные отверстия. Особенно свободная прокладка инженерных коммуникаций во всех направлениях возможна в фермах.

Если в конструкции несущего перекрытия балки размещены друг над другом в двух уровнях, то инженерные коммуникации могут свободно перекрещиваться в двух лежащих друг над другом зонах. При этом изменение направления проводки требует перемещения ее в другой уровень.

Проницаемость балочного перекрытия для инженерных коммуникаций создает возможность в случае необходимости изменять или дополнять существующие проводки.

Гибкость планировки

Требование изменяемости, свободной планировки зданий послужило стимулом для более широкого применения стали в многоэтажном строительстве. Высокие темпы технического прогресса, возрастающие требования к количеству и качеству оборудования приводят к тому, что здание с традиционной планировкой и оснащением может быть пригодно лишь ограниченное время. Здание имеет более продолжительный срок службы, если оно может быть приспособлено к изменяющимся условиям эксплуатации, т. е. возможна его свободная перепланировка. По степени строительной изменяемости различаются следующие степени гибкости:

1-я степень гибкости

Использование площади этажей может быть изменено, по желанию жильцов дома, перемещением, например, складывающихся перегородок или передвижных шкафов-стенки (рис. 1).

2-я степень гибкости

Изменение планировки путем перестановки сборных перегородок без изменений в несущей конструкции. Это невозможно, если перегородки несущие. Требования 2-й степени могут быть выполнены лишь в каркасном сооружении, в котором функции несущих и ограждающих конструкций

разграничены. Колонны каркасного сооружения также могут затруднить перепланировку помещения. Большой шаг колонн при больших пролетах несущего перекрытия повышает гибкость зданий. Изменение планировки часто требует также изменения в прокладке инженерных коммуникаций. Так как при передвижных перегородках коммуникации могут быть проложены только в зоне перекрытий, желательна такая конструкция перекрытия, в толще которой прокладка инженерных коммуникаций может быть изменена любым образом. Эти требования легко выполнимы в зданиях со стальными конструкциями (рис. 2).

Различаются следующие виды изменяемых перегородок: **2.1** — перемещаемые элементы стен; **2.2** — демонтируемые стены, части которых используются снова; **2.3** — сносимые стены, материал которых вновь не используется.

3-я степень гибкости

Изменение несущих конструкций, например, при усилении несущей системы для восприятия увеличенных нагрузок, увеличении пролета путем изъятия отдельных колонн, надстройке этажей, пристройке частей здания, демонтаже отдельных частей строительной системы.

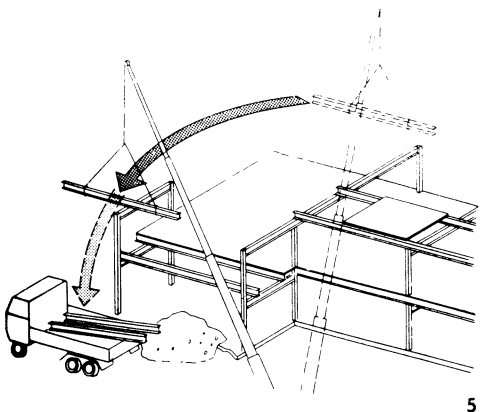
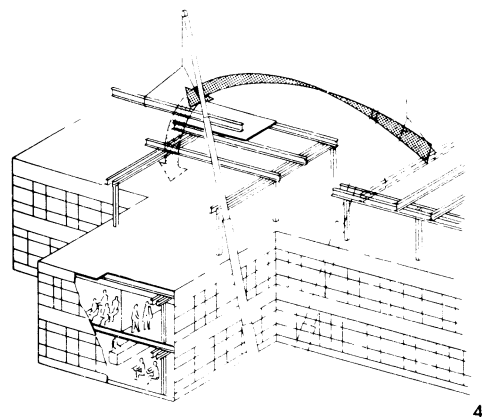
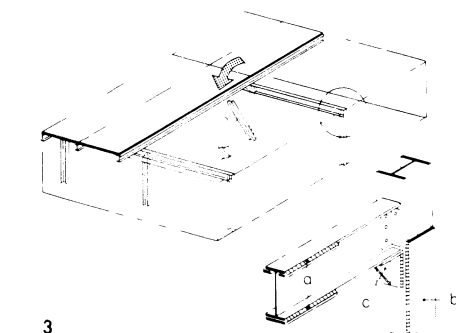
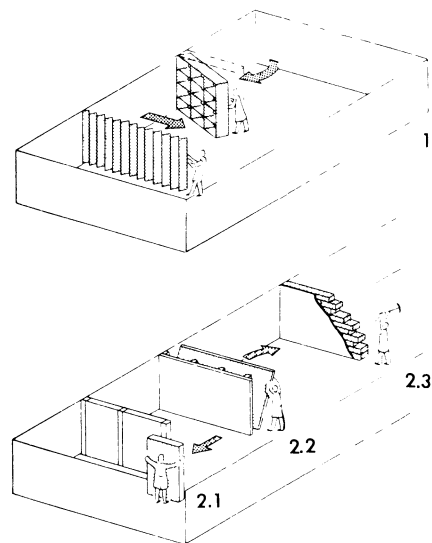
Эти изменения в стальном каркасе могут быть проведены легко, без больших затрат и без значительного нарушения существующих конструкций.

Увеличение сетки колонн.

Средние опоры балок могут быть удалены (рис. 3). В этом случае балки усиливают поясными накладками **a**. Сечения двутавровых колонн превращаются благодаря приваренным пластинам **b** в коробчатые сечения. Место соединения балок с колоннами усиливается установленной снизу консолью **c**. Сечение стенки двутавровой балки большей частью достаточно для восприятия дополнительных поперечных сил, в противном случае она также должна быть усилена. Фундаменты во многих случаях могут воспринимать большую нагрузку, так как грунтовое основание под зданием с течением времени сильно уплотняется.

Надстройка

Дальнейшее расширение здания путем надстройки легко осуществимо при стальном каркасе, так как усиление каркаса нижних этажей не вызывает затруднений, а кровля должна быть вскрыта только в местах стыковки колонн. Остальная часть кровли может оставаться на месте до окончания надстройки. Элементы стального каркаса легки и могут быть смонтированы над старым зда-



нием краном с большим выносом стрелы. При надстройке особенно рекомендуется применение сборного облегченного перекрытия, чтобы ускорить работы.

Перестройка лестниц

Если стены лестничной клетки не выполняют одновременно функцию обеспечения жесткости здания, то в многоэтажном здании из стальных конструкций можно ставить дополнительные лестницы.

4-я степень гибкости

Наибольшая степень гибкости — это создание такой конструкции здания, которая может полностью (до фундамента) разбираться с использованием ее элементов для других целей. При этом как основные строительные конструкции, так и ограждающие конструкции и техническое оборудование должны быть выполнены из стандартных элементов, которые могут быть демонтированы (рис. 4). При разборке будут разрушены лишь некоторые элементы покрытий и перекрытий, например кровля, настилы.

В качестве примера основной несущей системы могут быть названы:

объемный фахверк Моро из сварных труб (см. с. 255, рис. 4);

система конструкций университетских зданий, возводимых по способу Крупп-Монтекс[®] (см. с. 181 и с. 211, рис. 12), а также другие несущие конструкции, которые используются большей частью для зданий определенных типов (см. также с. 172).

В некоторых случаях при проектировании зданий приходится предусматривать необходимость их разборки и перестройки (рис. 5). Здания со стальным каркасом могут быть быстро демонтированы без больших затрат. Демонтируемые части стального каркаса могут быть применены вновь или найти применение в кругообороте материалов как железный лом. Реализация доходов от продажи лома сокращает расходы от сноса здания со стальным каркасом.

Производство строительных работ

Сокращение периода строительства

Экономичность строительства в большой степени определяется его сроками. Период строительства может быть сокращен следующими мерами:

заблаговременным детальным планированием поставки конструкций;

детальной разработкой процесса монтажа;

точным планированием всех рабочих процессов.

Наиболее короткий период строительства достигается, если эти основные положе-

ния, относящиеся к монтажу несущих конструкций, будут распространены равным образом на все строительство.

Короткий монтажный период

Монтаж стальных конструкций значительно ускоряется, если они монтируются из готовых элементов. Монтажные соединения большей частью болтовые, не требующие времени для включения в работу. Большая точность изготовления стальных конструкций упрощает и ускоряет монтаж. Одним краном при работе его в одну рабочую смену можно смонтировать за месяц от 200 до 300 т стальных конструкций, таким образом месячная производительность одного крана составляет 20 000 м³ перекрытого объема здания. При работе нескольких кранов и введении нескольких смен можно соответственно повысить производительность монтажа (см. с. 339 и далее).

Независимость от погодных условий

Монтаж стальных конструкций не зависит от погоды и времени года. Зимний перерыв в работах или защитные меры, необходимые в северных странах при монтаже железобетонных конструкций, не требуются при сооружении из стальных конструкций.

Короткий период дополнительных работ

Если для ограждающих конструкций стального каркаса будут выбраны готовые сборные конструкции, состоящие из отдельных элементов, перекрытий, лестниц, наружных стен, кровли и внутренних стен, то производство всех основных строительных работ, исключая отделочные, не зависит от погоды и времени года. Короткий период монтажа стального каркаса необходимо использовать для сокращения общего времени строительства. При монтаже ограждающих конструкций из сборных элементов в сооружение не вносится излишней влаги.

Сокращение общей продолжительности строительства

Преимущество в сроках возведения многоэтажных сооружений из стальных конструкций по сравнению с другими видами строительства часто является решающим основанием для выбора стальной конструкции даже при более высокой стоимости строительства. При строительстве очень крупных зданий можно сократить период строительных работ до нескольких месяцев (см. с. 339). Особенно большие преимущества в сроках строительства из стали достигаются, если монтаж производится и в зимнее время.

Ограниченные размеры строительной площадки

Для монтажа сооружений из стали требуются ограниченные площади на месте строительства, так как при хорошо организованной доставке материалов и изделий нет необходимости в промежуточном складировании. В большинстве случаев достаточно площади, необходимой для монтажного крана и транспортных средств для подвозки материалов. Это соображение часто бывает решающим для выбора стального несущего каркаса при строительстве в городах с ограниченными земельными площадями.

Процессы монтажа сооружений из стальных конструкций практически бесшумны; на строительной площадке мало мусора и пыли.

Строительство в труднодоступных и отдаленных районах

При отдаленном расположении места строительства в качестве строительного материала применяется исключительно сталь, как, например, в высокогорных или арктических областях. При этом во многих случаях монтаж может быть выполнен даже без монтажных кранов — с помощью домкратов и лебедок.

Огнезащита, защита от коррозии, звукоизоляция

Многочисленно утверждалось, что сооружения из стали из-за расходов на выполнение требований защиты от огня, коррозии и шума неэкономичны. Это представление не соответствует действительности. Существуют современные дешевые методы для создания конструкций, отвечающих всем необходимым требованиям.

Противопожарная защита

Меры для обеспечения строительной противопожарной защиты независимо от материала несущих конструкций обязательны во всех сооружениях. Доля расходов непосредственно на противопожарную защиту стальных частей относительно мала, и эти расходы не делают сооружение из стали неэкономичным. Важно правильное конструктивное формирование стальных конструкций и элементов ограждения. Зачастую элементы ограждающих конструкций, например перекрытия или стены, могут без дополнительных расходов выполнять одновременно функции противопожарной защиты стальных частей каркаса. Проблема защиты от пожара излагается в главе «Противопожарная защита». Конструктивные решения для отдельных элементов приводятся в соответствующих главах.

Антикоррозионная защита

Стальные части каркаса внутри здания с нормальной влажностью воздуха мало подвержены ржавлению, так что антикор-

розионная защита в многоэтажном строительстве не является главной проблемой. Полная антикоррозионная защита необходима лишь для наружных элементов сооружения или элементов, находящихся в помещениях с высокой влажностью. Для этого имеются готовые методы, изложенные в соответствующих главах.

Защита от шума

Существует мнение, что здания со стальным несущим каркасом менее благоприятны с точки зрения противозвуковой защиты, чем другие сооружения. Однако акустические свойства зданий зависят исключительно от акустических свойств ограждающих конструкций: перекрытий, наружных стен, перегородок, покрытий. Свойства несущего каркаса в акустике здания играют незначительную роль. Стальной каркас в акустическом отношении не отличается от железобетонного каркаса с аналогичными ограждающими конструкциями, так как элементы стального каркаса не могут свободно вибрировать, потому что все части каркаса соединены друг с другом дисками перекрытий. Балки перекрытия могут колебаться лишь вместе с ним как единое целое. Колонны имеют очень низкое число собственных колебаний благодаря тому, что они зажаты между этажами. Следовательно, нет оснований опасаться большей проводимости шума в стальном каркасе, чем в железобетонном. Звуковые волны имеют почти одинаковую скорость в обоих строительных материалах: 4000 м/с в бетоне, 4900 м/с в стали. Если части стального каркаса выполняют одновременно функции ограждающих элементов, например если стенки колонн или балок покрытия лежат в плоскости перегородок (см. с. 322), требуются звукоизоляционные прокладки, так же как и при железобетонном каркасе.

Литература:

Möll, Bauakustik, Verlag Ernst und Sonn

Экономическая оценка

При оценке экономичности строительного материала, который будет применен для несущего каркаса здания, нельзя рассматривать изолированно стоимость несущего каркаса и сравнивать ее только со стоимостью несущего каркаса из другого строительного материала. На рассмотрение должны быть вынесены все расходы по сооружению здания, как, например: стоимость земельного участка; расходы, связанные с финансированием строительства;

стоимость строительства без отделочных работ;

стоимость возведения ограждающих конструкций;

стоимость монтажа технического оборудования;

расходы на эксплуатацию здания;

расходы на последующую перестройку здания;

предполагаемый ущерб в случае возведения недолговечного здания.

Стоимость земельного участка

Небольшие размеры элементов стального каркаса требуют меньшей площади и при одинаковых площадях строительного участка позволяют увеличить полезную площадь здания. Стоимость земельного участка рассчитывается на 1 м² полезной площади.

Небольшие нагрузки от многоэтажных зданий из стальных конструкций позволяют возводить их и на плохих грунтах, что уменьшает стоимость фундаментов.

Финансирование строительства

Короткое время строительства уменьшает расходы по финансированию. Так как время строительства сооружения со стальным каркасом значительно сокращается по сравнению с временем строительства других видов сооружений, то часто оправдываются высокие строительные расходы на стальной каркас.

Экономия благодаря сокращению срока строительства может выразиться различным образом, например:

Аренда участка

Сокращение сроков строительства ведет к более быстрому освоению участка и сокращению срока аренды, а потому к сокращению размера процентов по аренде.

Экономия

на аренде подсобных помещений

При аренде строений, используемых строительством для собственных нужд, уменьшаются затраты на их аренду ввиду более раннего ввода в эксплуатацию основного здания или другие расходы, необходимые для временного размещения персонала и складов на период строительства.

Зимние работы

В местностях с холодными зимами при массивном строительстве существует определенный риск, что предусмотренная продолжительность зимнего перерыва удлинится. Этот риск отсутствует при не зависящем от погоды монтаже стальных конструкций.

Строительные расходы

Проблема сопоставления стоимости

Сравнение стоимости вариантов несущих элементов из различных строительных материалов необходимо для выяснения их экономичности. Что должно быть включено в сравнение экономичности вариантов из различных строительных материалов, можно сказать только в отдельных случаях. Для пояснения рассмотрим несколько примеров.

Стальные

или железобетонные колонны

Стальным колоннам необходима противопожарная облицовка, следовательно в смету включается последующая обработка колонн. Стальные колонны, несмотря на облицовку, имеют небольшое поперечное сечение. Они могут быть скрыты в наружных или внутренних стенах и занимают меньшую (или совсем не занимают) полезную площадь. Наружные стены могут быть прикреплены непосредственно к колоннам, что дает экономию на фасадных стойках.

Стальные или железобетонные балки

Перекрытие по стальным балкам требует большой строительной высоты, если балки устанавливаются на прогоны. При этом увеличивается высота этажей и общая высота, а также объем здания, однако образуется некоторый дополнительный объем для прокладки технических магистралей в зоне перекрытий, что дает экономию при проводке оборудования.

Стальные балки нуждаются в противопожарной защите. Для этого может быть использован подвесной потолок, который нужен и при бетонном перекрытии, хотя он в этом случае может быть и неогнестойким, а потому стоимость его несколько меньше. К стальным балкам, которые в этом случае остаются внутри конструкции перекрытия необлицованными, можно дополнительно крепить без особых подготовительных мер технические линии.

Сетка колонн

Увеличение пролета перекрытия при стальном каркасе вызывает небольшое повышение расходов, в то время как при железобетонном каркасе стоимость возрастает значительно.

Гибкость использования площади перекрытий увеличивается. Большой шаг колонн часто позволяет уменьшить общую площадь этажей при равной полезной площади.

Сопоставление расходов

При выборе несущей конструкции здания сравнение расходов нужно выполнять по следующим элементам затрат:

несущие элементы (например, балки);

отдельные виды конструкций (например, перекрытия);
 все несущие конструкции;
 полное строительство несущего каркаса;
 возведение несущего каркаса с работами по изоляции конструкций;
 полная стоимость строительства здания.

Оптимальная несущая система

При создании проекта сооружения и выборе влияющих параметров для каждого строительного материала или каждой конструкции имеется оптимальная несущая система. Некоторые сооружения дешевле при строительстве из стальных конструкций, стоимость других меньше, если они будут выполнены из железобетона. В то же время варианты со стальными конструкциями имеют иные качества, чем варианты в железобетоне. Перед окончательным решением нужно просмотреть несколько вариантов. Рациональное сравнение возможно только тогда, если каждое решение имеет для соответствующего строительного материала оптимальные характеристики.

Анализ эксплуатационных качеств

Включение стоимости эксплуатации в сравнение стоимостей вариантов возможно только при проведении анализа эксплуатационных расходов. Таким образом, показатели, которые не измеряются одинаковыми параметрами, можно сравнивать по их стоимости.

Расходы на последующие изменения зданий

При перспективном проектировании расходы на будущие строительные реконструкции вследствие изменения характера использования получаются меньше для сооружений из стальных конструкций, чем при других видах строительства.

Расходы на снос здания включаются в смету лишь при строительстве недолговечного сооружения. Они уменьшаются при строительстве из стальных конструкций, особенно если демонтируемые строительные конструкции будут использованы.

Система измерений

Модульная система

В проекте изменений к нормам DIN № 18 000 от декабря 1970 г. излагаются рабочие выводы ISO (Международной организации нормативов) и IMG (Международный модульной группы). В пояснениях к проекту DIN о смысле и целях модульной системы сказано:

«Развитие строительной техники, рационализация строительства, возрастающее

Критерии для выбора строительного материала

При решении вопроса, какой материал (сталь или железобетон) предпочтительнее, могут оказать помощь следующие общие положения. Как правило, сооружение из стальных конструкций особенно экономично, если к нему предъявляется одно из следующих требований:

- большие пролеты перекрытий;
- большая высота здания;
- незначительный вес здания (особенно при тяжелых грунтовых условиях);
- свободное пространство в перекрытиях для прокладки инженерных коммуникаций;
- высокие нагрузки (временные);
- небольшое поперечное сечение колонн;
- гибкость планировки помещений;
- устройство крупных рабочих помещений;
- изменяемость несущих конструкций;
- короткий период строительства;
- зимний монтаж;
- малые допуски при производстве строительных работ;
- монтаж на ограниченной строительной площадке без площади для складирования.

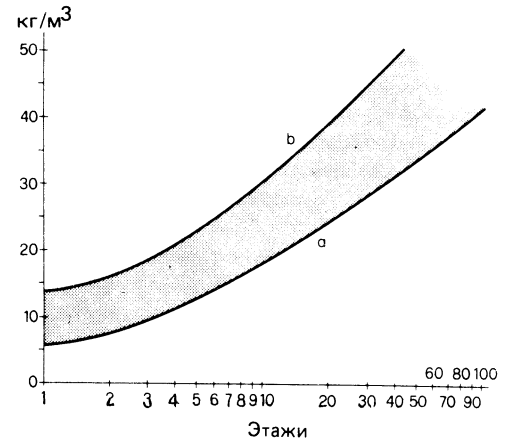
Расход стали

Оценкой экономичности стальных конструкций является расход стали, приходящийся на 1 м² площади этажей или на 1 м³ внутреннего объема. Он зависит от многих показателей, например от: числа этажей; временной нагрузки; шага колонн в обоих направлениях; высоты перекрытий; способа обеспечения жесткости здания; выбранной марки стали; конструкции перекрытий.

В грубом приближении диаграмма показывает расход стали в килограммах на 1 м³ внутреннего объема в зависимости от числа этажей. Ограничивающая кривая а верна для небольших нагрузок и малого шага колонн, кривая b — для больших нагрузок и большого шага колонн. Опреде-

ление заранее изготовленных строительных деталей, как и вообще прогрессивная индустриализация строительства, требуют обязательной договоренности о нормировании строительных деталей и единых правилах, по которым строительные размеры будут согласованы между собой. Такая договоренность служит ограничению сортамента строительных деталей...

Такого рода соглашение, имеющее силу и в других странах, является модульной системой. Ее применение дает возможность



ление расхода стали на колонны и балки с помощью номограмм приводится в главе «Стальной каркас».

Индустриализация строительства

Элементы стальных конструкций многоэтажных зданий большей частью изготавливаются на автоматических и полуавтоматических линиях, которыми оборудованы современные предприятия по производству стальных конструкций. Автоматизированный процесс независим от типа или серии конструкций. Элементы стальных конструкций состоят из прокатных профилей. Обработывающие машины регулируются автоматически таким образом, что могут обрабатывать различные профили друг за другом без переналадки. Требуемая программа обработки подается машинам с помощью перфорированных или магнитных лент. Крупносерийное производство сокращает время обработки. Число выпускаемых прокатных профилей и их размеров относительно невелико. Однако это не накладывает ограничений на формы сечений и размеры строительных элементов.

Благодаря сокращению числа типоразмеров, а также механизацией и автоматизацией производства можно снизить стоимость зданий.

унификации строительных элементов и оборудования и их серийного изготовления... Она является предпосылкой для рационализации проектирования и изготовления конструкций и оказывает помощь строительной экономике при составлении смет и расчетов. Модульная система — основа для последующего нормирования. К этому относится также система допусков, установление предпочитаемых основных размеров и с целью дальнейшего ограничения сортамента соглашение о преимуществен-

ных размерах для определенных групп строительных деталей и оборудования».

В основных положениях и пояснениях к проекту DIN сказано: для согласования строительных размеров деталей служит система модулей — основные модули, кратные модули и дробные модули.

Координационные размеры, т. е. строительные размеры, которые обеспечивают согласованность частей сооружения друг с другом и определяют положение строительных деталей по отношению друг к другу и их стыкование друг с другом, должны быть модулированными, т. е. кратными целому числу модулей. Основной модуль обозначается M . Он равен $M = 100$ мм.

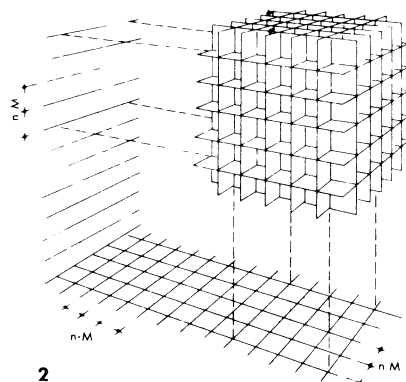
Кратные модули кратны основному модулю. Их размеры составляют:

$$3M = 300 \text{ мм}; 6M = 600 \text{ мм}.$$

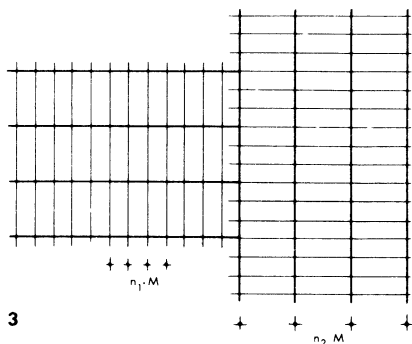
Дробные модули образованы делением основного модуля на целое число. Они служат для образования строительных размеров, меньших, чем M . Модулированные размеры — это стандартные эталонные размеры, т. е. размеры строительных частей, включая толщину швов.

Большой модуль $6M = 600$ мм является основой модульной сетки. Он служит основанием системы размеров для сборных строительных элементов, так как содержит важные основные составные числа 2, 3 и 5 ($600 = 2^3 \cdot 3 \cdot 5^2$) и поэтому делится

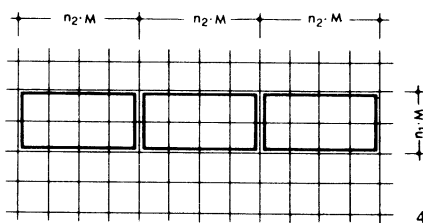
В проекте DIN определяется употребление модульной системы: «Для проектирования унифицированных строительных сооружений применяется объемная сетка. Ее линии и плоскости, как правило, перпен-



2



3



4

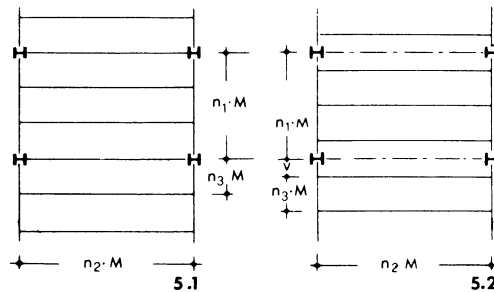
и сетку ограждающих конструкций. Они могут совпадать или быть смещенными относительно друг друга. Размер смещения V тоже должен быть модульным».

В «Каталоге требований к стандартизации в строительстве высших школ как предпосылке для индустриализации» от 24.2.1972 сказано:

«Модульная сетка плана $0,6 \times 0,6$ м. Размер модульной сетки для ограждающих конструкций — $1,2$ м с дополнением $0,6$ м. Модульная сетка каркаса лежит на модульной сетке плана. Размеры модульной сетки каркаса — многократно повторенные размеры модульной сетки ограждающих конструкций. Предпочтительные размеры сетки стального каркаса $7,2$ м и $8,4$ м».

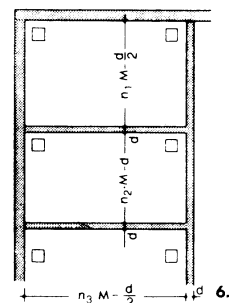
Предполагается выпуск подобного каталога и для школьных зданий.

Модульная сетка каркаса может иметь для строительства стального каркаса различное значение в зависимости от то-

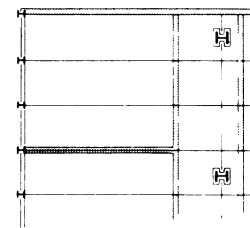


5.1

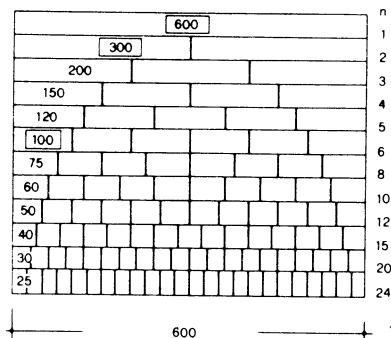
5.2



6.1



6.2



1

на эти числа без получения дробных частей. Это облегчает проектирование и создает возможность применения машин для изготовления деталей, размеры которых, как правило, принимаются в полных миллиметрах. Делимость числа 600 показывает диаграмма 1.

Для стальных конструкций соблюдение модульной системы менее важно, так как их изготовление почти независимо от размеров деталей. Однако для ограждающих конструкций из стали необходима возможность предварительного изготовления элементов, которые должны соответствовать модульной системе. В этом случае и стальные элементы несущих конструкций должны соответствовать модульной системе.

дикулярны друг к другу и имеют модульные интервалы (рис. 2).

Размеры модульной сетки для различных направлений координатной системы могут быть выбраны разной величины (рис. 3).

Все строительные детали должны располагаться по этой сетке. При этом для каждой детали определяется модульный размер, в котором размещается эта строительная деталь, включая стыки (рис. 4).

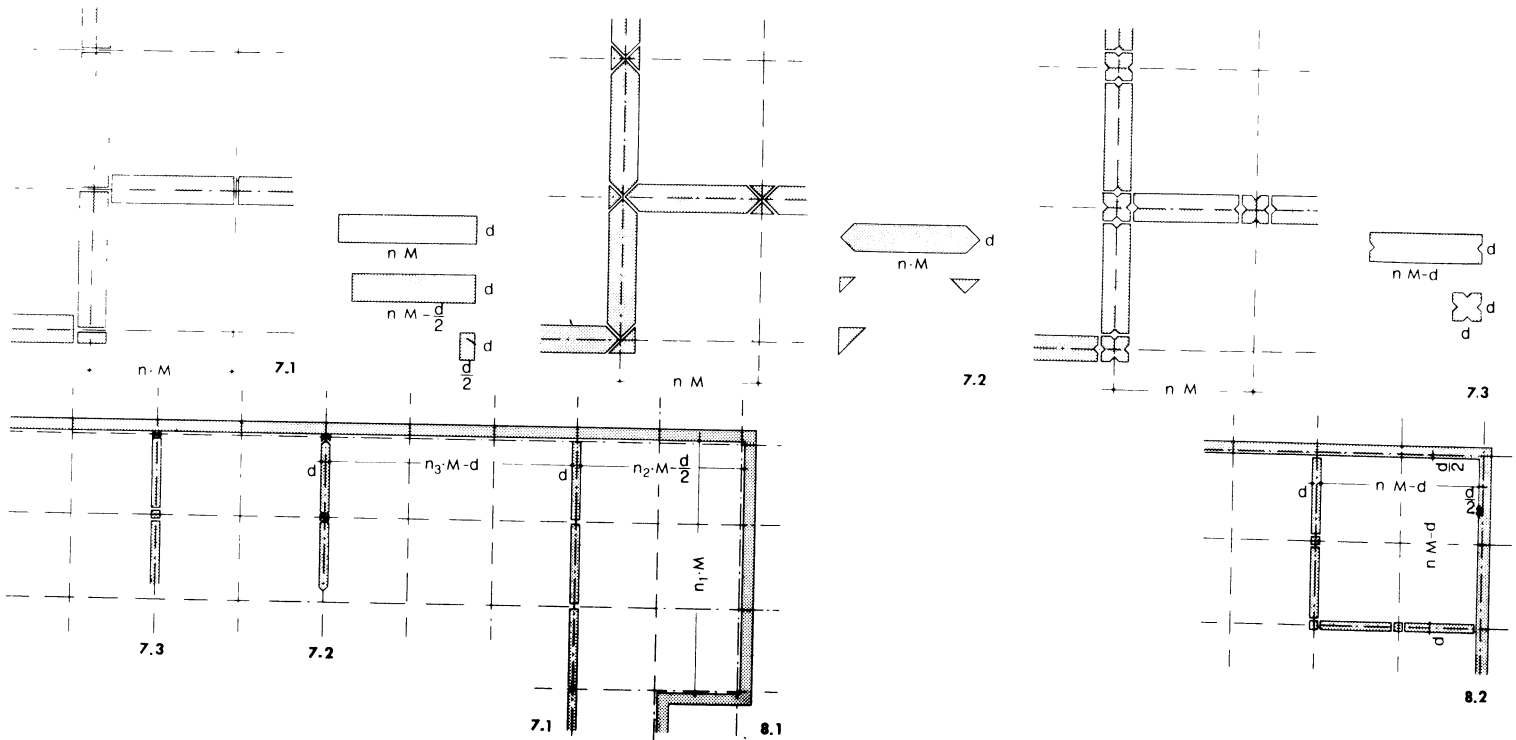
Сетка каркаса и сетка ограждающих конструкций

Целесообразно применять при проектировании строительного сооружения две сетки с различными размерами: сетку каркаса

го, подразумевается ли сетка колонн ($n_1 \cdot M$ и $n_2 \cdot M$) или сетка балок ($n \cdot M$) (рис. 5.1). В обоих вариантах возможно смещение на размер V (рис. 5.2).

Модульная сетка ограждающих конструкций при железобетонном каркасе обычно смещена относительно сетки каркаса, так как колонны имеют большие поперечные сечения и не могут быть расположены в одной плоскости со стенами (рис. 6.1). Такое расположение колонн возможно и при строительстве из стальных конструкций.

Колонны стального каркаса на рис. 6.2. имеют малое сечение и могут использоваться в качестве наружных колонн при совмещении их осей с модульной сеткой балок,



равной сетке оконных переплетов. Перегородки могут непосредственно примыкать к колоннам, так что при малом шаге наружных колонн модульные сетки каркаса и ограждающих конструкций совпадают. Сетка внутренних колонн может совпадать с сеткой ограждающих конструкций, как при строительстве железобетонного каркаса. Наружные колонны могут быть расположены таким образом, чтобы унифицированные элементы перегородок могли быть к ним присоединены без дополнительных вставок.

Размеры каждой строительной детали должны быть приняты с учетом соединения с другими деталями.

Не все размеры строительного сооружения могут быть унифицированы. Вследствие немодульных толщин стен и перекрытий появляются немодульные размеры помещений и ограждающих конструкций (рис. 8.1 и 8.2).

При привязке к модульной сетке подвесного потолка часто бывает целесообраз-

на установка перегородок по каждой оконной оси.

Унифицированные перегородки

Для модульной системы перегородок даются в основном следующие возможности.

7.1 Модульные оси проходят по оси стен. Перегородки упираются в стену. Элементов стоек нет. Стеновые элементы имеют ширину $n \cdot M$ и $n \cdot M - d/2$, так как крайний угловой элемент имеет размер $d \cdot d/2$.

7.2 Лишенная стоек перегородка имеет скошенные углы, так что элемент перегородки всюду употребляется с шириной $n \cdot M$, что требует вставного элемента.

7.3 При перегородке со стойками имеется только элемент перегородки шириной $n \cdot M - d$ и элемент стойки размерами $d \times d$.

8.1 Наружная стена прилегает внутренней стороной к несущему каркасу. В этом случае элементы перекрытий полностью соответствуют модульной сетке. Стыки

перегородок возможны при всех трех системах, при схеме 7.2 появляются вставные элементы, при схеме 7.3 необходимы стойки половинного сечения.

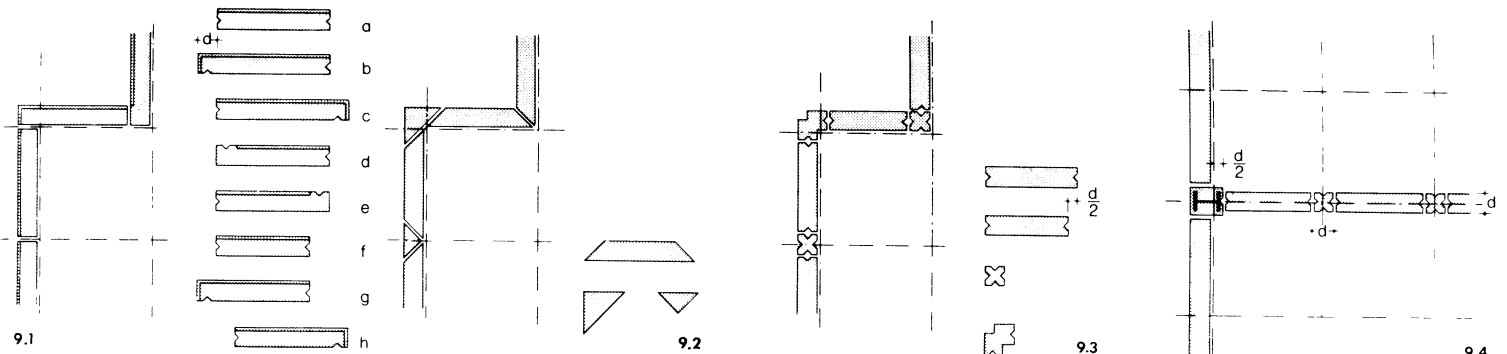
Внутренние размеры помещений между двумя наружными стенами равны $n_1 \cdot M$; между наружной и внутренней стеной $n_2 \cdot M - d/2$; между внутренними стенами $n_3 \cdot M - d$, если все внутренние стены имеют одинаковую толщину d .

8.2 Если внутренняя поверхность наружных стен вдается в помещение на размер $d/2$, то внутренние размеры помещения равны $n \cdot M - d$.

Унифицированные наружные стены

При разбивке наружных стен на элементы, как и при разбивке перегородок, возможны три основных варианта:

9.1 Бесстоечные наружные стены без вставок нуждаются кроме основного элемента a в дополнительных элементах для наружных углов b и c и для внутренних углов d, e, a также в укороченных нормальных элементах f при внутренних углах



$n \cdot M - d$; в зависимости от обстоятельств при малом шаге панелей требуются также укороченные наружные угловые элементы q, h длиной $n \cdot M - d + d = n \cdot M$.

9.2 Стена без стоек со скошенными углами имеет лишь основной элемент и две вставки.

9.3 Наружная стена со стойками имеет два основных элемента, два вида стоек, которые одновременно служат для присоединения перегородок.

9.4 Несущие колонны стального каркаса при малом шаге можно комбинировать по типу 9.3 с колоннами наружных стен. Если они вдаются в помещение на $d/2$, то устанавливаются свободно в системе перегородок со стойками по типу 7.3 или без стоек по типу 7.1.

Модульные размеры по высоте

О модульной системе по высоте зданий в проекте DIN сказано:

«К вертикальным координируемым размерам относится высота этажей. Ее модульный размер определяется, как правило, от верхней поверхности пола этажа до верхней поверхности пола следующего этажа, или от верха перекрытия до верха перекрытия, или от лестничной площадки до лестничной площадки».

Высота ступеней, как правило, не имеет унифицированных размеров, но имеется возможность объединять группы ступеней до модульного размера, например:

$$\begin{aligned} 2 \cdot 100 &= 200 \text{ мм} = 2M; \\ 2 \cdot 150 &= 300 \text{ мм} = 3M; \\ 3 \cdot 167 &\approx 500 \text{ мм} = 5M. \end{aligned}$$

Далее о координировании размеров лестниц см. с. 291.

Допуски

В строительном деле не было нужды в системе допусков, пока все детали изготавливались или подгонялись на месте строительства. При заводском изготовлении отклонения размеров строительной детали, к которой должны быть присоединены готовые элементы, должны быть учтены в процессе изготовления. К сожалению, еще и сегодня во многих технических условиях редко делаются ссылки на допуски.

В связи с увеличением масштабов предварительного изготовления элементов требуется четкое ограничение размеров изделий путем допусков, чтобы избежать ненужных работ при монтаже для пригонки строительных элементов. В ФРГ начало этому положено выпуском в 1972 г. норм DIN 18201, 18202 и 18203.

Нормы рассчитаны на строительство кирпичных и бетонных сооружений. Для сооружений, монтируемых из готовых из-

делий, эти нормы недостаточны, например для сооружений из стальных конструкций, из сборных железобетонных изделий, которые будут соединены со стальными конструкциями, и для ограждающих конструкций наружных и внутренних стен.

Большую помощь оказывает рабочая инструкция M2, выпущенная Обществом промышленного строительства (AGI). Размер строительных допусков зависит от определенных условий, при которых должны эксплуатироваться строительные детали:

температуры, которая может быть различной снаружи и внутри;

нагрузки постоянными и переменными нагрузками;

фактора времени при зависящих от времени деформациях, как ползучесть и усадка бетона;

влажности строительных материалов, например в деревянных деталях.

Стальные конструкции имеют очень малые размеры допусков по сравнению с конструкциями из других материалов.

Основания для этого следующие:

стальные профили изготавливаются с жесткими допусками;

обработка стальных конструкций производится на заводах, обеспечивающих высокую точность изготовления элементов;

стальные детали не претерпевают деформаций от времени и от изменения влажности;

упругие деформации стальных деталей от нагружения и температурного расширения можно очень точно определить расчетом;

размеры сборных железобетонных изделий, которые монтируются вместе со стальным каркасом, должны быть достаточно точными и занимать строго определенное место в сооружении.

Стальной каркас создает также благоприятные предпосылки для пристройки или включения других готовых элементов с относительно незначительными допусками.

Для сборных конструкций размеры с учетом допусков выделяются на чертежах. Для стальных конструкций обычно эти размеры заключают в прямоугольник и приписывают допустимые допуски. Размеры предельных допусков могут быть одинаковыми, например 3000 ± 10 (рис. 1.1), т. е. наибольшая допустимая длина элемента 3010 мм, наименьшая 2990 мм, или разными, например, $3000 + 15 / - 40$ (рис. 1.2), т. е. наибольшая длина 3015 мм, наименьшая 2960 мм. Если один размер допуска равен 0, то указывается либо положительный допуск $3000 + 20$ (рис. 1.3), либо отрицательный допуск $3000 - 20$ (рис. 1.4).

При назначении допусков нужно учитывать, что стоимость изготовления с маленькими допусками очень быстро возрастает.

Следует различать допуски в сооружениях и допуски в строительных элементах.

Допуски в сооружениях

Допуски в готовых сооружениях должны обеспечить расположение строительных элементов в запланированном для них объеме, связанном с неподвижными точками земли.

Устанавливаются:

допустимые отклонения для длины и ширины сооружения и частей сооружения, для контурной линии в плане, шага осей и размера модульной сетки;

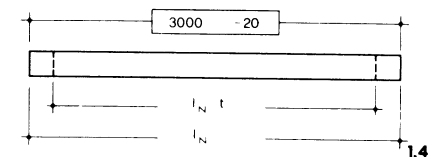
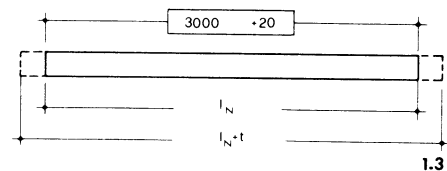
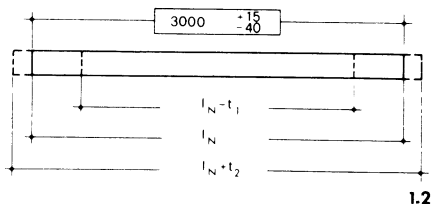
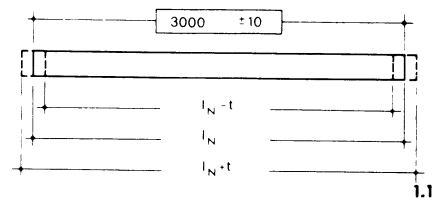
допустимые отклонения в соосности элементов в плане и для размера углов;

допустимые отклонения для интервалов по высоте;

допустимые отклонения в соосности по вертикали.

Допуски строительных элементов

Фактические размеры строительных элементов должны лежать в границах допусков, которые устанавливают, что номинальные размеры детали могут быть увеличены или уменьшены на величину допуска от номинального размера (рис. 2). Между строительными элементами остаются зазоры для стыков (рис. 3). Номинальный размер f стыка может увеличиваться или умень-

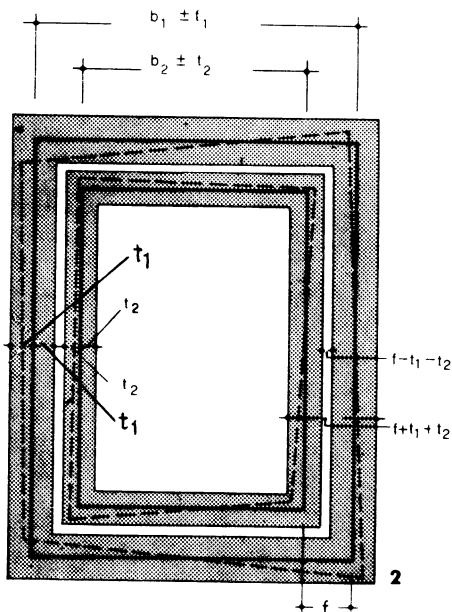


шаться на сумму допусков обоих прилегающих элементов. В крайнем случае зазор в стыке может быть равен нулю.

Детали стыка между двумя строительными элементами должны быть так регулируемы или деформируемы, чтобы могли быть осуществлены как наибольший, так и наименьший размер стыка. Кроме того, следует определить, могут ли появиться между строительными элементами деформации от нагрузки или изменений объема строительного материала (разница в температурах, усадке и т. д.), которые удлиняют или укорачивают размеры элементов стыка (см. с. 223). Поэтому предусматриваются:

дополнительные отклонения размеров строительных элементов;

дополнительные отклонения верхних плоскостей строительных элементов.

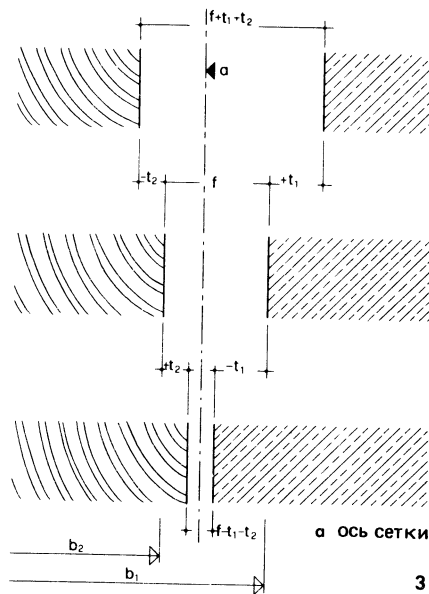


— Требуемый размер
 - - - Фактический размер
 Шaded area Зона допусков

Система допусков создает предпосылки для сборного строительства. Она дает, кроме того, основу для решения вопроса, кто должен оплачивать стоимость дополнительных работ при больших отклонениях от допусков.

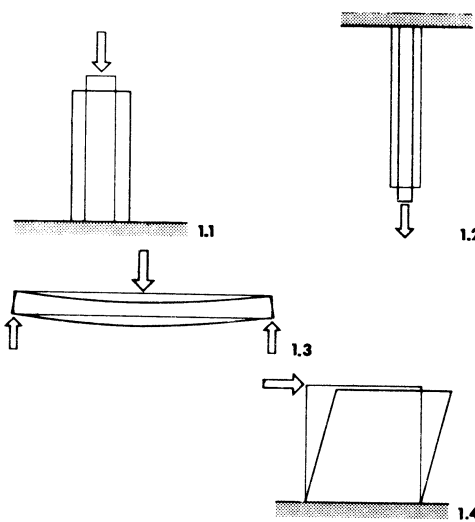
Деформации

Деформации сооружений, частей сооружений или строительных элементов основаны на физических явлениях. Они неизбежны. Для предотвращения отрицательных влия-



ний при эксплуатации величина деформаций в нормах ограничивается.

Деформации строительных элементов из стали несколько больше, чем аналогичных строительных элементов из бетона. При правильном расчете и конструировании стального каркаса и элементов ограждающих конструкций их отрицательные влияния могут быть исключены.



Ниже рассматриваются виды деформаций и их последствия. Деформации строительных элементов проявляются в изменении формы или объема строительного материала, деформации здания — смещением осей строительных элементов.

Изменение формы

Внешние воздействия или внутренние силы вызывают изменение формы строительного элемента. Строительные элементы не могут воспринимать нагрузки без изме-

нения своей формы. Нагруженная колонна должна стать короче, нагруженное перекрытие должно прогнуться. При изменении формы сжатый стержень (рис. 1.1) становится короче, но толще, растянутый стержень (1.2) длиннее, но тоньше. Другие примеры: прогнувшийся стержень (1.3) и диск, получивший деформацию вследствие сдвига (1.4).

Деформации упруги, если строительные элементы после удаления нагрузки принимают свою прежнюю форму. Они пластичны, если элементы после разгрузки остаются деформированными. Строительные материалы, как правило, подвергаются только упругим деформациям. Некоторые строительные материалы (например, бетон) претерпевают от длительно действующих нагрузок кроме упругих и пластические деформации вследствие ползучести.

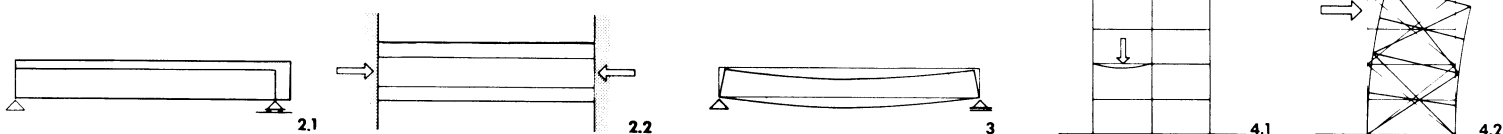
Медленно нарастающие нагрузки ведут к постоянным деформациям, быстро нарастающие оказывают динамическое воздействие; ритмически повторяющиеся нагрузки могут вызвать колебания строительных элементов, частей сооружения или всего сооружения, например колебания перекрытий при ходьбе, колебания высотных домов при ветровой нагрузке. Каждое здание имеет ему одному свойственную частоту собственных колебаний. Усиленные колебания возникают, если частота вынужденных (возбужденных) колебаний приближается к частоте собственных колебаний нагруженного здания или кратна ей.

Объемные изменения

Объемные изменения строительных материалов проявляются вследствие: температурных изменений; усадки или набухания под действием химических процессов или в результате изменения влажности.

Изменения объема, которые не могут свободно развиваться в конструкции, создают внутренние реактивные усилия, которые тоже ведут к изменению формы. Балка (рис. 2.1), температура которой повышается, может свободно расширяться во все стороны, т. е. в длину, высоту и ширину. Другая балка (рис. 2.2) может изменяться только по высоте и ширине. Возникает сила реакции Z. Такое же действие возникает, если удлиненная вследствие температурного воздействия балка (рис. 2.1) примет под влиянием силы Z первоначальную длину.

Неравномерные изменения объемов искривляют строительный элемент. Балка (рис. 3) с верхней стороны нагревается солнечными лучами, снизу имеет температуру, равную температуре помещения. Такое же явление происходит в биметаллическом стержне вследствие неравномерно-



го температурного расширения составляющих его материалов при одинаковой температуре или в деревянной балке, несимметрично вырезанной из бревна, в результате изменения влажности воздуха.

Сдвиг

Строительное сооружение состоит из отдельных частей, оси которых увязаны с модульной сеткой сооружения. Деформации строительных деталей могут привести к перемещению осевых опорных точек и способствовать деформации всего здания.

Нагрузка от перекрытий (рис. 4.1) изменяет положение осей здания незначительно. Ветровые силы (рис. 4.2), напротив, вызывают вследствие изменения длины стержней стенового каркаса значительное смещение осей элементов по горизонтали и по высоте.

Допустимые деформации зданий ин-струкциями большей частью не ограничиваются. В отдельных случаях оговаривается влияние деформации строительных элементов на эксплуатационные качества или совместимость их с другими строительными элементами и устанавливаются допустимые деформации. Жесткие конструкции дороже гибких, поэтому ограничивать деформации следует весьма осторожно.

Там, где две части здания или элементы примыкают друг к другу, появляется стык. Этот стык либо может обеспечивать свободные деформации примыкающих элементов без передачи усилий, либо появившиеся силы реакции от различных деформаций вследствие жесткости соединений передаются соседнему элементу. При этом в обеих соединенных друг с другом частях и в элементах соединения появляются упругие деформации.

Это положение действительно как при стыках между отдельными частями зданий, так и при стыках между строительными элементами. Нарушение этих правил часто бывает причиной повреждения сооружений.

В дальнейшем будут рассмотрены важнейшие воздействия на здание.

Влияние постоянной нагрузки

При рассмотрении деформаций исходят из заданного состояния здания, которое определяется:

воздействием всех постоянных нагрузок; определенной температурой, большей частью 10°C ;

временем окончания усадки и ползучести бетона; определенной влажностью.

Деформации, возникающие от постоянных нагрузок, предварительно вычисляются и учитываются при назначении окончательной формы строительного элемента. Если отдельные детали или части сооружения выполнены из стали, то действие деформаций проявляется следующим образом:

сжатые колонны и несущие железобетонные стены укорачиваются. Это влияние в большинстве случаев незначительно;

растянутые элементы удлиняются. Это заметно, например, при монтаже висячих домов, опирающихся на массивные опоры, так как их удлинение суммируется с укорочением сжатой несущей конструкции ядра жесткости (см. с. 341);

вертикальные связи получают от вертикальных нагрузок напряжения сжатия, которые обнаруживаются в ходе монтажа (см. с. 264);

несущие конструкции перекрытия прогибаются под влиянием постоянных нагрузок. Стальным балкам можно придать на заводе строительный подъем путем выгиба их вверх, но для этого требуется дополнительный рабочий процесс, что, естественно, повышает их стоимость. Поэтому в основном со строительным подъемом изготавливаются лишь балки большого пролета (приблизительно от 10 м) (см. с. 242).

Влияние временных нагрузок

Деформации от временных нагрузок действуют в основном только на перекрытия. Ограничение их важно для:

зданий, в которых размещены приборы высокой чувствительности; надежности и плотности наружных стен;

предупреждения трещин в перегородках. Сведения о прогибе стальных балок даны на с. 245, о соединениях балок — на с. 259.

Обычно предельные значения для прогиба несущих конструкций перекрытия от временной нагрузки принимаются в следующих размерах:

гибкое перекрытие:

$$f = \frac{1}{300}l \dots \frac{1}{500}l;$$

жесткое перекрытие:

$$f = \frac{1}{500}l \dots \frac{1}{800}l.$$

Ограничиваются лишь прогибы от действия временной нагрузки, так как прогибы от постоянной нагрузки могут выравняться строительным подъемом несущей конструкции перекрытия.

Можно согласиться с эмпирическим правилом, что из общей суммы временных нагрузок около трети приходится на нагрузки от неподвижных элементов — перегородок и от редко перемещаемого оборудования, например мебели; около трети составляет действительно изменяющаяся нагрузка и около трети — резерв для появления случайной кратковременной нагрузки, например от скопления людей.

Первая треть временных нагрузок может быть учтена совместно с постоянными нагрузками. Последняя треть временных нагрузок проявляется редко. Вызванная этой нагрузкой деформации после снятия ее прекращаются.

Перегородки должны иметь достаточную деформативность, чтобы воспринимать часть деформации перекрытия, появившуюся от временной нагрузки (см. с. 319, для противопожарных стен с. 320, для жестких бетонных стен с. 217 и 267).

Влияние прогиба перекрытия на наружные стены см. с. 307.

Влияние горизонтальных ветровых и сейсмических нагрузок

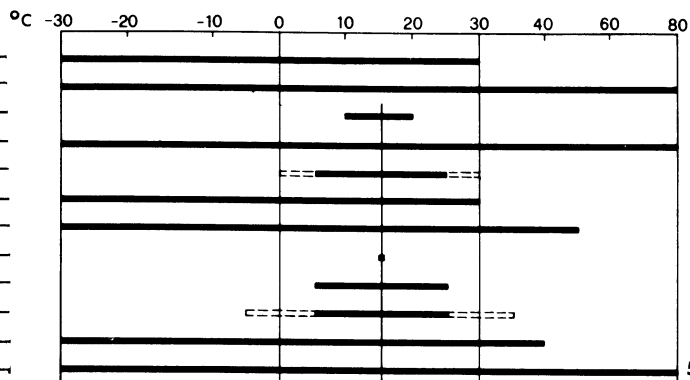
Если должны учитываться сейсмические воздействия, то здания рассчитываются на устойчивость, а не на деформативность.

Горизонтальные деформации зданий вследствие ветра имеют все же, и прежде всего в высотных зданиях, большое значение. Их учет влияет не только на структуру несущей системы, но и на проект всего здания.

Высокие здания могут раскачиваться под действием ветра. Колебания увеличивают свой размах и могут нанести вред высотным домам и здоровью находящихся в них людей. Об усилении жесткости многоэтажных зданий см. с. 209, о проблеме высотных домов с. 219

Температура:

наружного воздуха _____
 элементов стального каркаса при прямых солнечных лучах _____
 сборных строительных элементов _____
 стальных конструкций при монтаже _____
 монолитных бетонных деталей при изготовлении _____
 воздуха в неотапливаемом сооружении _____
 фасада неотапливаемых зданий при прямых солнечных лучах _____
 расчетная зимняя температура _____
 междуэтажных перекрытий при эксплуатации _____
 кровельного покрытия в зависимости от изоляции _____
 изолированных наружных колонн _____
 необлицованных стальных колонн снаружи здания _____



Влияние температурных изменений

Для того чтобы оценить влияние температурных изменений (рис. 5), необходимо знать колебание температур наружного воздуха. Температура воздуха в Европе лежит в пределах от -30°C до $+30^{\circ}\text{C}$. Отдельные строительные элементы, особенно темно-окрашенные стальные части, могут иметь вследствие прямого солнечного воздействия температуру до 80°C .

Большая разница в температурах характерна для всех частей здания во время строительства, а в процессе эксплуатации — только для частей, подвергающихся действию наружных температур.

Деформации от температурных изменений обуславливают устройство швов между частями здания. Правильное расположение и определенная ширина швов необходимы во избежание повреждений строительных конструкций и сооружений в эксплуатации.

Во время изготовления сборных строительных элементов они подвергаются обычно незначительным температурным колебаниям, поскольку и стальные элементы, и железобетонные сборные элементы изготавливают в закрытых цехах. Исходя из этого можно сделать вывод, что эти строительные

элементы при расчетной температуре 10°C имеют проектные размеры.

Во время монтажа стальные конструкции могут подвергаться воздействию температуры, которая иногда значительно отличается от расчетной; в этих случаях в статически неопределимых системах появляются дополнительные внутренние напряжения. Конструкции из монолитного бетона или сборные железобетонные детали с заполненными швами подвергаются в период строительства большим температурным колебаниям.

Затененные стальные детали, например связевые балки, в процессе монтажа имеют температуру окружающего воздуха.

Неотапливаемый, доступный воздействию наружного воздуха каркас здания воспринимает колебания температуры наружного воздуха. Строительные детали, которые подвергаются прямому солнечному облучению, могут иметь высокие температуры.

В эксплуатируемом отапливаемом здании внутренние температуры колеблются между 15 и 25°C и могут снижаться при временном выходе из строя отопления. Несколько большие колебания возможны в зависимости от изоляции несущих элемен-

тов покрытия при плоской кровле. Расположение швов здания см. с. 223—224.

Наружные стены из-за перемещения точек закрепления испытывают суммарные деформации от деформации здания и деформаций элементов наружных стен. Деформации могут быть восприняты швами между элементами наружных стен. Эти вопросы рассмотрены на с. 307.

Необлицованные стальные колонны в отапливаемых зданиях подвергаются действию наружных температур. Теплозащитная облицовка уменьшает нагревание колонн прямыми солнечными лучами, но не может помешать охлаждению колонн при продолжительном морозном периоде.

При пожарах могут возникнуть большие температурные перепады и как следствие значительное увеличение размеров элементов, особенно в несущих конструкциях перекрытий. Это принимается во внимание при определении расстояния между швами здания, чтобы в случае пожара избежать излишних деформаций (см. с. 223).

Влияние осадки колонн

О последствиях влияния деформаций при пожаре на конструкции и расположение швов см. с. 223.

Детские сады	179
Школы	180
Высшие учебные заведения	181
Административные здания	182
Магазины	183
Жилые дома	184
Больницы	185
Гаражи	186

Типы многоэтажных зданий со стальными конструкциями

В основе проекта любого здания лежат требования эксплуатации, расположения помещений, средств сообщения и инженерных сетей. Здания одинакового назначения,

к которым предъявляются одинаковые требования, имеют однотипное решение с различными формами планов и разрезов. В этой главе сделана попытка описания

зданий различного назначения, которые часто выполняются из стальных конструкций. Требования потребителей и вмешательство органов надзора могут привести и к другим решениям.

Детские сады

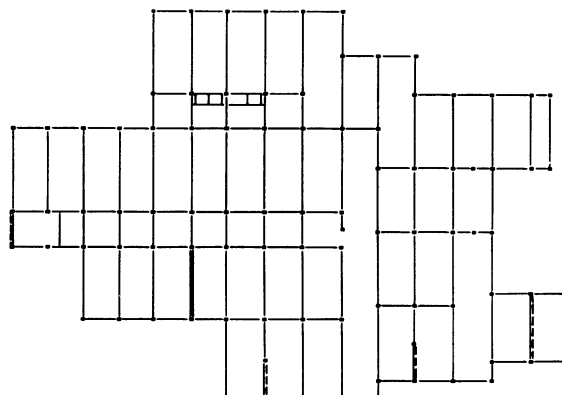
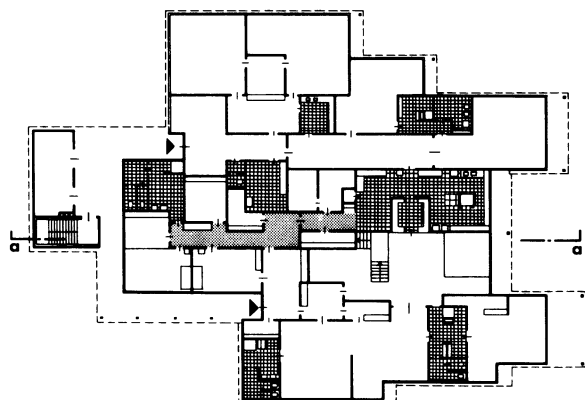
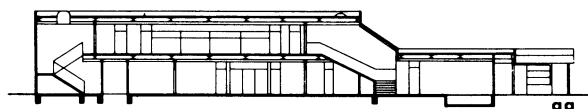
Детские сады предназначены для пребывания в них в течение дня детей дошкольного возраста. Они должны иметь помещения для игр, отдыха, еды и санитарных нужд. В детских садах должно быть достаточное число наблюдающего за детьми персонала.

В соответствии с назначением к зданиям предъявляются следующие требования:

небольшая высота — одно-двухэтажные с удобными лестницами, разнообразно расчлененным планом, с несколькими выходами на прилегающую территорию, многочисленными санитарными кабинками, смежными с дневными помещениями; надежность и высокое качество различного технического оборудования; высокая пожаробезопасность не только несущих, но преж-

де всего ограждающих конструкций и внутренних отделочных материалов и достаточное число запасных выходов.

В качестве несущего каркаса могут быть применены также легкие стальные конструкции. — Детский сад. Стальной каркас с сильно расчлененным планом. Западный Берлин, Мотцштрассе. Архитекторы: Хасенштайн, Братц.



Масштаб 1:600

Требования к строительству школьных зданий в современных условиях непрерывно изменяются. Несмотря на это, для школ различных типов (начальных, средних, общих и специальных) существуют одинаковые строительные требования. Школы имеют часто большое число учащихся (от 500 до 2000) различного возраста. В зданиях царит оживленное движение, в том числе больших групп детей. Поэтому требуются достаточные площади для передвижения и широкие лестницы. В связи с этим школы имеют ограниченное число этажей (1—4).

Для общих учебных занятий удобны помещения с изменяемой площадью; для

группы в 20—30 учеников необходимо помещение размерами примерно 8,4 X 8,4 м. Должно быть возможно разделение больших площадей для обособления маленьких групп и, наоборот, объединение отдельных помещений в крупные зоны.

Возрастает потребность в многочисленном оборудовании для уроков ручного труда и естественных предметов.

Требование свободной планировки помещений делает желательным применять в здании ограниченное число колонн и перекрытия больших пролетов.

При компактном плане установки для вентиляции или кондиционирования нужда-

ются в больших помещениях и крупных разводящих каналах в зоне перекрытий. Желательная гибкость может быть достигнута применением стальных конструкций.

При проектировании школьных зданий принимаются во внимание повышенные требования к звукоизоляции перекрытий и перегородок.

Специальных мер противопожарной защиты не требуется по следующим причинам:

- учащиеся находятся под постоянным наблюдением;

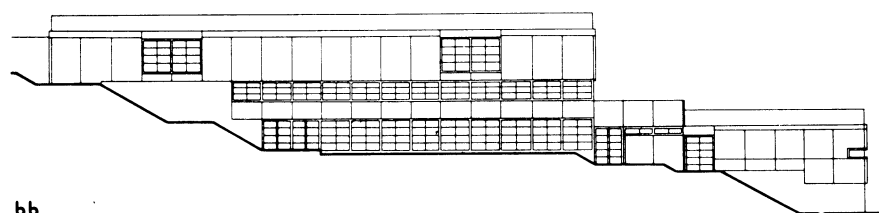
- регулярно проводятся учебные занятия по пожарной тревоге;

- учащиеся очень подвижны;

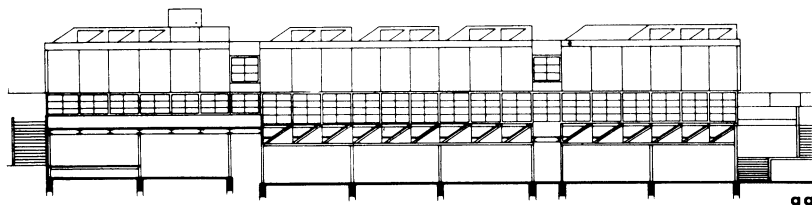
- имеются широкие проходы и лестницы и, следовательно, достаточные пути для эвакуации.

Строгое соблюдение модульной системы способствует индустриализации и удешевлению строительства школьных зданий.

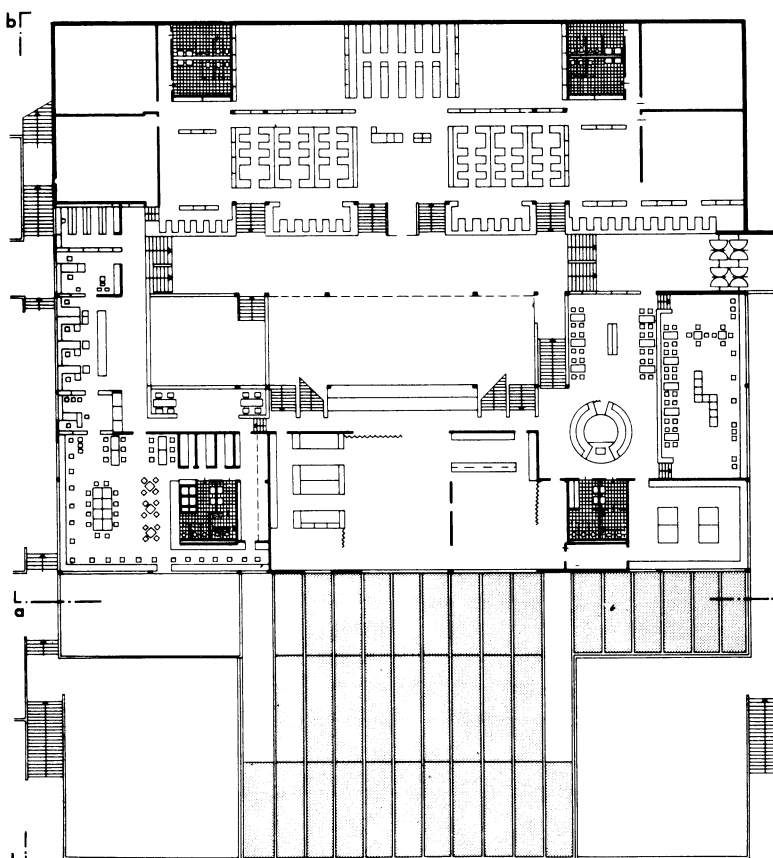
Значительная часть новых школьных зданий в Англии, Франции, ФРГ построена с применением стальных конструкций. — Школа продленного дня в Остербуркене. Архитекторы: Бассенге, Пухан-Шульц, Шрек.



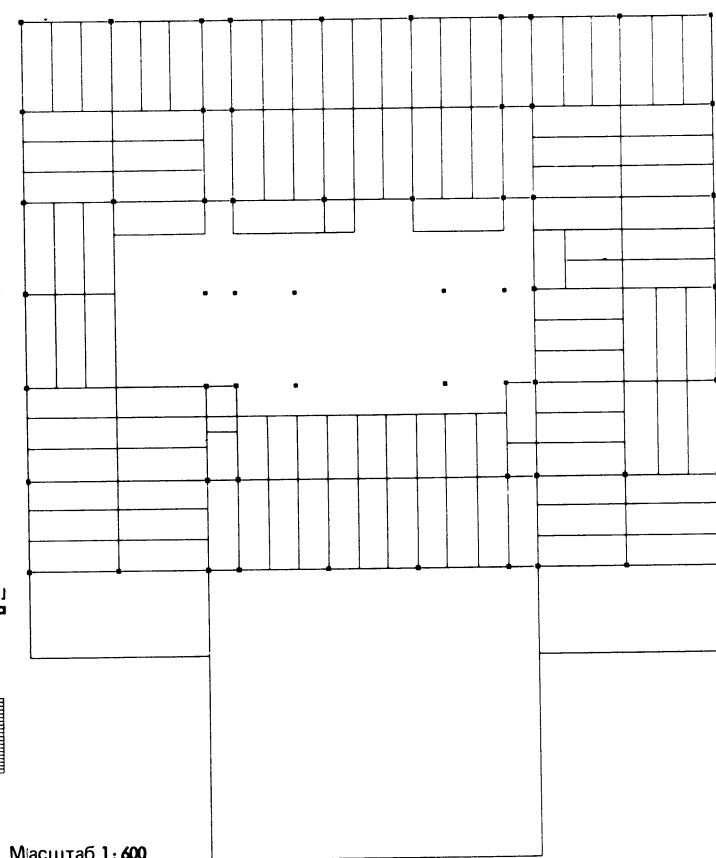
bb



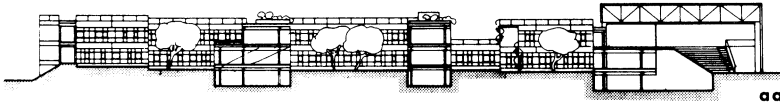
aa



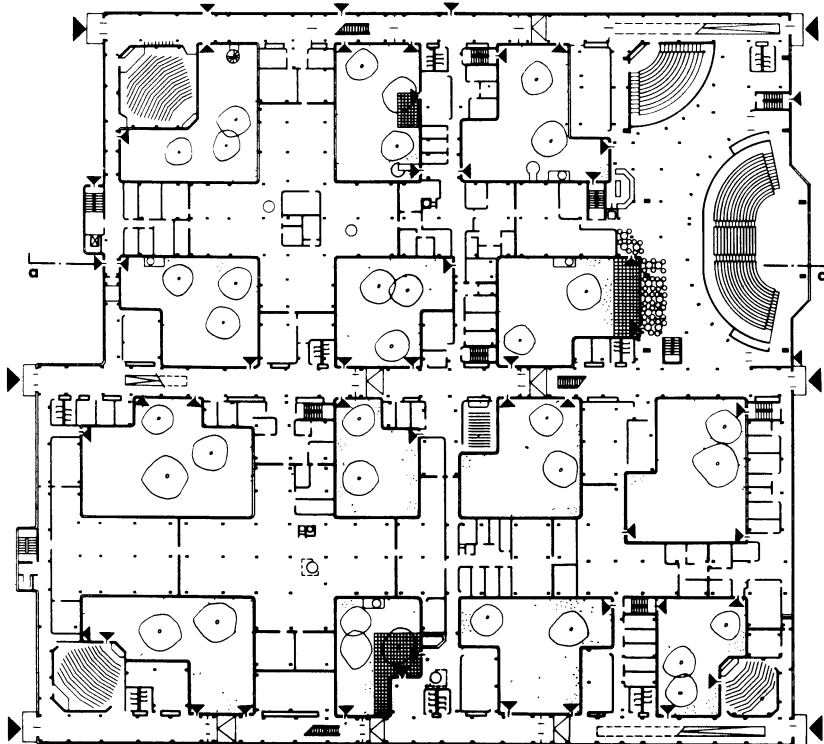
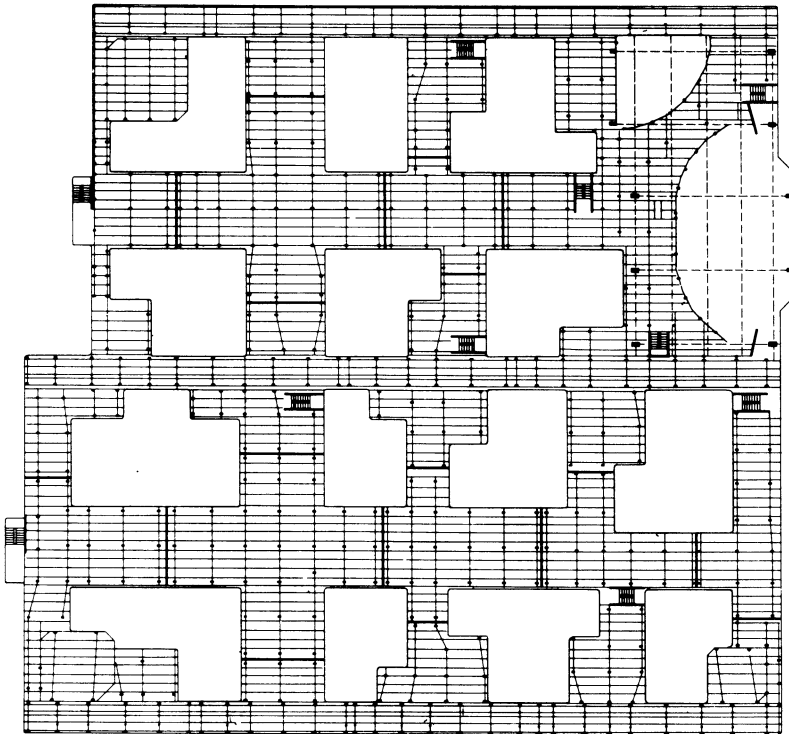
bГ



Масштаб 1:600



Масштаб 1:1500



В зданиях высших школ необходимы большие площади помещений. Постоянное изменение и совершенствование учебных процессов требуют еще более гибкой планировки, чем в школьном строительстве. Отсюда необходимость в больших площадях с широким шагом колонн. Колонны должны быть размещены по краю этих помещений.

Вертикальное сообщение между этажами может концентрироваться в башнях за пределами полезных площадей; зоны с большим движением людей могут быть размещены в первых этажах. Высотные дома с незначительной по отношению к площади средств междуэтажного сообщения полезной площадью этажей мало приемлемы для высших школ. В малоэтажных зданиях облегчается прокладка инженерных коммуникаций, но удлиняются пути сообщения и требуются большие земельные площади. Здания от 6 до 12 этажей считаются самыми рентабельными.

Покрывтия чистых полов и подвесные потолки выполняются одинаковыми над большими площадями для удобства изменения помещений. Перегородки должны иметь повышенную звукоизоляцию.

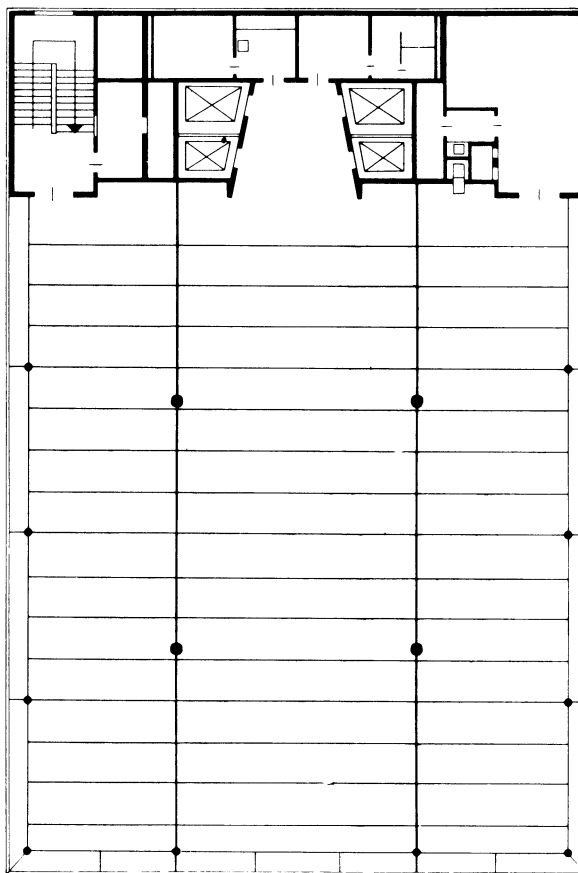
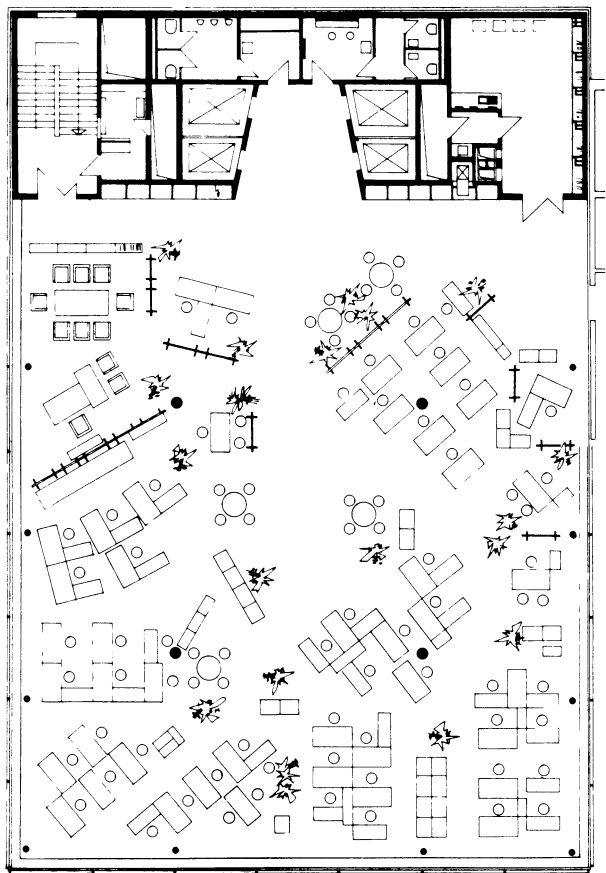
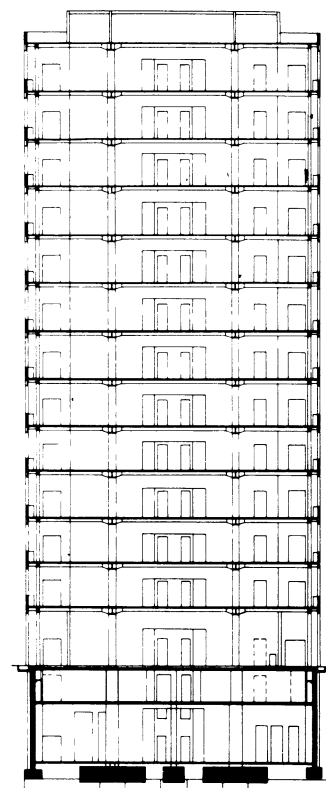
Институты с преобладанием теоретических дисциплин имеют небольшую, а институты с экспериментальным уклоном — высокую насыщенность оборудованием. Коммуникации не должны мешать гибкости планировки, поэтому их следует размещать лишь в зоне перекрытий. В связи с возможным переходом от теоретического к экспериментальному направлению работ должна быть предусмотрена дополнительная прокладка оборудования.

Развитие строительства высших учебных заведений требует внедрения индустриальных способов. Предпосылкой для этого может служить выпущенный 24.4.1972 г. «Каталог требований к стандартизации в строительстве высших школ». Требования к строительству зданий высших учебных заведений хорошо согласуются с применением стальных конструкций. Особенно целесообразен большой шаг колонн небольшого поперечного сечения, а также изменяемость несущего каркаса. Для открытой и легко доступной прокладки инженерных коммуникаций в зданиях естественно-научных институтов, насыщенных оборудованием, наиболее приемлемо расположение балок в двух направлениях (см. с. 192 и 193). Агрессивные испарения в помещениях лабораторий иногда оказывают более отрицательное воздействие на железобетонные конструкции, чем на защищенные от коррозии стальные конструкции. — Гуманитарный институт университета в Западном Берлине. См. с. 211(12), с. 262(10), с. 258(5), с. 296(5.2) и с. 311(6).

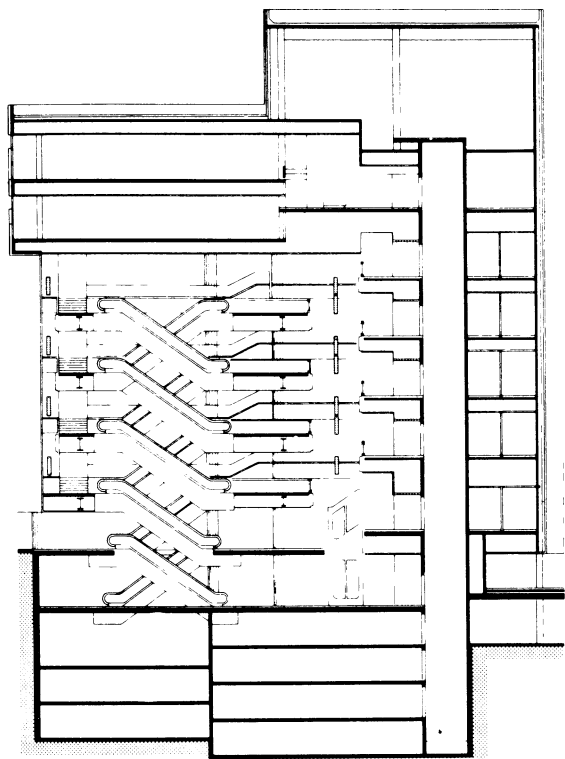
Большие административные здания обычно размещаются в центре города, в районах с хорошим транспортным сообщением или около больших промышленных предприятий. Часто это высотные дома с многочисленными средствами вертикального транспорта. Для зданий, имеющих большие рабочие помещения или отдельные кабинеты, целесообразно наличие свободных площадей с большим шагом колонн и гибкой планировкой. Обычно принимается прямоугольная или иногда треугольная модульная сетка, а также круглая форма плана. Большие административные здания (высотные или с большими площадями) имеют в большинстве случаев центральную вентиляцию или кондиционирование воздуха. Каналы для вентиляции внутренних зон прокладываются в междуэтажных перекрытиях; коммуникации высокого дав-

ления — в наружных стенах в уровне перекрытий или перед колоннами. Часто требуется большое количество световых точек и электрического оборудования для освещения рабочих мест. Если коммуникации проложены в пространстве между перекрытием и подвесным потолком, то они доступны для изменений, последующих дополнений и выпуска линий из пола в данном этаже. Электропроводка может быть проложена также в элементах перекрытий при профилированных настилах или при массивных перекрытиях в каналах по несущему перекрытию под чистым полом. Последнее все же значительно увеличивает собственный вес сооружения.

Повышенная звукоизоляция часто необходима лишь для определенных помещений (например, этаж дирекции). — Административное здание фирмы «Деккель» в Мюнхене. Архитектор Хенн.



Масштаб 1:300



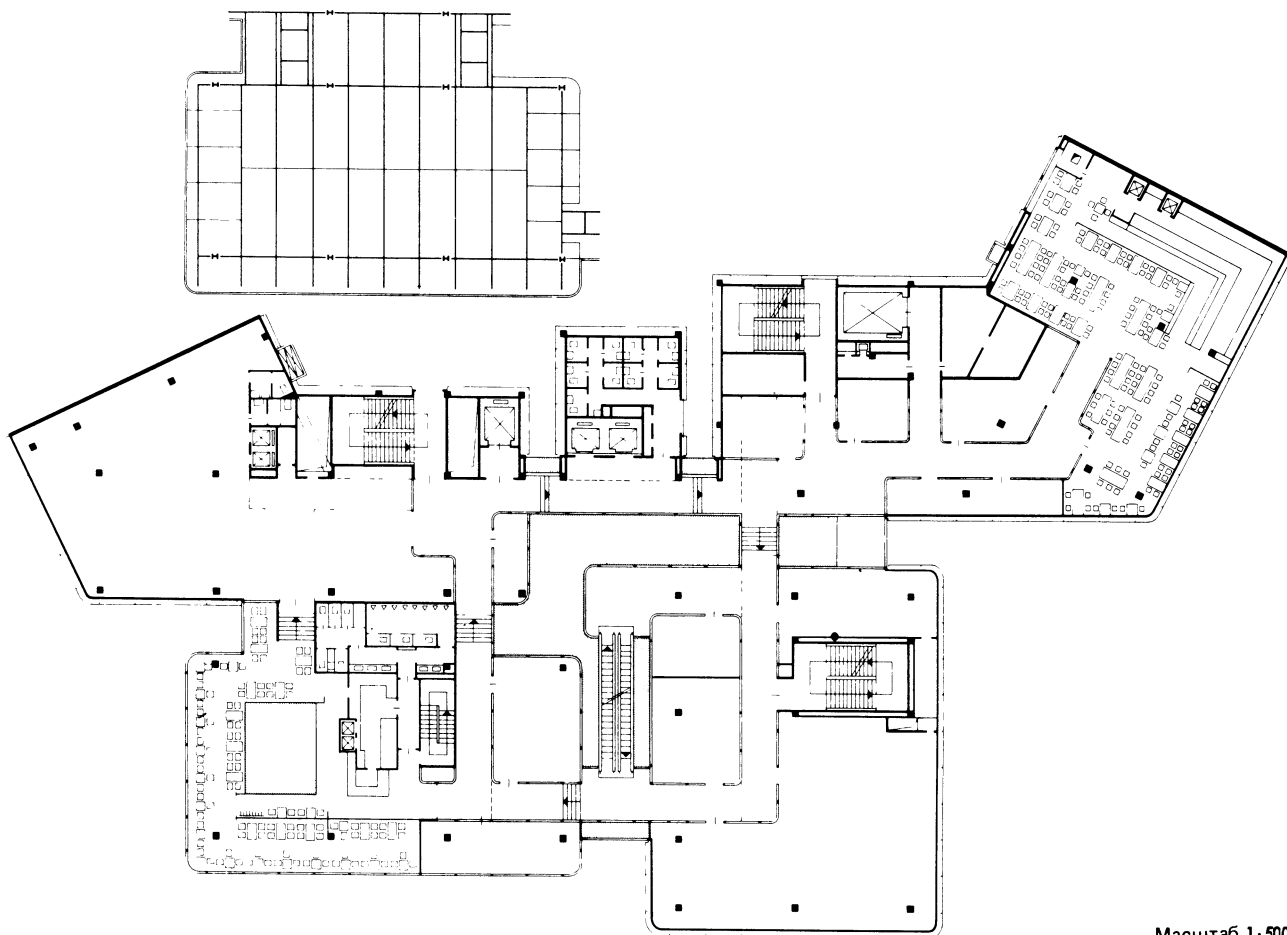
С растущей концентрацией розничной торговли расширяется строительство крупных магазинов. Для магазинов необходимы большие площади, свободные от колонн или совсем без колонн. Магазины обычно имеют много этажей, но на окраинах городов они часто одноэтажные и используются в качестве крытых рынков. Большепролетные перекрытия имеют большую строительную высоту, которая используется для размещения многочисленного вентиляционного оборудования.

Для облегчения массового передвижения покупателей и товаров многоэтажные магазины оборудуются такими механическими подъемными средствами, как эскалаторы, роликовые транспортеры, пассажирские и грузовые лифты, пневмопочтой и т. п.,

а также снабжаются широкими проходами, многочисленными лестницами и выходами.

Повышенные требования предъявляются к противопожарной защите, особенно если оборудование и товары представляют высокую пожарную опасность, как, например, текстиль.

Для тушения пожаров немедленно при возникновении огня большей частью бывают необходимы спринклерные установки. Широко обозримые, хорошо обозначенные пути эвакуации по горизонтали и вертикали являются важнейшими предпосылками для эвакуации людей. В многоэтажных магазинах несущие конструкции должны иметь класс огнестойкости F90. — Магазин «Кудам-Экк», Западный Берлин. Архитектор Дютманн.



Масштаб 1:500

Большая потребность в жилищном строительстве в послевоенное время привела главным образом к возведению многоквартирных домов с неизменной планировкой. Как следствие этого, в жилищном строительстве преимущественно применялись крупные панели в качестве несущих стен, причем образовывались неизменяемые комнаты. Панели перекрытий опирались на несущие стены. Сверху и снизу эти панели имели плоские поверхности для устройства пола и потолка. При этом способе строительства жилых домов горизонтальные разводки (кроме электросети) не прокладывают в зоне перекрытий, так как это легко можно сделать, расположив помещения, насыщенные оборудованием (кухни и санитарные комнаты), рядом с вертикальными шахтами.

По мере возрастания требований к размерам и изменяемости жилищ появилась заинтересованность в каркасном строительстве и соответственно в стальных конструкциях. При каркасном строительстве из стали создаются следующие условия для прокладки инженерных коммуникаций в перекрытиях:

1 Плиты перекрытия имеют большой пролет, балки перекрытий скрыты в стенах.

Плиты перекрытия имеют большой вес и гладкую поверхность с обеих сторон; следовательно, решение такое же, как и при крупнопанельном строительстве с неизменяемым планом. Никакого улучшения в расположении коммуникаций этот вариант не дает.

2 Балки перекрытия расположены часто, плиты перекрытия имеют малую толщину и малый вес; необходим подвесной потолок, который служит одновременно противопожарной защитой для балок перекрытий, но стоимость строительства возрастает.

3 Перекрытие такое же, как на рис. 2, но балки остаются видимыми и имеют противопожарную облицовку. Несущие плиты перекрытия образуют потолок помещений. Решение недорогое. Однако если открытые балки не совпадают с перегородками, то они могут мешать их установке и не способствуют созданию красивого интерьера.

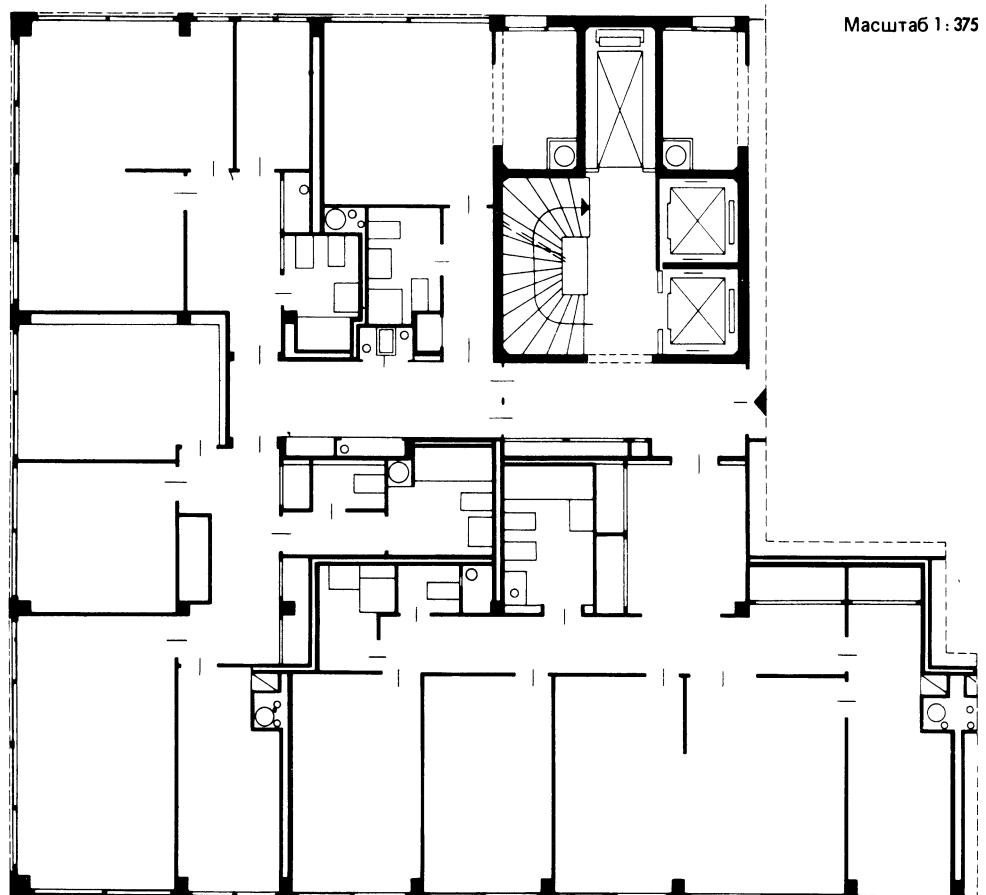
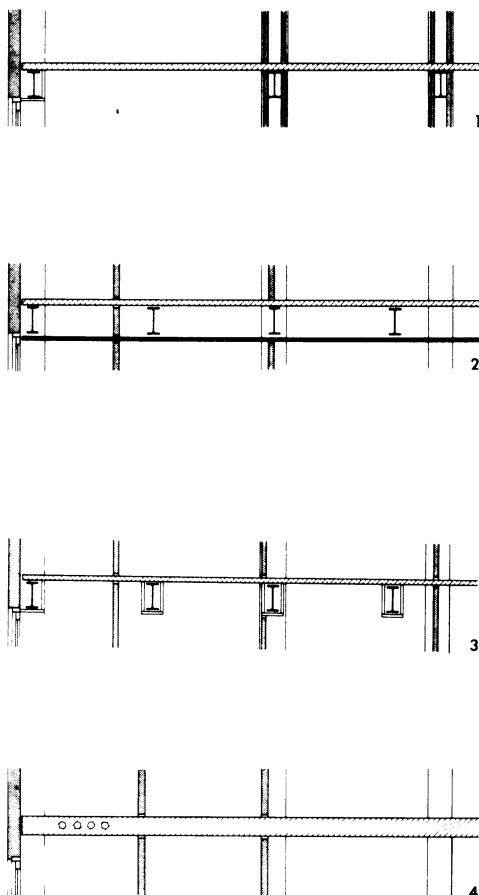
4 Большепролетные безбалочные железобетонные перекрытия с плоскими верхней и нижней сторонами, исключают проблему подвесного потолка. Они имеют значительный вес. Пример — см. с. 277, рис. 3 и с. 190.

Противопожарная защита и звукоизоляция. Официальные положения по пожарной

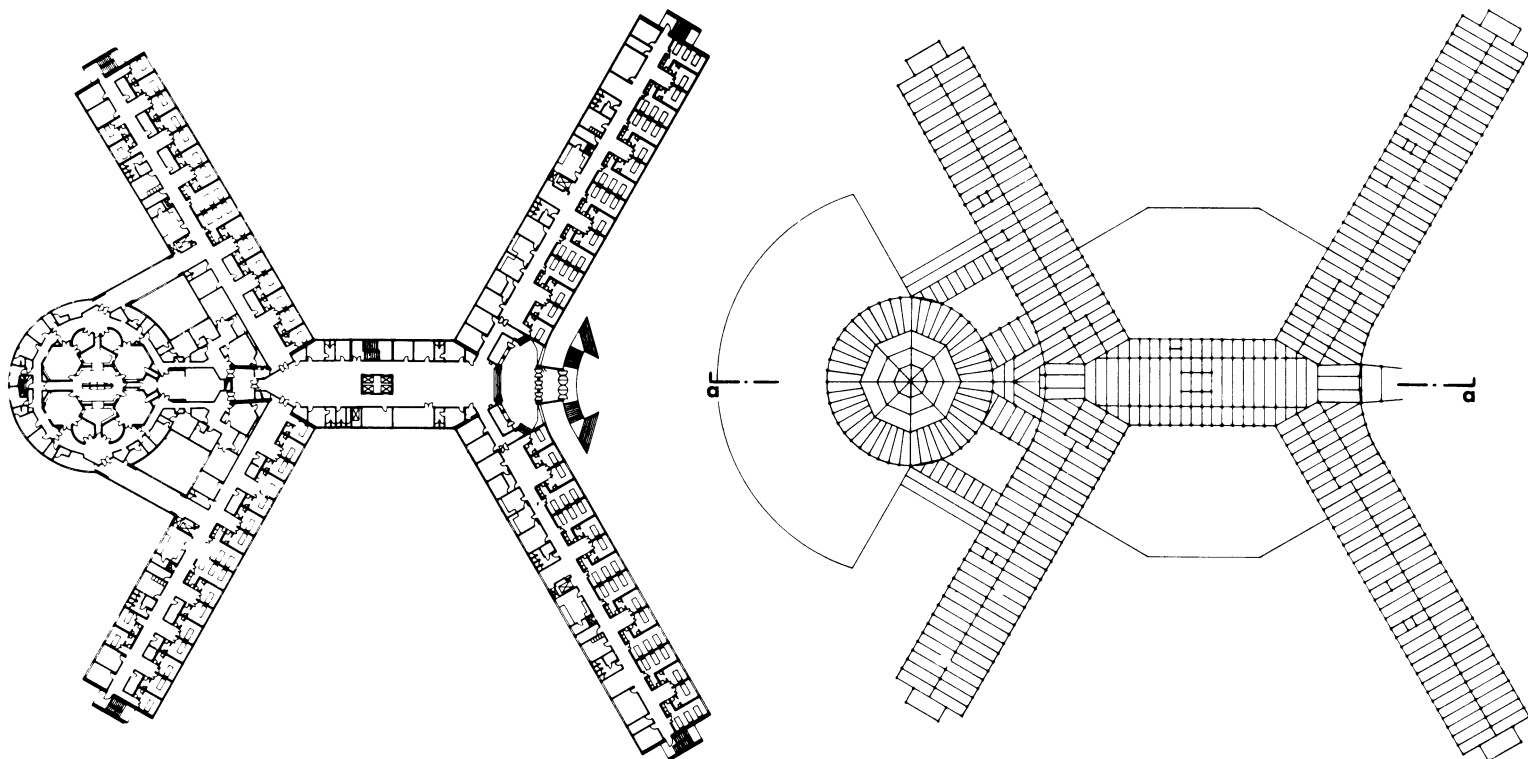
защите в разных странах значительно отличаются друг от друга. Однако большей частью рекомендуется защита от огня несущих конструкций в многоэтажных зданиях. Межквартирные перегородки должны быть, как правило, огнестойкими и должны совпадать с границами противопожарных отсеков. Высокие требования предъявляются к звукоизоляции жилых зданий.

К противопожарной защите многоквартирных домов предъявляются ограниченные требования, так что стальные конструкции могут быть открытыми и могут быть использованы в качестве элемента оформления; имеются многочисленные примеры таких решений.

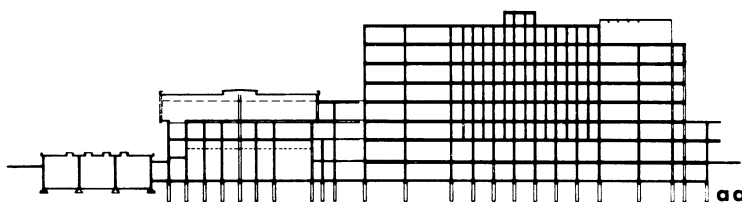
В зданиях гостиниц перераспределения площадей не требуется, поэтому площади гостиничных комнат с прилежащими санитарными узлами широко стандартизованы. Здесь применим первый тип перекрытий, дающий экономичное решение. К звукоизоляции предъявляются такие же высокие требования, как и в жилых зданиях. Для строительства общежитий все требования аналогичны. — Проект жилого дома «Парк Сент Клер» в Ле-Боле (Франция). Архитектор Февр-Рампан.



Масштаб 1:375



Масштаб 1:1300



Многообразие функциональных требований и сложные разводки инженерных коммуникаций приводят к разнообразным решениям. Однако можно разделить больничные помещения на три вида:

1 Помещения для лечебных процессов. В них размещаются самые различные высокооснащенные техникой службы с относящимися к ним зонами стерилизации, подготовки, операционными, зонами интенсивной терапии, родильными отделениями, амбулаториями, терапевтическими отделениями, рентгенологическим отделением, помещениями для лучевой терапии, лабораториями, аптеками и т. д. Большие, свободные от колонн помещения сменяются малыми комнатами. В отдельных случаях может потребоваться гибкая планировка помещений. Вся зона в высокой сте-

пени оснащена оборудованием. Большое свободное пространство в толще перекрытий целесообразно для прокладки инженерных коммуникаций.

2 Спальные корпуса. Площади и форма этажей спальных корпусов могут быть различными. Кроме того, необходимо предусматривать подсобные помещения, как, например, комнаты врачей и сестер отделения, кухни, помещения для умывания, помещения для лечения и обследования и т. д.

В большинстве случаев строят двухэтажные здания с центрально расположенным вестибюлем. Больничные палаты ориентируют на юг и на юго-запад. Спальные корпуса имеют палаты одинакового размера — одно-, двух- или четырехкочечные с соответствующими санитарными кабинетами.

3 Обслуживающие помещения. Сюда

входят отдельные помещения и группы помещений для администрации, центральной прачечной, приемной, центральной кухни, диетической кухни, столовой, а также школа и жилище сестер и т. п. Здесь чередуются помещения с высоким и низким уровнем технического оснащения.

Особое внимание уделяется средствам и путям коммуникаций между зонами и внутри зон для персонала, посетителей, больных, а также для грузов. Меры по обеспечению стерильности стоят на первом месте среди всех строительно-физических и строительно-биологических требований. Требование разделения общей и асептической зон приводит к специализации корпусов больницы. Больницы должны иметь высокую степень пожарной безопасности.— Больница в Гонесе (Франция). Архитектор Рабо.

Многоэтажные гаражи содержат расположенные друг над другом ярусы для установки автомобилей. Полезная площадь включает площади для стоянок и для проездов. Конструкции собираются из стандартных плоских элементов.

Площадь для стоянки одного автомобиля колеблется от 5×2,3 до 5×2,5 м, проездной путь между площадками для стоянки имеет ширину от 4,5 до 7 м. Этими размерами определяется ширина гаража. Предпочтительнее свободные от колонн гаражи, в которых более удобна расстановка и маневрирование автомобилей. Для перекрытия больших пролетов экономичнее стальные конструкции по возможности незначительной строительной высоты.

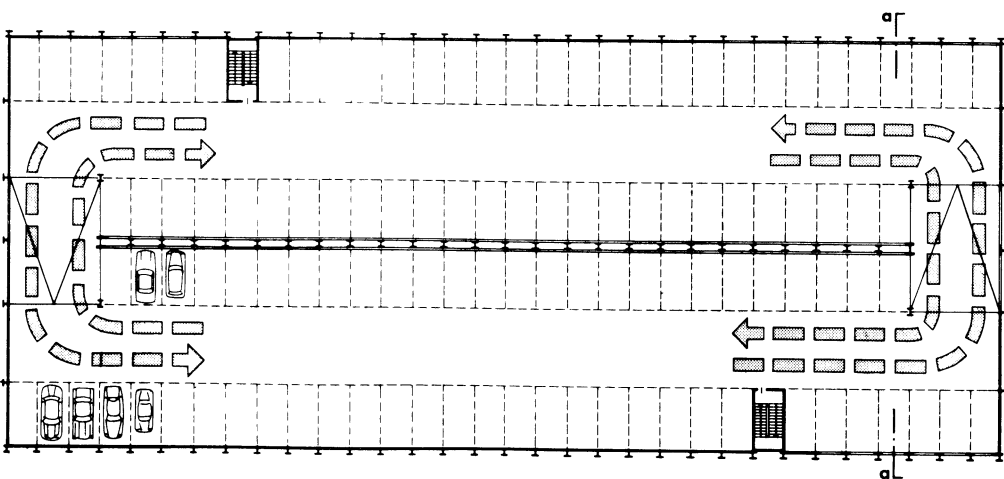
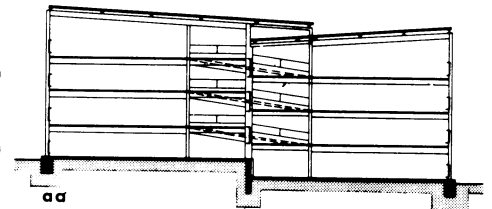
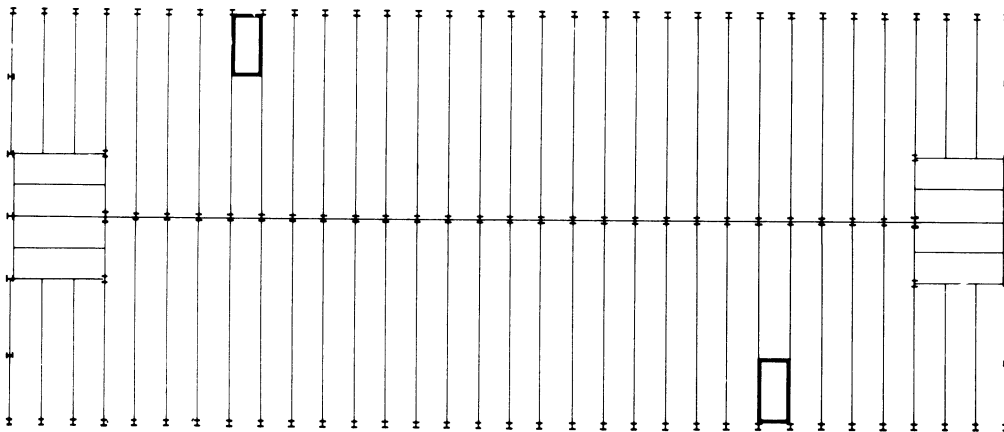
Небольшая высота перекрытия уменьшает уклон въездных рамп. В качестве въездов применяются пандусы высотой на один этаж или при смещенных этажах на пол-этажа (полурампу) и винтовые пандусы. Пандусы выполняются из стальных профилей с бетонными плитами перекрытий.

Так как размеры площадок для автомобилей, проездов и пандусов, т. е. наибольшей части помещений, стандартизованы, целесообразно типизировать отдельные элементы и весь гараж монтировать из сборных элементов. Лучшие предпосылки для этого создает применение стальных конструкций. К гаражам предъявляются невысокие противопожарные требования. Испытания показали, что при загорании одного автомобиля опасность возгорания соседних автомобилей очень невелика. Угроза для людей также незначительна, так как лишь несколько человек очень недолго находятся на месте стоянки.

Перекрытия этажей, как правило, не имеют никаких встроенных элементов, что облегчает возможность эвакуации. Перекрытие должно быть доступно для пожарных.

На этих основаниях в ряде стран (например, Великобритании и в ФРГ) для открытых гаражей вводятся пониженные требования к противопожарной защите.

Например, типовое предписание гаражного строительства ФРГ от марта 1972 г. допускает в открытых гаражах применять несущие стальные конструкции без облицовки до 16,5 м над уровнем земли и до 1,3 м ниже поверхности земли. В открытых гаражах допустимы также жалюзийные наружные стены как защита от атмосферных осадков. Для закрытых многоэтажных больших гаражей требуются огнестойкие несущие элементы и искусственная вентиляция. В большинстве случаев такие гаражи неотапливаемые, поскольку отопление не дает клиентам никаких преимуществ. Поэтому гаражи устраиваются закрытыми лишь в тех случаях, когда соседняя застройка затрудняет естественную вентиляцию этажей. Стальные конструкции в закрытых гаражах нуждаются в противопожарной облицовке. То же самое относится к подземным гаражам. — Стандартизованный гараж, запроектированный в системе Крупп-Монтекс® с наклонными въездами. Балки перекрытия замоноличены со сборными плитами перекрытий.



Масштаб 1: 600

Несущие стальные конструкции многоэтажных зданий	Консольные несущие конструкции	204
Формы плана зданий со стальным каркасом	Висячие дома	205
Несущие конструкции перекрытий	Рамные дома	206
Безбалочные перекрытия	Здания с мостовыми конструкциями	207
Перекрытия с балками в одном уровне	Строительство из объемных элементов	208
Перекрытия с балками в двух уровнях	Обеспечение жесткости зданий	
Перекрытия с балками в трех уровнях	Основные положения	209
Смешанные формы балочных клеток	Жесткие рамы	210
Треугольная сетка балок	Фасадные рамы	212
Круглые сооружения	Вертикальные связи	213
Большой шаг наружных колонн	Связи по колоннам	216
Малый шаг наружных колонн	Массивные диафрагмы	217
Вертикальные конструкции	Обеспечение жесткости высотных зданий	219
Передача вертикальных нагрузок	Высотные здания со связями по наружным стенам	221
Восприятие нагрузок колоннами	Швы в зданиях	
	Температурные швы	223
	Осадочные швы	224

Несущие стальные конструкции многоэтажных зданий

Многоэтажное здание с каркасом состоит из расположенных друг над другом плоскостей, которые опираются на отдельные колонны. Для восприятия действующих на каркас вертикальных и горизонтальных сил служат следующие несущие конструкции:

1. Несущие конструкции перекрытий, непосредственно воспринимающие вертикальные нагрузки и передающие их опорам.

2. Вертикальные несущие конструкции, передающие собранные сосредоточенные нагрузки на грунт.

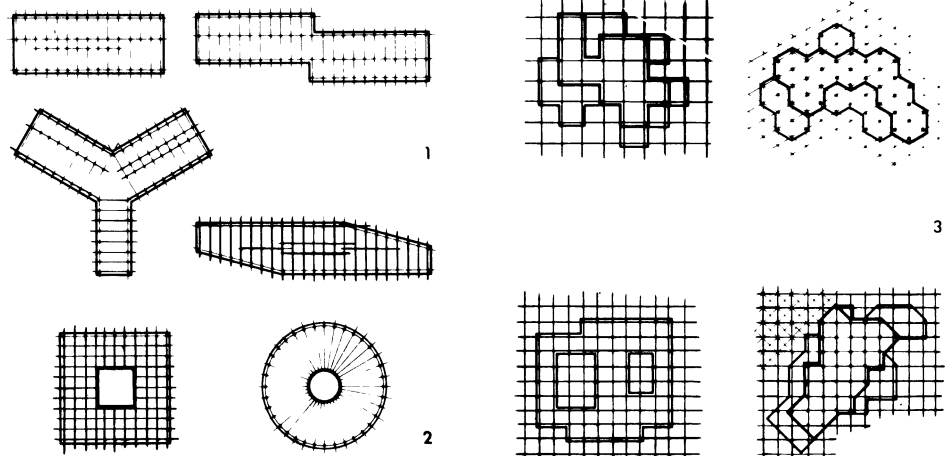
3. Горизонтальные и вертикальные конструкции, обеспечивающие жесткость сооружения и передающие на грунт действующие на сооружение горизонтальные силы от ветра и сейсмических сил, давление земли и другие горизонтальные силы.

В следующей главе рассмотрены эти три вида несущих конструкций в сооружениях со стальным каркасом. На с. 187—201 представлены сооружения, в которых модульная планировочная сетка является отличительной чертой конструкции. Сооружения на с. 202—208 имеют сложную форму с тяжелыми несущими конструкциями. На с. 209—222 показаны конструкции, служащие для обеспечения жесткости зданий.

Формы плана зданий со стальным каркасом

Несущие конструкции перекрытий

Несущие конструкции перекрытия передают действующие на них нагрузки опорам.



Обычные формы планов

1 Вытянутые узкие здания имеют, как правило, два ряда колонн у наружных стен и один или два дополнительных ряда внутри здания.

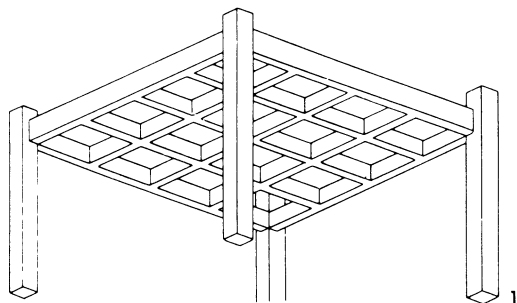
2 Здания с компактными планами зачастую нуждаются лишь в опорах вдоль наружных стен и около центрального ядра жесткости.

3 Сооружения с большой площадью имеют большое число колонн, которые располагаются по какому-либо определенному принципу.

Проект плана здания определяет расположение и вид опор. Шаг колонн обуславливает величину пролета и строительную высоту несущего перекрытия.

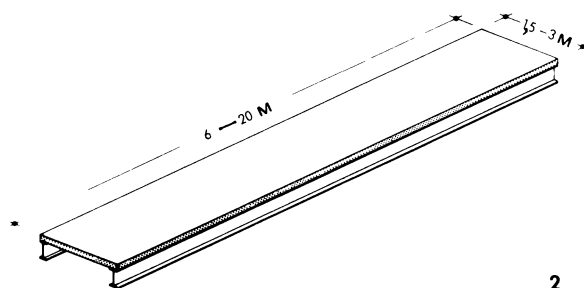
Основные формы несущих конструкций перекрытий

Конструктивно несущая конструкция перекрытий каркасного сооружения разбивается на отдельные поля. Различают следующие основные формы



1 Безбалочное железобетонное перекрытие

1 Простейшая массивная сплошная железобетонная плита. Большепролетные плиты имеют очень большие толщину и вес. Для уменьшения веса внутри плит устраивают пустоты или применяют часторебристые или кессонные плиты. Квадратная сетка колонн имеет преимущества благодаря равным в обоих направлениях условиям передачи нагрузки.



2 Перекрытие по стальным балкам

2 Перекрытие по стальным балкам характерно для стального каркасного строительства. В нем плиты перекрытия опираются лишь по двум, а не по четырем сторонам. Устройство несущих балок, обеспечивающих передачу нагрузки на колонны, весьма трудоемко, так как балки в каждой точке пересечения стыкуются с образованием жестких соединений, передающих изгибающие моменты и придающих балкам свойства неразрезности.

Толщина плит перекрытия, укладываемых по стальным балкам, часто определяется не только расчетными соображениями, но и другими требованиями, например противопожарной защиты или акустическими соображениями. Вес плит должен быть возможно меньшим, отсюда стремление к меньшим пролетам в расстановке стальных балок.

Пролет балок перекрытия между колоннами обычно составляет от 6 до 20 м, пролет плит перекрытия — от 1,5 до 3 м (рис. 2).

Сетка колонн зданий со стальным каркасом

Квадратная сетка колонн

3 Планировка здания часто основана на квадратной сетке, в которой колонны каркаса устанавливаются в точках пересечения сетки с образованием квадратных полей перекрытий.

4 В стальном каркасе нагрузки от балок перекрытия (балок первого порядка) передаются прогонам (балкам второго порядка). Балки перекрытий и прогоны имеют одинаковый пролет. Эта конструкция нетипична для строительства с применением стального каркаса.

Прямоугольная сетка колонн

5 Увеличение пролета балок связано с незначительным увеличением расходов. При этом образуется свободное от колонн внутреннее помещение. Оптимальная схема состоит в увеличении пролета легконагруженных балок первого порядка по сравнению с тяжело нагруженными прогонами (балками второго порядка).

Отличительная черта строительства со стальным каркасом — прямоугольная сетка колонн.

6 Этот план еще более характерен для стальных конструкций. Применена частая расстановка наружных колонн по наружной оси. При этом прогоны в наружной зоне отсутствуют. Сечение наружных колонн, которые воспринимают только нагрузку от второстепенных балок первого порядка, значительно меньше, чем сечение колонн по рис. 5 (заштрихованная зона). Общее поперечное сечение всех наружных колонн несколько больше по сравнению с сечением по рис. 5 ввиду того, что коэффициент продольного изгиба в колоннах малого сечения меньше, чем в массивных более нагруженных колоннах.

Шаг наружных колонн

Большой шаг колонн

7 Наружные колонны (рис. 5) в большинстве случаев стоят на некотором расстоянии от внутренней стены, которое оставляется для установки прогона. Поэтому они

занимают сравнительно большую площадь поверхности этажа в приколонной зоне. Эта потеря площади наиболее ощутима в небольших помещениях, особенно если перегородки стоят не по оси колонн.

Малый шаг колонн

Колонны по рис. 6 почти скрыты в стеновых конструкциях. Их можно поставить перед стенами или включить в конструкцию стен. Но даже когда они размещены за стенами, они занимают площадь, не большую, чем требуется для стоящих под окнами радиаторов отопления.

8 К каждой колонне может примыкать перегородка. Это упрощает наружные стеновые конструкции, так как их можно крепить к колоннам по всей высоте этажа и нет необходимости в дополнительных стойках.

Перекрытия со стальными балками

Несущая конструкция тем экономичнее, чем короче путь, по которому нагрузки передаются на грунт, и чем меньшее число строительных элементов участвует в передаче нагрузок. При выборе направления несущих элементов, их расположения относительно друг друга и высоты большое значение приобретает объем пространства, требуемого для проводки инженерных коммуникаций.

9 Несущее перекрытие без стальных балок

Безбалочные массивные плиты передают нагрузки кратчайшим путем непосредственно на колонны. При больших пролетах увеличивается вес плит. Эта конструкция применима лишь при малом шаге колонн.

10 Несущее перекрытие с балками в одном направлении

Балки перекрытия (балки первого порядка) соединены непосредственно с колоннами. Путь усилий при этом получается очень короткий, а конструкция поэтому весьма экономична. Сетка плана составлена из вытянутых прямоугольников, поэтому колонны в одном направлении имеют большой, а в другом направлении очень малый шаг.

11 Несущее перекрытие с балками в двух направлениях

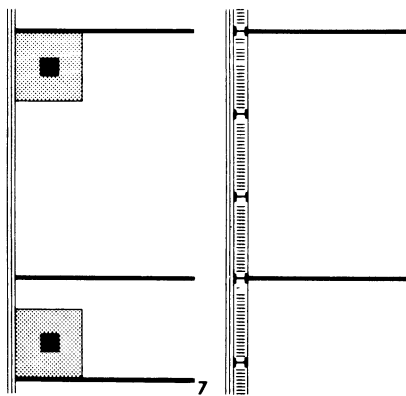
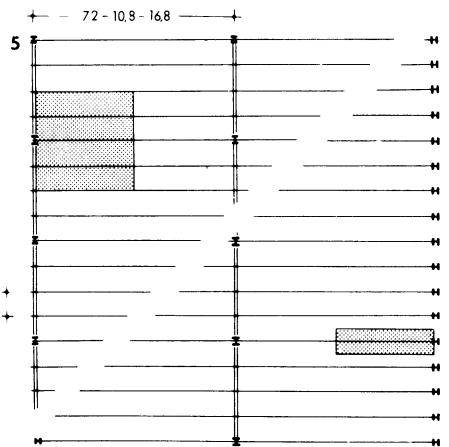
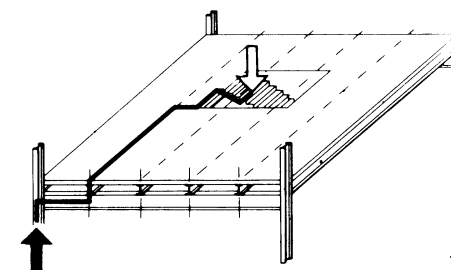
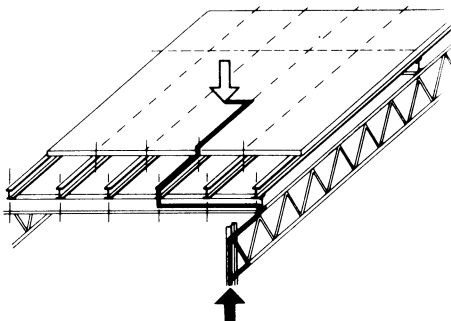
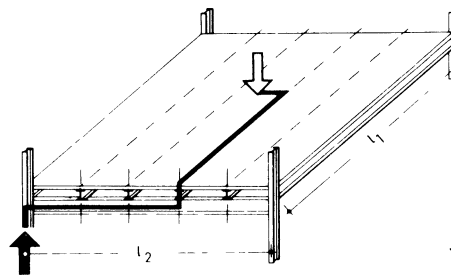
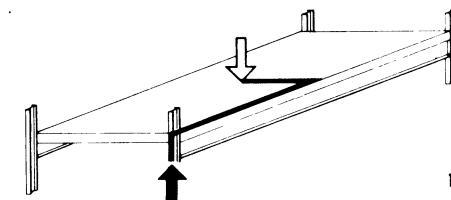
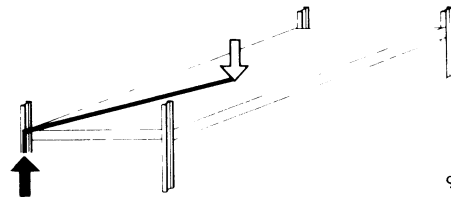
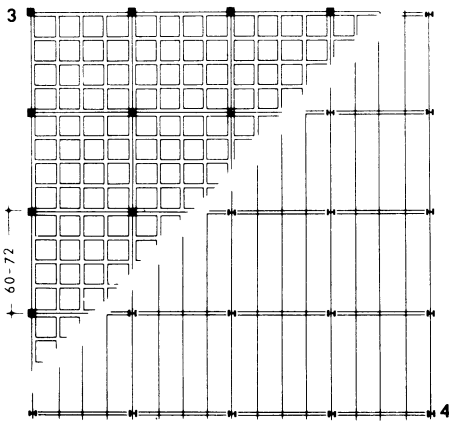
При широком шаге колонн в обоих направлениях нагрузки от балок первого порядка через прогоны передаются на колонны. Прогон необходим как дополнительный несущий элемент, воспринимающий изгибающий момент от балок первого порядка. Пролет главных балок перекрытия l_1 между колоннами должен быть соответственно больше, чем пролет второстепенных балок l_2 .

12 Несущее перекрытие с трехступенчатой передачей усилий

При очень больших пролетах между колоннами нагрузки от прогонов воспринимаются главными балками (балками третьего порядка) и лишь от них передаются колоннам.

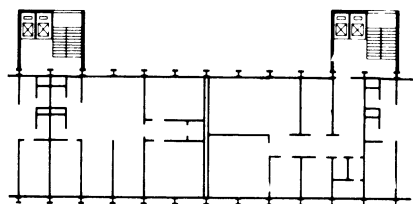
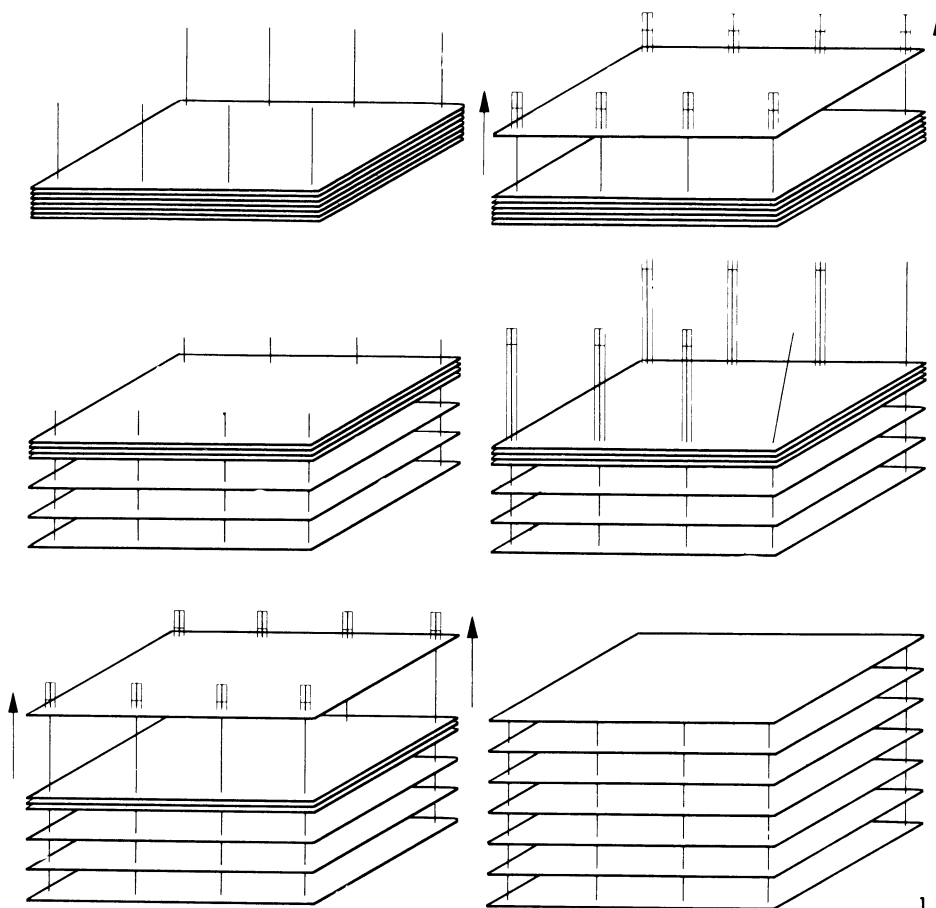
13 Отверстия в перекрытиях

Устройство отверстий в перекрытиях приводит к изменению сетки балок. Поэтому размещение отверстий для вертикального сообщения между этажами должно быть тщательно согласовано с расположением балок.

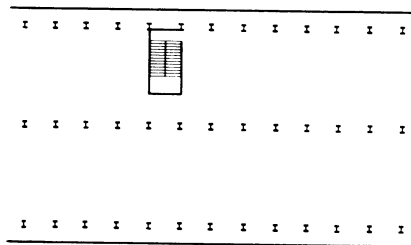
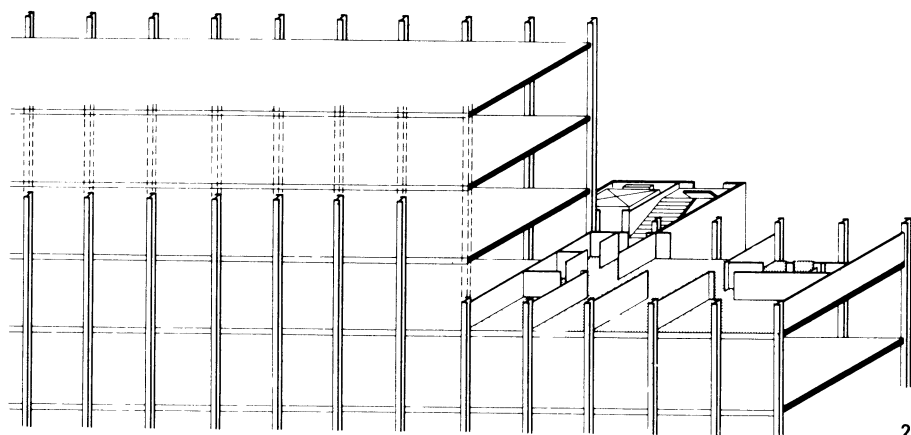


Массивные плиты перекрытий, имеющие гладкие поверхности, могут опираться непосредственно на колонны при шаге колонн от 6 до 10 м. Перекрытия имеют толщину от 20 до 40 см. Подвесной потолок не требуется. Такая конструкция перекрытий может применяться для жилых зданий, общежитий, гостиниц и других зданий с несложным техническим оборудованием. В несущих плитах могут быть проложены трубы для электропроводок. Меньший вес имеют пустотелые, а также ребристые и кессонные плиты перекрытий.

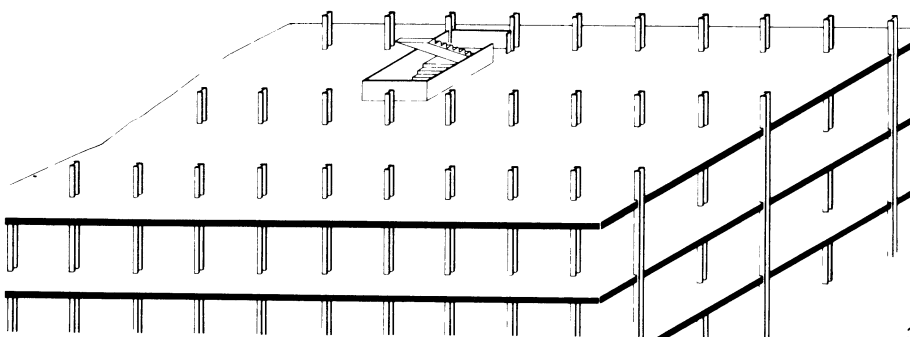
1 Система с безбалочными плоскими плитами особенно приемлема для возведения методом подъема перекрытий, при котором плиты перекрытия бетонятся одна над другой на уровне пола нижнего этажа, причем каждая плита служит опалубкой для вышележащей плиты. В предусмотренных отверстиях устанавливаются идущие сквозь несколько этажей стальные колонны. Прикрепленные к их верхним концам подъемные устройства поднимают плиты друг за другом в проектное положение (см. с. 341).

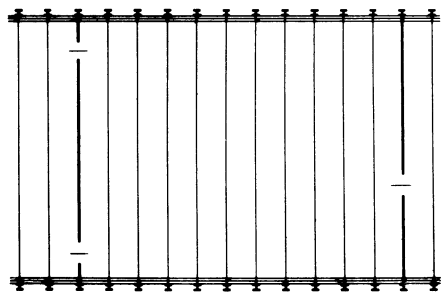


2 При незначительной ширине здания (~ до 10 м) колонны можно устанавливать только у наружных стен. Отсутствие внутренних колонн особенно удобно для свободной планировки и трансформации помещений. — Студия «Жилая система в стали». Кафедра проф. Унгерса Технического университета, Западный Берлин, 1968 г.



3 В зданиях большой ширины колонны устанавливают по любой разбивочной сетке.





1 Раскладка балок в одном направлении может применяться для узких зданий, которые имеют лишь наружные колонны. Свободное от внутренних колонн помещение может быть использовано любым способом. Такая раскладка балок находит применение в строительстве гаражей. Свободные от колонн площади облегчают въезд и выезд автомобилей и позволяют варьировать расположение мест стоянок.

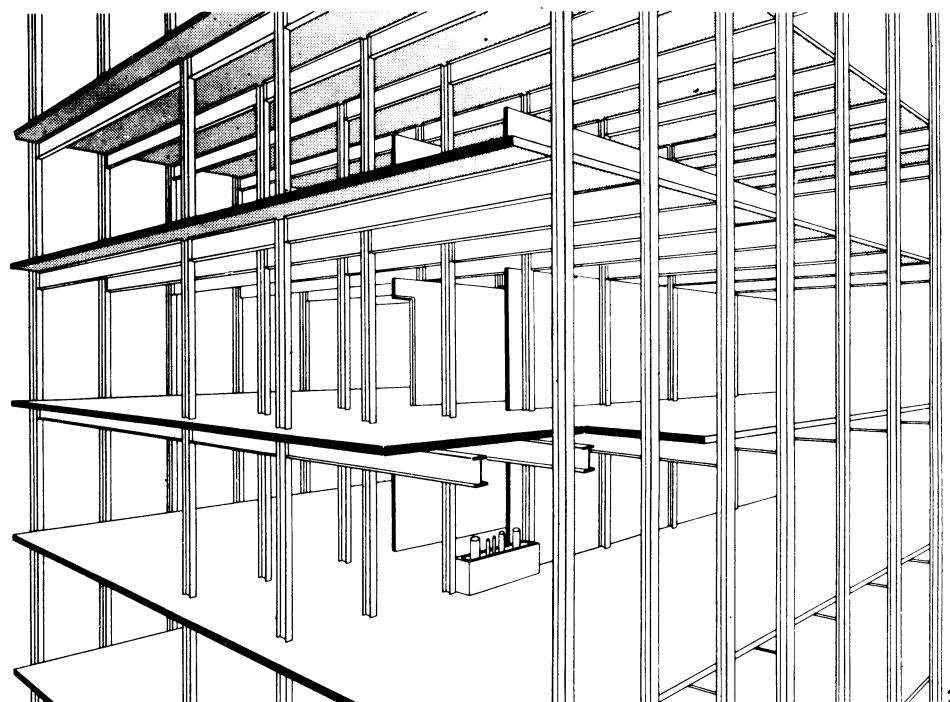
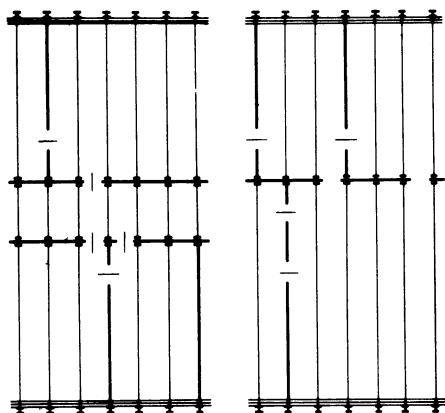
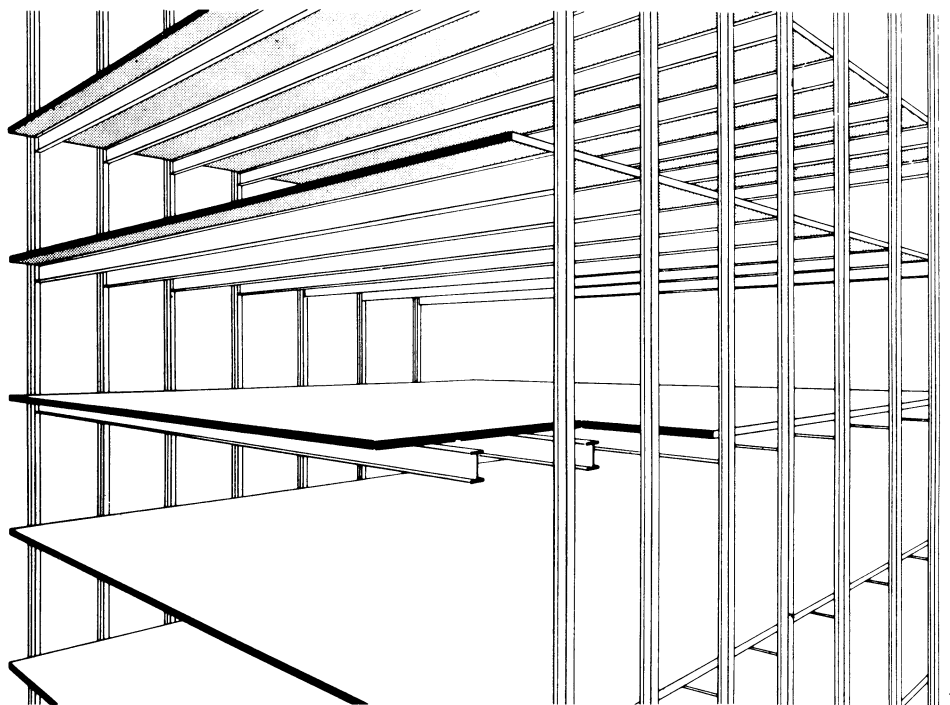
Конструктивная высота перекрытия зависит от пролета и составляет от 35 до 70 см. Магистральные коммуникации прокладываются между балками и в отверстия в стенках балок.

2 Ряды часто поставленных внутренних колонн располагаются в стенах внутренних коридоров. Так как внутренние колонны тоже имеют малые сечения, то они занимают небольшой объем или могут быть скрыты в перегородках. Поперечные перегородки могут устанавливаться по любой оси колонн. Эта система целесообразна для сооружений, в которых не ожидается реконструкция внутреннего коридора, например в гостиницах или спальнях корпусов больниц.

Ряды колонн могут также стоять лишь с одной стороны коридора и образовывать таким образом неравные пролеты перекрытий.

Колонны имеют небольшое поперечное сечение, расположены в плоскости наружных стен и занимают немного места, заменяя одновременно стойки стенового

каркаса. Прогоны в этой системе отсутствуют, а нагрузка передается наиболее коротким путем на грунт. Такая форма плана имеет типичную для стальных каркасов сетку колонн: большой шаг колонн в направлении балок перекрытия и малый шаг в поперечном направлении.

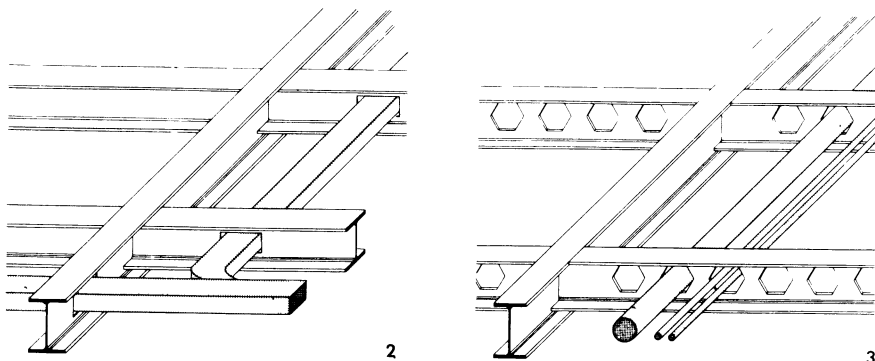


Перекрытия с большим шагом колонн в обоих направлениях — также часто применяемая форма сетки для каркасных сооружений. Несущее перекрытие в этом случае состоит из расположенных в двух направлениях балок первого порядка и прогонов (балок второго порядка). Легконагруженные балки, перекрывающие большой пролет, имеют одинаковую высоту с тяжелонагруженными прогонами, образуя типичную для каркасного строительства из стали прямоугольную сетку колонн.

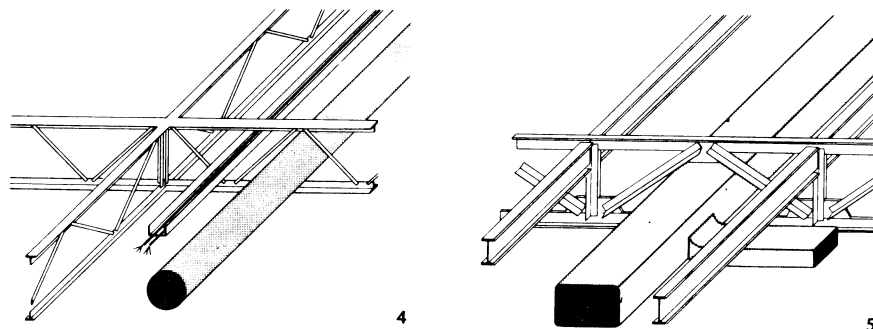
Длина балок составляет на рис. 1.2 полуторакратную, а на рис. 1.1 двукратную длину прогонов. Экономичная длина прогонов от 6 до 12 м, балок от 7 до 20 м.

Расположение балок может не соответствовать расположению колонн. На рис. 1.1 каждая третья балка лежит на оси колонны. На рис. 1.2 оси балок не совпадают с осями колонн. Благодаря этому рядом с колоннами остается пространство для вертикальных шахт оборудования.

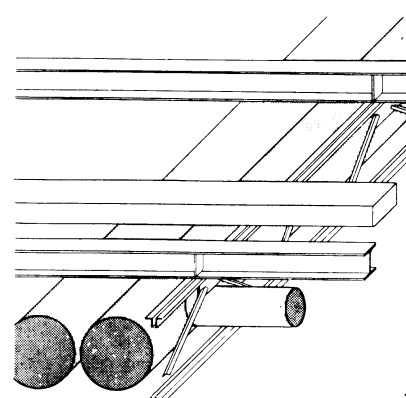
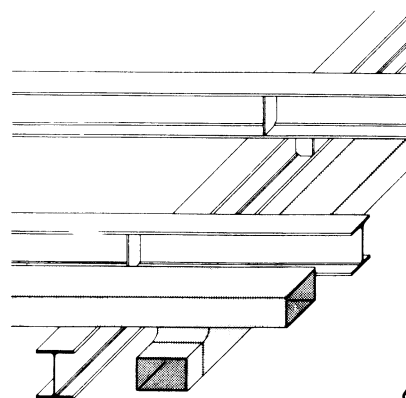
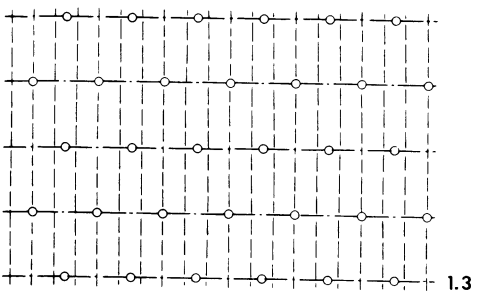
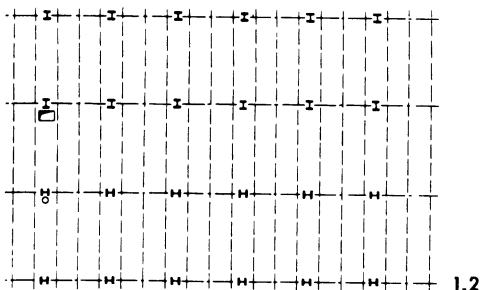
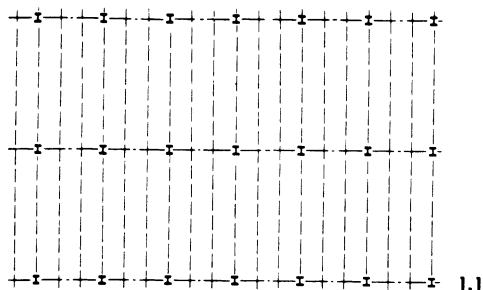
Колонны могут размещаться любым способом. Это дает большую свободу в расстановке колонн. Треугольная сетка колонн показана на рис. 1.3. Балки обоих направлений могут быть изготовлены в виде балок со сплошной стенкой, перфорированных балок или ферм. Они могут лежать друг на друге или быть врезанными друг в друга. Вид и расположение балок обоих видов зависят от высоты перекрытия и размещаемых инженерных коммуникаций (см. также с. 285).



2 и 3 Балки перекрытия и прогоны, лежащие в одном уровне, имеют малую конструктивную высоту. Технические магистрали могут быть проведены сквозь стенки балок, особенно перфорированных.

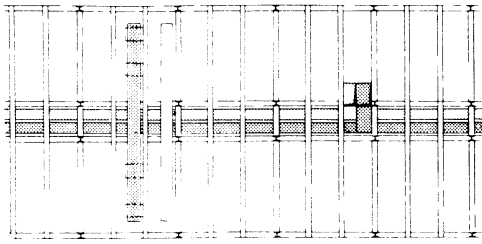


4 и 5 Решетчатые фермы особенно удобны для прокладки оборудования, однако величина треугольных полей ограничивает поперечное сечение проводок (см. таблицу на с. 288).

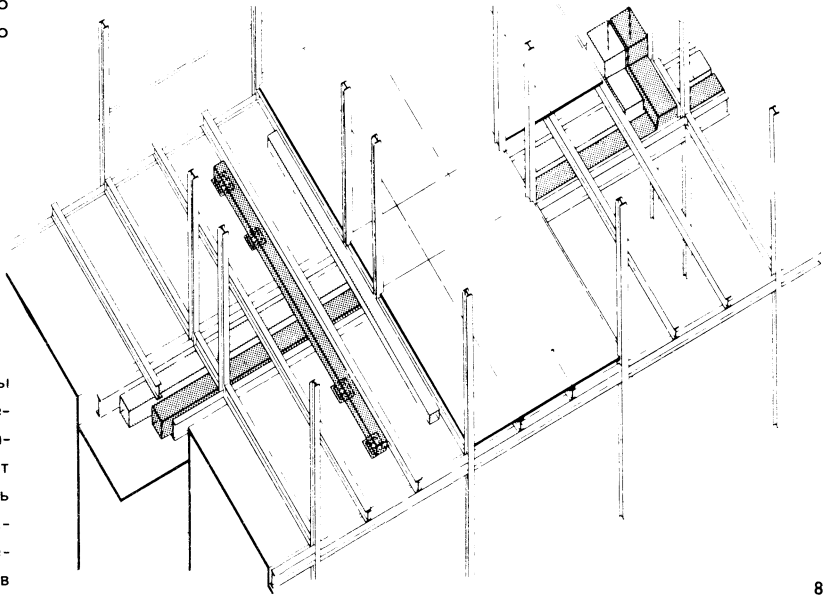


6 и 7 Балки, лежащие друг на друге в разных уровнях, требуют большой строительной высоты для образования балочной клетки, но благодаря этому создается пространство для размещения технического оборудования и инженерных коммуникаций с большим поперечным сечением. В этом случае технические магистрали, как и балки, разводятся в двух уровнях. Для стальных конструкций эта система дает экономичное решение и ускорение монтажа.

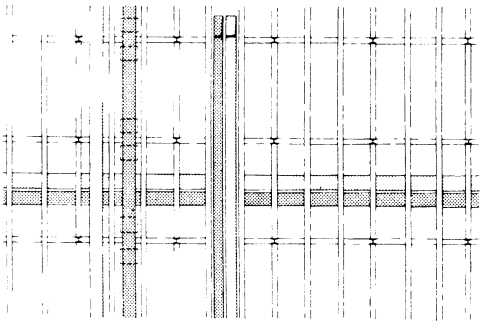
Система с лежащими в разных уровнях балками особенно пригодна для сооружений с высокой степенью технического оснащения.



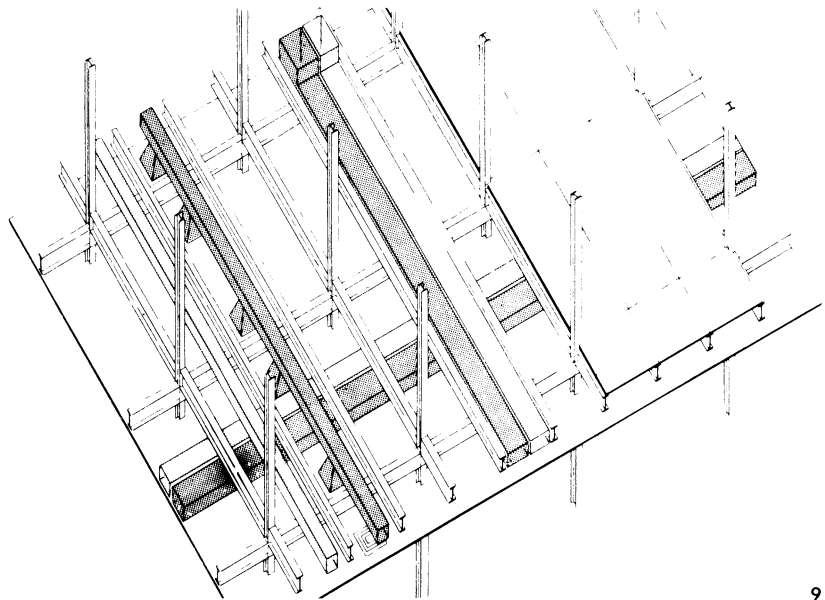
8 В здании, разделенном коридором, в коридоре проложены главные магистрали в уровне прогонов под балками перекрытия. Потолок в коридоре подвешен под прогонами. Магистрали проходят рядом с балками перекрытия и могут пересекать поперек все здание. Отводки проходят в щель в стене коридора, которая остается между прогонами и плитами перекрытия. Потолки в помещениях подвешены непосредственно под балками перекрытия, т. е. выше, чем в коридоре.



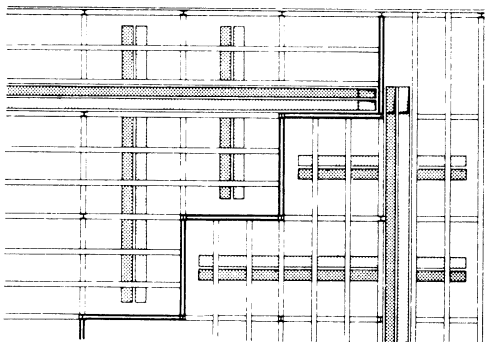
8



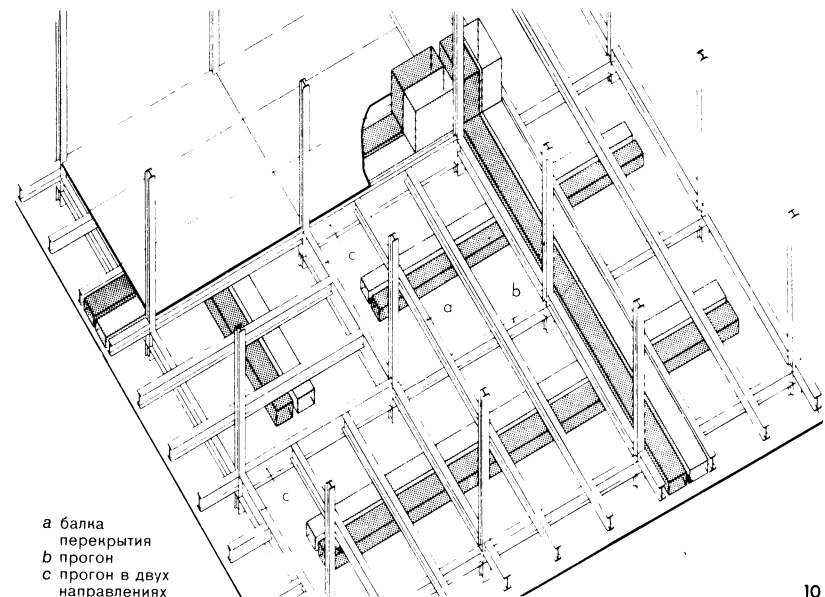
9 В здании, имеющем центральные шахты кондиционирования, горизонтальные основные магистрали можно проложить, например, в верхней плоскости балок перекрытия, главные разводящие магистрали — в нижней плоскости прогонов и конечные разводящие магистрали — также в верхней плоскости балок перекрытия.



9

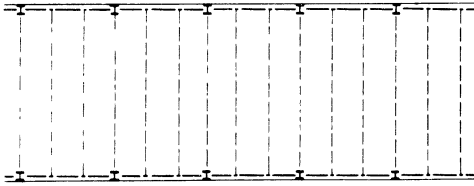


10 При расположении вертикальных шахт оборудования в углу здания рационально изменять направление балок около шахт для удобства прокладки магистралей в перпендикулярном направлении.

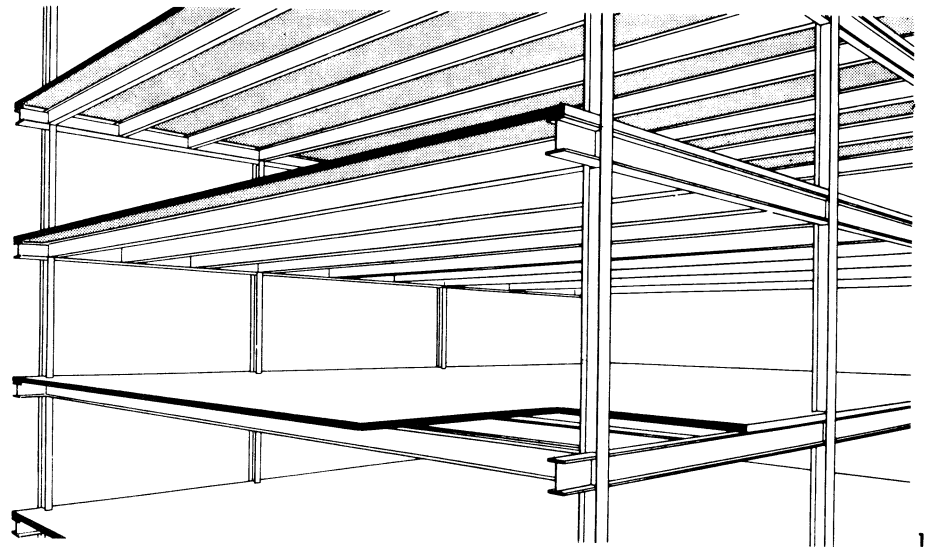


a балка перекрытия
b прогон
c прогон в двух направлениях

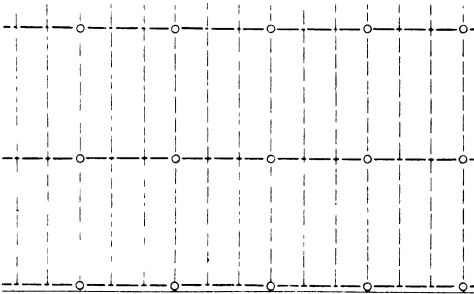
10



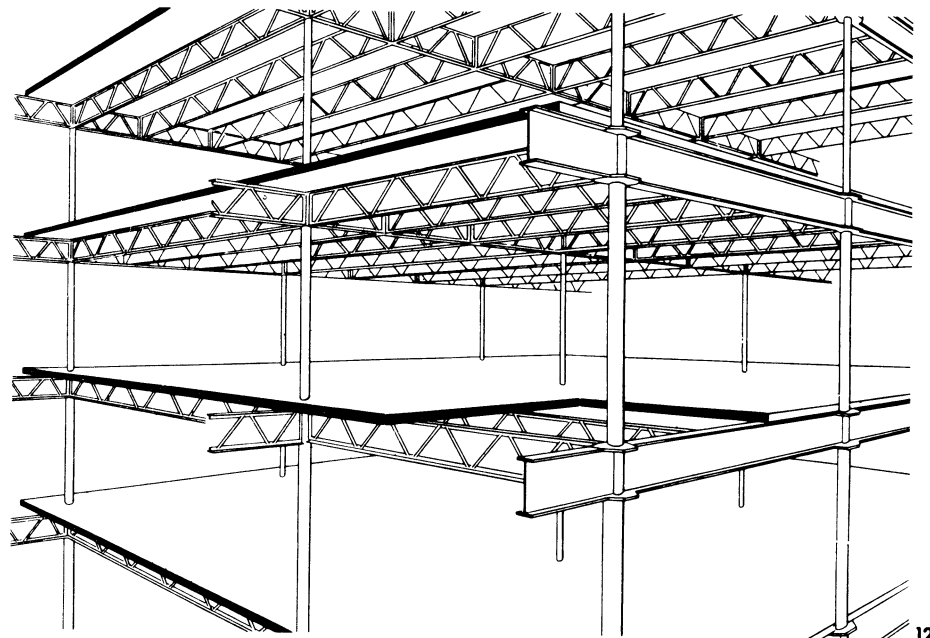
11 Здание имеет только наружные колонны, расположенные с большим шагом. Между ними уложены прогоны вдоль здания. Балки перекрытия проходят через всю ширину здания. Внутри здание свободно от колонн, возможна произвольная расстановка перегородок.



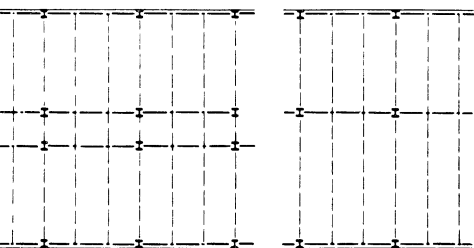
11



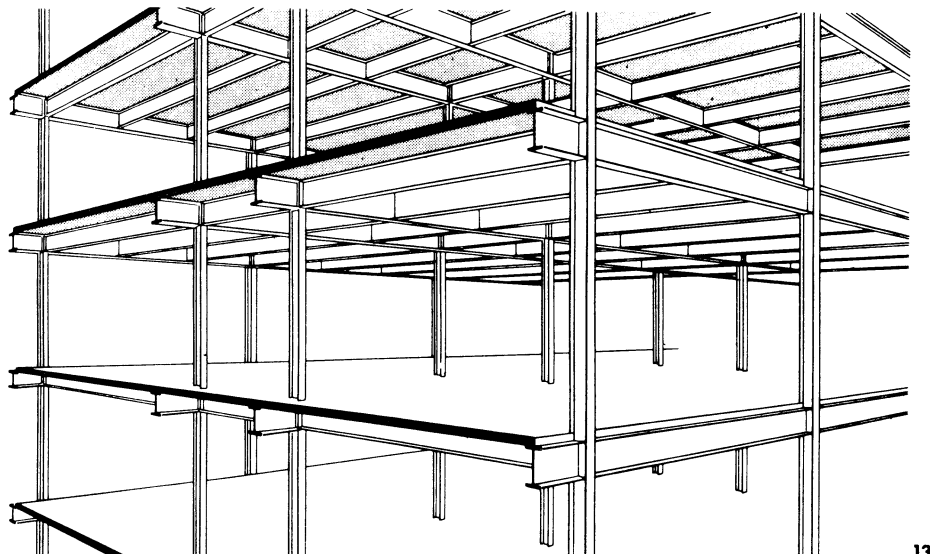
12 Здание имеет несколько рядов наружных и внутренних колонн, расположенных с большим шагом. Между наружными колоннами проходят прогоны со сплошной стенкой, между внутренними — решетчатые балки. Балки перекрытия равны по высоте фермам и лежат между прогонами. — Среднее техническое учебное заведение в Бругг-Виндише (Швейцария). Архитекторы: Б. и Ф. Халлер.



12

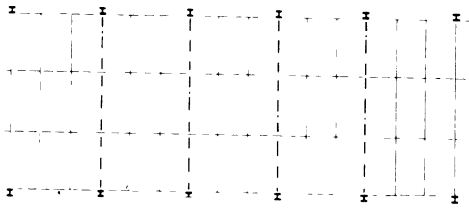


13 Широкие здания могут иметь четыре ряда колонн. Оба внутренних ряда колонн стоят с обеих сторон коридора или один ряд внутренних колонн с одной стороны коридора, но в этом случае появляются неравные пролеты балок перекрытия.



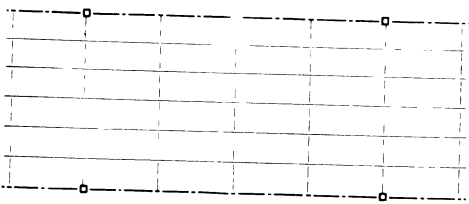
13

В большепролетных помещениях может потребоваться опирание прогонов на главные балки, так что появляются три системы балок. Главные балки выполняются как балки со сплошными стенками или фермы.

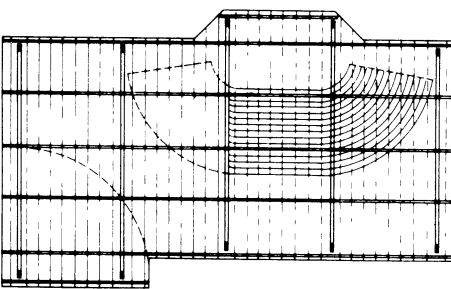


1 Три системы балок лежат в большепролетной конструкции перекрытия друг над другом, так что главная балка не воспринимает непосредственных нагрузок от перекрытия.

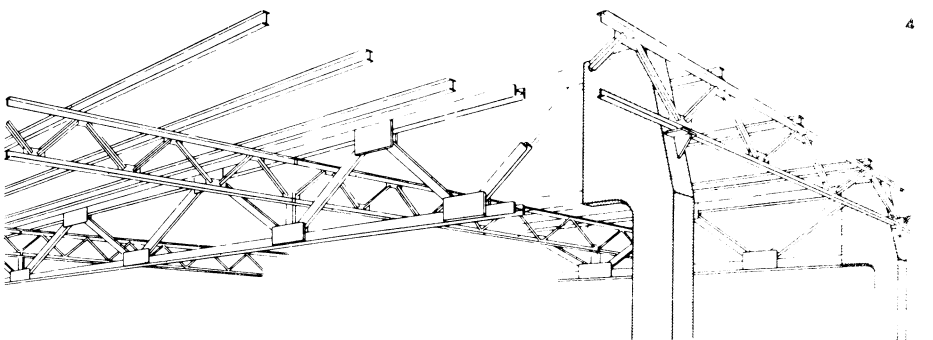
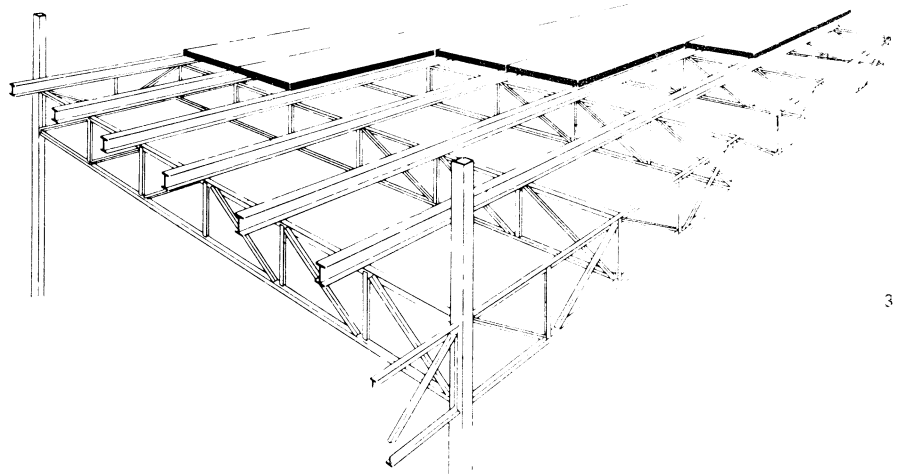
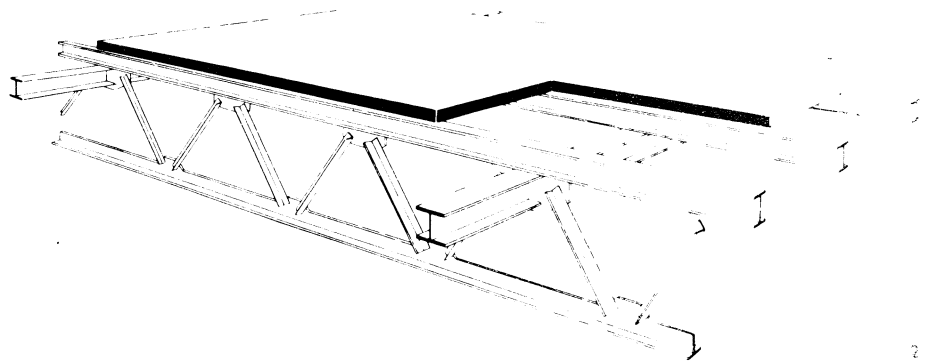
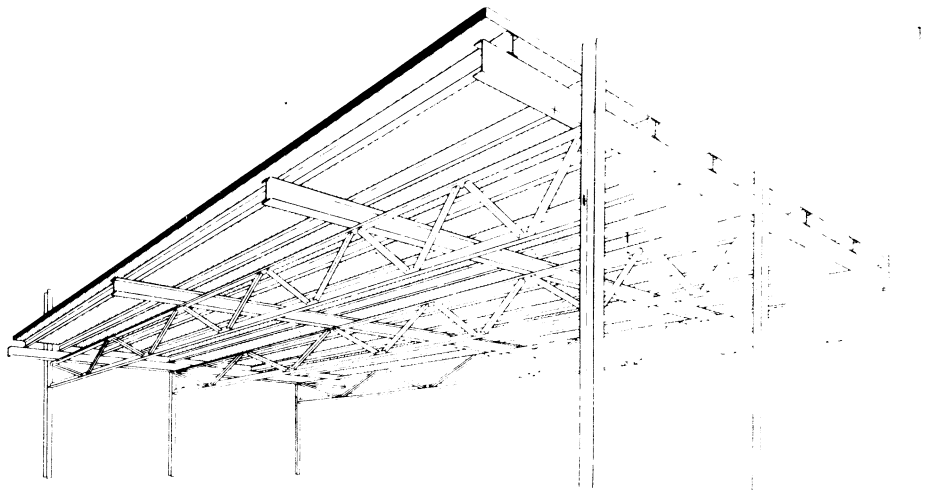
2 Верхний пояс главной фермы лежит в одной плоскости с балками перекрытия и таким образом воспринимает изгибающие напряжения дополнительно к осевым усилиям верхнего пояса.



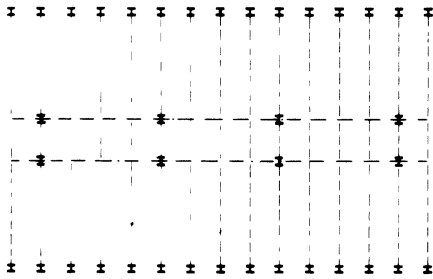
3 Балки перекрытия лежат над вертикальными сплошными стержнями прогона. Конструкция предназначена для большепролетных перекрытий с высокими нагрузками.



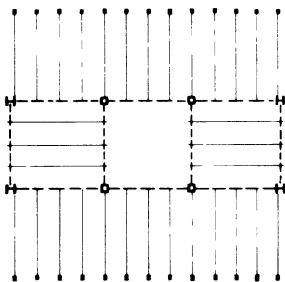
4 Главные балки-фермы образуют с тяжелыми колоннами зала жесткие рамы. Решетчатые прогоны и балки покрытия — унифицированные элементы строительной системы. — Университет в Западном Берлине. Архитекторы: Кандилис, Иозик, Вудс.



Комбинация представленных на предыдущих страницах различных форм планов часто приводит к полезным решениям. Часто расположенные наружные колонны позволяют экономить площадь помещения и устанавливать перегородки в любых осях балок перекрытия. Внутренние колонны имеют часто больший шаг. Нагрузка от балок перекрытий передается на колонны через прогоны.

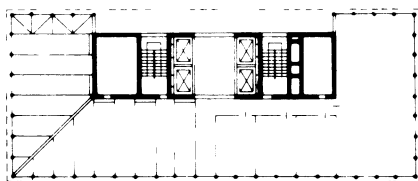


1 В трехпролетном здании большой шаг внутренних колонн позволяет организовать как большие помещения, так и деление на коридоры и маленькие помещения с перегородками в осях наружных колонн. — Новое институтское здание для ветеринарно-медицинского факультета университета в Западном Берлине. Архитекторы: д-р Люкхардт, Вандельт.

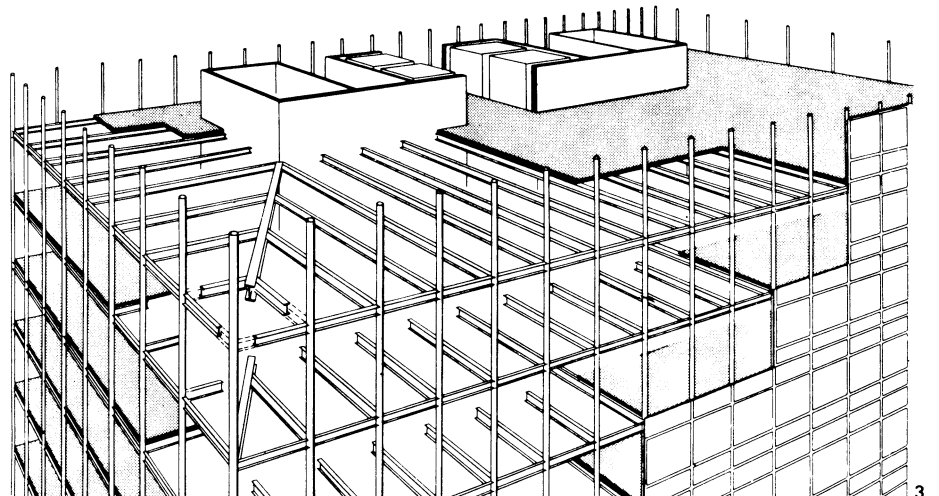
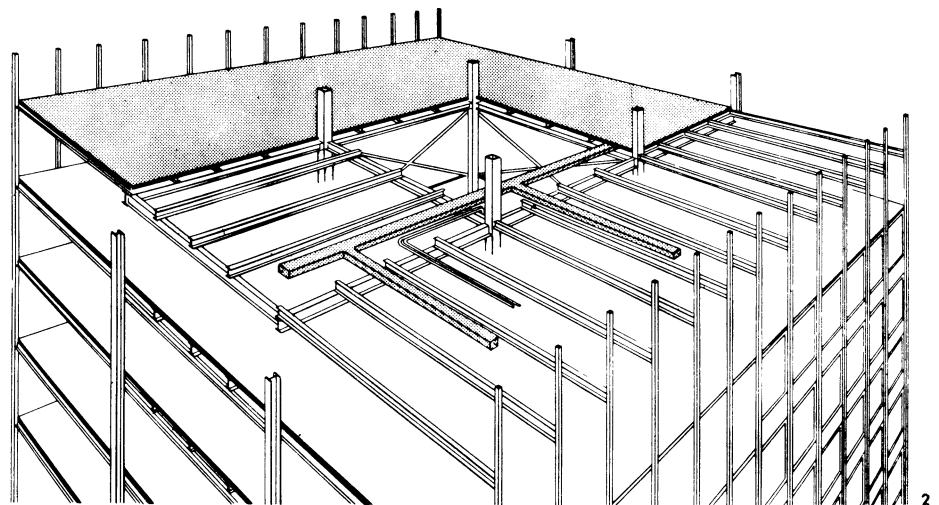
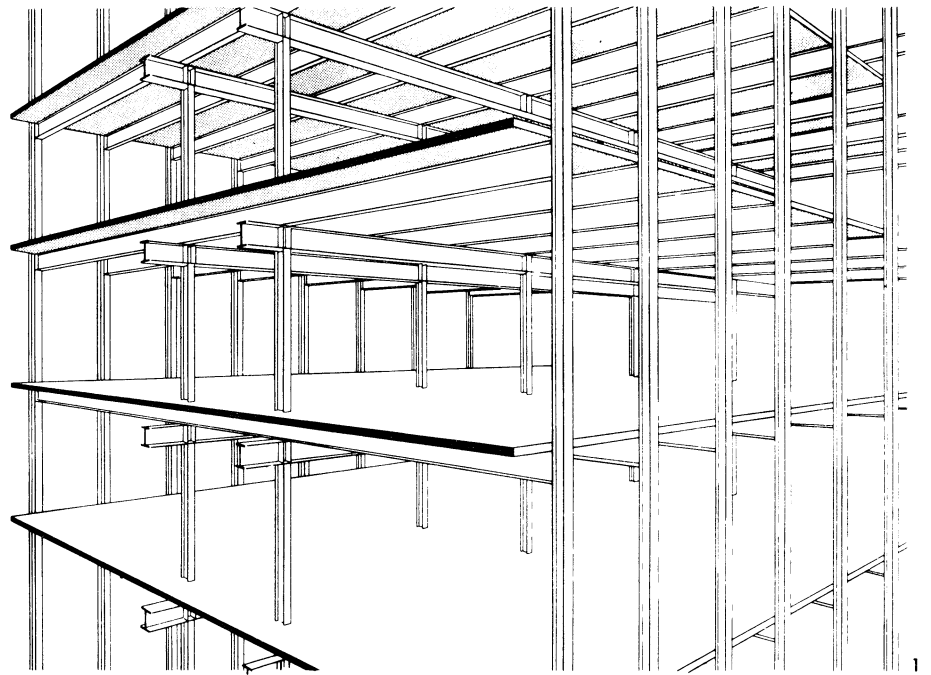


2 Для здания 100-м высоты с пролетом балок 7,2 м запроектированы наружные колонны с шагом 1,8 м и поперечным сечением 16 X 16 см. Торцовые стены имеют только по две несущие колонны.

Если наружные колонны должны быть видимы на фасадах, то наружная стена должна быть поставлена между ними. Для того чтобы фасады были одинаковыми, требуется устройство декоративных колонн в торцовых стенах.

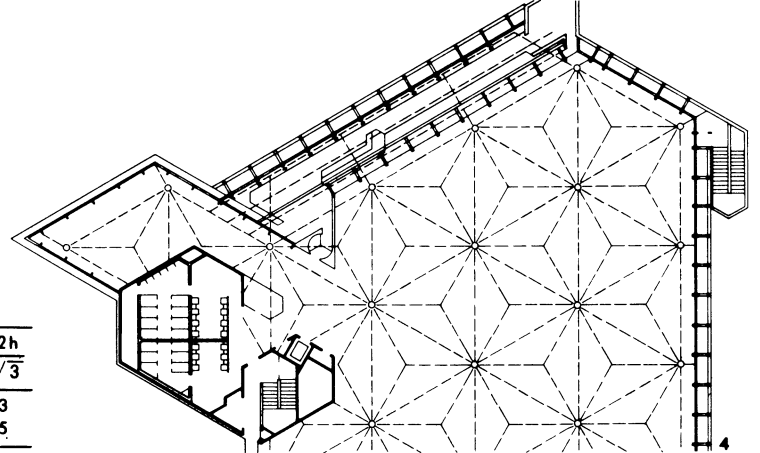
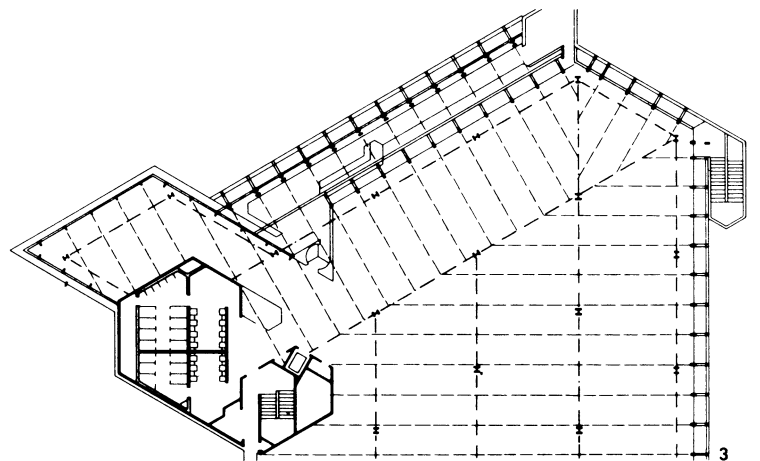
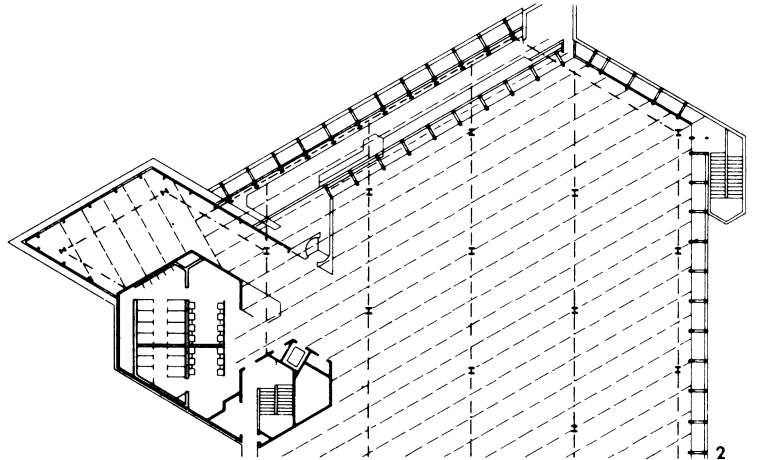
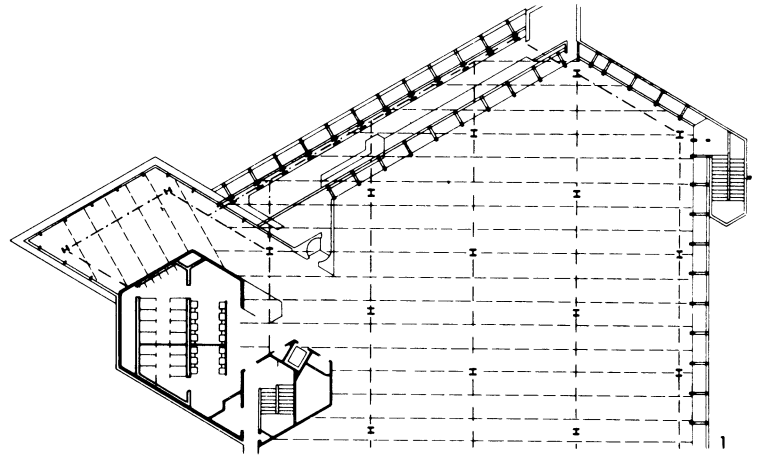


3 Высотный дом с внецентренно расположенным железобетонным ядром жесткости. Балки перекрытия лежат в одном уровне и прикреплены к тяжелым



диагональным прогонам, проходящим между ядром жесткости и углами здания. Колонны переднего и торцовых фасадов несущие, колонны задней стороны несут только ограждающую конструкцию стены. — Административное здание акционерного общества фирмы «Маннесман» в Дюссельдорфе. Архитекторы: Шнейдер-Эслбен и Кнотхе.

При треугольной сетке колонн поля перекрытий очень сильно дробятся, что создает слишком малые пролеты для плит перекрытий. Как примеры показаны четыре варианта раскладки балок в административном здании гамбургского мужского общежития Акционерного общества страхования (Гамбург, Северный район). Архитекторы: Шпенгелин и Лёве.

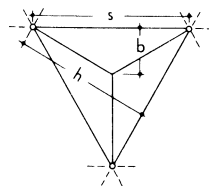


1 Весь план решен на прямоугольной сетке колонн. Поэтому у наружных стен, идущих под косым углом к сетке колонн, получаются сложные примыкания перекрытий. Таким образом, схема перекрытия находится в противоречии с формой плана.

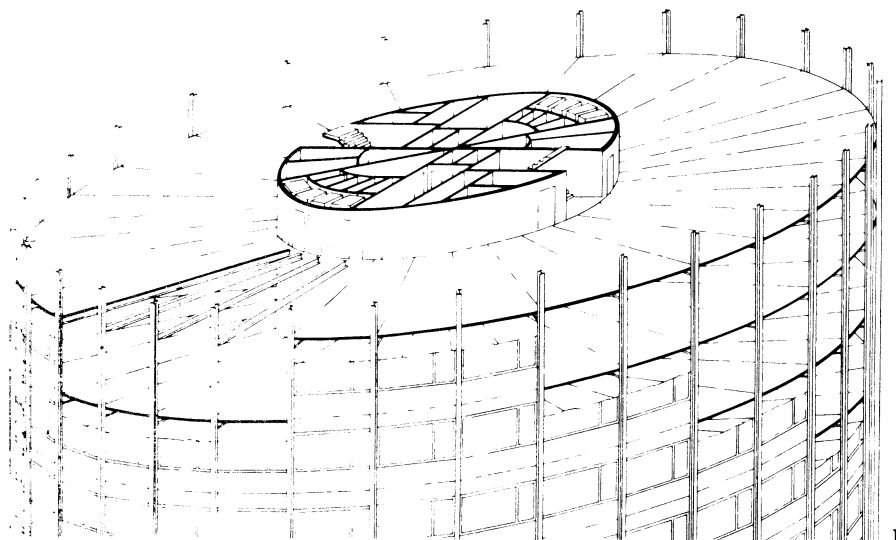
2 Прогоны и балки перекрытия лежат под углом 60° друг к другу. Балки перекрытия имеют больший пролет, чем в примере 1, и нуждаются, следовательно, в более высоком сечении. К наружным стенам балки перекрытия подходят либо параллельно краю здания, либо под углом 60°.

3 Осуществленное решение. Балки перекрытий направлены перпендикулярно наружным стенам. Их сетка определяет шаг колонн наружных стен. Наружные стены прикреплены на болтах к стенкам балок.

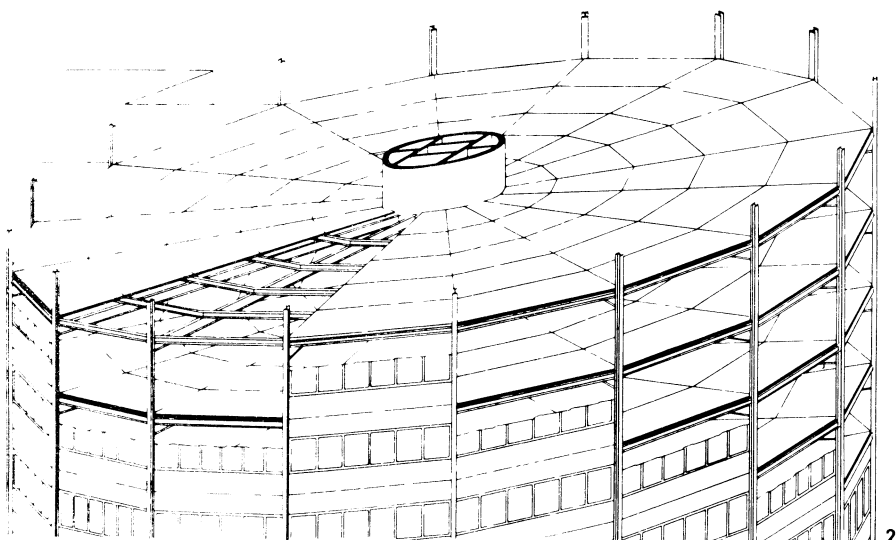
4 Стальная конструкция перекрытия на треугольной сетке с расположением балок под углом 30°. Размеры треугольников незначительны, так что плиты перекрытия имеют небольшой пролет. К каждой колонне трубчатого сечения примыкает 12 балок. Это решение очень дорогое и принимается только по архитектурным соображениям для конструкций с открытой сеткой балок, образующей на потолке звездчатый узор.



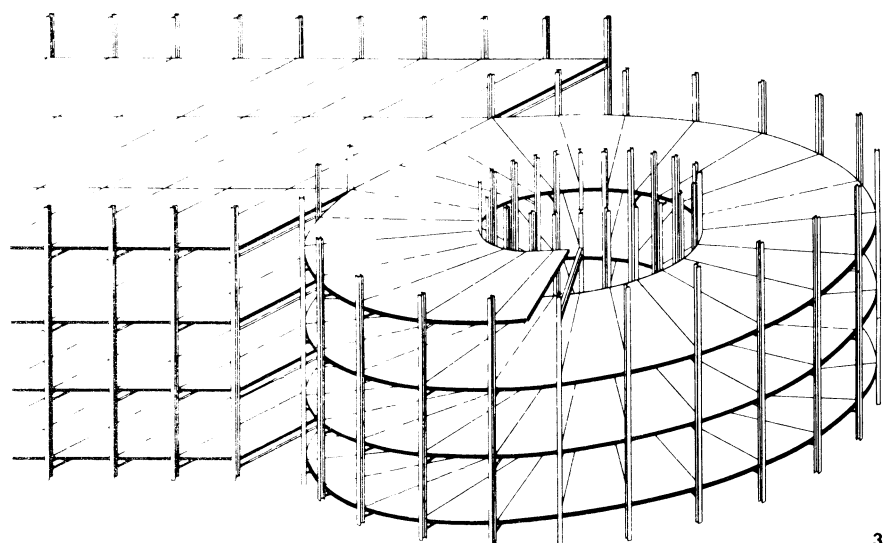
b	h = 3b	s = $\frac{2h}{\sqrt{3}}$
2,4	7,2	8,3
3,6	10,8	12,5



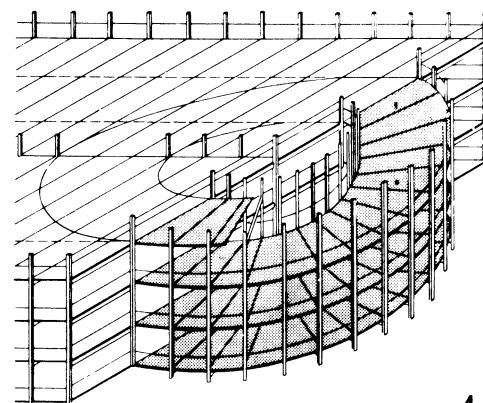
1 Здания с круглым планом при небольшом расстоянии между ядром жесткости и наружной стеной имеют радиальные балки перекрытия, которые одним концом примыкают к наружным колоннам, а внутри опираются на железобетонное ядро жесткости. Это самое экономичное решение.



2 При больших диаметрах зданий с круглым планом необходимы дополнительные кольцевые балки, которые опираются на радиальные балки, используемые в качестве прогонов.



3 и 4 Особой формой круглого сооружения являются въездные винтовые пандусы для гаражей с половинным (рис. 3) или полным (рис. 4) поворотом на этаж. Все радиальные балки перекрытия пандуса опираются непосредственно на колонны снаружи и внутри пандуса. Поля перекрытия составляют части одной винтовой поверхности и могут быть выполнены из стандартных железобетонных плит, так как все элементы перекрытия могут быть одинаковыми, а потому для них необходима только одна форма.



При проектировании здания большое значение имеет не только выбор шага наружных колонн, но и расположение их относительно наружных стен.

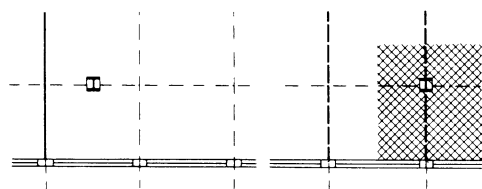
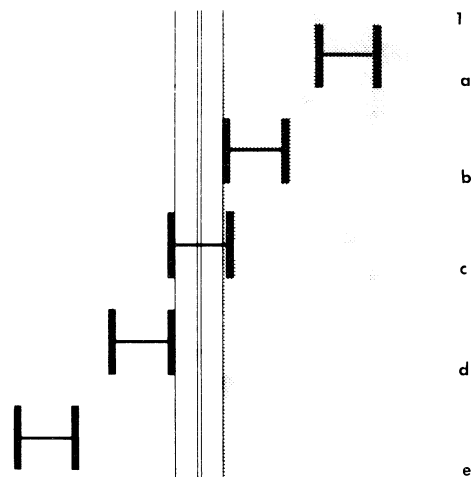
1 Если колонны с определенным шагом стоят вне стены здания — внутри (а) или снаружи (е), то это не оказывает влияния на членение наружных стен. Однако форма и конструкция наружных стен зависят от расположения наружных колонн — колонны непосредственно примыкают к стене изнутри (б) или снаружи (д) или полностью сливаются с ней (с).

Если наружные колонны не имеют теплоизоляции, то возможно их удлинение

вследствие действия солнечных лучей и температурных изменений, которые учитываются в конструкциях наружных и внутренних стен во избежание повреждений здания.

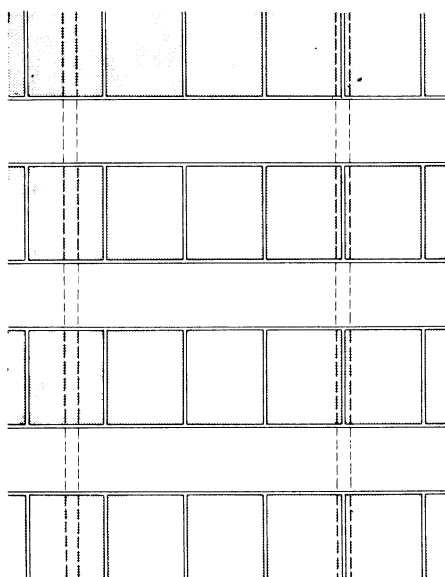
Кроме того, в этом случае могут появиться тепловые мостики с переохлаждением внутренних поверхностей колонн и образованием конденсата.

В многоэтажных зданиях для колонн (а) и (б) обычно требуется высокая огнестойкость. Однако для лежащих снаружи частей колонн (с), так же как для колонн (д) и (е), во многих зданиях не требуется

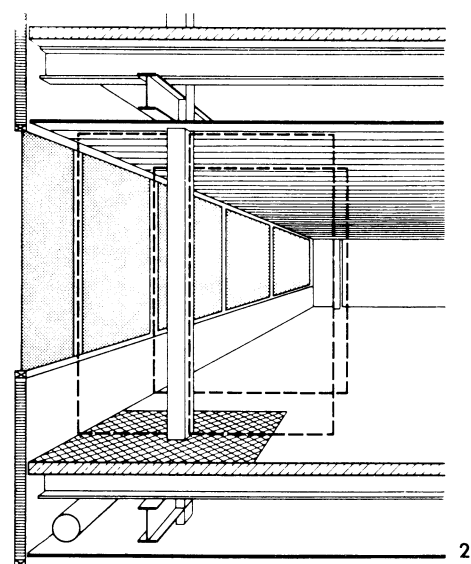


покрытие огнезащитным слоем. В этих случаях архитектор имеет возможность использовать стальные колонны как элемент оформления фасада.

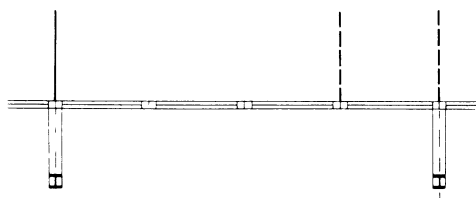
2 Колонны расположены внутри помещения на некотором расстоянии от наружной стены. При этом наружная стена полностью независима от несущей конструкции. Разбивка окон может быть выполнена и без учета расположения колонн. Окна могут быть одинаковой ширины с равномерно стоящими импостами. К любому из них может быть присоединена перегородка. Между наружной стеной и колонной могут быть проведены вертикальные или горизонтальные разводки в зоне междуэтажного перекрытия, часто это особенно удобно для размещения кондиционерных установок. При установ-



ке перегородок по оси колонн потребуются специальные элементы перегородок и крепежные детали. Этого можно избежать, если наружные колонны располагать между оконными импостами. В этом случае остекление должно включать глухие

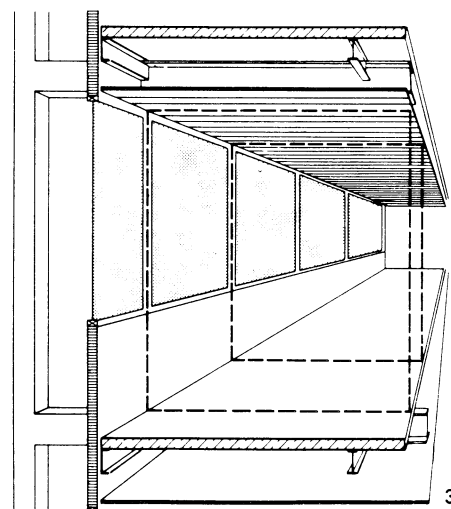
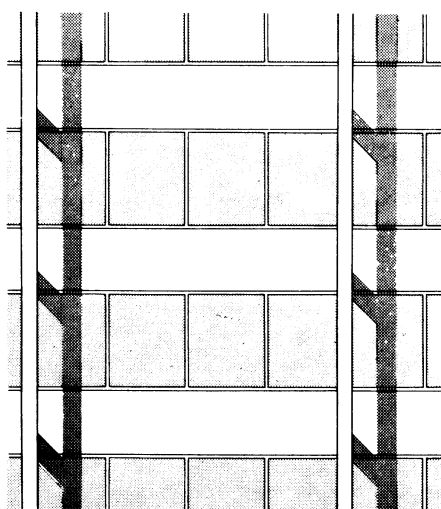


поля, закрывающие колонны. Недостаток этого решения состоит в том, что колонны, стоящие позади окон, сокращают полезную площадь этажей. Неиспользуемая площадь (заштрихована) значительно больше, чем поперечное сечение колонны.



Такое решение особенно неудачно для небольших помещений, эксплуатация которых вследствие подобной расстановки колонн значительно ухудшается.

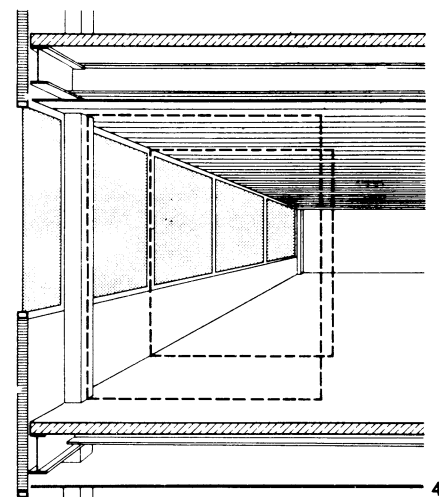
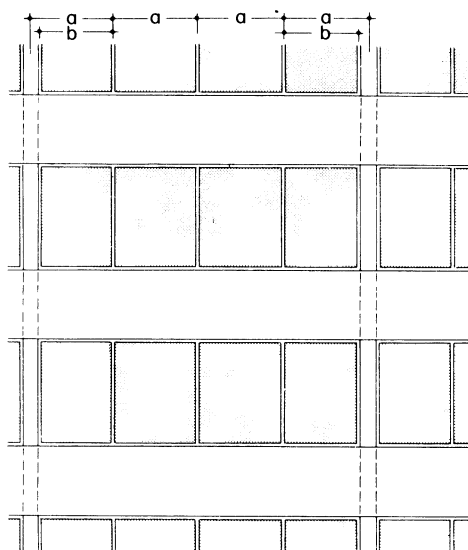
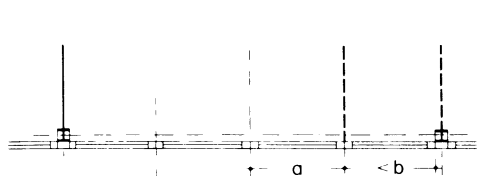
3 Стоящие перед зданием колонны соединены с ним выступающими из здания прогонами. Такая схема допускает любое расположение колонн независимо от делений фасада и расположения помещений.



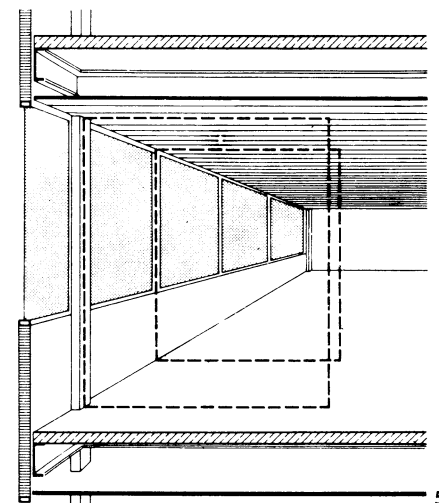
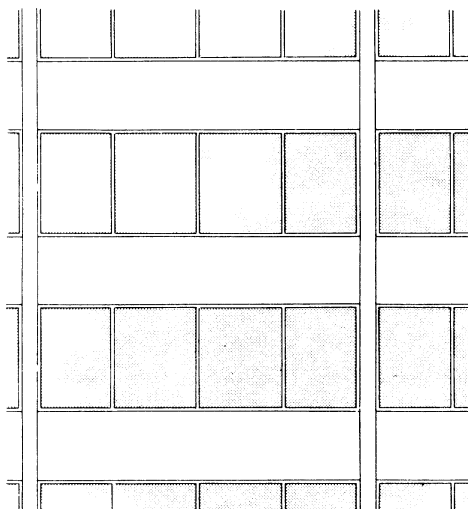
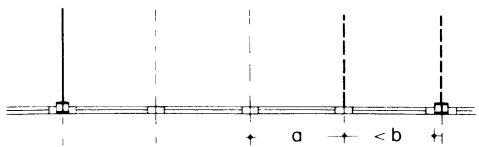
Расположенные с большим шагом наружные колонны, имеющие непосредственный контакт с наружной стеной, вследствие своих больших поперечных сечений шире,

чем стойки наружной стены с частым шагом. Если оси окон должны иметь одинаковый шаг (а), то получаются зауженные окна по обеим сторонам (b). Одинаковая шири-

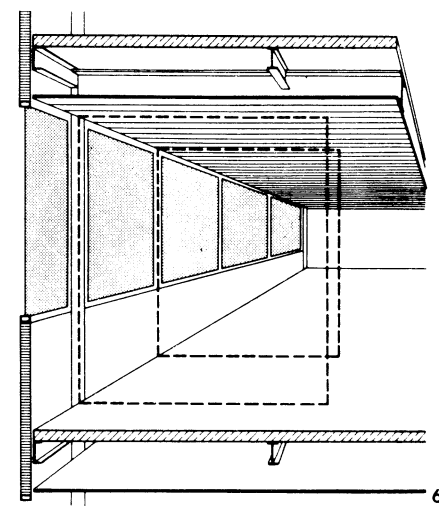
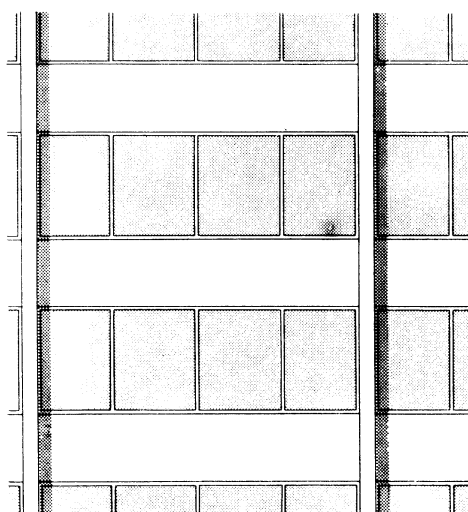
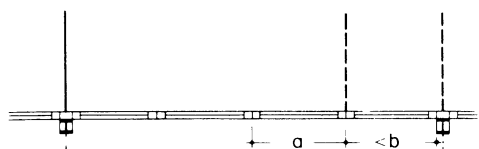
на окон вызывает сбивку импостов по фасаду. Возможны три варианта размещения колонн относительно наружной стены.



4 Колонны стоят за наружной стеной и, следовательно, не соприкасаются с наружным воздухом. Поэтому при расположении перегородок около колонн потребуются иные элементы, чем в перегородках, примыкающих к оконным импостам.



5 Колонны расположены в плоскости наружной стены и видимы на фасаде, но не имеют четкого профиля. Если колонна стоит заподлицо с внутренней стороной фасада, то в местах примыкания перегородок к колоннам не требуется специальных элементов.



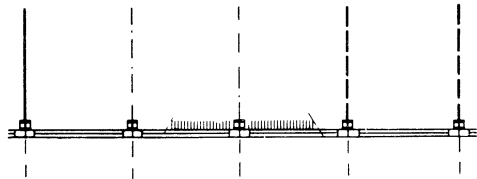
6 Стоящие перед наружной стеной колонны придают сильное вертикальное членение наружной стене. Перегородки во всех оконных осях имеют одинаковое примыкание.

Часто расположенные наружные колонны дают экономию в материале для несущих конструкций. Их шаг 1,5—3 м соответствует обычному размеру переплетов. Колонны воспринимают незначительные нагрузки и имеют небольшое поперечное сечение.

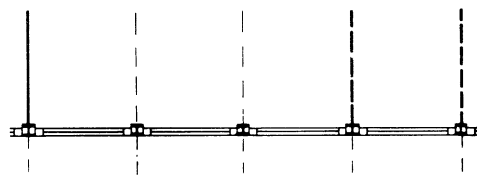
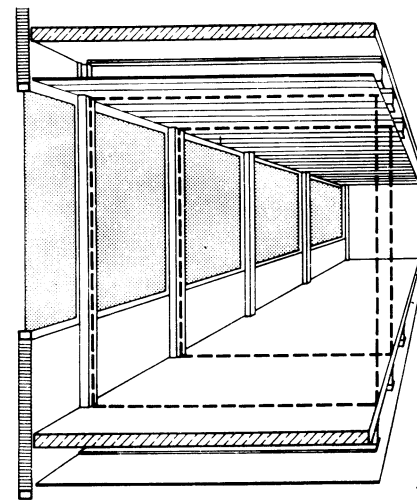
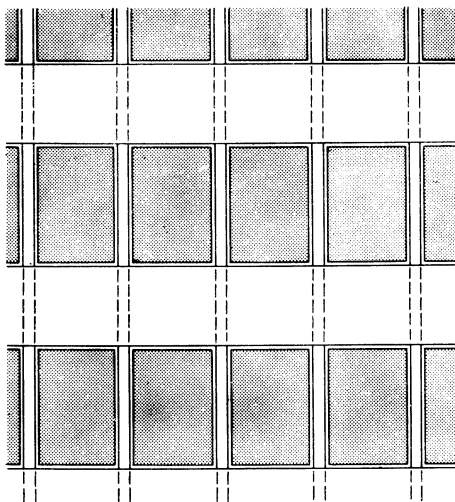
Их ширина соответствует обычной ширине стоек навесных наружных стен.

Наружные колонны могут быть использованы непосредственно для крепления наружных стен. Все элементы наружных стен могут быть одинаковыми. Кроме того,

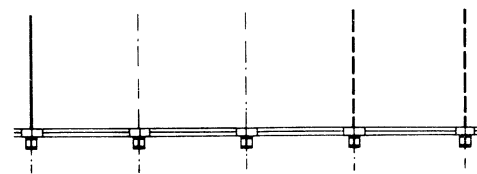
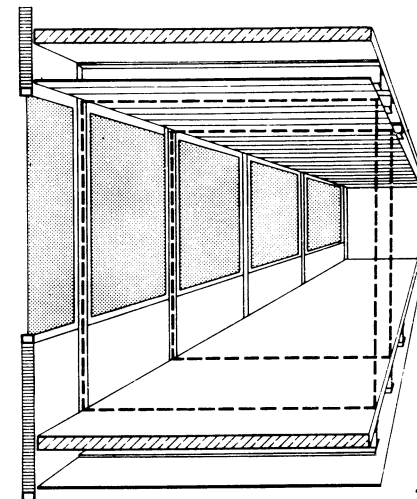
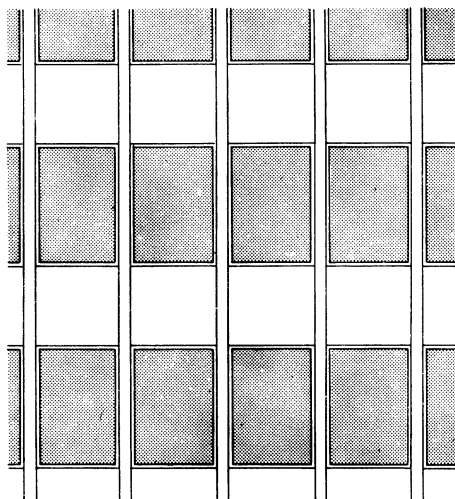
при этом обеспечиваются одинаковые условия для примыкания перегородок. Возможны следующие варианты расположения колонн относительно наружной стены:



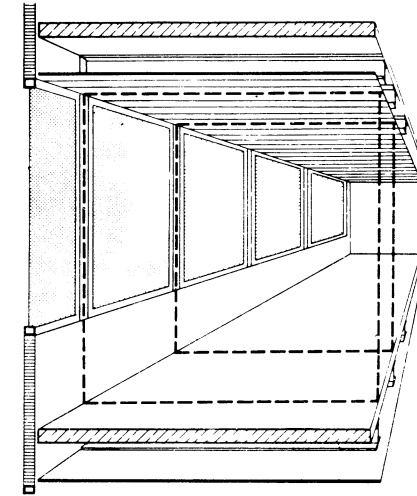
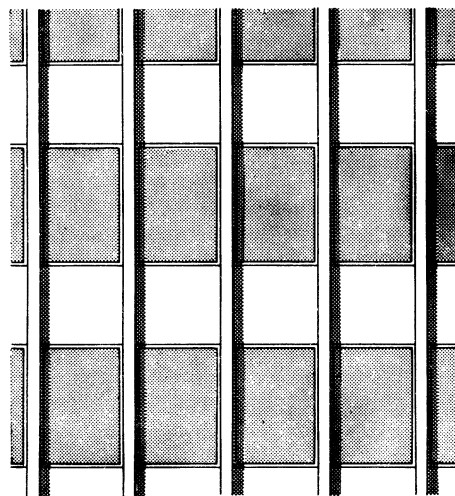
1 Колонны стоят за наружной стеной. Они не подвержены влиянию наружных температур и выступают в помещение не больше, чем, например, радиаторы.



2 Колонны расположены в плоскости наружной стены. В большинстве случаев требуется противопожарная облицовка их с внутренней стороны. С боков они защищены наружными стенами.



3 Колонны, стоящие перед наружной стеной, являются существенными архитектурными элементами. Если необходима противопожарная облицовка, то наружная стена практически охватывает колонны. Колонны, которые остаются необлицованными, составляют часть наружной стены.



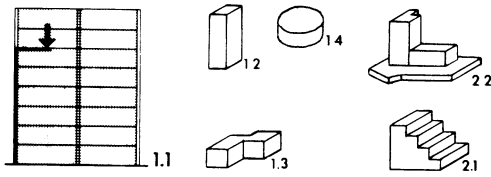
Современные конструкции, особенно из стали, дают возможность осуществить любую проектную идею. Границы этих возможностей определяются экономическими соображениями. Нагрузки от несущего перекрытия передаются на грунт вертикальными элементами — колоннами. Расстояния между опорами соответствуют пролетам горизонтальной несущей системы. Конструкция перекрытия может быть опер-

та на колонну или консольно выступать за нее.

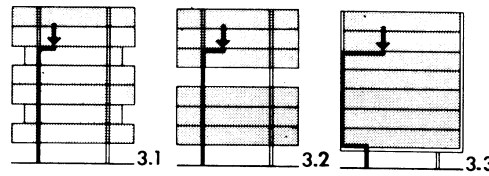
Если опоры расположенных друг над другом плоскостей перекрытий лежат точно по одной вертикали, то появляются вертикальные линии колонн. Отклоненные от вертикали колонны возможны, однако в этом случае они нуждаются в горизонтальной опоре.

Сжатая колонна передает нагрузку не-

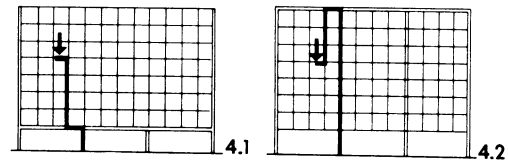
посредственно на грунт. Если опоры не стоят друг под другом, то для передачи нагрузки на колонны служит дополнительная горизонтальная несущая система. Растянутые колонны присоединяются к горизонтальной несущей системе. Горизонтальные балки могут воспринимать нагрузку одного этажа, группы этажей или всех этажей здания. Отсюда получаются следующие основные формы:



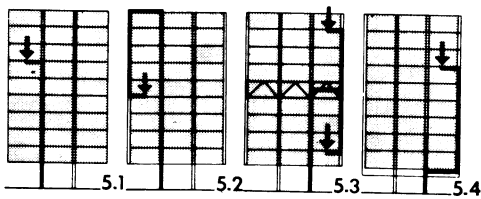
1 и 2 Колонны идут сквозь все этажи друг над другом. Нагрузка на грунт передается кратчайшим путем. Этажи имеют одинаковые (1) или разные (2) планы. Сооружения состоят из прямоугольных или цилиндрических блоков.



3 Наружная стена может отступать от общей плоскости фасада в некоторых этажах (3.1), а в других этажах может вообще отсутствовать (3.2); несущая же конструкция имеет такую же форму передачи усилий, как на рис. 1. Если наружные колонны в первом этаже расположены за наружной стеной, то их усилия должны быть переданы через горизонтальную несущую систему (3.3).



4 Частое расположение наружных колонн в верхних этажах и редкое в первом этаже требует устройства мощных распределяющих балок (4.1). Если распределяющие балки лежат наверху, то второстепенные колонны испытывают растягивающие усилия (4.2).



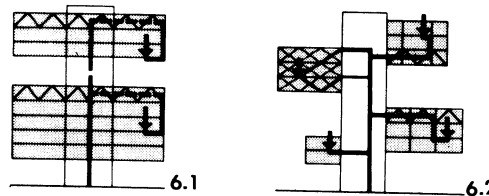
5 Нагрузки передаются только через внутреннюю вертикальную несущую систему (ядро жесткости из стальных колонн или железобетонных стен). Первый этаж в этом случае свободен от колонн. Нагрузка от этажей передается на ядро жесткости следующим образом:

5.1 поэтажно по выступающим из каждого перекрытия консольным балкам;

5.2 через подвески к консольной балке над верхним этажом на ядро жесткости (висячие дома);

5.3 через жесткие консольные балки в середине высоты здания. Нижележащие этажи подвешены к этим балкам, вышележащие этажи устанавливаются на них;

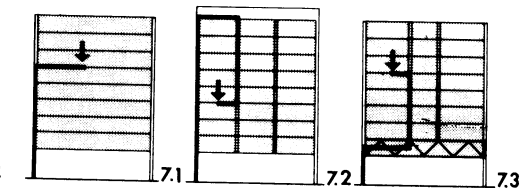
5.4 через жесткие консольные балки над первым этажом здания.



6 Несущее ядро жесткости здания является основным несущим элементом сооружения. Здание имеет несколько консольных балок с подвешенными к ним или установленными на них группами этажей. Допустимы консольные фермы с высотой в несколько этажей.

6.1 Консольные балки выступают симметрично с обеих сторон ядра жесткости.

6.2 Консольные группы этажей расположены асимметрично к ядру жесткости. При этом ядро воспринимает очень большой изгибающий момент.

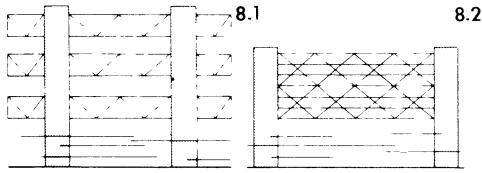


7 Первый этаж свободен от внутренних колонн, нагрузки передаются по наружным колоннам в грунт. Имеются следующие решения:

7.1 все балки перекрытия имеют большой пролет;

7.2 внутренние колонны подвешены к расположенным наверху жестким балкам (рамные дома);

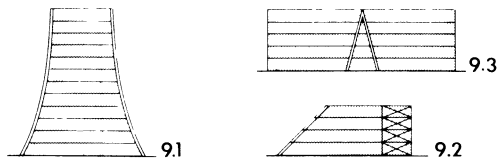
7.3. внутренние колонны стоят на балке высотой в этаж, расположенной над первым этажом.



8 Нагрузки от здания передаются на далеко поставленные друг от друга опоры (дома с мостовыми конструкциями).

8.1 Два междуэтажных перекрытия соединены балками, имеющими высоту этажа. Этажи между ними свободны от колонн.

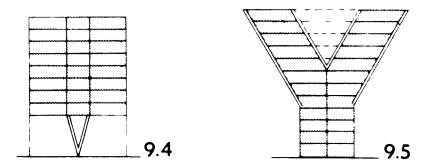
8.2 Здание в виде большепролетной мостовой несущей конструкции; несущая ферма на всю высоту здания.



9 Наклонные колонны передают горизонтальные усилия на каркас. Горизонтальные усилия тем больше, чем сильнее отклоняются колонны от вертикали.

9.1 В зданиях с симметричными планами горизонтальные усилия от нагрузки взаимно погашаются.

9.2 В несимметричных сооружениях требуется мощная несущая конструкция для восприятия горизонтальных усилий.



9.3 Парные наклонные колонны эффективно увеличивают жесткость здания против ветровых усилий.

9.4 V-образные колонны также хорошо сопротивляются горизонтальным усилиям.

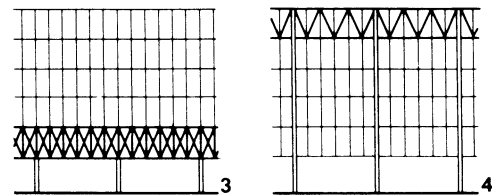
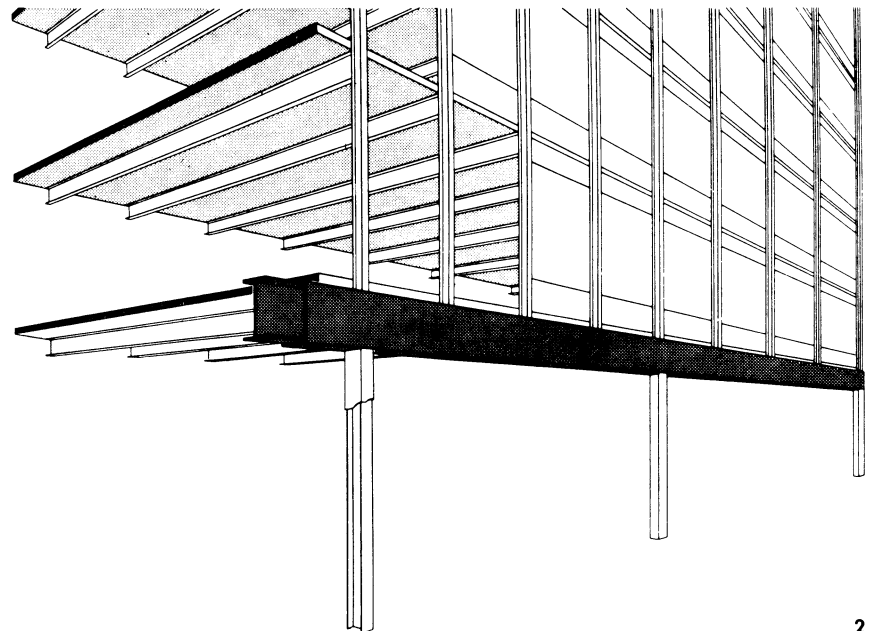
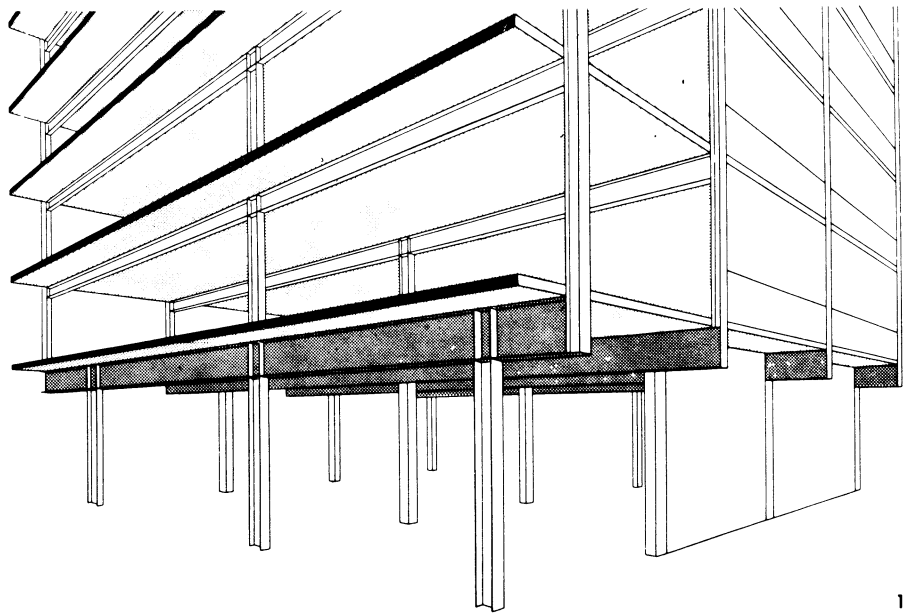
9.5 В воронкообразных зданиях с наклонными колоннами создаются значительные горизонтальные силы, которые при симметричном сооружении могут быть частично восприняты мощными затяжками.

Восприятие нагрузок колоннами

Нижние этажи здания часто имеют иное назначение, чем вышележащие зоны, и иное расположение колонн. Формальные соображения, иногда вызывающие отделение массивного корпуса от земли, также могут потребовать этого. В этих случаях нагрузки от колонн рядовых этажей передаются через опорные балки. Эта задача сравнительно легко решается при применении стальных конструкций с незначительной строительной высотой перекрытия. Если второстепенные балки использовать как элементы оформления, то можно сделать наглядным весь путь усилий.

1 Первый этаж отступает вглубь. Колонны, которые в верхних этажах стоят у наружной стены, в нижнем этаже опираются на тяжелую опорную балку, которая часто проходит поперек всего здания.

2 Наружные колонны расположены в верхних этажах часто, в первом этаже — с большим шагом. Нагрузки часто поставленных наружных колонн передаются через продольные опорные балки тяжелым колоннам первого этажа. В большинстве случаев опорные балки лежат по нижнему краю здания. Это тяжелые стальные балки со сплошной стенкой.



3 Подпорные балки могут быть выполнены также в виде ферм высотой в этаж (как правило, в технических этажах).

4 Если опорные балки высотой в этаж могут быть расположены только в верхних этажах, то вспомогательные колонны превращаются в подвески, а главные колонны, идущие до земли, передают вниз все нагрузки.

1

2

В зданиях с внутренними колоннами и далеко выступающими в виде консолей междуэтажными перекрытиями возможно любое оформление наружных стен и расположение перегородок. Все же следует обратить внимание на прогиб междуэтажных перекрытий и на возникающие вследствие этого деформации стыков между наружной стеной и перекрытием.

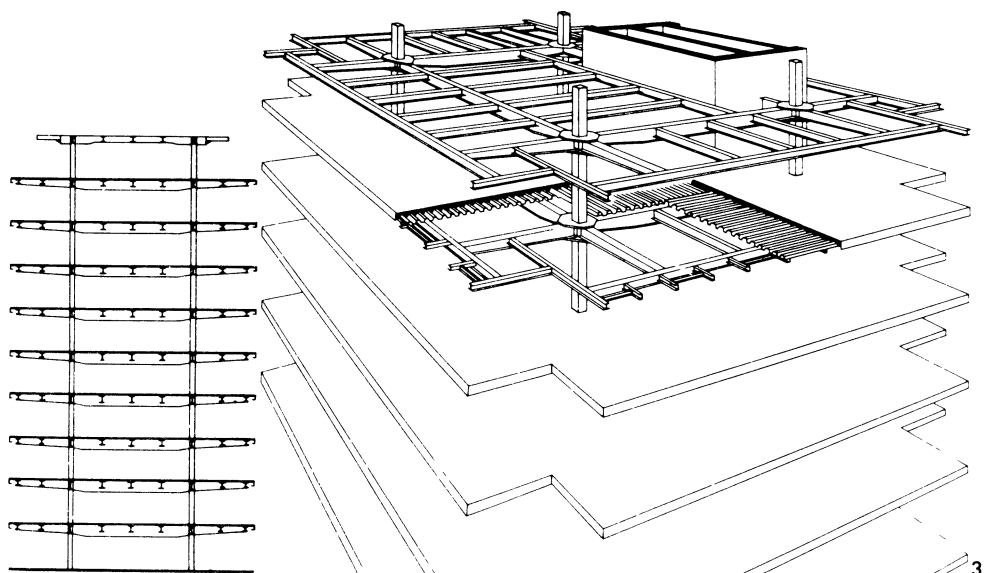
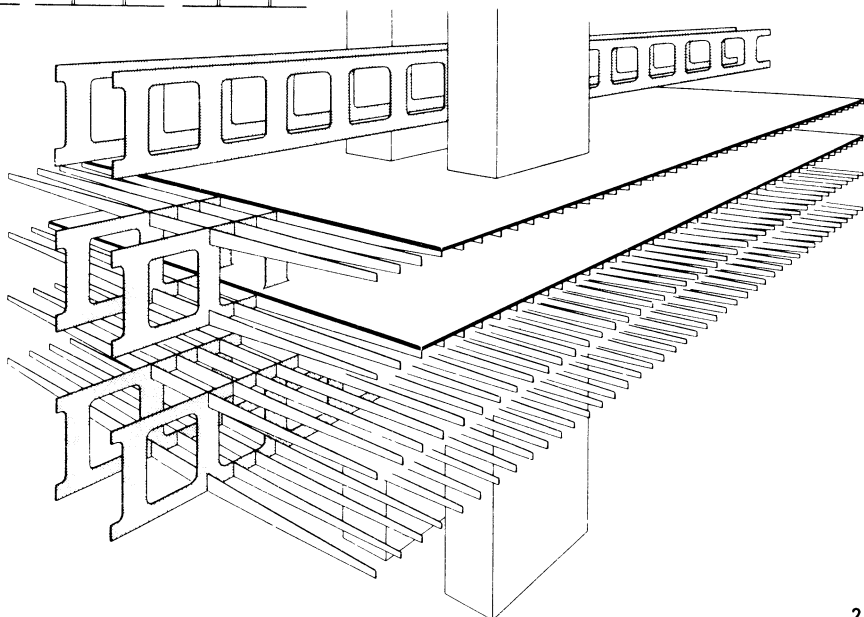
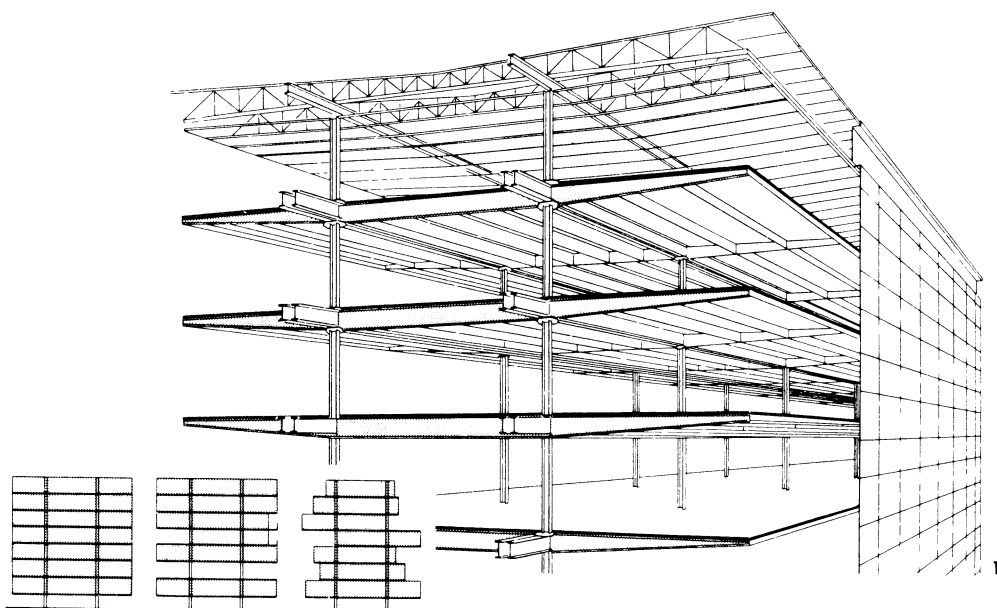
Ниже дается три решения проблемы.

1 Несущий каркас состоит из поперечных рам, ригели которых имеют большие консоли. Высота консольных балок уменьшается к концам соответственно величине изгибающих моментов. Наружная стена подвешена к жестким решетчатым балкам, расположенным в чердачном этаже, поэтому не испытывает дополнительных усилий при деформации междуэтажных перекрытий. Требуется тщательное выполнение ее примыкания к перекрытиям, чтобы обеспечить возможность перемещений и в то же время препятствовать прохождению звука. В продольном направлении здание жестко закреплено рамными звеньями между внутренними колоннами. Здание «Кэсс Централ д'Алокасьон Фамильял» в Париже. Архитекторы: Р. Лопец и М. Рэби. Инженер С. Паско.

2 Между ядрами жесткости в каждом втором этаже проложены две продольные балки Виренделя, выступающие консольно на обе стороны. Эти продольные балки несут на верхнем и нижнем поясах поперечные консольные балки. Отверстия в балках Виренделя создают свободный проход. Этажи, расположенные между этими балками, полностью свободны от колонн.

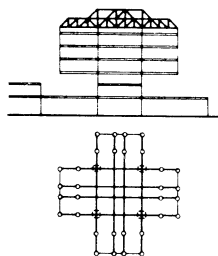
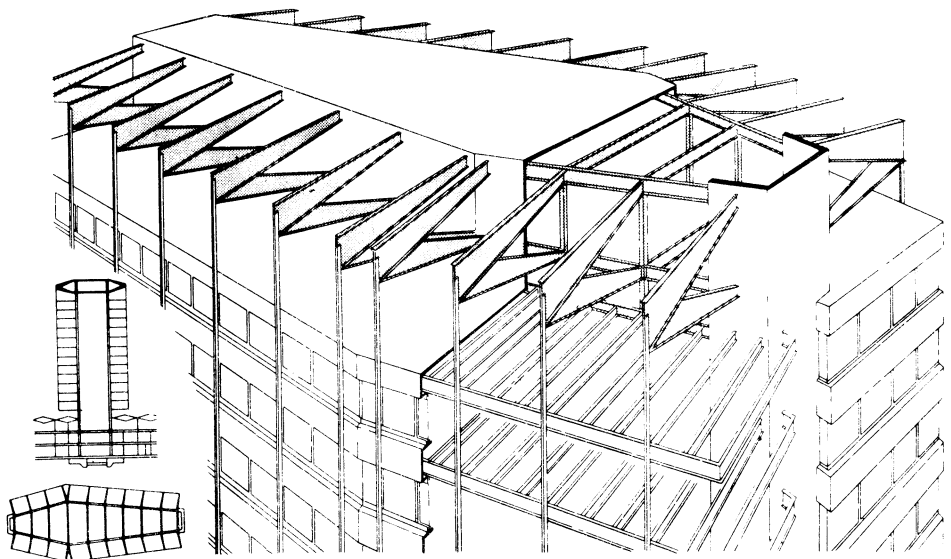
Этот проект еще не выполнен в натуре. Несущая конструкция могла бы быть весьма удобной в эксплуатации. — Проект: Хельмут Вебер и Дигер Ганнс (Литература: «Bauen + Wohnen», 1967 Heft 1, «Kernstützenbauweise»).

3 Новое строительство здания сберегательной кассы (Людвигсхафен). Между четырьмя колоннами проходят тяжелые прогоны. Они образуют консоли в обоих направлениях длиной около 5 м. Балки перекрытия расположены на одной высоте с прогонами. Жесткость в вертикальном направлении обеспечивается внецентренно расположенным железобетонным ядром жесткости.

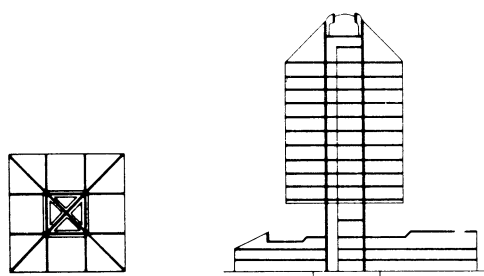
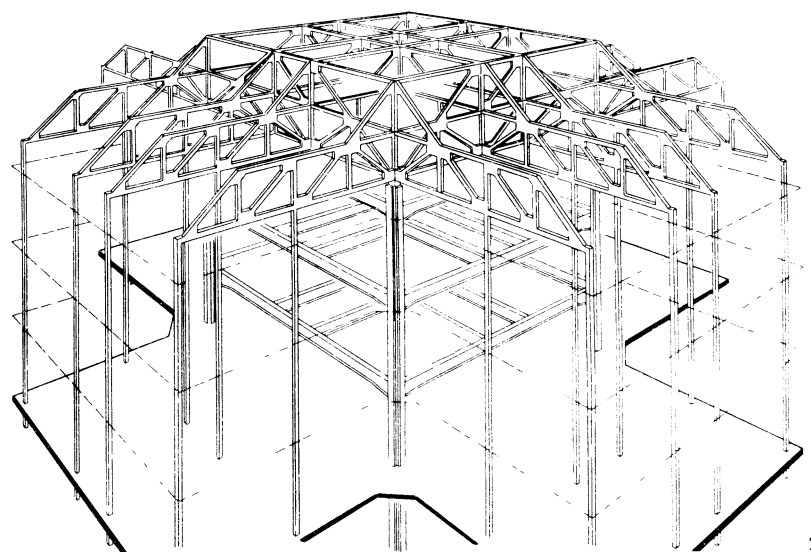


В висячих домах все нагрузки воспринимаются внутренними ядрами жесткости. Ядро жесткости выполняется из стальных конструкций или из железобетона (скользящая опалубка). Нагрузки от перекрытий передаются по подвескам и тяжелым консольным балкам, опертым на ядро жесткости. В первом этаже возникает свободная от колонн зона. Тонкие подвески могут быть включены в конструкцию стен. Особенности монтажа см. с. 341.

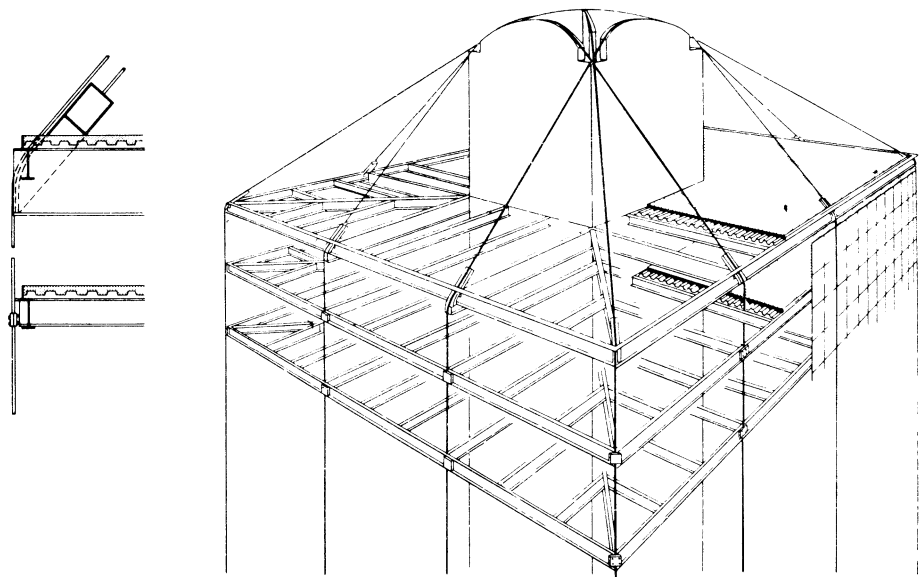
1 В плане вытянутое ядро жесткости из стальных конструкций. Стальная консольная конструкция из балок со сплошной стенкой. — Административное здание предприятий фирмы «Филипс» в Эиндховене. Архитекторы: Люит и де Лонг.



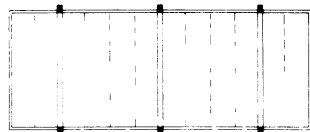
2 Квадратный план. Мощные стальные колонны на углах ядра жесткости. Ветровые усилия передаются через этажные рамы между колоннами ядра жесткости. Верхние консольные несущие элементы выполнены в виде стальных ферм. — Административное здание «Альпина Монтан» в Леобене. Архитекторы: Хут и Доменик.



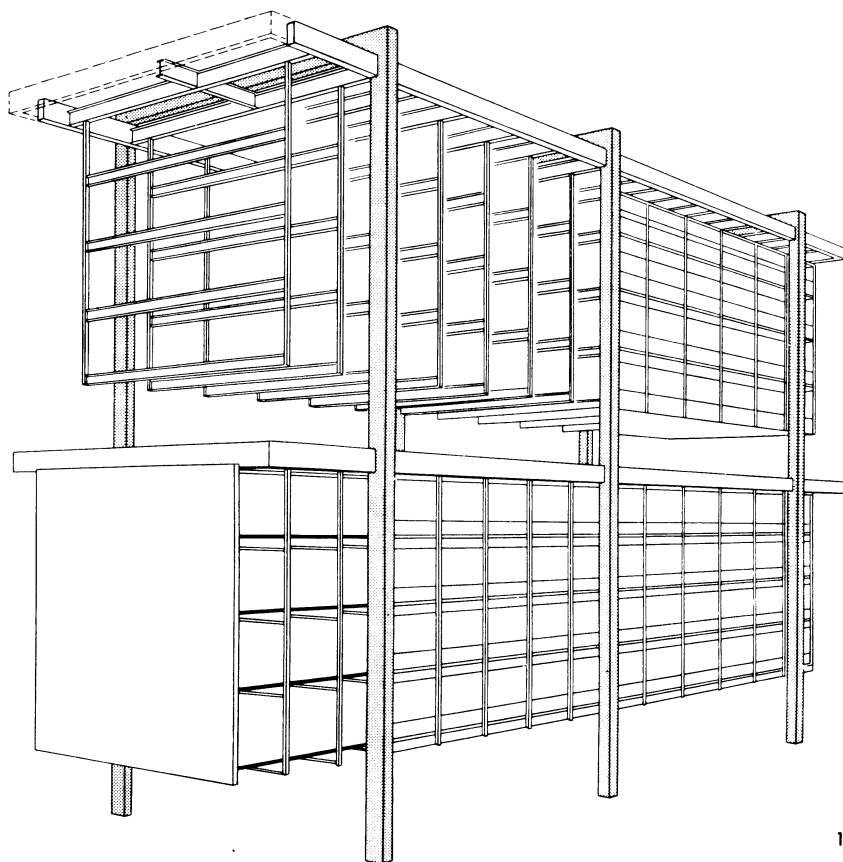
3 Висячий дом с квадратным планом и квадратным железобетонным ядром жесткости. Ядро жесткости выступает над верхним этажом. Тросы проходят в специальных гнездах железобетонной башни. — Административное здание в Ванкувере. Архитекторы: Рон и Айрдейл.



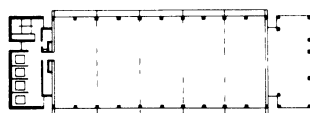
Дома рамного типа не имеют внутренних колонн. Все нагрузки передаются через подвески к тяжелым ригелям однопролетных рам. Ветровые нагрузки воспринимаются жесткими узлами рам.



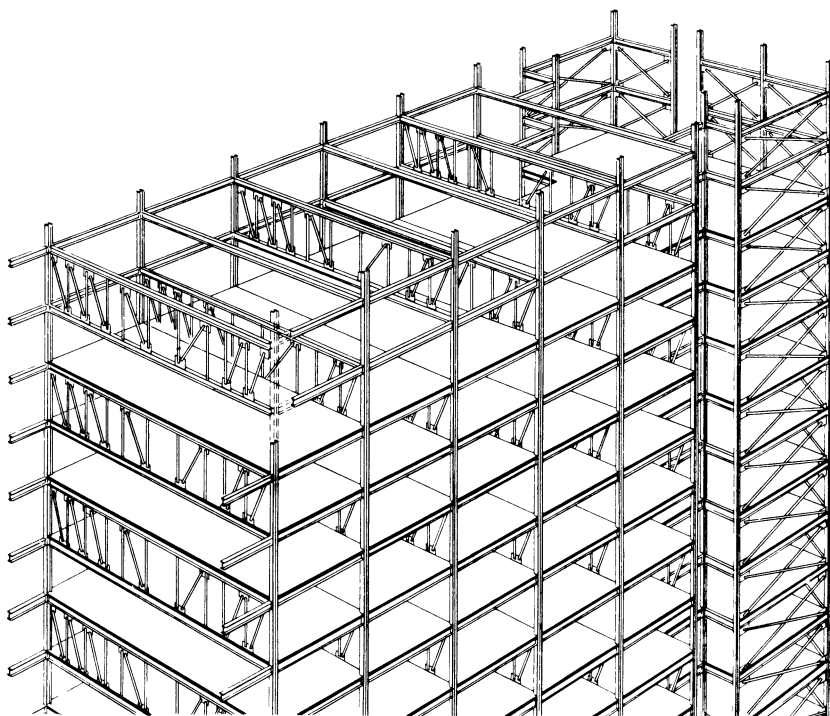
1 Стойки рам имеют коробчатое поперечное сечение и несут в двух уровнях коробчатые продольные балки; между ними размещены поперечные балки, к которым с помощью подвесок крепятся балки перекрытий четырех этажей. — Иранский павильон городского университета в Париже. Архитекторы: Паран, Форуи и Гиай.



1

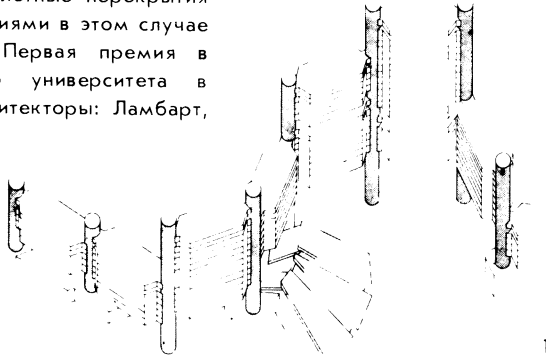


2 Зона между башнями для вертикального транспорта имеет только наружные колонны. Расположенные между ними балки перекрытий пролетом 16,25 м попарно связаны раскосами с образованием ферм высотой в этаж. Образуется низкое перекрытие большой жесткости. Вследствие шахматного расположения ферм расстояние между перегородками соответствует двойному шагу балок перекрытия. Фермы имеют посередине участки без раскосов для устройства коридора. Они образуют с наружными колоннами вертикальные рамы, обеспечивающие поперечную жесткость здания совместно с вертикальным фахверком в ядрах жесткости. — Отель «Рэдиссон» в Миннеаполисе, штат Миннесота, США. Проектное бюро Серни.

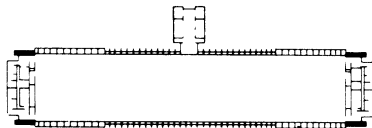


2

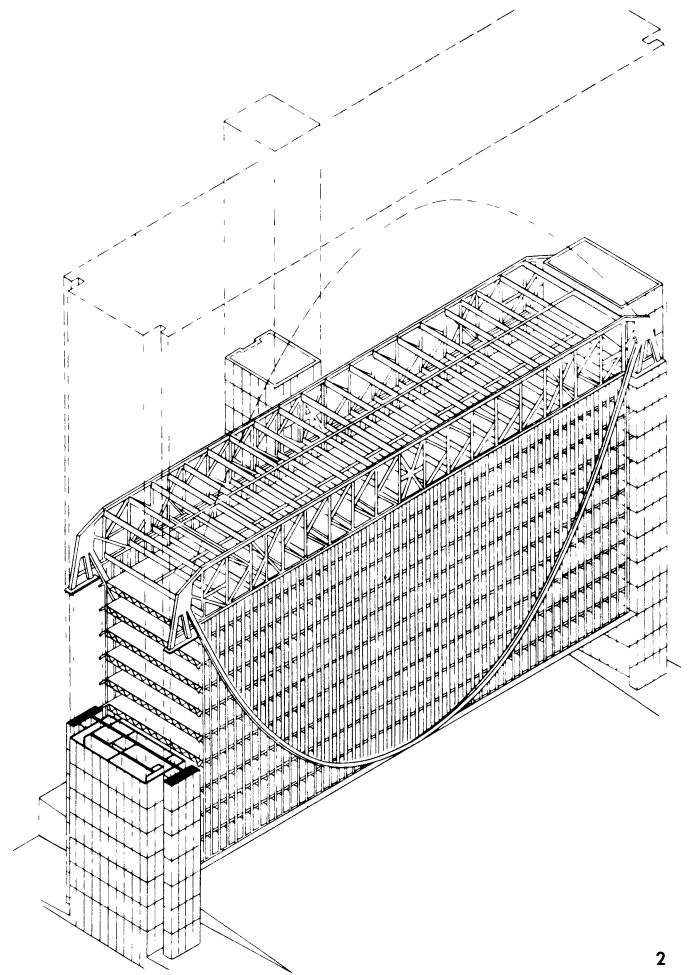
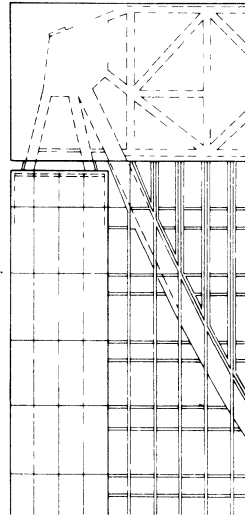
1 Большепролетные этажные зоны между башнями для вертикального транспорта дают возможность соорудить здание на ограниченной площади с включением старых сооружений. Большепролетные перекрытия со стальными конструкциями в этом случае весьма эффективны. — Первая премия в конкурсе Технического университета в Западном Берлине. Архитекторы: Ламбарт, Озьяр, Эйзеле.



1

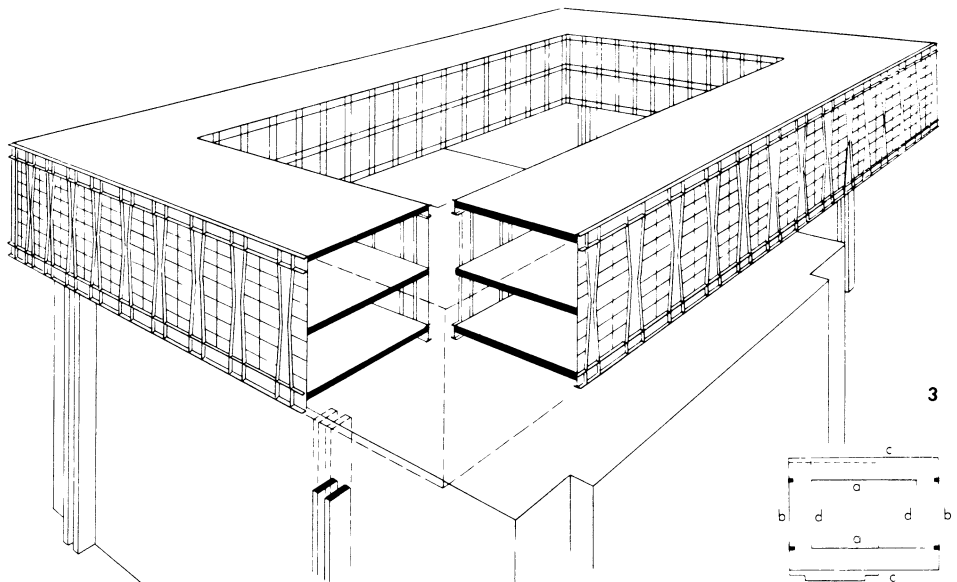


2 Дом с конструкциями мостового типа, имеющими пролет 84 м. Нагрузки от 12-этажной части воспринимаются двумя несущими фермами высотой 8,5 м, усиленными дополнительными поясами из двутавров. Здание опирается на четыре мощные колонны. При дальнейшей надстройке этажей нагрузка от верхних этажей должна быть воспринята стальными арочными конструкциями, которые одновременно уменьшают горизонтальные сжимающие усилия ферм и передают усилия на те же четыре угловые колонны. — Федеральный резервный банк в Миннеаполисе, США, Архитектор: Биркертс. Инженеры: Скиллинг, Хелле, Кристиансен, Робертсон.



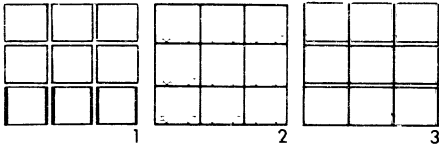
2

3 Двухэтажный дом мостового типа, стоящий на четырех колоннах как надстройка существующего здания. Несущая конструкция здания состоит из двухэтажных балок Виренделя а и б, опирающихся на колонны, и подвешенных к этим балкам второстепенных балок с и d. — Каркас надстройки здания Национального собрания в Праге.



3

В процессе индустриализации строительной промышленности были исследованы различные проекты промышленного изготовления полностью готовых объемных элементов, габариты которых удобны для перевозки. Монтажные работы на месте строительства сводятся в этом случае к последовательной установке объемных элементов и к подсоединению оборудования. Различаются следующие типы объемных элементов:



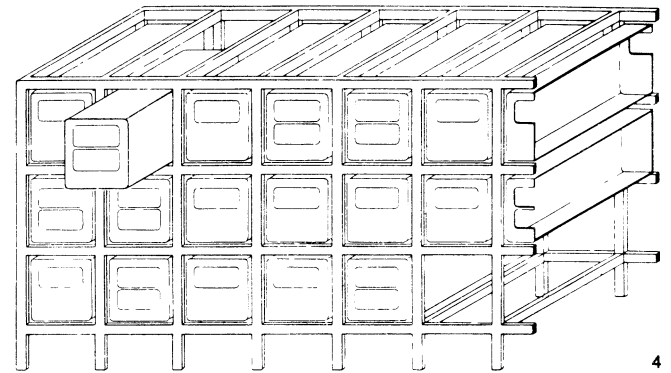
1 Объемные блоки, непосредственно устанавливаемые друг на друга, без дополнительной стыковки. Нижние объемные блоки несут нагрузку вышележащих; следовательно, они должны быть приспособлены для больших вертикальных и горизонтальных усилий. Таким образом, блоки должны быть разной конструкции или верхние элементы будут иметь значительный неиспользованный запас прочности.

2 Объемные блоки помещены в замкнутый каркас и стоят в независимом от них стальном остоле, который предназначен для восприятия всех статических усилий.

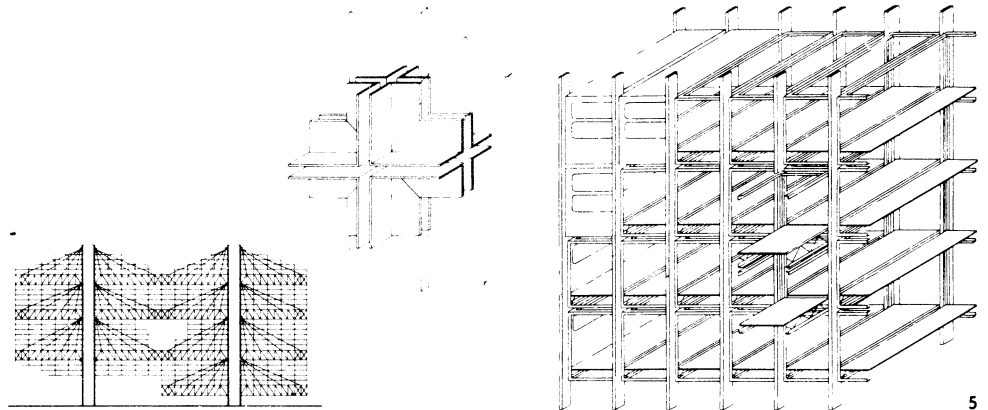
3 Компромиссным между обоими решениями представляется предложение выполнять все блоки одинаковыми, однако бетонное заполнение между ними усиливать в соответствии с расчетом. В этом случае в промежутках между блоками проложены вертикальные, горизонтальные или диагональные стальные связи, которые обеспечивают совместную работу блоков с усиленными бетонными элементами и вследствие этого повышают жесткость здания.

Необходимые составные части блоков — перекрытия и угловые колонны. Продольные и торцовые стены блоков представляют собой стандартные элементы. Перекрытия в большинстве случаев устраиваются двойными.

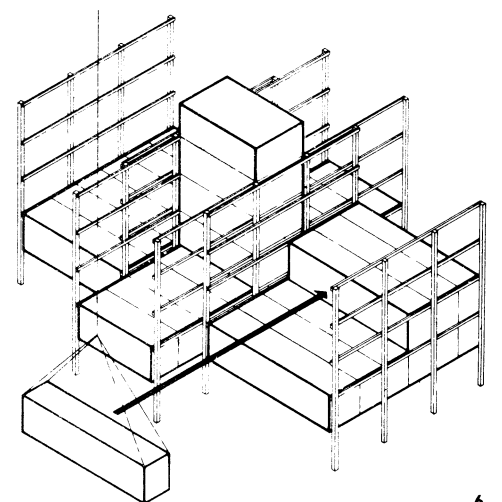
Способ строительства из объемных элементов до сих пор не применялся в больших масштабах. Известны лишь несколько небольших сооружений, а также различные опытные постройки и многочисленные проекты. Далее будут рассмотрены некоторые из выполненных проектов.



4 Система Doernach (с точки зрения расчета аналогична примеру 2). Самонесущий остов из ригели и колонн пустотелого коробчатого сечения с наполнением водой в качестве противопожарной защиты. Объемные блоки представляют собой конструкции из синтетических материалов, которые вставляются в остов после его монтажа. Инженерные коммуникации находятся внутри колонн.



5 Проект, представленный на конкурс Технического Университета в Западном Берлине в январе 1968 г. Объемные блоки из соединенной на сварке угловой стали расположены с промежутками, в которых могут быть установлены дополнительные полосы стали для усиления вертикальных элементов. Раскосы, соединенные с колоннами на сварке, также проходят в промежутках между блоками и служат для обеспечения горизонтальной жесткости каркаса, образуя раскосы ферм, поясными элементами которых являются горизонтальные элементы объемных блоков. — Архитекторы: фон Сартори и Кольмайер.



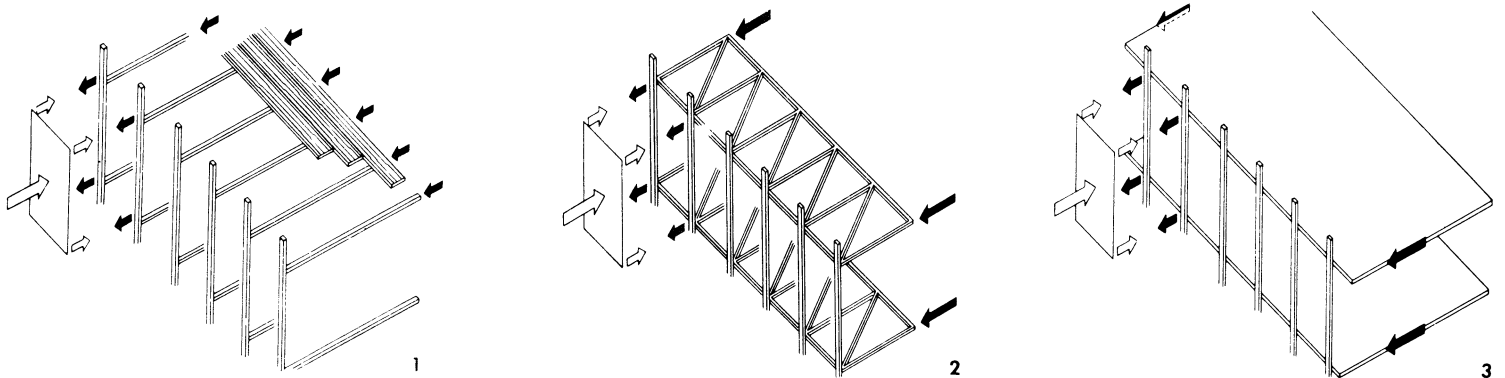
6 Названный составителями ОСК-системой (обратимый стальной контейнер) способ возведения зданий должен найти применение для жилищного строительства. Группы из трех до шести готовых объемных блоков (контейнеров) подвешены к ригелям многоэтажных рам. Башни для вертикального транспорта установлены с требуемым шагом, кратным размерам одного контейнера между двумя многоэтажными рамами, и одновременно воспринимают горизонтальные силы. — Архитекторы: Мейер и Ринне.

Горизонтальные усилия вызываются прежде всего ветровыми нагрузками, состоящими из сил активного давления и отсоса. В разных странах разработаны также особые правила для восприятия горизонтальных усилий от землетрясений. Высокие

здания при недостаточной жесткости конструкций могут испытывать значительные деформации от горизонтальных сил, вызывающие горизонтальные составляющие вертикальных нагрузок. Горизонтальные усилия могут быть созданы также давлением

земли, трением опор мостовых несущих конструкций, натяжением ленты конвейеров или вибрацией машин.

Все сооружения должны обладать достаточной жесткостью против горизонтальных сил.



Горизонтальные элементы жесткости

Ветер оказывает давление на наружные плоскости здания, такие, как фасады, наклонная кровля и т. д., которые передают горизонтальные силы на внутреннюю систему обеспечения жесткости сооружения. Она состоит из вертикальных и горизонтальных несущих элементов.

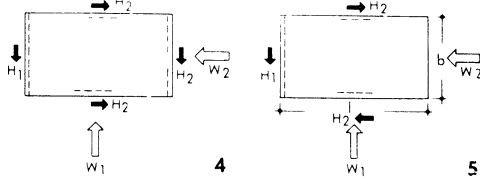
1 Если действующее на фасад давление ветра по каждой оси колонны непосредственно передается в грунт, то горизонтальная распределительная система излишня.

2 Если горизонтальные усилия передаются в грунт только в некоторых опорных точках, то горизонтальные несущие элемен-

ты необходимы. Они могут быть образованы в стальном каркасе в виде горизонтально лежащих решетчатых или сплошностенчатых балок.

3 Если конструкция перекрытия образует диск достаточной жесткости, то он воспринимает горизонтальные усилия для передачи их опорным точкам.

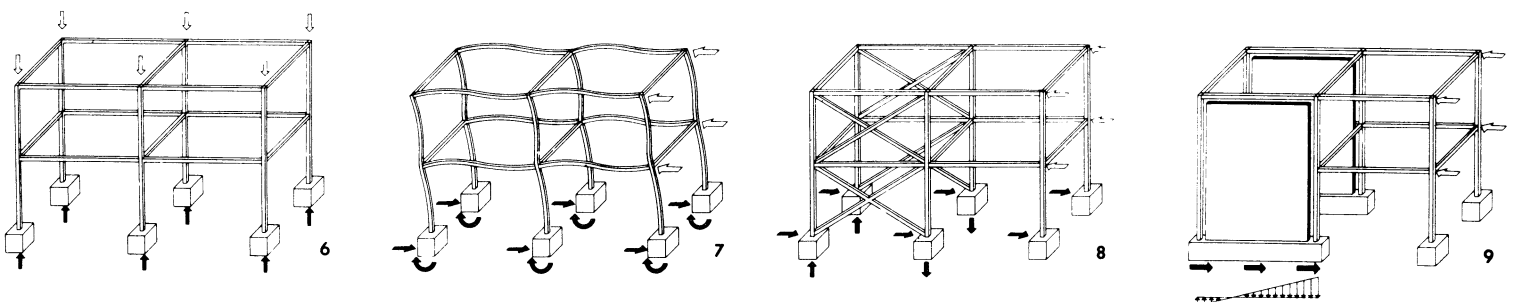
Размещение вертикальных элементов жесткости



Для отвода горизонтальных сил к основанию вертикальные несущие конструкции (ветровые диски) должны быть выполнены по крайней мере в двух непараллельных друг другу направлениях и по крайней мере в трех плоскостях, чтобы ветровые усилия могли быть восприняты от двух взаимно перпендикулярных направлений.

4 В симметричных зданиях получаются симметрично расположенные ветровые диски, воспринимающие только ветровую нагрузку, которая направлена параллельно их плоскости.

5 В несимметрично расположенных ветровых дисках появляются дополнительные силы за счет возникающих от эксцентриситета изгибающих моментов.



Типы вертикальных несущих систем

6 Жесткость стержневой конструкции против горизонтальных сил может быть обеспечена следующим образом.

7 Рамы состоят из стержней, которые в угловых точках жестко соединены друг с другом. В этом случае жесткие угловые соединения воспринимают все ветровые

усилия. Некоторые угловые соединения могут быть выполнены шарнирно. Стержни рам могут быть прямыми или изогнутыми. Рамные несущие системы могут иметь разнообразие формы.

8 Вертикальные связи состоят из стержневых элементов, образующих треугольники. Оси идущих к одному узлу стерж-

ней должны пересекаться в одной точке. Угловые соединения считаются шарнирными. Стержни связей в этом случае испытывают только сжатие или растяжение.

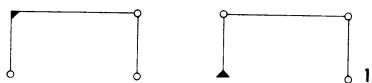
9 Стеновые диски, большей частью железобетонные, передают ветровые нагрузки на опоры, воспринимая сдвигающие усилия и изгибающие моменты.

Жесткие рамы имеют то преимущество, что поля между колоннами не стеснены наклонными раскосами. Обеспечение жесткости с помощью рам в сооружениях из стальных конструкций — это самый распространенный способ, но при этом всегда нужно проверить, нет ли другого

решения. Большепролетные рамные конструкции относительно деформативны, смещение от действия горизонтальных сил в них больше, чем в сплошных или решетчатых конструкциях. Стойки рамы, как правило, служат одновременно колоннами, ригели рамы — балками конструкции перекрытия.

Формы рам

Рамы имеют разнообразные формы. Следующий обзор ограничивается рассмотрением прямоугольных рам. Рамные элементы могут примыкать к углам шарнирно или жестко. Шарниры могут быть предусмотрены как на опорах, так и вверху колонн.



1 Однопролетная рама представляет собой жесткую систему, если из четырех узлов рамы не более трех шарнирные и не менее одного жесткий. В этом случае жесткий узел рамы должен воспринимать весь изгибающий момент. Такая рама называется трехшарнирной.



2 Если рама имеет два жестких узла, то момент, воспринимаемый отдельным узлом рамы, уменьшается почти вдвое. Такие рамы называются двухшарнирными. Если шарниры находятся в опорах колонн, то на фундаменты от ветровой нагрузки передаются только горизонтальные и вертикальные усилия.



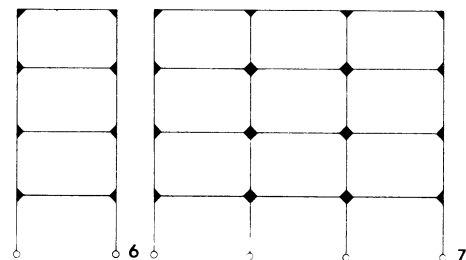
3 Самая жесткая из однопролетных рам не имеет шарниров. Фундаменты в этом случае дополнительно воспринимают изгибающие моменты.



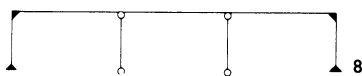
4 К однопролетной раме могут быть присоединены другие пролеты, которые могут иметь только шарниры и не иметь жестких узлов.



5 Если в примыкающих полях некоторые или все узлы жесткие, то получается многопролетная рама, в которой изгибающие моменты в узлах от горизонтальных нагрузок соответственно уменьшаются.



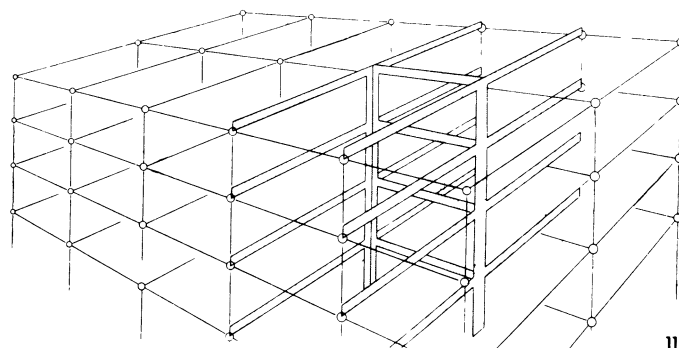
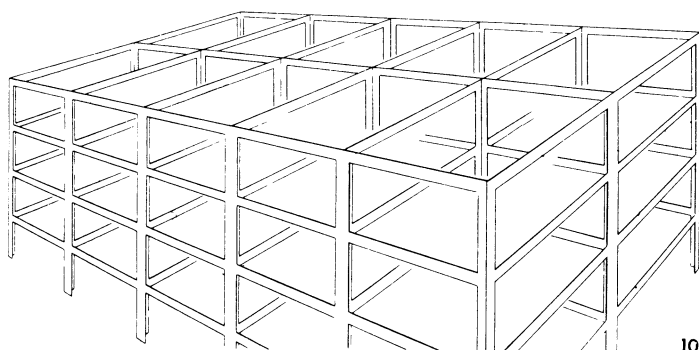
6 и 7 Однопролетные или многопролетные рамы установлены друг на друга, образуя многоэтажные рамы.



8 Промежуточное опирание рамного ригеля на шарнирные стойки.



9 В чердачных этажах возможно применение наклонного ригеля, соответствующего уклону кровли.



Оптимальное число рамных элементов

Часто возникает вопрос, все или только отдельные колонны вовлекаются в работу каркаса как рамные стойки. Разные точки зрения показаны на простом примере.

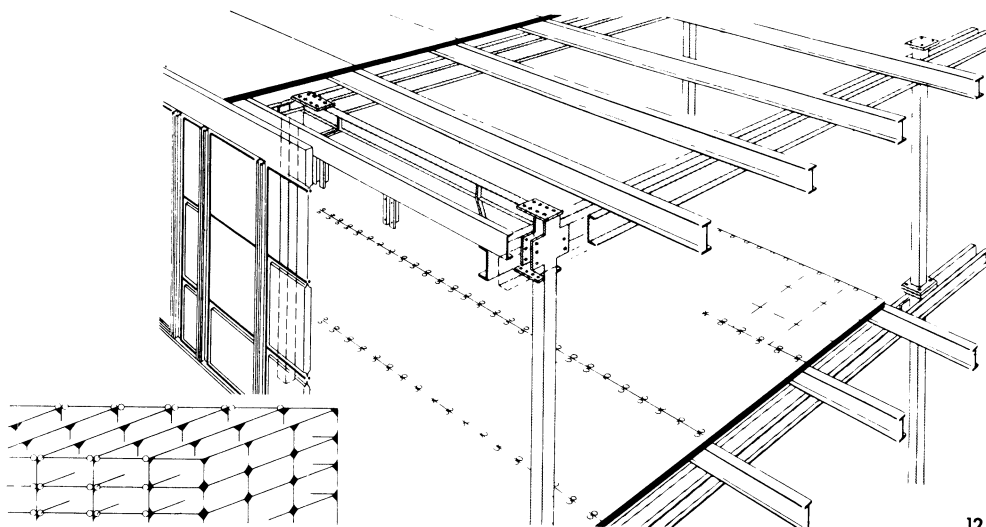
10 Все поперечные диски являются трехстоечными четырехэтажными рамами. Продольные диски запроектированы в виде шестистоечных четырехэтажных рам.

Горизонтальные усилия распределяются на все колонны. Это решение наиболее приемлемо для высоких зданий.

11 В поперечном направлении образуются только два диска многоэтажных рам и только средние колонны жестко связаны с ригелем. В продольном направлении только один пролет выполнен в виде двухстоечной четырехэтажной рамы. Вследствие

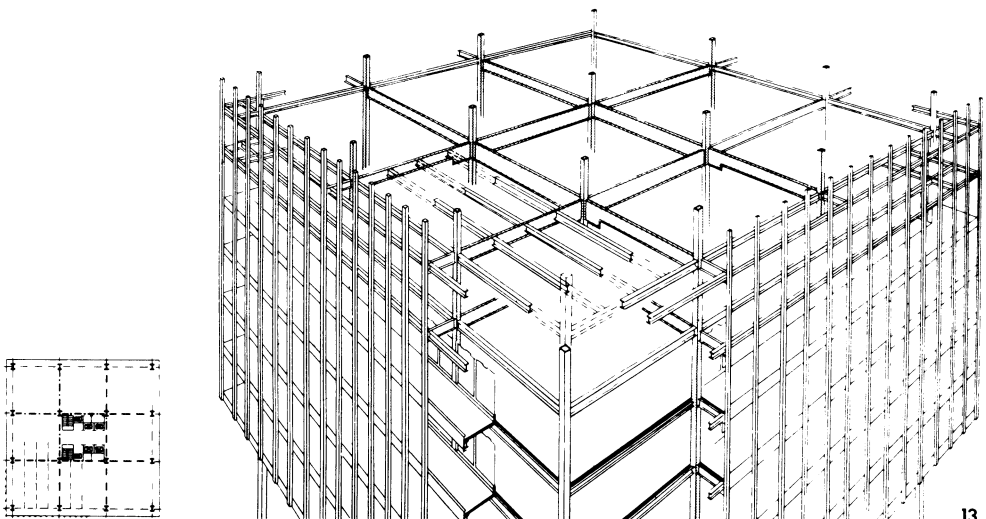
концентрации усилий в нескольких жестких внутренних колоннах все другие колонны следует рассчитывать как конструкции, несущие только вертикальную нагрузку. Благодаря этому в целом достигается экономия материала. То же самое относится и к фундаментам. Фундаменты, стоящие под основными стойками, должны быть выполнены большего размера, чем все остальные.

12 Университетское здание, составленное из стандартных элементов, имеет одинаковую жесткость в обоих направлениях благодаря многопролетным многоэтажным рамам. Внутренние перегородки не нарушают свободной планировки здания. Многоэтажные рамы в поперечном направлении образованы из попарно расположенных швеллерных прогонов и колонн, в продольном направлении поставлены такие же ветровые ригели между колоннами. Конструкция перекрытия, состоящая из балок перекрытий с шагом 1,8 м и плит, опирается на прогоны. — Каркас нового здания университета в Западном Берлине (Далем), запроектированного по системе Крупп-Монтекс®.



12

13 Двенадцатиэтажное административное здание с квадратным планом и шагом колонн 11 м. Жесткость здания обеспечена расположенными по две в обоих направлениях трехпролетными многоэтажными рамами. Здание имеет лишь четыре внутренние колонны. Благодаря рамной конструкции поля между внутренними колоннами свободны от связей или сплошных дисков. — Административное здание «Уоррен петролеум корпорейшн» в Тульсе, штат Оклахома (США). Архитекторы: Скидмор, Оуингс и Меррил.

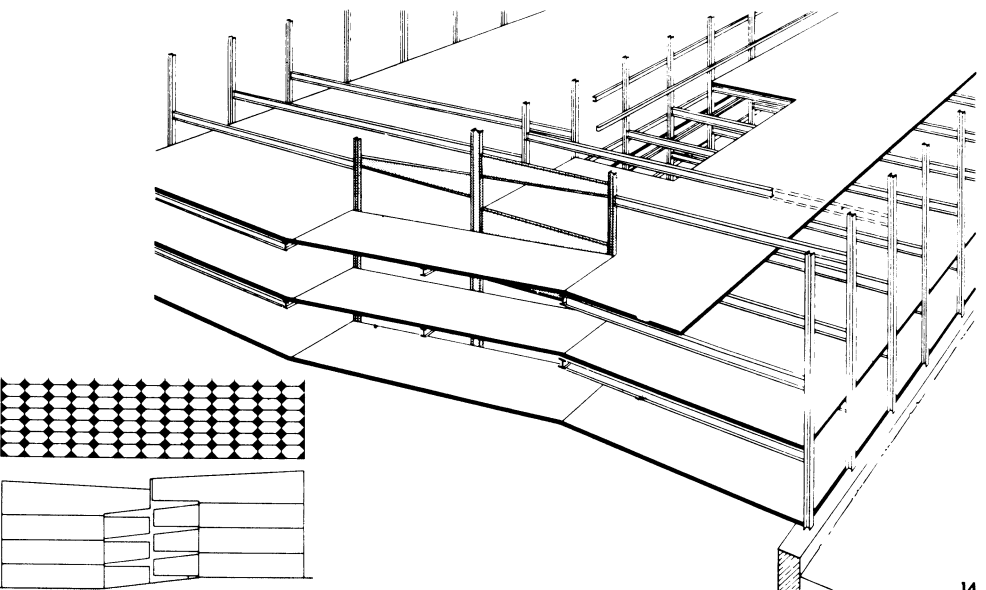


13

14 Обе половины здания гаража имеют смещенные по отношению друг к другу на половину высоты этажа перекрытия, которые с помощью пандусов по системе Дюми соединены друг с другом. Для обеспечения жесткости здания в поперечном направлении запроектированы рамные конструкции. К средним колоннам рам жестко присоединены балки пандусов.

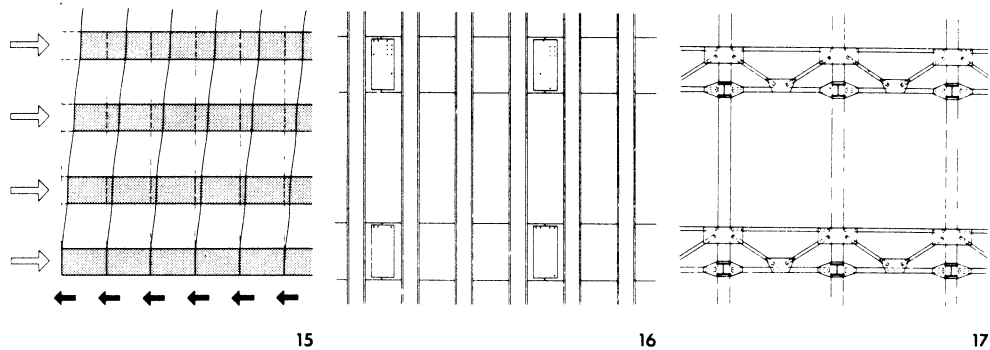
В продольном направлении средние колонны, жестко соединенные с направляющими для инженерных коммуникаций, образуют многоэтажную многопролетную раму с небольшим шагом стоек. Так как многократно статически неопределимая рамная система имеет значительный запас прочности, то случайное выключение из работы отдельного ригеля вследствие повреждения не играет роли.

Эта строительная конструкция является примером экономичного использования элементов, которые изготовлялись для других целей, для обеспечения жесткости здания. — Конструкция стандартного гаража системы Крупп-Монтекс®

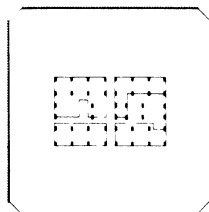


14

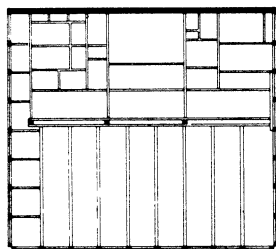
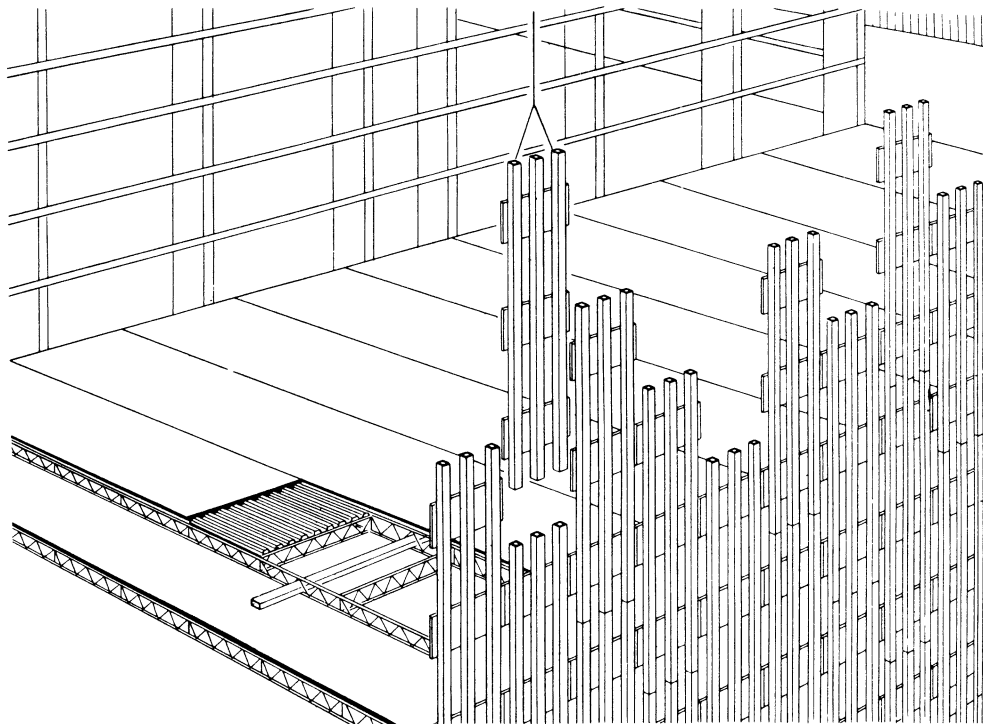
15 В уровне подоконных элементов наружных стен расположены жесткие конструкции, которые вместе с часто поставленными наружными колоннами образуют рамы в плоскости фасада (фасадные рамы). Фасадные балки, имеющие такую же высоту, как подоконные элементы, имеют по сравнению с колоннами очень большую жесткость. Поэтому при действии горизонтальных усилий подоконные балки практически не деформируются. Колонны в месте примыкания фасадных балок жестко закреплены и могут деформироваться лишь в зоне окон. При незначительных поперечных сечениях колонн деформации получаются небольшими, так как свободная длина колонн незначительна, а в восприятии усилий участвует очень много колонн.



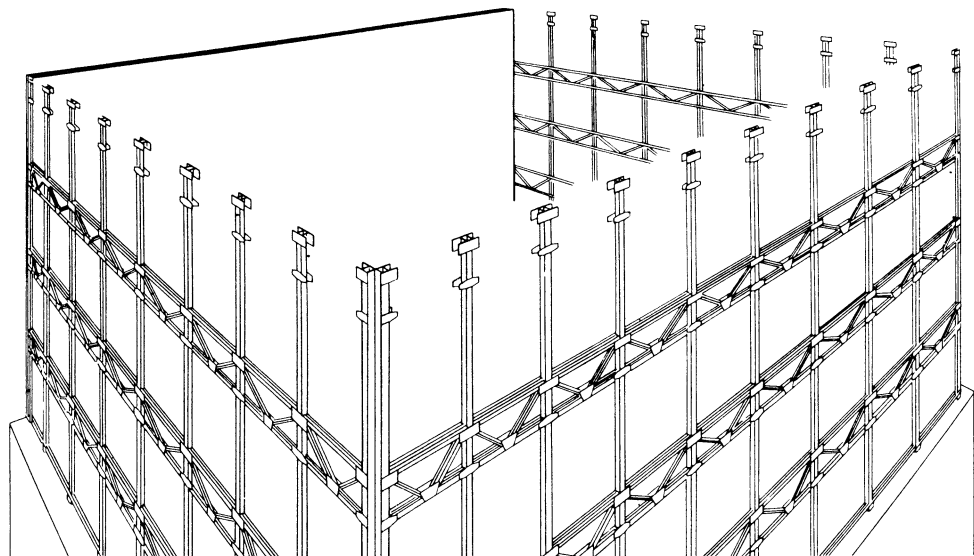
- 16 Фасадные балки со сплошной стенкой.
- 17 Фасадные балки в виде ферм.



18 В 110-этажных башнях высотой по 411,5 м Международного торгового центра в Нью-Йорке жесткость обеспечивается благодаря рамной конструкции наружных стен (см. с. 221, рис. 11). Часто поставленные колонны жестко соединены с высокими подоконными балками со сплошной стенкой



19 В восьмизэтажном здании три стороны образуются из фасадных рам с решетчатыми фасадными балками, а четвертая сторона выполнена в виде жесткой брандмауэрной (противопожарной) стены.— Конструкция здания Парижского объединения касс взаимопомощи в Марселе. Архитектор Жом.



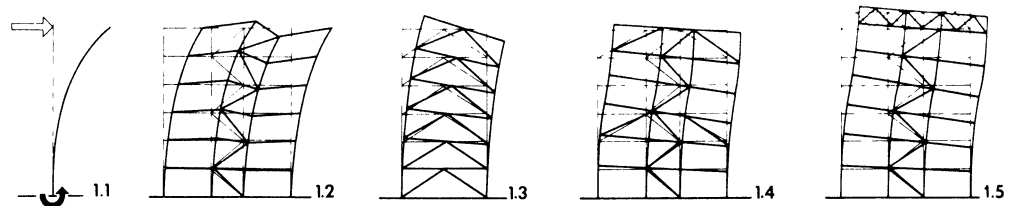
Жёсткость вертикальных связей

Вертикальные связи, как наиболее экономичные конструкции, в большинстве случаев надежно обеспечивают жесткость зданий со стальным каркасом.

1.1 Со статической точки зрения они являются заземленными в земле изгибаемыми консольными балками.

1.2 В узких вертикальных связях возникают значительные усилия, а сами стержни претерпевают большие деформации по длине, что способствует большим деформациям фасада при малом шаге колонн.

1.3 Широкие вертикальные связи могут считаться вследствие незначительных усилий в стержнях более экономичными и имеют небольшие деформации. Нужно стремиться расположить их по всей ширине здания.



1.4 Жесткость узких ветровых связей может быть повышена объединением их с наружными колоннами.

1.5 Такое же действие оказывает высокая горизонтальная балка (например, в тех-

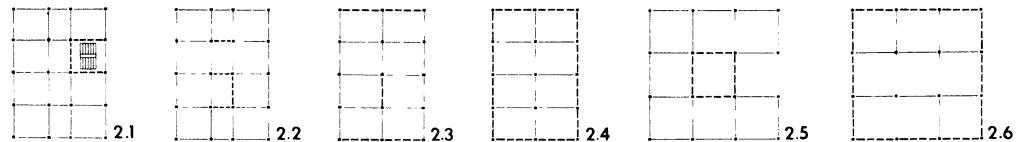
ническом этаже высотного здания). Она уменьшает перекося верхнего ригеля факелки и отклонение здания от вертикали.

Расположение вертикальных связей в плане

В плане вертикальные связи необходимы в двух направлениях. Сплошные или решетчатые вертикальные связи внутри здания препятствуют свободному использованию помещений; их располагают внутри стен или перегородок с небольшим числом проемов.

2.1 Вертикальные связи окружают лестничную клетку.

2.2 Здание с тремя поперечными связями и одной продольной связью. При узком



ядре жесткости в высоких зданиях обеспечение жесткости целесообразно по схемам 1.4 или 1.5.

2.3 Поперечные связи в безоконных торцовых стенах экономны и эффективны; продольная связь в одном пролете между двумя внутренними колоннами.

2.4 Вертикальные связи расположены в наружных стенах. Таким образом, вид здания находится в прямой зависимости от конструкций.

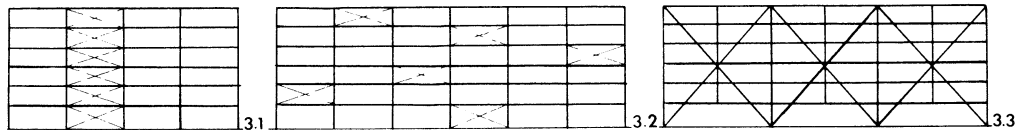
2.5 Высотное здание с квадратным планом и вертикальными связями между четырьмя внутренними колоннами. Необходимая жесткость в обоих направлениях обеспечивается применением схем 1.4 или 1.5.

2.6 В высотных домах с квадратным или близким к квадратному плану расположение связей в наружных стенах позволяет получить особенно рентабельные строительные конструкции.

Расположение связей в нарнсе

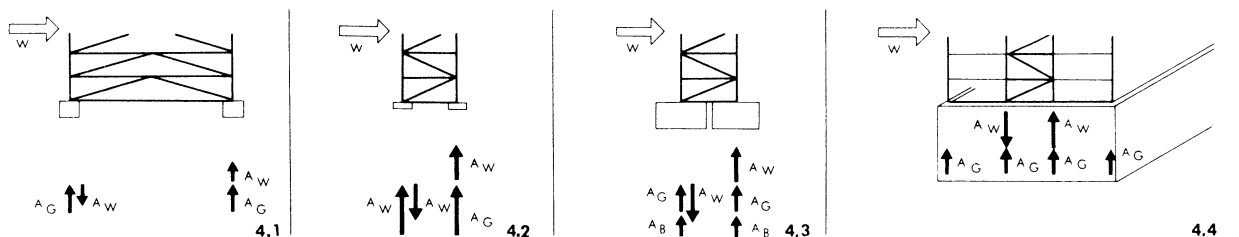
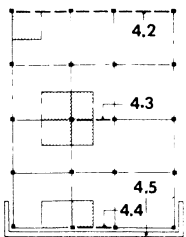
3.1 Все связи расположены друг над другом.

3.2 Вертикальные связи отдельных этажей не лежат друг над другом, а взаимно смещены. Междуетажные перекрытия передают горизонтальные усилия от одной



вертикальной связи к другой. Жесткость каждого этажа должна быть обеспечена в соответствии с расчетом.

3.3 Решетчатые связи вдоль наружных стен, участвующие в передаче вертикальных и горизонтальных нагрузок.



W ветровая сила
 A_G опорная нагрузка от вертикальной нагрузки
 A_W опорная реакция от ветра
 A_B опорная реакция от веса фундамента

Влияние вертикальных связей на основание

Колонны здания, как правило, являются одновременно элементами вертикальных связей. Они испытывают усилия от ветра и от нагрузки на перекрытия. Ветровая нагрузка вызывает в колоннах усилия растяжения или сжатия. Усилия в колоннах от вертикальных нагрузок всегда сжимающие. Для устойчивости здания нужно, чтобы в подошве всех фундаментов преобладали усилия сжатия, однако в некоторых случаях

усилия растяжения в колоннах могут быть больше, чем усилия сжатия. В этом случае вес фундаментов учитывается как балласт.

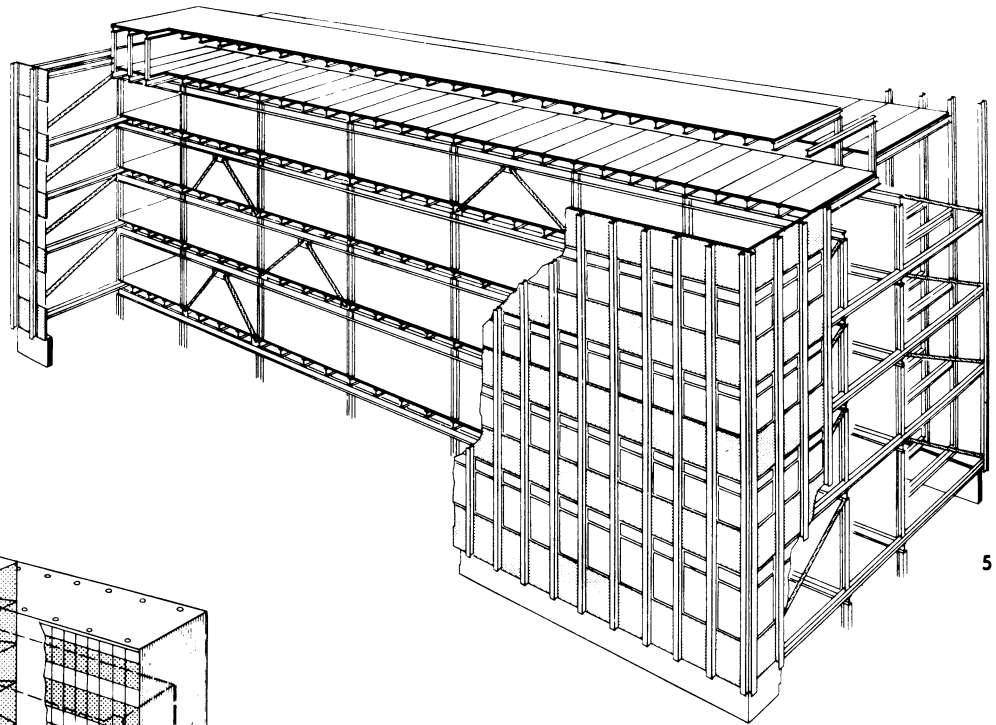
4.1 Угловые колонны воспринимают значительные вертикальные нагрузки, однако при большом шаге связей усилия, возникающие в этих колоннах от ветра, также незначительны, а потому искусственной пригрузки угловых фундаментов обычно не требуется.

4.2 Внутренние колонны воспринимают большие вертикальные нагрузки, а из-за

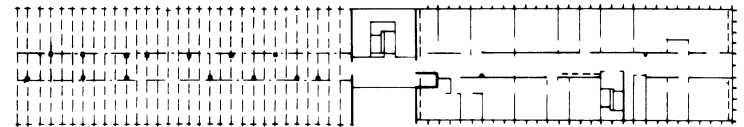
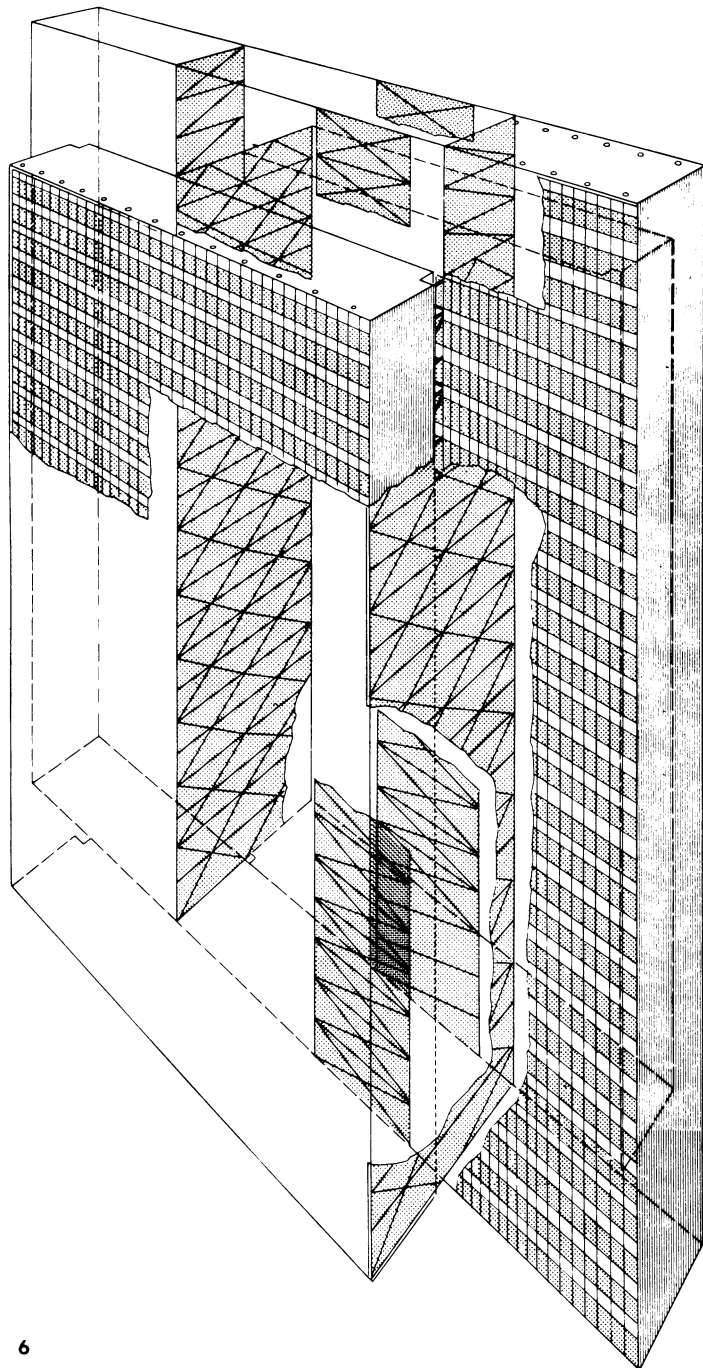
незначительной ширины ветровых связей и большие усилия от ветра.

4.3 Ветровые усилия такие же, как на схеме 4.2, но уравниваются небольшими вертикальными нагрузками благодаря наружным колоннам. Пригрузка фундаментов в этом случае необходима.

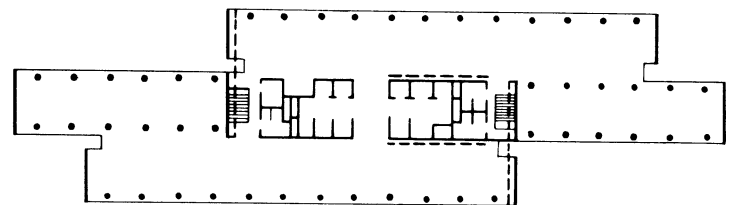
4.4 Пригрузка фундаментов необязательна, если наружные колонны стоят на высокой подвальной стене, которая в состоянии уравновесит силы растяжения от действия ветра.



5



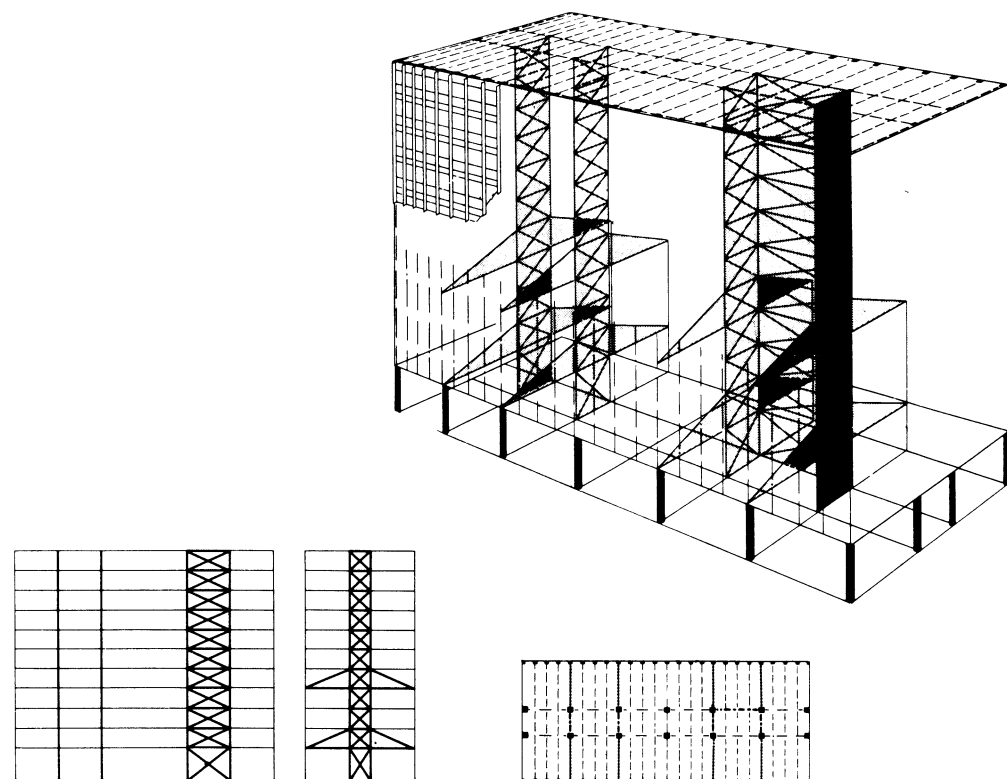
5 Жесткость зданий в поперечном направлении обеспечивается с помощью решетчатых связей в безоконных торцовых стенах. Связи скрыты между наружной стеной и внутренней огнестойкой облицовкой. В продольном направлении здание имеет вертикальные связи в коридорной стене, но расположены они не друг над другом, а смещаются в разных этажах. — Ветеринарно-медицинский факультет в Западном Берлине. Архитекторы: д-р Люкхардт и Вандельт.



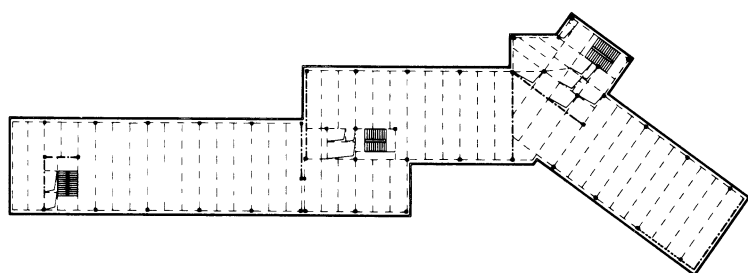
6 Жесткость каркаса обеспечивается в поперечном направлении решетчатыми дисками, которые проходят через оба корпуса здания, выходя наружу в промежутках между зданиями. Жесткость здания в продольном направлении обеспечена связями между внутренними рядами колонн. — Высотный дом «Феникс-Рейнрор» в Дюссельдорфе. Архитекторы: Хентрих и Петчниг.

7 Трехпролетное здание с шагом колонн в поперечном направлении 7; 3,5; 7 м. Между четырьмя расположенными попарно внутренними колоннами узкие поперечные связи, между двумя внутренними колоннами одного ряда — продольная связь. Вследствие незначительной ширины поперечных связей расчетные горизонтальные деформации от действия ветра очень велики. Поэтому во втором и пятом этажах в четырех связевых плоскостях установлены напрягаемые раскосы к наружным колоннам.

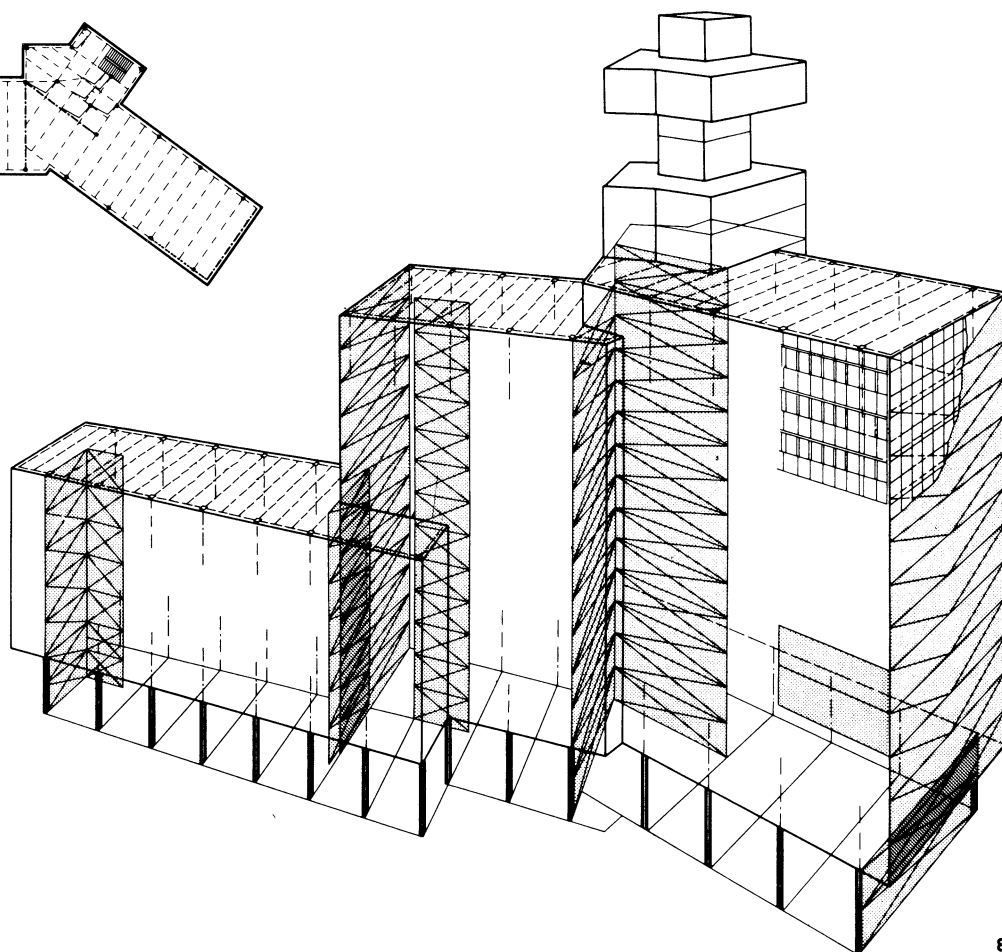
Напрягаемые стержни выполнены в виде поставленных на ребро стальных полос. Они предварительно напрягаются (напряжение контролируется тензометрами) настолько, что при действии ветра напряжение растянутого раскоса одного направления удваивается, а в другом направлении обращается почти в нуль. — Здание главной администрации фирмы «Беваг» в Западном Берлине. Архитектор проф. Баумгартен.



7

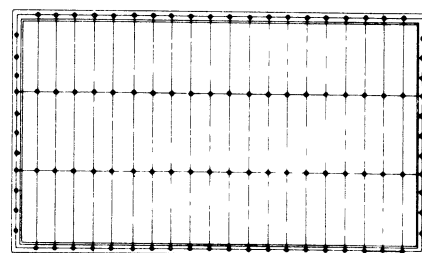
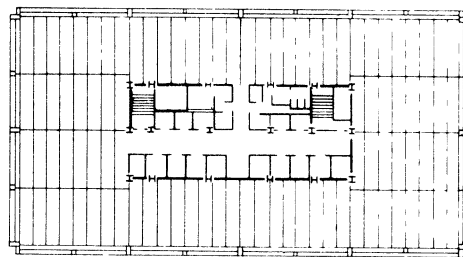
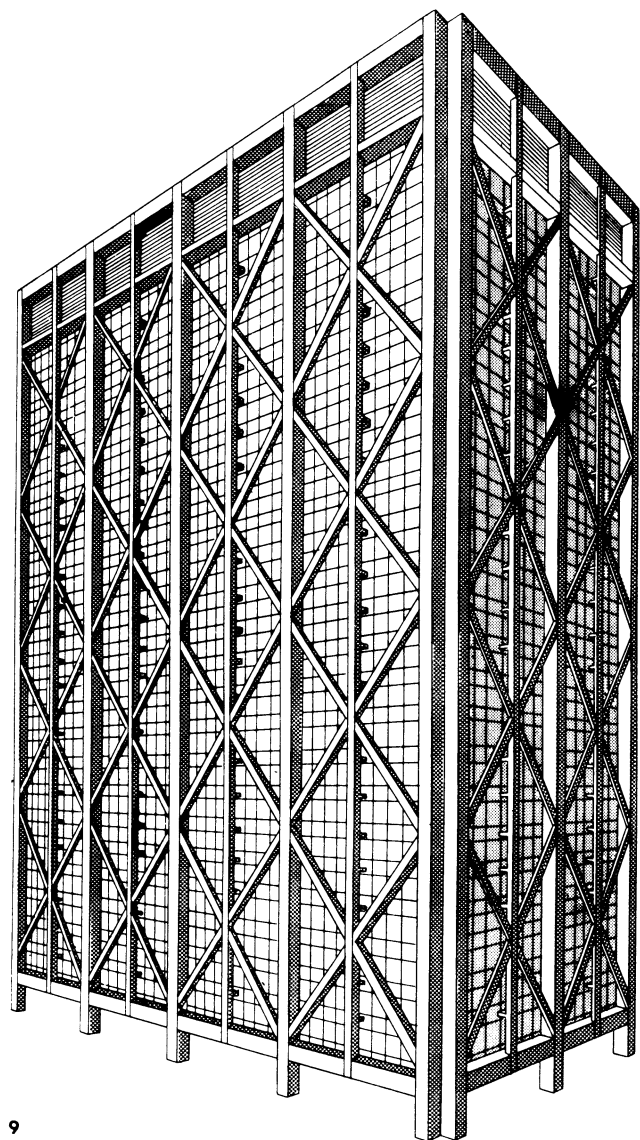


8 Здание имеет только наружные колонны. Балки перекрывают пролет 12,5 м, шаг наружных колонн 7,5 м. В высокой части ветровые связи расположены на всю ширину здания между наружными колоннами. Наружные колонны воспринимают большие нагрузки, что компенсирует растягивающие усилия от ветра. Фронтон высокой части здания выдается перед колоннами на 2,5 м. Расположенные в торцовых стенах связи продолжают в пределах первого скрытого этажа между колоннами с передачей горизонтальных усилий от верхней связи к нижней по горизонтальной связи в нижнем междуэтажном перекрытии. Для передачи суммарных опорных усилий служит сплошная балка из стальных листов на высоту этажа, расположенная в техническом этаже между предпоследней и последней колоннами. Эта балка образует консоль до фронтонной стены. — Высотное здание телецентра в Западном Берлине. Архитектор Тепец. Конструктор дипл. инж. Третьков.



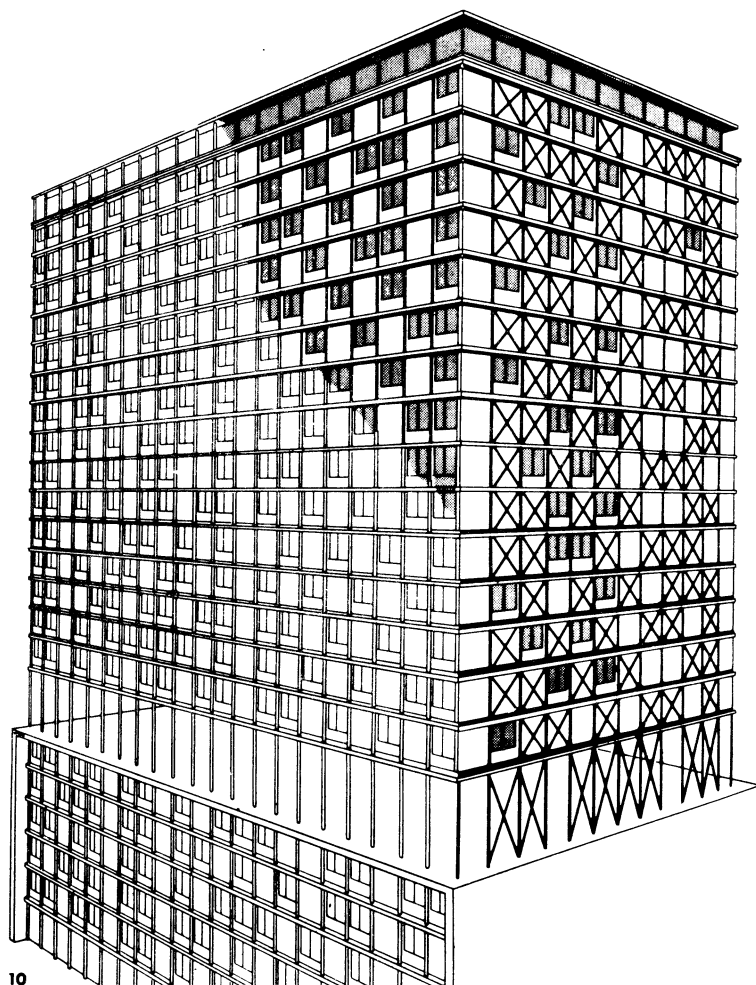
8

9 Обеспечение жесткости здания с помощью наружных связей, передающих часть вертикальных нагрузок промежуточным колоннам. Детали — см. с. 266, рис. 1. — Административное здание фирмы «Алкоа» в Сан-Франциско. Архитекторы: Скидмор, Оуингс, Меррил.



9

10 Обеспечение жесткости здания в поперечном направлении: в нижней части благодаря тяжелой железобетонной стене, в верхней части с помощью расположенных перед фасадом связей, которые смещаются в шахматном порядке. В каждом этаже по шесть связей. Стержни связей изготовлены из трубчатых профилей. Жесткость в продольном направлении обеспечена установкой фахверковых связей в средних рядах колонн. Детали — см. с. 266, рис. 2. — Жилой высотный дом на улице Крулебарб в Париже. Архитекторы: Альбер-Буало и Лябурдет.



10

Если в здании необходимы массивные, например брандмауэрные стены, стены лестничных клеток, стены лифтовых шахт или шахт инженерного оборудования, то они используются для обеспечения жесткости здания. Так как при строительстве с применением стального каркаса жесткость здания может быть обеспечена с помощью решетчатых связей, то массивные стены неэкономичны.

Ядро жесткости с размещением средств вертикального транспорта

Из железобетонного строительства взято представление о массивном «ядре», т. е. о башнях, в которых размещены лифтовые шахты, лестничные клетки и шахты технического оборудования, а часто и санитарные узлы. Эта конструкция целесообразна также и для сооружений со стальным каркасом; но часто другие решения лучше, ибо для вертикальных коммуникаций в сооружениях со стальным каркасом часто необходимо только отверстия в перекрытиях. Лестничные марши и площадки лестниц в этом случае подвешиваются к балкам. Для противопожарной защиты вертикальных путей сообщения при стальном каркасе необязательны тяжелые железобетонные стены. Имеются конструкции из легких и дешевых строительных материалов (например, гипсовые стены, см. с. 323). Санитарные узлы также необязательно размещать в массивном ядре жесткости. Для пропуска средств сообщения и коммуникаций зачастую требуются такие большие отверстия в стенах шахт, что использование их как ветровых дисков жесткости становится сложным. Жесткость против воздействия ветра в этих случаях часто лучше осуществлять с помощью большепролетных вертикальных решетчатых связей, однако это неединственное решение.

Производство работ

Монолитные способы работ

Массивные стеновые диафрагмы или ядра жесткости могут быть изготовлены из монолитного железобетона. При высоких ядрах жесткости можно применять переставную или скользящую опалубку.

Сроки строительства

В календарном плане строительства изготовление железобетонных деталей и монтаж стального каркаса должны быть тщательно согласованы друг с другом. Жесткие стеновые диски должны быть выполнены одновременно с монтажом каркаса. Ядра жесткости целесообразно полностью изготавливать заранее. Это дает возможность использовать подъемные механизмы для монтажа стального каркаса.

Допуски

Необходимо учитывать различие принятых допусков при строительстве из монолитного железобетона и при стальном каркасе. Это нужно иметь в виду при проектировании соединений между каркасом и бетонными ядрами жесткости, оставляя в этих соединениях достаточные зазоры, заделываемые по месту во время монтажа.

Соединения

Балки стального каркаса должны быть прочно соединены с обеспечивающими жесткость здания железобетонными стенами. Балки передают на железобетонные стены вертикальные опорные реакции, а частично и горизонтальные силы. Примеры выполнения подобных стыков, учитывающих различные строительные допуски, см. с. 268.

Сборные железобетонные элементы

Органичный строительный процесс получается в том случае, когда стены монти-

руются из готовых железобетонных элементов. Усилия в стыке между стенами и стальной конструкцией передаются через обетонированный стальной профиль. Благодаря этому уже во время монтажа возникает плотное соединение. Однако этот способ строительства применим только в зданиях ограниченной высоты. Конструктивные особенности см. с. 269.

Для объективности решения сопоставим различные точки зрения.

Массивные стены или ядра жесткости выгодны: если лифтовая или лестничная клетка может обеспечить жесткость здания и одновременно его огнезащиту (при применении тяжелого бетона достаточно 14 см для брандмауэрной стены и 10 см для огнестойких стен);

если установленные в каркасе решетчатые связи недостаточно жестки или если их нет совсем;

если бетонные башни лифтов и лестничных клеток стоят снаружи здания, а для гибкого использования площади этажей применен большой шаг колонн.

Решетчатые связи целесообразны: если возможно редкое расположение легких вертикальных связей;

если лифты и лестницы не прилегают друг к другу;

если лестницы расположены не друг над другом, а установлены в отдельных этажах в разных местах;

если лифтовые и лестничные башни запланированы в легком, остекленном каркасе снаружи здания;

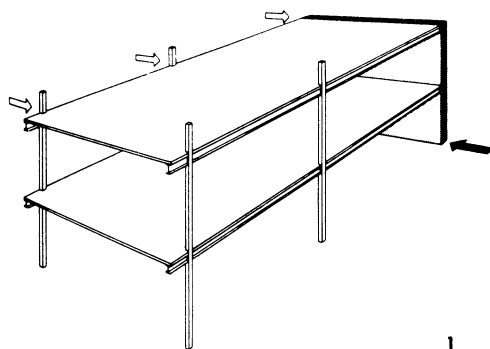
если время строительства массивного ядра жесткости не допускает его применения как жесткой связи;

если стены шахты имеют большие отверстия.

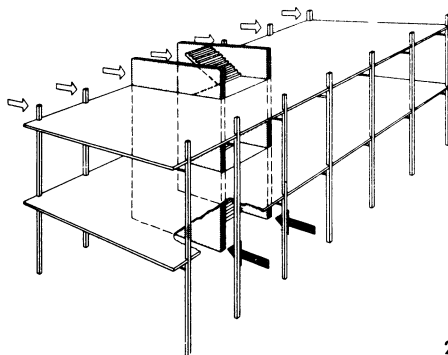
1 Противопожарная стена, обеспечивающая поперечную жесткость.

2 Две стены лестничной клетки, обеспечивающие поперечную жесткость.

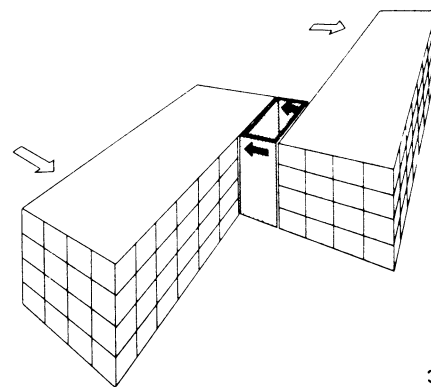
3 Башня лестничной клетки вне здания, обеспечивающая жесткость обеих частей здания в месте их соединения.



1

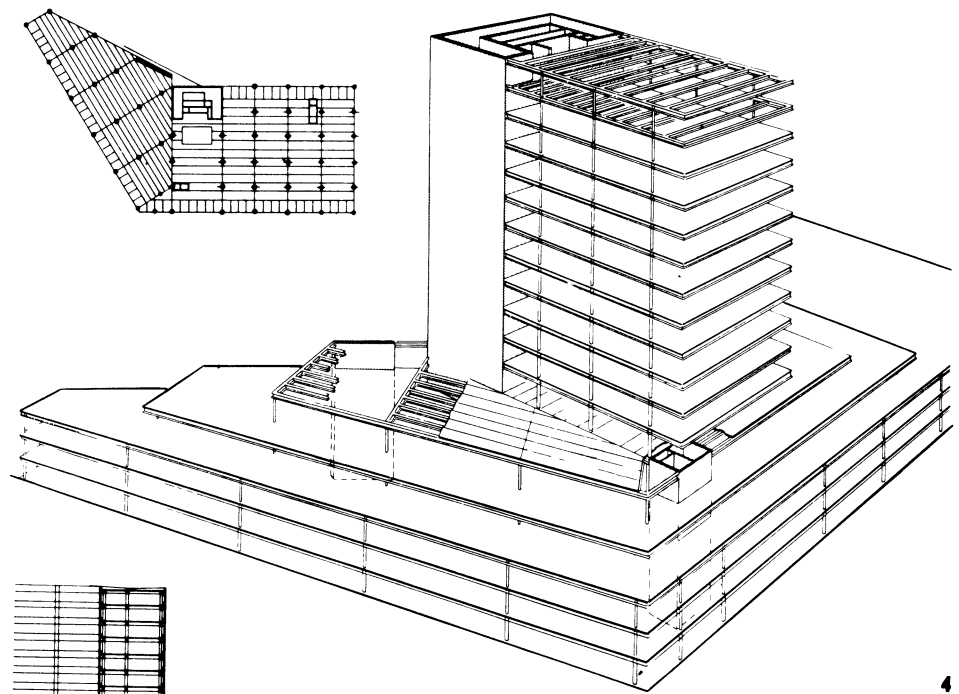


2

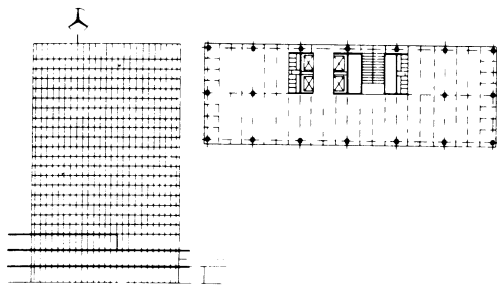
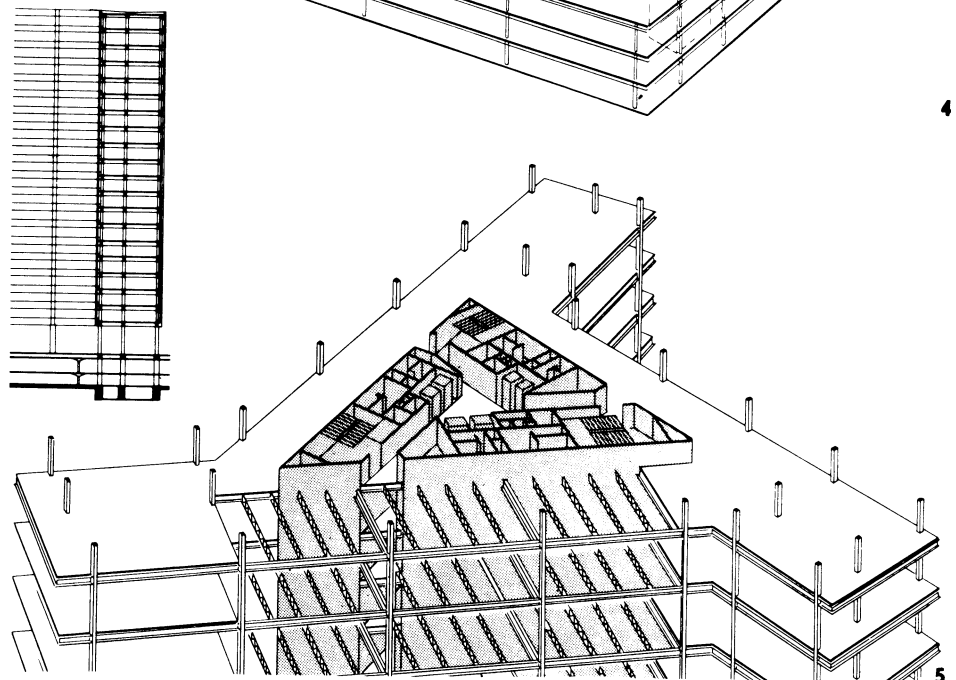


3

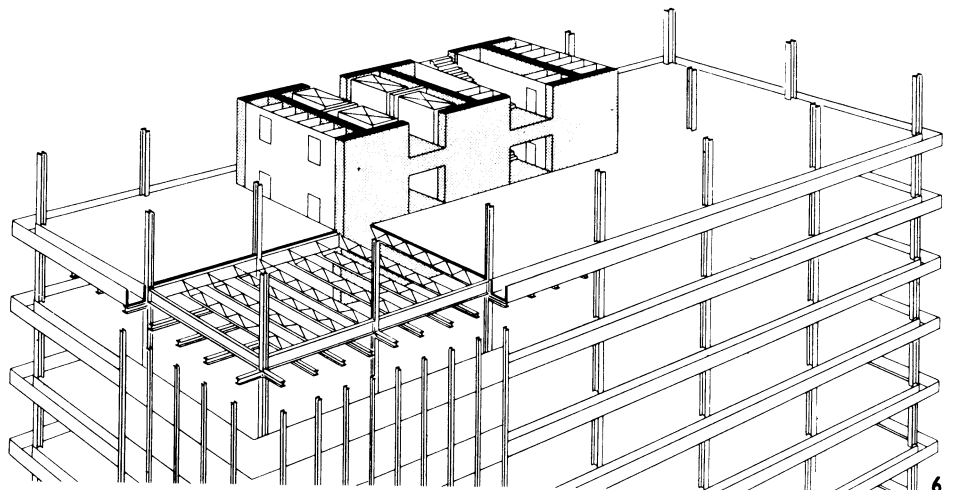
4 Четырнадцатизэтажное административное здание окружено широким пятиэтажным корпусом. Жесткость здания обеспечивается ядром жесткости со средствами вертикального сообщения, двумя низкими вспомогательными ядрами и противопожарной стеной. Ядра жесткости сооружены до начала монтажа каркаса методом переставной опалубки. Присоединение балок к железобетонным стенам ядер жесткости получило достаточную прочность только после замоноличивания, а потому необходимо было применить монтажные связи. — Администрация страховой компании в Гамбурге. Архитектор Хермкес.



5 Жесткость 20-этажного административного здания обеспечивается треугольным ядром жесткости, сооруженным в скользящей опалубке. На ядре жесткости были установлены подъемные механизмы для монтажа стальных конструкций. После окончания основного строительства осуществлена надстройка в два этажа. — «Юнилеверхауз» в Гамбурге. Архитекторы: Хентрих и Петчниг.



6 Двадцатидвухэтажное административное здание усилено железобетонным ядром жесткости, которое включает лифтовые шахты, лестничные клетки и шахты технического оборудования. Ядро жесткости выполнено до начала монтажа в скользящей опалубке. К ядру присоединены две консоли для монтажа стальных конструкций. Для закрепления балок перекрытий в железобетоне замоноличены стальные плиты, которые во время передвижения скользящей опалубки удерживались с помощью анкеров из угловой стали. — Европейский центр в Западном Берлине. Архитекторы: Хентрих и Петчниг.



В высотных домах выбор правильного обеспечения жесткости имеет огромное значение, так как значительная часть расходов при строительстве высотных зданий падает на обеспечение жесткости (до 50 % расхода стали). Основные горизонтальные нагрузки определяются ветром и сейсмическими воздействиями. Так как последние в большинстве случаев не играют большой роли, то рассматривается только влияние ветра. Ветер вызывает деформации и, в связи с образованием завихрений, колебания зданий.

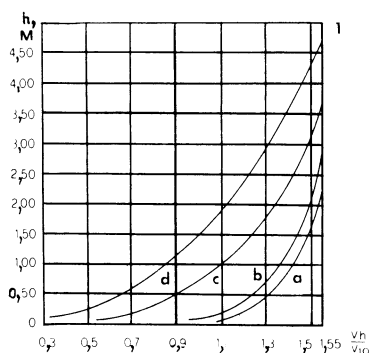
Давление ветра

Скорость ветра

Статическое ветровое давление зависит от скорости ветра, высоты здания, формы здания и гладкости его поверхности. В большинстве стран в основе расчета лежит наибольшая скорость ветра, замеренная за период в 50 или 100 лет на высоте $h^{10} = 10$ м над поверхностью земли (расчетная скорость ветра). В ФРГ она составляет $V^{10} = 30$ м/с

Скорость ветра V_n возрастает с увеличением высоты. Отношение V_n/V^{10} представлено на рис. 1 для различных условий. DIN 1055 (лист 4) предусматривает для ФРГ только одну ступень нагрузки (кривая а) и не предусматривает данных для очень высоких сооружений. В США (по Липотсу) принято более медленное возрастание скорости ветра с увеличением высоты в застроенных районах.

Скоростной напор ветра $q_b = v^2/16$.

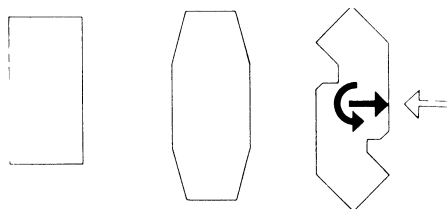


a — по DIN 1055;
b — открытые плоские поверхности;
c — предместья;
d — городской центр

Аэродинамический коэффициент

Форма здания имеет большое значение для ветровой нагрузки $w = sq$, где s — аэродинамический коэффициент, который для башенных зданий имеет значение 1,4—1,6. Более точные значения для высоких зданий может дать лишь аэродинамическое испытание. Всегда следует стремиться к симметричным планам (рис. 2.1 и 2.2). Несимметричные или обратнoсимметричные планы, как на

рис. 2.3, неприемлемы для высотных зданий, так как они вызывают кроме напряжений изгиба еще и крутящие моменты. Обеспечение их жесткости является причиной значительного повышения стоимости.



2.1 2.2 2.3

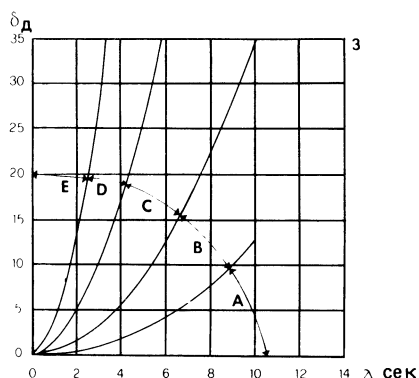
Шероховатые или гладкие поверхности здания могут оказывать на значение коэффициента с большое влияние, определяемое путем исследований.

Горизонтальные деформации здания
Размеры деформаций

Горизонтальное отклонение растет с высотой здания и тем меньше, чем надежнее система обеспечения жесткости. Допустимое отклонение не ограничивается инструкциями. По американским данным, теоретическое отклонение возведенных высотных домов лежит в пределах от 1/200 до 1/800 их высоты. В общем случае здания с отклонением от 1/400 до 1/600 своей высоты могут расцениваться как достаточно жесткие. Знание ожидаемой деформации сооружения имеет значение для расчета и возведения присоединяемых пристроек. Наружные и внутренние стены, которые не участвуют в передаче горизонтальных сил, должны быть так устроены, чтобы они могли выдерживать ожидаемые деформации здания без нежелательных трещин или других повреждений.

Характер колебаний

Характер колебаний высоких сооружений подлежит исследованию. Собственная частота колебаний должна значительно отличаться от частоты ветровых колебаний. Для того чтобы ускорение, полученное вследствие ветровых воздействий, не было неприятным для людей, оно должно быть менее 0,5 м/с².



На рис. 3 представлены зависимости между временем собственных колебаний λ здания, размахом колебаний (амплитудой) δ_c и появляющимися отсюда максимальными ускорениями s в % от ускорения силы тяжести $g = 9,81$ м/с². Обозначения:

Зона Ускорение в % от g Границы комфортабельности

A	< 0,5	Неощутимо
B	0,5 - 1,5	Ощутимо
C	1,5 - 5	Беспокойно
D	5 - 15	Очень беспокойно
E	> 15	Непереносимо

Для наглядного объяснения: ускорение 15% от g , т. е. $0,15g = 0,15 \cdot 9,81 = 1,57$ м/с² соответствует рывку легкового автомобиля, который за 10 с из состояния покоя достигает скорости 53 км/ч.

Общее отклонение

Границы деформации δ являются суммой (рис. 4) статического отклонения δ_c и динамического отклонения

$$\delta_d \delta = \delta_c + \delta_d$$

замеренных на уровне верхнего этажа здания. Часто $\delta_d \approx 1,2 \delta_c$, так что $\delta \approx 1,5 \delta_c$



Конструктивные возможности

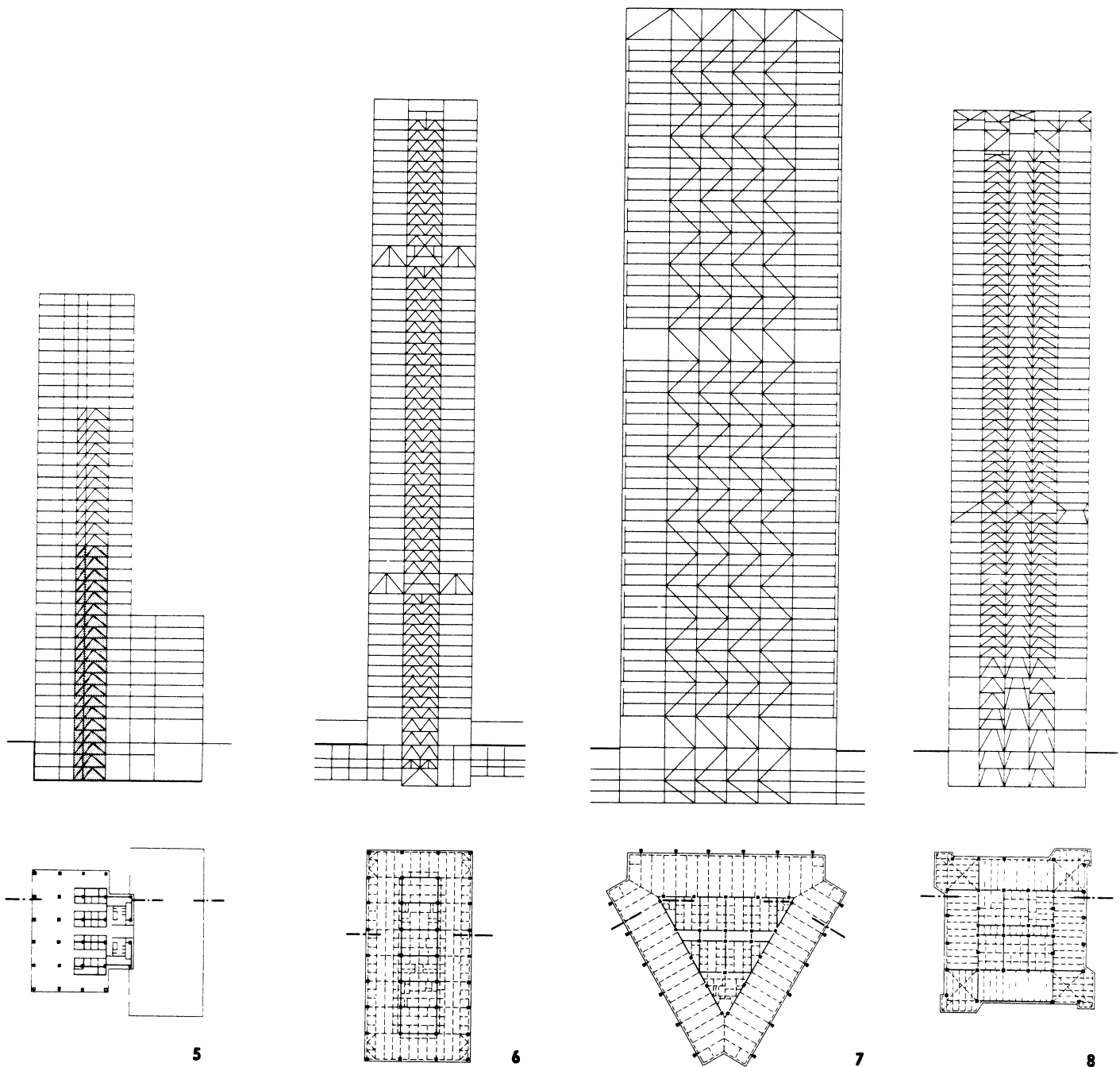
Жесткость высотных зданий обеспечивается работой описанных в этой главе конструкций: рам, связей, стеновых дисков.

Зачастую все ригели и колонны дополнительно жестко присоединяются к решетчатым связям или в нижних этажах дополнительно вводятся железобетонные стены.

Конструкции, обеспечивающие жесткость, должны проходить через все этажи от колонн помещений в первом этаже может привести к значительному увеличению стоимости вследствие введения специальных тяжелых элементов для передачи усилий с колонн верхних этажей на колонны других осей.

Литература

«Windwirkung auf hohe Gebaude»
W. Lippoth, Univ. Stuttgart; «Der Bauingenieur»
12/1968



5 «Сигрем-билдинг» в Нью-Йорке (архит. Мис ван дер Роэ). Высота 158,5 м. Обеспечение жесткости верхней части только с помощью рам, ниже 29-го этажа — полураскосными решетчатыми связями, от 17-го вниз — бетонными стенами 30-см толщины.

6 Административный центр в Торонто (архит. Сидней Брегман). Высота 224 м. Жесткость обеспечивается вертикальными связями между лифтовыми шахтами, в поперечном направлении — дополнительно установленными вертикальными связями на всю ширину здания в технических этажах, с тем чтобы отклонения не превышали 1/500 высоты.

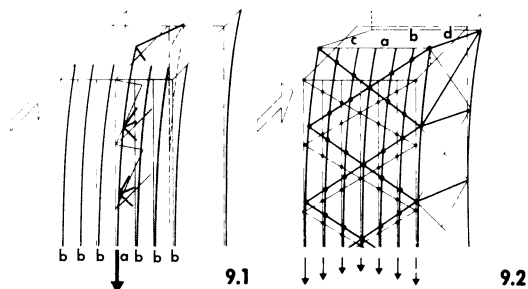
7 Высотное здание Американского стального треста в Питтсбурге (США) (архитекторы

Гаррисон, Абрамовиц, Аббе). Треугольный план. Жесткость обеспечивается вертикальными связями в стенах треугольного ядра жесткости здания и дополнительно в верхнем этаже по всей ширине здания. Благодаря этому уменьшается горизонтальная деформация здания примерно на 30%. Горизонтальное отклонение здания высотой 256 м под действием расчетного напора ветра составляет 1/500 высоты, причем половина приходится на динамическое воздействие (см. также с. 240).

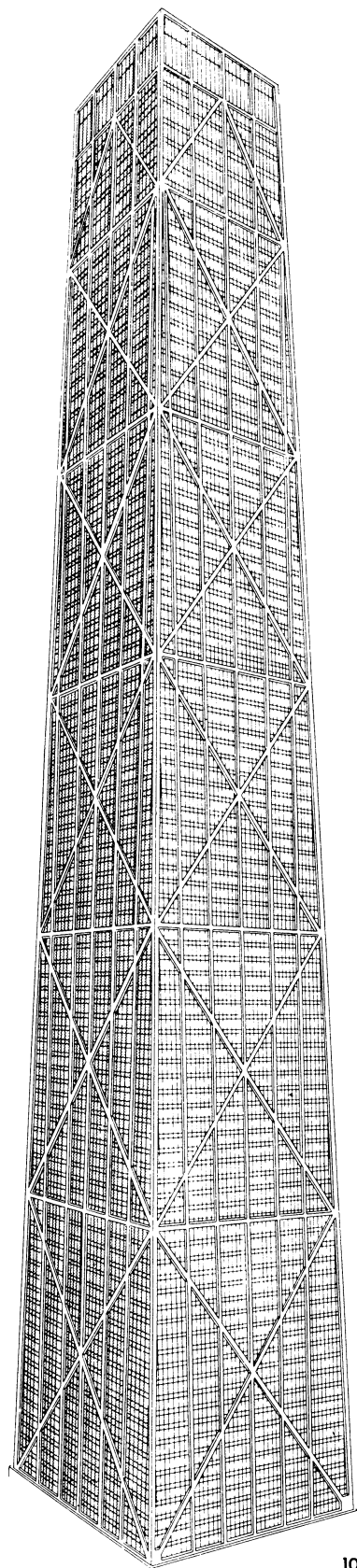
8 Административное здание гостиницы «Астор Плаза» в Нью-Йорке (архитекторы: Кан и Джекобс). Высота 222,73 м. Жесткость обеспечивается вертикальными решетчатыми связями по четырем внешним сторонам ядра жесткости и четырьмя связями внутри ядра жесткости. Дополнительное усиление достигнуто благодаря жесткому соединению наружных колонн с ядром жесткости в 17-м и самом верхнем 54-м этажах.

В высотных домах с компактным планом (круг, квадрат) можно совместить наружные колонны с расположенными снаружи здания связями или жесткими балками подоконных простенков в одну решетчатую коробку. Такая система имеет очень высокую жесткость, зависящую не только от оптимального пролета связей, но также от совместного действия наружных колонн и связей или ригелей простенков наружных стен.

Это объясняется следующим: в работе вертикальных связевых ферм (рис. 9.1), расположенных в середине здания по всей его ширине, участвуют только те наружные колонны, которые работают в качестве поясов этих ферм и лежат в их плоскости (а). Остальные наружные колонны (b) не сопротивляются напряжениям изгиба, так как не получают продольных дефор-



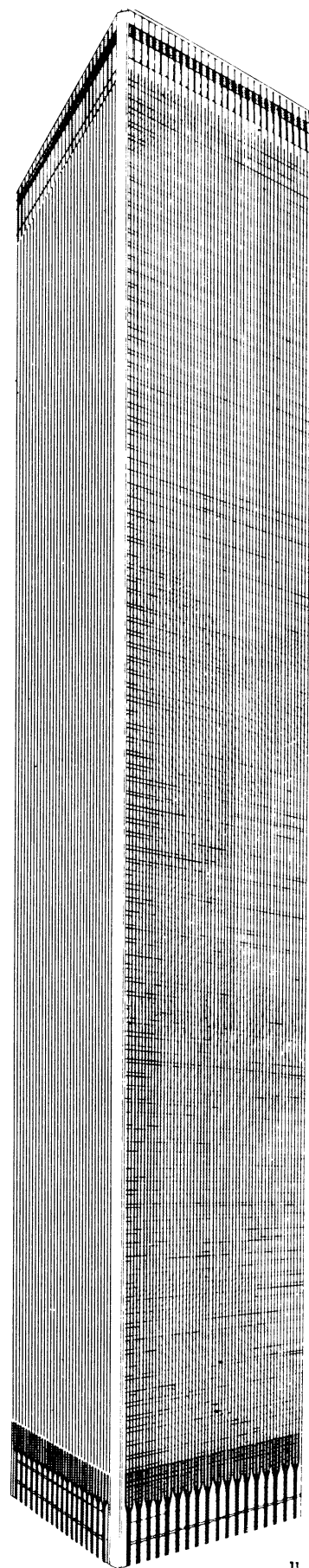
маций. В расположенных снаружи здания связях (рис. 9.2) при ветровом напоре на стену а все вертикальные связи в стенах с и d работают точно так же, как вертикальные связи на рис. 9.1. Угловые стойки являются поясами связевых ферм. С помощью решетчатых связей или жестких рам все колонны в стенах а и b соединены с угловыми колоннами и вынуждены работать вместе с ними. Вследствие этого все колонны стен а и b работают как пояса решетчатых связей с и d. При этом поперечные сечения поясов очень велики, а напряжения в наружных колоннах малы.



10

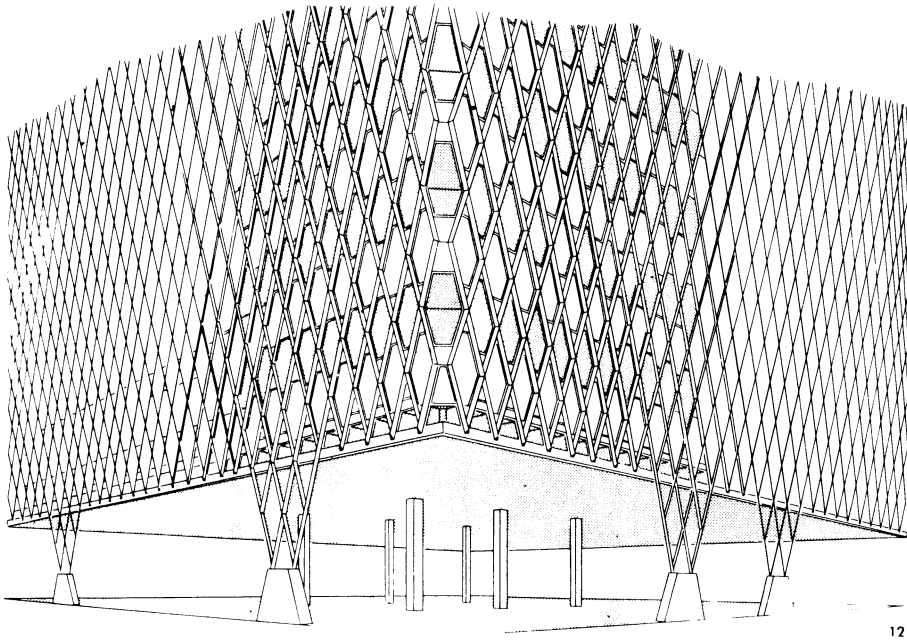
10 «Джон Ханкок центр» в Чикаго (архитекторы Грэхем, Скидмор, Оуингс и Меррил). В этом 100-этажном здании высотой 335,28 м все горизонтальные усилия воспринимаются расположенными снаружи связями, в результате чего достигается значительная экономия стали по сравнению с вариантом расположения связей внутри здания. Наружные связи определяют и архитектуру здания. Диагонали, которые при большой высоте здания имеют значительную ширину, пересекают окна. Детали — см. с. 266, рис. 4.

11 Международный торговый центр в Нью-Йорке (архит. Ямасаки и К°). Две башни этого комплекса имеют по 110 этажей и высоту 411,5 м. Их жесткость обеспечена рамными конструкциями наружных стен, которые состоят из колонн, расположенных с малым шагом, и высоких подоконных ригелей. Детали — см. с. 212, рис. 18, и с. 341.

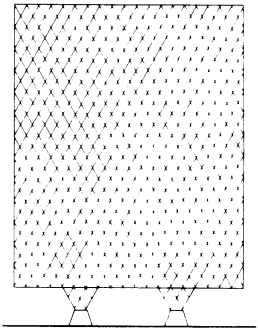
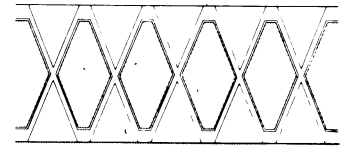


11

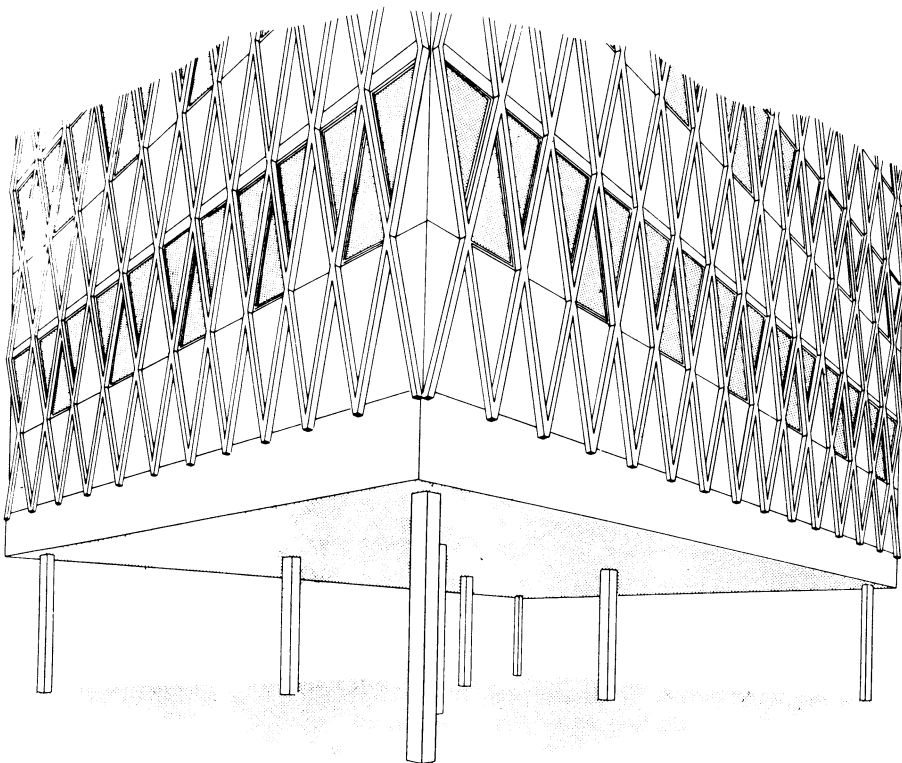
Наружные колонны и раскосы связей могут объединяться в ромбовидный фахверк, стержни которого одновременно являются и колоннами, и ветровыми связями. Окна повторяют форму ромбов или треугольников.



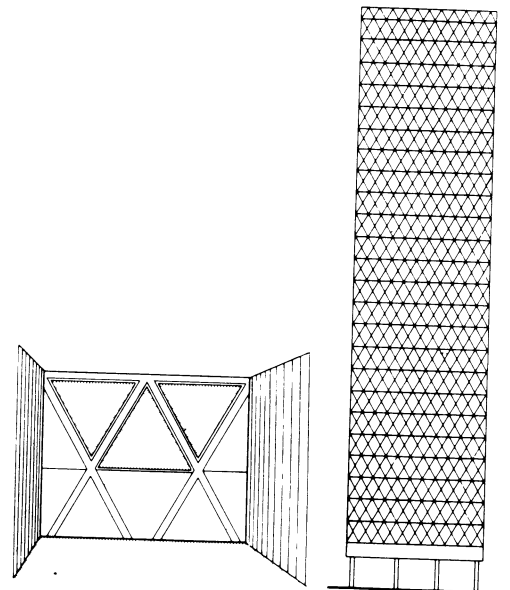
12



12 Наружные колонны объединены со стержнями связей в ромбовидный фахверк. Наружные стены стоят на треугольных опорах. Форма несущей конструкции определяет архитектуру здания. Наружные колонны облицованы алюминиевыми листами. Ромбообразные окна имеют отсеченные острые углы. Детали см. с. 266, рис. 3-ИБМ—высотное здание в Питтсбурге. Архитекторы: Кертис и Девис.



13



13 Проект дома высотой 85 м с ромбической сеткой фасадных колонн шириной 12 см. Внутри здания с размерами в плане 30×30 м стоят только четыре внутренние шарнирные опоры сечением 30×30 см. Конструкции занимают очень мало места в плане. Треугольная форма окон обусловлена конструктивной схемой.

Расположение швов

Швы между отдельными частями сооружений дают возможность свободной деформации строительных объемов. Швы разделяют здание на отсеки по вертикали. Строительно-физические основания разрезки зданий — см. с. 176.

Важнейшие причины относительного смещения:

изменения длины междуэтажных перекрытий и покрытия вследствие температурных изменений, а также при пожаре (температурные швы);

вертикальный сдвиг частей здания по отношению друг к другу из-за неравномерной осадки колонн (осадочные швы).

Деформации проявляются во время строительства или в период эксплуатации здания. Швы нарушают однородность сооружения и приводят к дополнительным эксплуатационным расходам. Их шаг должен быть по возможности большим.

Температурные швы

Шаг температурных швов выбирается так, чтобы изменения длины перекрытий и крыши не вызвали повреждений или перенапряжений в несущем каркасе.

Температурные изменения

Во время строительства

Наибольшие температурные колебания проявляются при сооружении многоэтажных зданий обычно в течение всего периода строительства, а не во время эксплуатации. Поэтому может потребоваться на период строительства устраивать дополнительные подвижные швы, которые будут заделаны после окончания отделочных работ. Расчетные температуры — см. с. 178.

Усадка бетона

Схожее с температурными изменениями действие оказывает изменение объема бетона вследствие его усадки.

Действие пожара

При пожаре несущая конструкция может испытывать воздействие очень высоких температур. Огнезащитные облицовки стальных конструкций рассчитываются (см. с. 331) так, чтобы температура металла не превышала 650°C за расчетный период огнестойкости конструкции. Однако в стальных балках такая температура только в том случае может вызвать изменение их длины, когда плиты перекрытий не соединены монолитно со стальными балками или перекрытие имеет такую же температуру, как и стальные балки.

Вследствие больших поперечных сечений перекрытий по сравнению с балками на горизонтальные смещения конструкций

влияет, как правило, не температура самих стальных балок, а температура всего перекрытия. При железобетонных перекрытиях железобетонная плита нагревается до температуры около 200°C , в то время как температура стальных балок уже достигает предельного значения. Смещения перекрытий от воздействия этой температуры должны быть приняты во внимание для определения шага швов и устойчивости вертикальных элементов жесткости. Они вызывают:

усилия в жестких узлах конструкций, например в случае примера 4, или горизонтальные сдвиги колонн.

Шаг и расположение швов

Расстояние между швами в многоэтажных зданиях со стальными каркасами зависит в значительной степени от вида конструкций, обеспечивающих жесткость.

В рамных конструкциях при смещениях перекрытий возникают изгибающие моменты в узлах рам, которые учитываются при расчете. Расстояние между швами можно принимать от 30 до 50 м.

Связевые стальные конструкции, которые имеют достаточную жесткость только в отдельных опорных узлах, рассчитываются в остальных узлах как шарнирные. Поперечное сечение колонн так незначительно, что появляющиеся деформации, несмотря на высокий модуль упругости стали, в большинстве случаев не ведут к появлению высоких напряжений от смещения колонн. Поэтому расстояния между температурными швами могут быть большими. Здание со стальным каркасом без швов длиной до 100 м не является исключением.

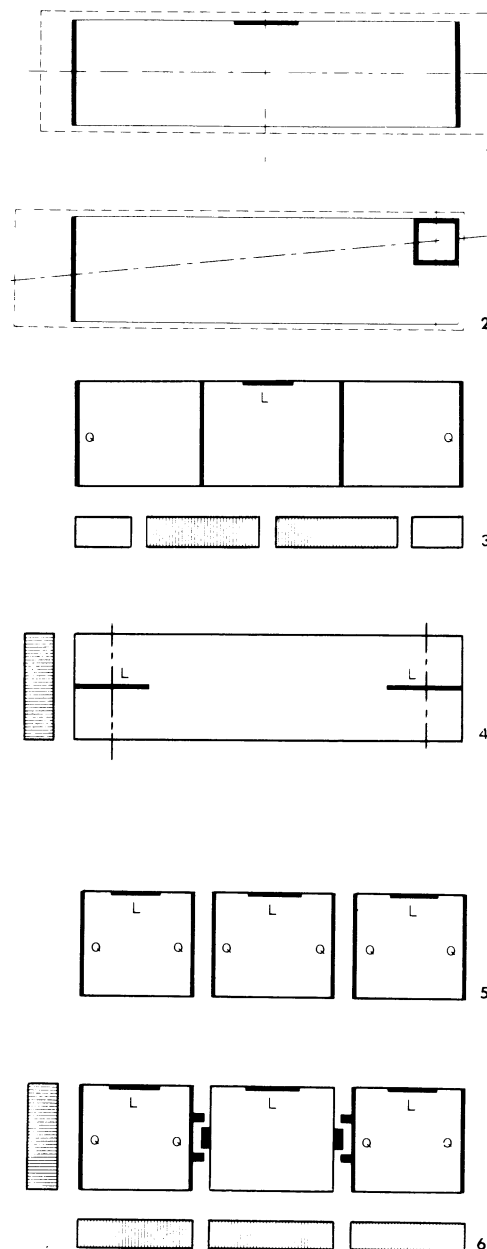
Расположение швов

Расположение швов определяется положением опор. В плане 1 расширение перекрытий благодаря симметричному расположению связей, обеспечивающих жесткость, проявляется равномерно в обоих направлениях, в плане 2 — вследствие внецентренного расположения опоры точки перекрытия расширяется в сторону свободной части.

При нескольких ветровых связях в здании наблюдается следующее.

3 Несколько расположенных рядом жестких дисков связей в качестве поперечного обеспечения жесткости Q воспринимают по закону теории упругости соответствующие доли ветровых усилий, причем жесткий диск перекрытия соответствующим образом их распределяет. От температурных расширений защемляющие моменты не возникают.

4 Если продольные конструкции жесткости L расположены напротив друг друга, то обе они участвуют в восприятии ветровых

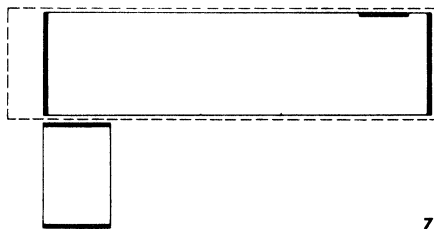


усилий одинаково, причем появляются защемляющие моменты вследствие температурных воздействий. Таких случаев нужно избегать. Большие напряжения от защемления возможны особенно в период монтажа. Для уменьшения их в этом случае рекомендуется замонтировать вначале только один из двух жестких дисков, расположенных по концам здания.

5 Разделение плана двумя подвижными швами на три отсека требует по сравнению с примером 3 устройства двух дополнительных продольных связей L , которые должны иметь такие же размеры, как одна связь на рис. 3, хотя оба здания, стоящие позади первого, находятся как бы в «ветровой тени». Каждая часть сооружения должна быть устойчива сама по себе. При подобном делении каждая третья часть нуждается

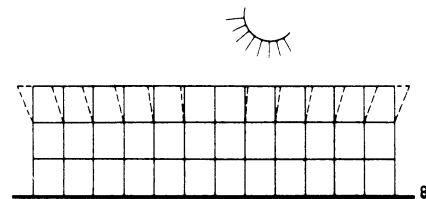
в двух конструкциях жесткости в поперечном направлении Q с устройством двух дополнительных поперечных дисков.

6 В этом случае возможно также связать части корпуса таким образом, что в шве будут передаваться только поперечные силы, а не продольные усилия. Например, присоединением средней части здания к дискам жесткости боковых корпусов экономятся две поперечные связи по сравнению с примером 5.

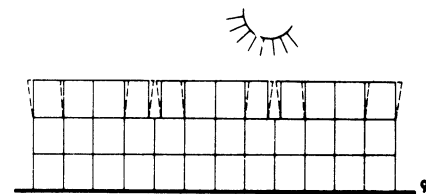


7

7 В зданиях с сильно расчлененным планом могут быть необходимы вертикальные скользящие швы, чтобы обеспечить свободные деформации примыкающих частей.



8



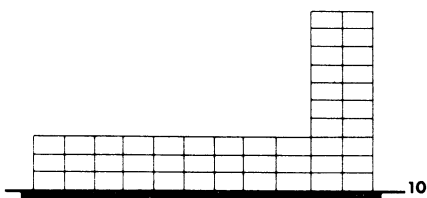
9

Швы в крыше

Если конструкция плоской кровли может допустить большее нагревание несущих элементов покрытия, чем несущих между-

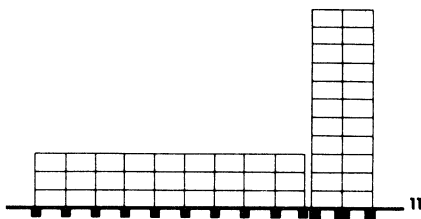
этажных перекрытий, то возможны деформации, изображенные на рис. 8. В таких случаях рекомендуется устройство в верхних этажах нескольких дополнительных температурных швов (рис. 9).

Осадочные швы



10

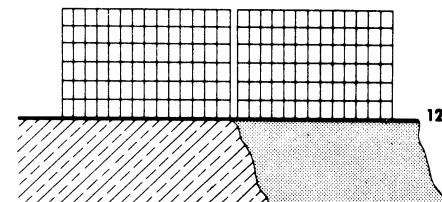
10 Строительные корпуса различной высоты вызывают неодинаковое нагружение фундаментов. Если эти нагрузки выравниваются общей плитой основания, то осадка корпусов с различным весом получается одинаковой. В этих случаях вполне возможно соединять более низкие корпуса с высокими зданиями в одно целое.



11

11 Если строительные корпуса поставлены на отдельные фундаменты, то может возникнуть их неравномерная осадка; в этом случае необходимы осадочные швы между корпусами различной высоты.

12 Одинаковые строительные корпуса хотя и оказывают одинаковое специфическое давление на грунт, но могут стоять на строительных грунтах с различной несущей



12

способностью. В этом случае могут получиться различные осадки колонн, а потому в этом месте тоже необходимы осадочные швы.

Сооружения на подработанных территориях должны быть разделены многочисленными осадочными швами на мелкие отсеки со статически определимой несущей системой, т. е. без рамных конструкций или неразрезных балок.

Колонны		Виды решетчатых балок	253
Основные положения	226	Легкие фермы — решетчатые	
Типы поперечных сечений	227	балки	253
Таблицы несущих способностей	228	Тяжелые фермы	254
Опорные плиты	232	Несущие конструкции из труб	255
Анкеровка колонн	233	Статическая работа комбинированных	
Колонны подвала	234	балок	256
Стык колонн	235	Монтаж комбинированных балок.	
Примыкание балок	235	Поперечные сечения балок	257
Крепления балок, воспринимающие		Сборные комбинированные балки	
поперечную силу	236	с железобетонными плитами	258
Крепления балок, передающие		Определение размеров сталежелезо-	
поперечные силы и моменты	237	бетонных балок	259
Огнезащита колонн обетонированием		Шедовые балки	260
и облицовкой	238	Элементы обеспечения жесткости	
Огнезащита колонн водяным		Рамы	261
охлаждением	240	Шарнирные опоры рам	261
Проводка коммуникаций в стальных		Узлы рам	262
колоннах	241	Горизонтальные решетчатые связи	263
Балки		Вертикальные решетчатые связи	264
Назначение	242	Связи между наружными	
Типы сечений балок со сплошной		колоннами	266
стенкой	243	Передача усилий на железобетонные	
Таблицы размеров прокатных		стены	267
профилей	245	Примыкание балок к железобетонным	
Крепления балок со сплошными		стенам	268
стенками	248	Крепление перекрытий к железобетонным	
Балки Виренделя	250	бетонным стенам	269
Сварные перфорированные балки	250	Стыки дисков из сборных	
Инженерные коммуникации в балках		железобетонных элементов	269
со сплошными стенками	252	Сборные стены подвалов	270

Стальной каркас

Видимое распределение усилий

В этой главе излагаются конструктивные особенности несущих стальных каркасов. Усилия, возникающие в каркасе, концентрируются в стержнях с тонкостенными развитами поперечными сечениями. Это дает четкие конструкции, которые соответствуют распределению усилий.

Необходимые требования

При проектировании стальных каркасов многоэтажных зданий следует учитывать следующие требования:

Экономичность

Уменьшение трудоемкости изготовления конструкций на заводе благодаря использованию станочного и автоматического оборудования.

Удобство монтажа с помощью передвижных кранов при соблюдении жестких допусков.

Выбор простых по форме конструкций, которые легко защитить от коррозии, особенно элементов, находящихся снаружи,

на которых нежелательно скопление пыли и влаги.

Соединение с другими конструктивными элементами.

При всех разработках следует обращать внимание на:

возможность простого крепления к каркасу плит перекрытий, наружных стен и перегородок (см. также соответствующие главы);

обеспечение требований противопожарной защиты (см. также соответствующие главы);

удобство прокладки инженерных коммуникаций между несущими конструкциями (см. также соответствующую главу).

Эстетичность

Остающиеся видимыми внутри или снаружи здания элементы стальных конструкций должны быть по возможности оформлены.

Номограммы для определения размеров сечений элементов

Номограммы служат для предварительного определения размеров сечений основных элементов стального каркаса в стадии

проектирования. Они не исключают необходимости точного расчета, но позволяют определить:

- размеры поперечного сечения колонн; высоту балок;
- вес несущих элементов каркаса.

Элементы стального каркаса

Рассматриваются основные несущие элементы стального каркаса:

вертикальные элементы, работающие на продольные усилия: проектирование стальных колонн с рассмотрением таких особых вопросов, как проектирование колонн подвала, огнезащита и прокладка оборудования. Восприятие нагрузок бетонными стенами — см. «Элементы обеспечения жесткости»;

элементы, работающие на изгиб. Этот раздел представлен только стальными балками. О плитах перекрытия, которые в комбинированных системах работают совместно с балками, см. соответствующую главу;

элементы обеспечения жесткости: шарнирное и жесткое крепления элементов связей, проблема соединения стальных конструкций с бетонными стенами.

Колонны каркасного сооружения передают вертикальные усилия на фундамент. Они работают в основном от вертикальных нагрузок. Различают сжатые колонны и подвески. В сжатых колоннах — осевое сжатие и внецентренное приложение вертикальной нагрузки, вызывающее дополнительный изгиб. Случайные защемления незначительной жесткости и небольшие эксцентриситеты обычно вызывают лишь незначительные дополнительные напряжения, которые при проектировании стальных каркасов не учитываются.

Центрально-сжатые колонны рассчитываются на продольный изгиб. Поскольку они могут терять устойчивость в двух направлениях, то расчетным является направление с меньшей жесткостью. Поэтому для колонн более выгодны поперечные сечения, моменты инерции которых одинаковы в отношении обеих осей. Профили, имеющие существенное отличие в моментах инерции, могут быть использованы для колонн только тогда, когда их устойчивость в плоскости меньшего момента инерции обеспечена защемлением в уровне перекрытия или дополнительными укреплениями по высоте.

Стальные колонны проектируют с различными формами поперечных сечений (см. с. 227). Благодаря наличию широкого сортамента профилей и возможности применения сталей различной прочности можно подобрать сечение, обеспечивающее необходимую несущую способность колонны. Стальные колонны могут быть сквозного сечения. Такой тип сечения широко применяется в промышленном строительстве благодаря удобству примыкания элементов или в легких колоннах, чтобы повисить их жесткость в нужном направлении путем раздвижки ветвей.

Подвески, которые работают на растяжение, на устойчивость не рассчитываются.

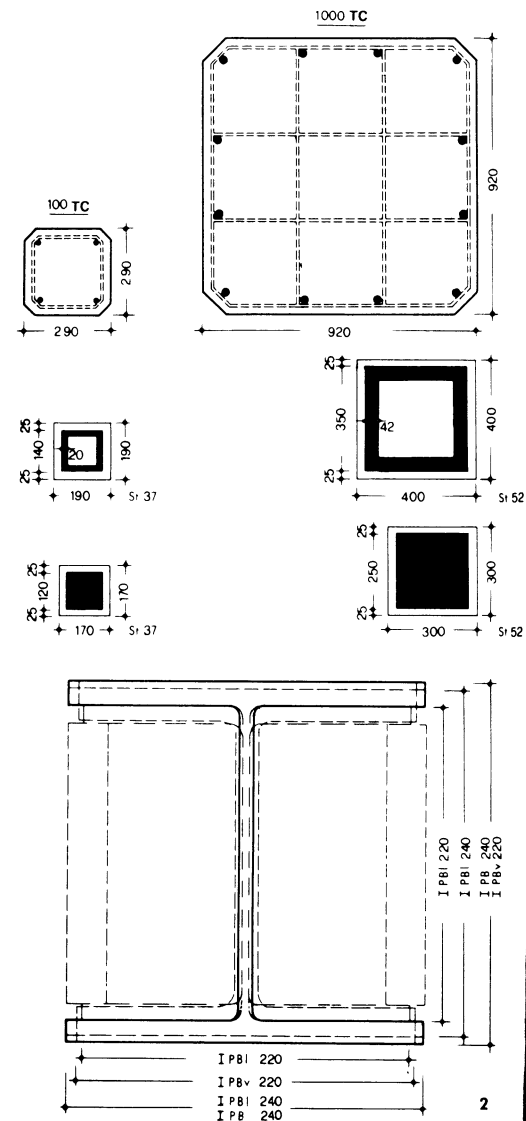
Стальные колонны экономичны по площади сечения, особенно полые колонны, обладающие жесткостью при продольном изгибе. Наименьшие размеры сечения имеют сплошные профили.

1 Для сравнения показаны наружные размеры сечений железобетонных и стальных колонн при расчетной длине 3,5 м под нагрузку 100 и 1000 тс. Стальные колонны имеют коробчатое или сплошное поперечное сечение. В наружных размерах стальных колонн учтена огнезащитная облицовка толщиной 25 мм.

Нагрузки на колонны и одновременно соответствующие поперечные сечения колонн увеличиваются по этажам здания в направлении сверху вниз. Часто бывает желательно иметь одинаковые наружные размеры сечений колонн во всех этажах, при этом применение стандартных ограждающих элементов и облицовки колонн, установка перегородок и примыкание потолков облегчаются. При применении коробчатых и трубчатых профилей это достигается путем изменения толщин стенок и использования нескольких марок стали. Применение профилей сплошного сечения для колонн самых нижних этажей дает возможность иметь наименьшие наружные размеры.

Изменение поперечного сечения колонн в колоннах из часто употребляемых двутавровых РВ-профилей возможно изменение площади сечения путем применения легкого, нормального и усиленного рядов профилей, а также стали марок St37 и St52. Так как профили усиленного ряда имеют большие наружные размеры, чем те же номера нормального ряда, часто бывает целесообразно комбинировать усиленный ряд соседнего нижнего профиля с легкими и нормальными рядами ближайшего более высокого. В самых нижних этажах колонны могут быть усилены практически без увеличения наружного размера профиля путем приварки к ним листов широкополосной стали.

2 Пример изменения поперечных сечений колонн по высоте здания.

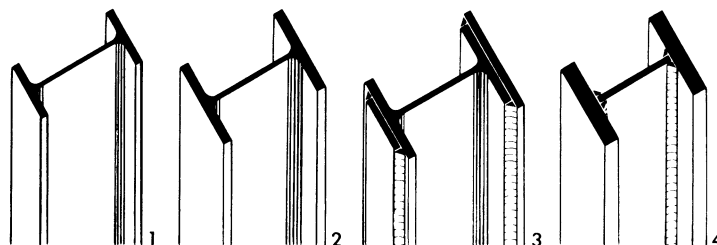


Несущая способность, тс	Профиль колонн	Нагрузка на колонны, тс	Внутренние колонны		Наружные колонны	Нагрузка на перекрытия, тс	Нагрузка на колонны, тс	Профиль колонн	Несущая способность, тс
			Нагрузка на колонны, тс	Нагрузка на перекрытия, тс					
60	IPBI 220 St 37	10	10	30	5	5	5	IPBI 220 St 37	60
		40	30	15					
116	IPB 240 St 37	70	30	30	15	35	15	IPBI 240 St 37	84
		100	30	15					
174	IPB 240 St 52	130	30	30	15	65	15	IPBI 240 St 37	116
		160	30	15					
219	IPBv 220 St 52	190	30	30	15	95	15	IPB 240 St 37	140
		220	30	15					
290	IPBv 220 St 52	250	30	30	15	125	15	IPBv 220 St 37	140
		280	30	15					

Двутавровые профили

Самая распространенная форма сечения колонн. Она особенно удобна при необходимости крепления к колоннам балок в обоих направлениях, так как все элементы двутавра доступны для постановки болтов

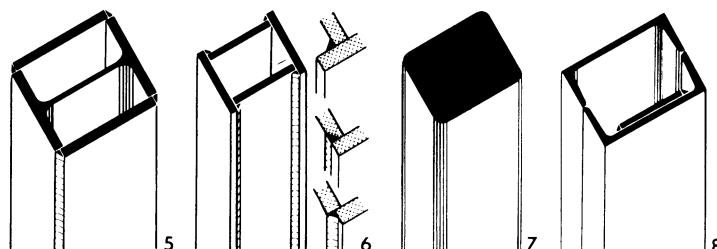
- 1 IPE — профиль для небольших нагрузок
- 2 IPB — профиль с широкими полками, наиболее хорошо подходит для колонн.
- 3 Прокатные двутавры, усиленные приваренными к полкам стальными полосами.
- 4 Сварные двутавры из широкополосной стали для колонн при очень больших нагрузках. Такой профиль при большой толщине листов (до 100 мм) может воспринять практически все возможные нагрузки.



Прямоугольные коробчатые профили

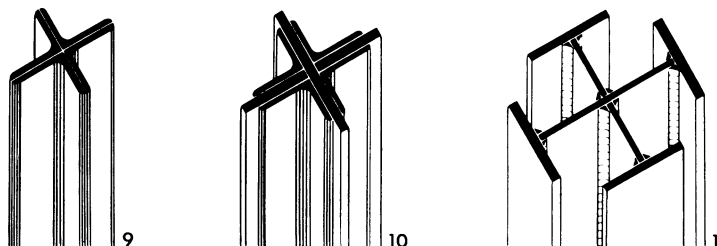
Применяются для колонн при больших продольных усилиях и изгибе в обоих направлениях или при большой свободной длине колонны, имеющей ограниченное поперечное сечение. Благодаря ровным наружным плоскостям применяются для необлицованных колонн.

- 5 Коробчатый профиль, получаемый из IPB путем приварки полос по бокам.
- 6 Сварной прямоугольный полый профиль. По высоте колонны возможно изменять площадь поперечного сечения путем перемены толщины листов. Минимальная толщина листа 8 мм. Сварка листов может производиться различными способами.



7 Сплошной квадратный профиль, позволяющий делать колонны с наименьшими габаритами сечения, обладает высокой степенью огнестойкости при ограниченной защите и позволяет размещать колонны в перегородках, чем достигается оптимальное использование площади этажа; стоимость обработки незначительна.

8 Два сваренных вместе швеллера. Профиль пригоден лишь в отдельных случаях, так как площадь поперечного сечения можно изменить только приваркой полос внутри.

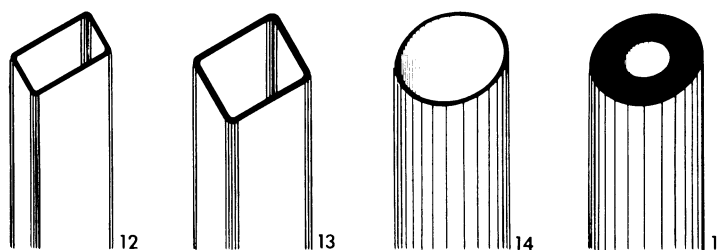


Крестообразные профили

9 Профиль, образованный из четырех уголков. Благодаря полной симметрии и своеобразной форме поперечного сечения часто применяется из эстетических соображений. Особенно пригоден для колонн, которые размещены на пересечении перегородок и должны быть скрыты в них.

10 Профили по типу рис. 9, но усиленные приваренными между уголками стальными полосами.

11 Профили для тяжелых колонн из двух IPB или из листовой стали. Такие сечения особенно подходят для колонн при наличии в них изгибающих моментов в обоих направлениях.



Полые прокатные профили

Прямоугольные 12 или квадратные 13 трубы с округленными ребрами имеют очень хороший вид. Использование их для колонн требует принятия особых мер. Площади поперечных сечений профилей, имеющих постоянные наружные размеры, изменяются путем увеличения толщины стенок.

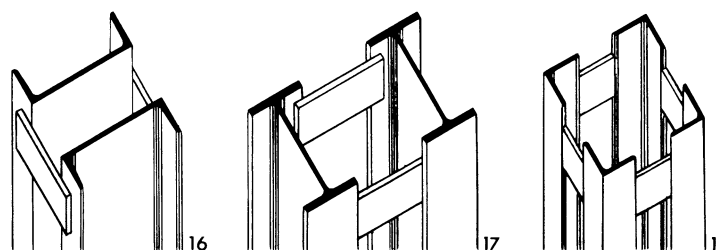
14 Профили круглого полого сечения выгодны с расчетной точки зрения, так как они во всех направлениях имеют одинаковые моменты инерции.

15 Трубы одинакового наружного диаметра могут воспринимать различные по значению усилия благодаря изменению толщины стенки. Использование тонкостенных труб требует принятия особых мер. Цена труб почти в 3 раза выше по сравнению с прокатными двутавровыми профилями. Поэтому, несмотря на незначительную стоимость изготовления трубчатых колонн, они в большинстве случаев оказываются дороже, чем колонны из коробчатых профилей (рис. 6).

Сквозные сечения

Эти типы сечений часто применяются в промышленных сооружениях. Они пригодны и для колонн высотных зданий, если прогоны должны проходить между ветвями колонн или внутри колонн предусмотрена прокладка технического оборудования. Эти колонны имеют габариты поперечного сечения, большие, чем колонны 5 и 6. Отдельные ветви колонн соединены друг с другом с помощью приваренных к ним планок, установленных с определенным шагом, обеспечивающим необходимую жесткость колонны при работе на продольный изгиб.

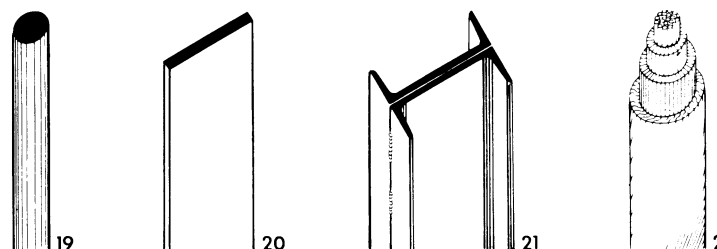
16 Колонны из двух швеллеров. 17 Тяжелые колонны из двух двутавровых ПВ-профилей. 18 Легкие колонны из четырех уголков. Сортамент уголков позволяет изменять площадь сечения колонн в широком диапазоне.



Подвески

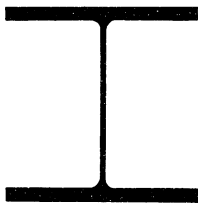
Подвески работают только на растяжение, поэтому они могут не иметь развитого сечения, необходимого для сжатых стержней.

19 Круглая сталь, передача усилий через резьбу, наращивание с помощью резьбовой муфты. 20 Листовая сталь. 21 Два швеллера. 22 Закрытый канат из высокопрочной проволоки, передача усилий через напрессованные гильзы.



Несущая способность колонн из прокатных профилей (см. номограмму на с. 229)

Эта номограмма позволяет при заданной нагрузке приблизительно определить размеры сечения колонны из прокатного профиля наиболее экономичного поперечного сечения. Номограмма построена для наиболее часто встречающейся на практике расчетной длины колонны (равной высоте этажа $h=3,5$ м). Номограмма применима также и для других незначительно отличающихся по расчетной длине колонн. При $h=3$ м несущая способность повышается на s % (коэффициент высоты), при $h=4$ м она уменьшается на s %. Для расчета колонн при значительно большей высоте этажа эта номограмма непригодна.



Несущая способность колонн из квадратных и круглых труб (см. номограммы на с. 230 и 231)

Номограммы дают возможность при заданной нагрузке определить размеры поперечных сечений колонн из сталей марок St37 и St52. Номограммы на левой стороне служат для подбора сечений колонн с шириной грани или диаметром более 24 см, номограммы на правой стороне (в большем масштабе) построены для колонн меньших сечений.

Несущая способность определена для колонн с расчетной длиной, равной высоте этажа $h=3,5$ м. При незначительном отклонении расчетной длины несущая способность колонны изменяется мало. Приведенные под номограммой В значения коэффициентов s % показывают на снижение несущей способности колонн при $h=4$ м или увеличение при $h=3$ м. Чем больше диаметр колонны, тем незначительнее отклонение.

Колонны из квадратных труб со стенками одинаковой толщины.

Как правило, при выборе размеров поперечного сечения и марки стали наблюдается, что небольшое изменение ширины граней при сохранении марки стали приводит к незначительному изменению массы. Применение более прочной (и дорогой) стали St52 дает соответствующую экономию стали только при больших размерах поперечного сечения. При небольших размерах поперечного сечения применение стали St52 из-за малого коэффициента продольного изгиба выгоды не дает.

Указания к пользованию номограммой

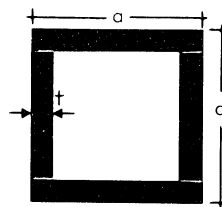
Выбор профиля

На вертикальной оси номограммы А откладывают значение нагрузки P и двигаются по горизонтали вправо до пересечения с одной из восьми кривых несущей способности, построенных для четырех типов профилей из двух марок стали. Под точкой пересечения горизонтали с кривой, характеризующей тип профиля и марку стали, на горизонтальной оси определяют размер (высоту) профиля, а по графику, находящемуся ниже номограммы В, устанавливают процентную добавку s . Если точка пересечения лежит между двумя профилями, то следует выбирать ближайший больший профиль.

Примеры

P, тс, $h=3,5$ м	Марка стали	Профиль	g, кг/м	W, тс/кг·м	с, %	P, тс при	
						$h=3$ м	$h=4$ м
300	St52	IPBJ 450	140*	2,2	4	312	228
	St37	IPB 600	210	1,5	4	312	288
100	St52	IPBv 160	80	1,4	14	114	86
	St37	IPB 220	70	1,3	7	107	93

* Округлено до 10 кг/м

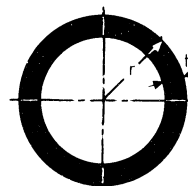


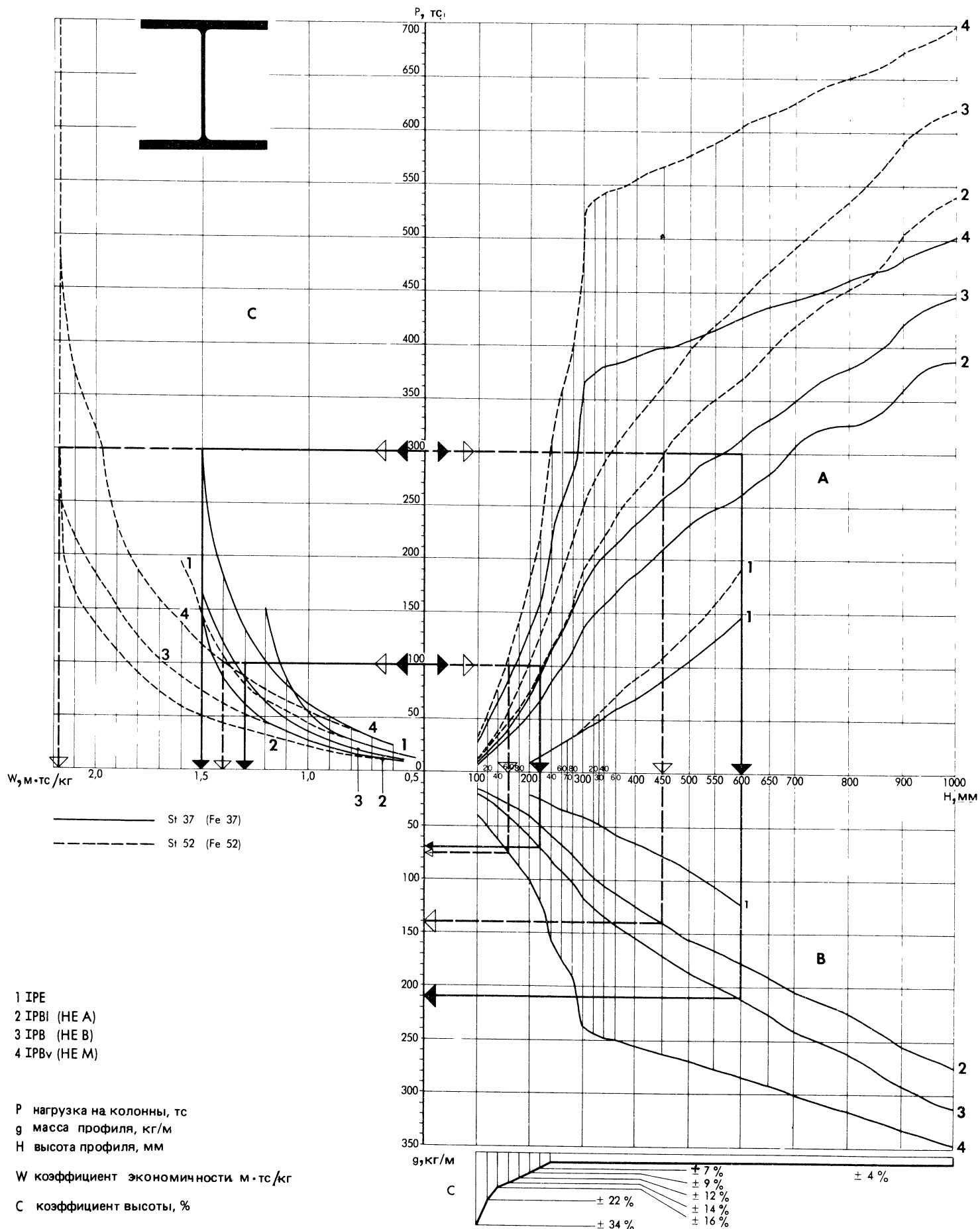
Примеры для колонн квадратного коробчатого профиля

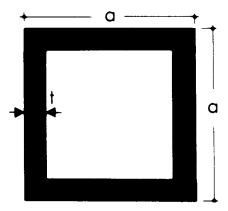
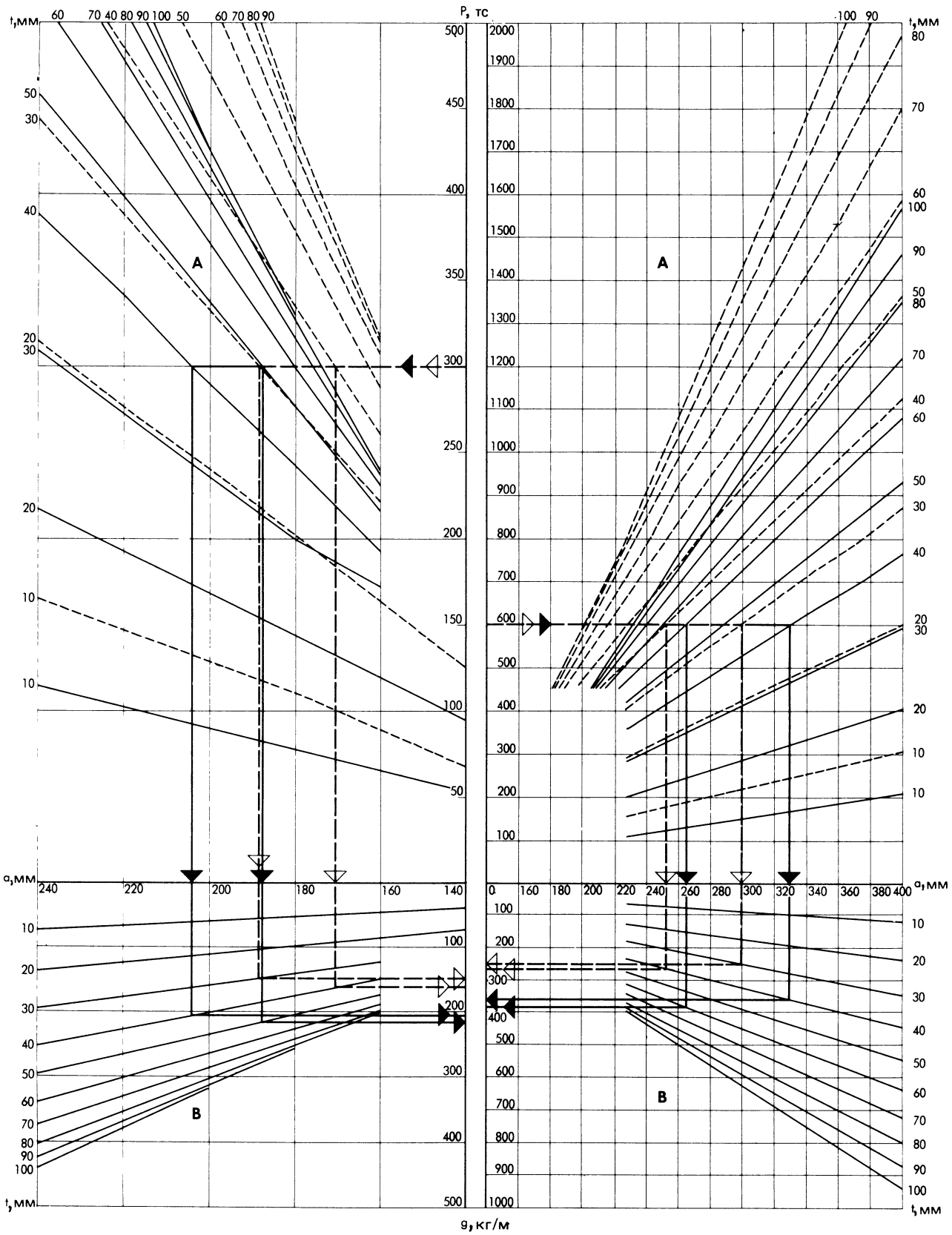
P, тс	Марка стали	a, см	t, см	g, кг/м	с, %
600	St37	26,4	6	390	3
		33	4	380	3
	St52	25,5	4	270	3
		29,5	3	240	3
300	St37	18,8	5	210	7,5
		20,3	4	200	5
	St52	17,6	4	160	7,5
		18,9	3	150	7,5

Примеры для трубчатых колонн

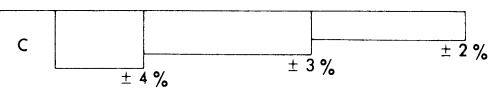
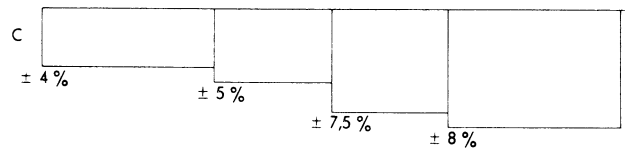
P, тс	Марка стали	a, см	r, см	g, кг/м	с, %
800	St37	39	6	490	2
	St52	27,5	7,5	370	3
200	St37	18,5	4,5	150	8
	St52	21,8	3	130	5
	St52	18	3	110	8





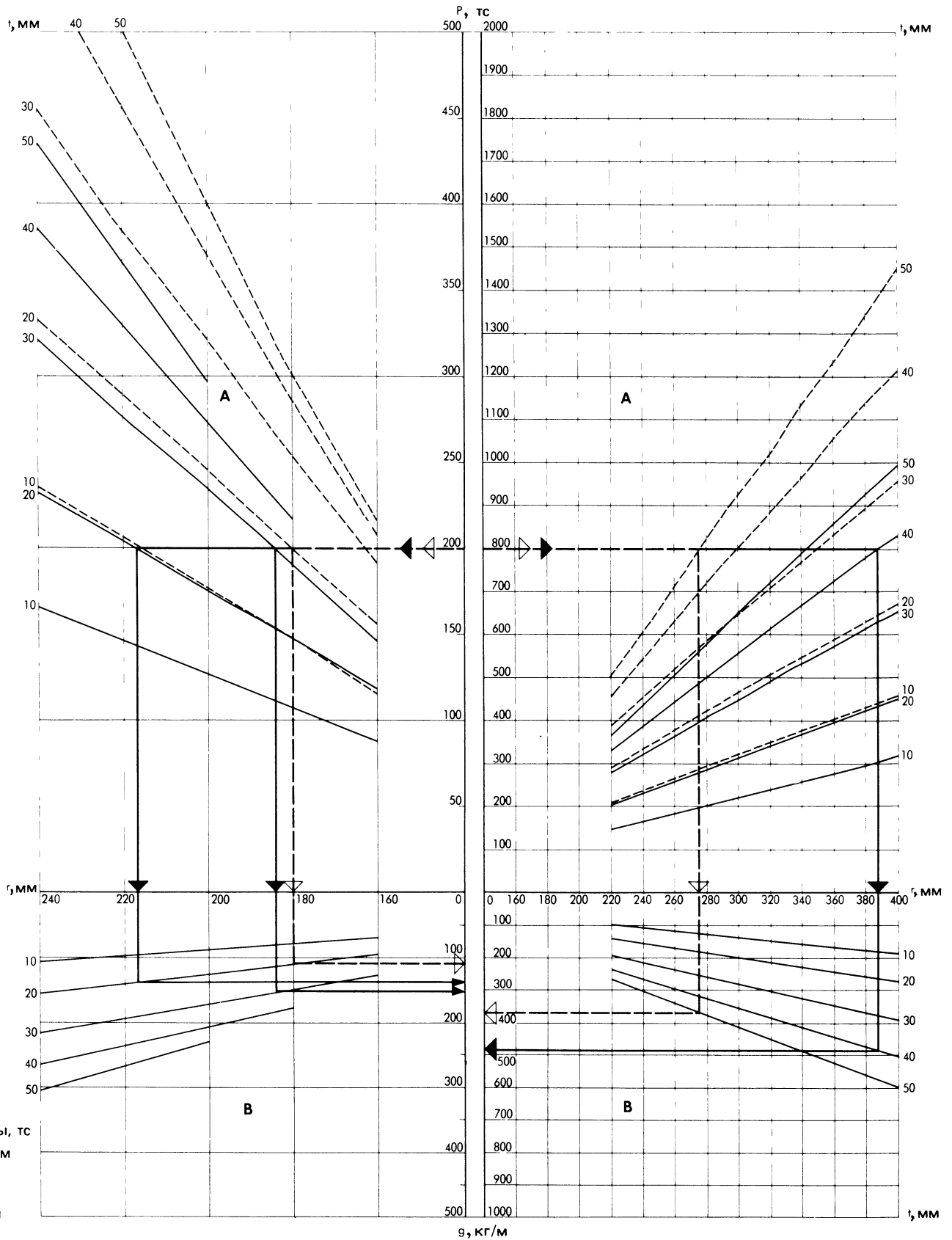
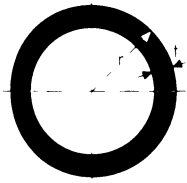


P нагрузка на колонны,
 g масса профиля, кг/м
 a ширина грани, мм
 t толщина листа, мм
 C коэффициент высоты



St 37 (Fe 37)

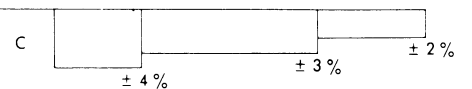
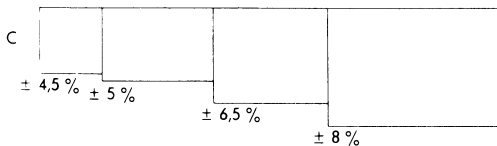
St 52 (Fe 52)



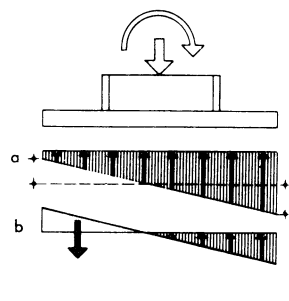
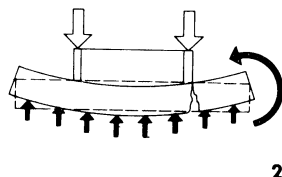
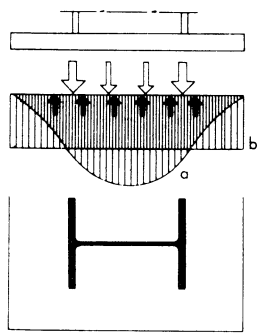
P нагрузка на колонны, тс
 g масса профиля, кг/м
 g наружный диаметр трубы, мм
 t толщина стенки, мм

St 37 (Fe 37)

St 52 (Fe 52)



Допускаемые напряжения для стали значительно больше допускаемых напряжений на бетон. Поэтому усилия, действующие в стальных колоннах, имеющего сравнительно небольшие сечения, должны быть распределены на такой площади, чтобы напряжение под колонной не превышало допускаемого на железобетонный фундамент. Для этого колонны имеют стальные опорные плиты.



1 Сжатие бетона под стальной опорной плитой, незначительное по краям, увеличивается до максимального под колонной (а). При расчете распределение давления на бетон под опорной плитой считается равномерным (б).

2 В опорной плите появляются изгибающие моменты. Для восприятия этих моментов она должна быть либо достаточной толщины, либо иметь ребра жесткости.

3 При жестком закреплении колонна кроме вертикальной нагрузки передает еще изгибающий момент.

а) Влияние изгибающего момента мало по сравнению с влиянием вертикального усилия (напряжения под плитой одного знака).
 б) При больших изгибающих моментах на краю плиты появляются растягивающие усилия, которые должны быть восприняты соответствующей анкерной.

4 С учетом строительных допусков поверхность фундамента бетонируется на 3—5 см ниже отметки установки опорной плиты. В момент монтажа колонна устанавливается на стальные пластинки и клинья, которые допускают рихтовку колонны в проектное положение.

5 После окончательной выверки колонны щель под опорной плитой должна быть плотно заполнена высокопрочным бетоном. Как только бетон затвердеет, стальные пластинки и клинья должны быть удалены.

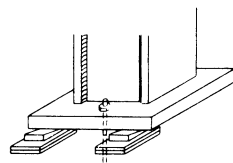
6 Толстая опорная плита под колонну по сравнению с конструкцией, имеющей ребра (рис. 8), менее трудоемка в изготовлении и в большинстве случаев представляет более экономичное решение, несмотря на большой расход стали. Такая опора имеет незначительную конструктивную высоту по сравнению с конструкцией на рис. 8.

7 Колонны из труб также устанавливаются на толстой опорной плите без ребер. Тонкие опорные плиты необходимо подкрепить радиально расположенными ребрами жесткости.

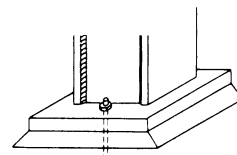
8 Простое решение опоры под колонну из двутаврового РВ-профиля с тонкой опорной плитой и укрепляющими ее ребрами. Ребра жесткости прикреплены к полкам. При таком конструктивном решении расход стали хотя и меньше, чем на рис. 6, но опора имеет большую конструктивную высоту и более трудоемка в изготовлении.

9 Опора мощной колонны коробчатого профиля с тонкой опорной плитой, подкрепленной ребрами жесткости.

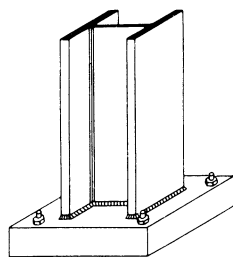
10 и 11 Для передачи горизонтальных усилий от колонны на фундамент часто достаточно сил трения, возникающих при действии нагрузки на колонну. При больших горизонтальных усилиях и незначительных вертикальных нагрузках (например, вследствие действия ветра) на нижней плоскости опорной плиты должны быть укреплены выступы типа шпонок, которые вставляются в соответствующие углубления фундамента. Для этого используют, например, приваренные стальные бруски (рис. 10) или отрезки профилей (рис. 11).



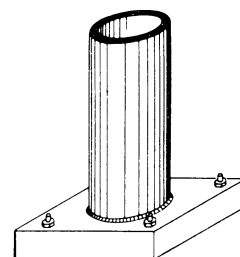
4



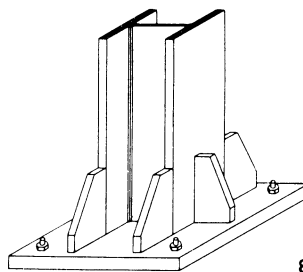
5



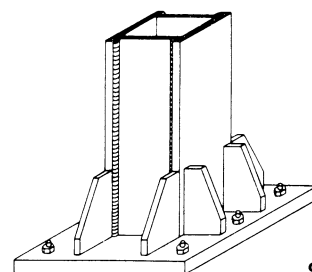
6



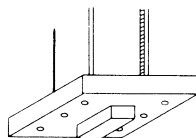
7



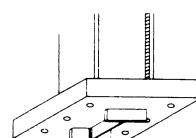
8



9



10

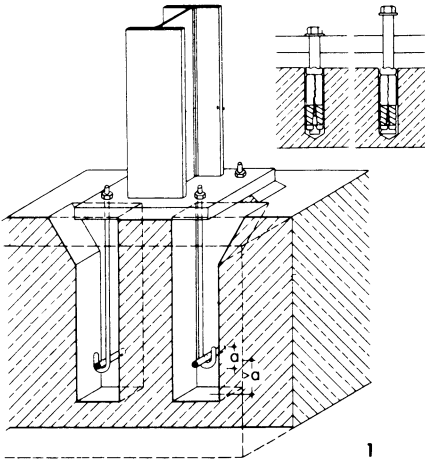


11

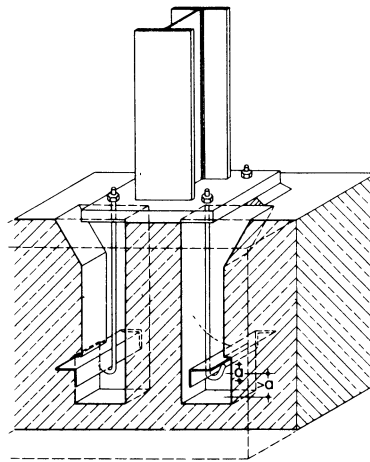
Стойки с шарнирным опиранием, не передающие изгибающих моментов, крепятся к фундаменту с помощью легких анкерных болтов, служащих только для фиксации положения во время монтажа. В заземленных колоннах растягивающие

усилия от изгибающих моментов должны быть переданы на фундамент с помощью анкерных устройств. Для установки анкерных болтов в фундаментах предусматриваются гнезда. Установка болтов в плане, особенно при больших растягивающих уси-

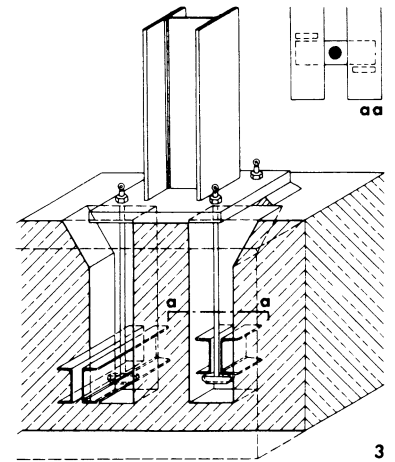
лиях, требует большой точности. Если анкерные болты должны быть забетонированы в фундаменте до монтажа колонн, то на время бетонирования они должны быть закреплены шаблонами, так как допуск между болтами и отверстиями в опорной плите не должен превышать 1—2 мм.



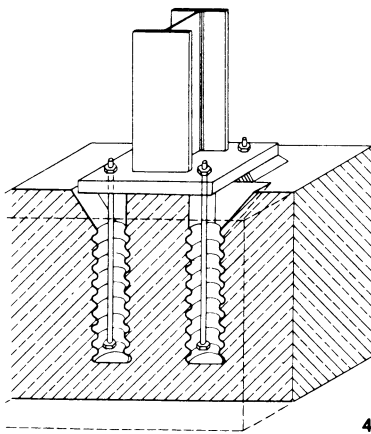
1 Простейшая анкеровка при незначительных растягивающих усилиях. Анкерные болты с крюками, которые зацепляются за отрезки арматурной стали. Для предварительного крепления колонн при монтаже достаточно распорных дюбелей в просверленных в бетоне отверстиях.



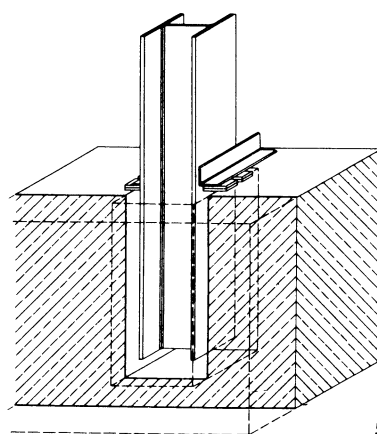
2 Для восприятия несколько больших сил в качестве анкерных поперечин используют уголки. Углубления в фундаменте должны быть такой величины, чтобы крюки можно было завести под анкерные поперечины.



3 Для передачи больших растягивающих усилий применяют болты с прямоугольной Т-образной головкой, которые закрепляются за анкерные поперечины, изготавливаемые в большинстве случаев из двух швеллеров. Приваренные на поперечинах ограничители препятствуют вращению болтов с прямоугольной головкой. Для установки и контроля правильной посадки анкерного болта на его верхнем конце приваривается кольцо.

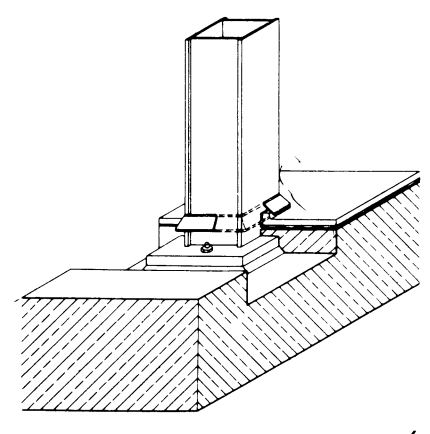


4 Устройства анкерных поперечин можно избежать, если в анкерные колодцы будут забетонированы волнистые трубы, применяемые для образования каналов напрягаемых арматурных элементов. Анкерные болты для улучшения сцепления должны иметь головки.



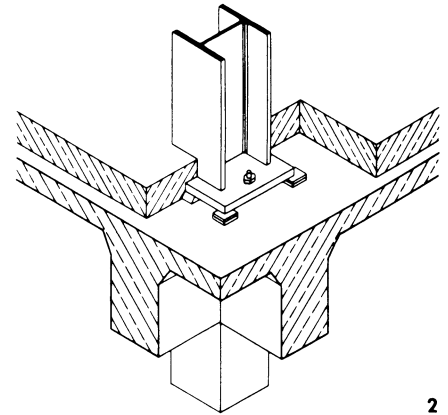
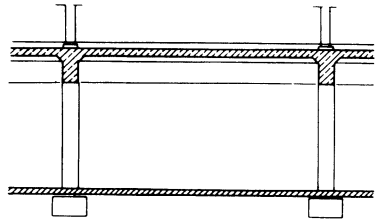
фундаментов стаканного типа. Для выверки они на период монтажа снабжаются фиксаторами, которые позднее могут быть сняты.

6 Особое внимание следует уделять колоннам, устанавливаемым снаружи здания и эксплуатируемым на открытом воздухе. Обетонировка колонны препятствует проникновению к стволу колонны стекающей воды; но тем не менее по опыту известно, что, несмотря на тщательно вы-

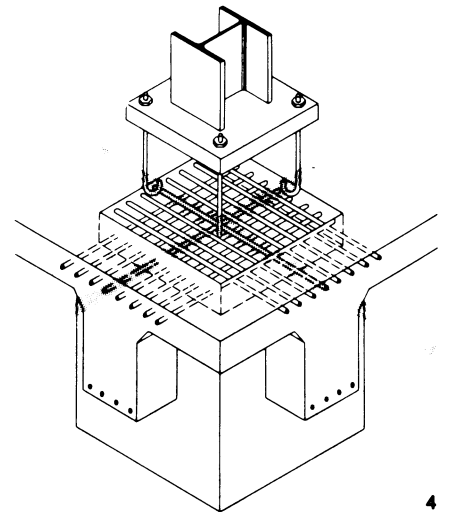
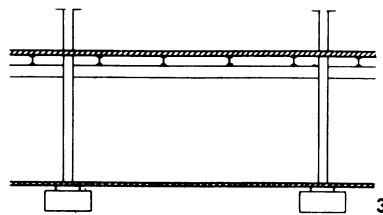


полненное противокоррозионное покрытие, коррозия все же происходит. Устройство эффективной изоляции между колонной и поверхностью основания, например в виде долго нетвердеющей замазки, является необходимым. При этом рекомендуется сделать вокруг колонны стальной воротник, который приваривают плотным швом, а изоляцию вокруг колонны довести до воротника.

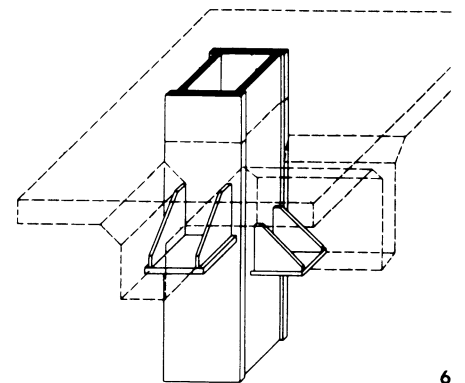
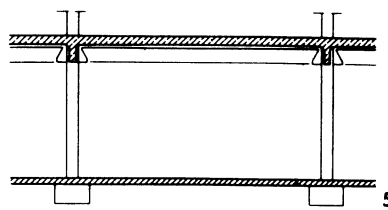
1—4 Фундаменты, наружные стены и пол подвальных этажей делают железобетонными. Поэтому напрашивается решение, чтобы колонны подвального этажа и перекрытие над подвалом также были выполнены в монолитном железобетоне, а стальные конструкции начинались только с первого этажа (рис. 1). При этом все же следует отметить, что высота опорных частей стальных колонн, включая толщину плиты, головки болтов и заливку, достигает 100—140 мм. Если стальные колонны установлены на несущей конструкции перекрытия, то для скрытия опорной части колонны толщина пола должна быть от 120 до 160 мм (рис. 2).



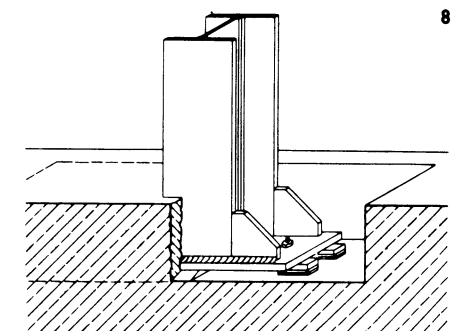
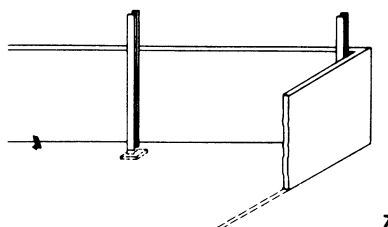
Опорные плиты стальных колонн не могут быть заглублены в толщу несущих конструкций перекрытия из-за наличия верхней арматуры в обеих пересекающихся железобетонных балках (рис. 4). Поэтому стальные колонны рекомендуется пропускать до фундаментов (рис. 3) и делать несущие конструкции перекрытия над подвалом, так же как и междуэтажные перекрытия, стальными.



5 и 6 Если колонны подвального этажа доходят до пола подвала, а перекрытие над подвалом при этом выполняется из железобетона, то стальные колонны должны иметь столики для опирания железобетонных плит. В отличие от разрезных стальных балок, передающих на колонны только поперечные силы, неразрезные железобетонные балки при жестком соединении со стальными колоннами передают на них еще изгибающие моменты, что следует учитывать при расчете колонн. При устройстве эластичных прокладок, обеспечивающих небольшие угловые деформации, можно достичь того, чтобы изгибающий момент не передавался на колонну.



7 и 8 Наружные колонны стального каркаса в подвальном этаже либо пропускаются до фундаментов внутри наружных стен подвала, либо устанавливаются на эти стены. При больших усилиях в колоннах и узких стенах опорные плиты колонн имеют вид вытянутых прямоугольников с треугольными ребрами жесткости. В стенах подвала предусматривают соответствующие пазы.



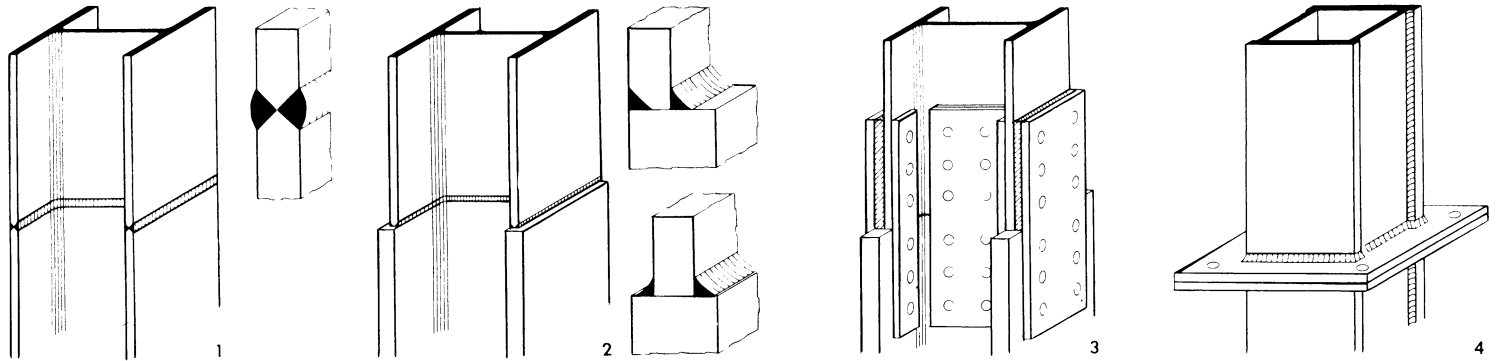
Для упрощения процесса монтажа колонны должны доставляться на строительную площадку возможно большей длины. Место, в котором отдельные участки колонн соединяются друг с другом, называется монтажным стыком, а отправляемые с завода участки называются отправочными марками. Длины отправочных марок ограничены транспортными возможностями и не превышают в общем случае 20—22 м. Отрезки колонн, определяемые длиной прокатных элементов, имеют в большинст-

ве случаев длину до 15 м; при больших длинах металлургические заводы начисляют наценку. Размеры отправочных марок очень мощных колонн часто ограничиваются грузоподъемностью используемых транспортных и монтажных механизмов.

Часто возникает необходимость устройства стыков в процессе изготовления колонн на заводе, например из-за изменения поперечного сечения или по другим причинам.

В месте стыка отрезки колонны должны

иметь плоские резы, строго перпендикулярные к оси стержня. При незначительных усилиях эти резы делают пилой. При больших усилиях торцы колонн должны быть фрезерованы. По действующим нормам часть усилия в месте стыка может быть передана непосредственно через торцы. Остаток усилия передается с помощью сварки или болтов. При наличии изгибающих моментов растягивающие напряжения должны полностью восприниматься соединениями.



1 и 2 Наипростейший сварной стык — стыковыми швами (рис.1), который может быть применен и при стыковании однотипных профилей разной площади сечения

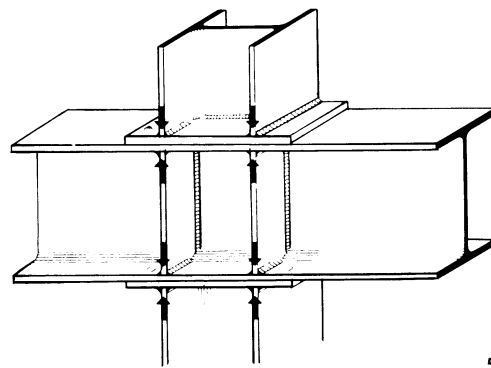
(рис. 2). Если такой стык выполняется на монтаже, то для временной фиксации положения до начала сварки необходима установка вспомогательных клиньев, подкладок и т. п.

3 Соединение встык на болтах. Усилия передаются через накладку, крепящиеся болтами. При изменении поперечного сечения требуется установка прокладок (заштрихованная часть). Этот стык хотя и не требует выполнения сварки на монтаже, но из-за увеличения габарита колонны в месте стыка не всегда приемлем.

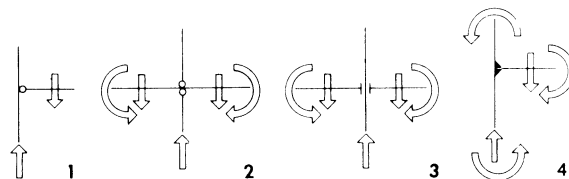
4 В колоннах наиболее часто применяют стык с торцовыми пластинами. Пластины, приваренные к торцам обеих колонн, должны плотно прилегать друг к другу. Так как торцовые пластины при сварке коробятся, то иногда требуется повторная

строжка их поверхностей после сварки. Этот тип стыка также используют при выполнении заводских стыков, если поперечные сечения стыкуемых частей колонны значительно отличаются друг от друга. В этом случае пластины свариваются друг с другом.

5 Часто бывает необходимо пропустить в стыке колонн прогон. Колонны имеют приваренные торцовые пластины по типу стыка 4. Прогон укрепляется ребрами жесткости, через которые усилия с верхнего участка колонны передаются на нижний участок. Ребра жесткости должны плотно прилегать сверху и снизу и вследствие наличия допусков в прокатных профилях обязательно пригоняются. При сварных профилях такая подгонка не требуется.



Примыкание балок



В месте примыкания реакции балок передаются на колонны. Конструкция примыкания балок должна:

обеспечивать передачу усилий; во время монтажа допускать некоторую подвижку;

быть выполнима простыми средствами, по возможности без лесов и подмостей.

От конструкции крепления балок зависит трудоемкость их изготовления и мон-

тажа, а следовательно, экономичность конструкции в целом.

1 Примыкание, обеспечивающее передачу только поперечных сил. Поперечные силы, передающиеся с балок, вызывают в колоннах только продольные силы. Примыкание можно рассматривать как шарнирное, если оно выполнено на болтах, так как болтовые соединения несколько податливы.

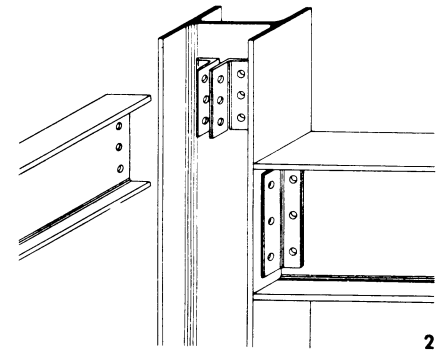
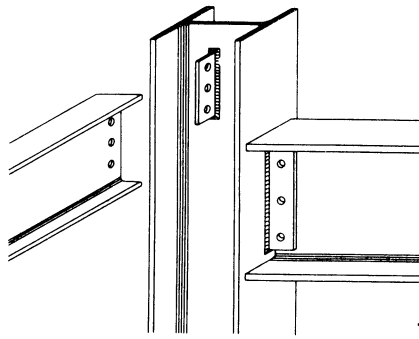
2 Примыкание неразрезных балок, передающих на колонны только вертикальные усилия и не передающие изгибающие моменты. Это достигается тем, что колонна имеет под балкой и над балкой шарниры.

3 Очень часто колонны так гибки по сравнению с балками, что и при жестком примыкании балок к колоннам можно с достаточной точностью считать, что колонны не воспринимают изгибающего момента от балок.

4 В рамках поперечные силы и изгибающие моменты передаются с балок на колонны. Крепления балок в этом случае рассчитываются на оба усилия.

1 Наиболее простое крепление с помощью вертикального листа, который приваривается к колонне. Односрезное болтовое крепление.

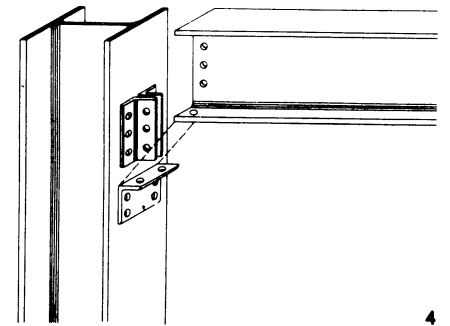
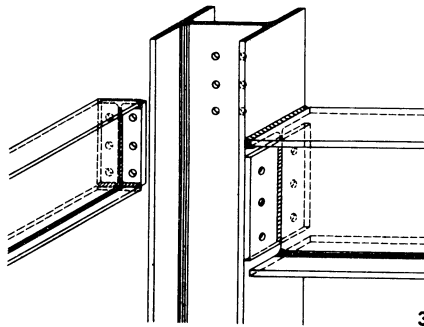
Лист смещен с оси и примыкает к стенке балки с одной стороны.



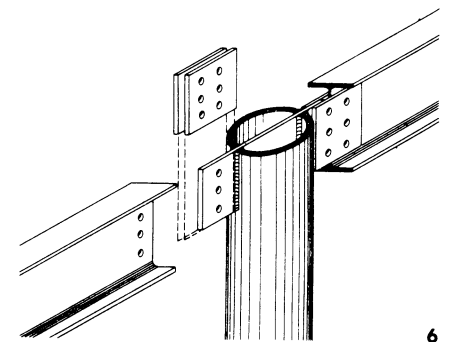
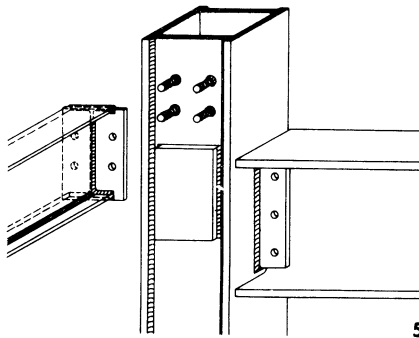
2 Крепление балок с помощью уголков.

3 Крепление с помощью торцового листа (фланца), который приварен к торцу балки.

4 Крепление с помощью опорного столика из уголка, прикрепленного на болтах в сочетании с уголковыми накладками.

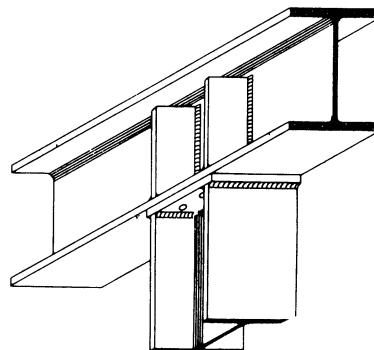


5 Крепление балок к пустотелым колоннам коробчатого профиля с помощью приваренных к стенке колонны вертикальных листов, как на рис. 1, или с помощью приваренных опорных столиков, на которые опираются пластины, приваренные к торцам балок. Поперечная сила передается с торцевой пластины на столик. При такой конструкции крепления изгибающий момент не передается на колонну.

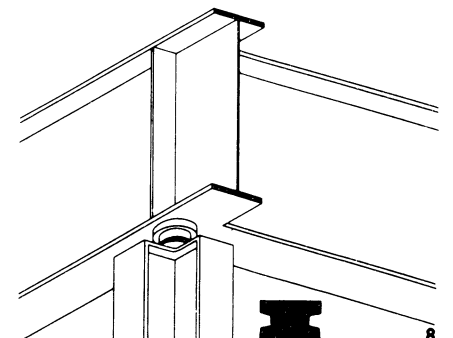


6 Крепление балок к трубчатой колонне. При толстостенной трубе вертикальный лист можно приваривать к стенке. При тонкостенной трубе необходимо привариваемый лист пропустить через прорези в стенках трубы. Болтовое соединение может быть односрезным или двухсрезным в стыке с накладками, как показано на рисунке.

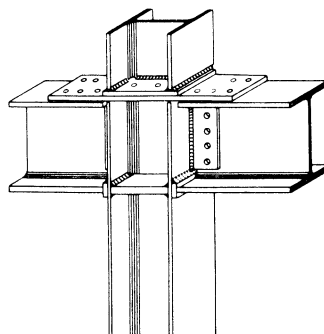
7 Балка проходит над колонной. Колонна имеет оголовок для опирания балки. Опорная реакция передается через ребра жесткости, которые вверху в пригонке не нуждаются.



8 Опора: чисто шарнирное опирание мощной балки с фиксированной передачей нагрузки через шаровую опору на колонну крестового поперечного сечения.

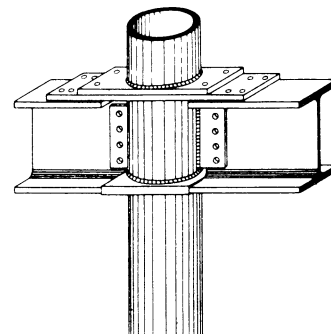


1 Растягивающие усилия, возникающие в верхних полках балок от момента, передаются на колонну через накладки, которые одновременно могут быть торцевой пластиной верхнего торца нижнего участка колонны. Усилия сжатия, возникающие в нижней полке балки, передаются в упор через приваренные к колонне ребра жесткости (это одновременно в большинстве случаев и монтажный стык).



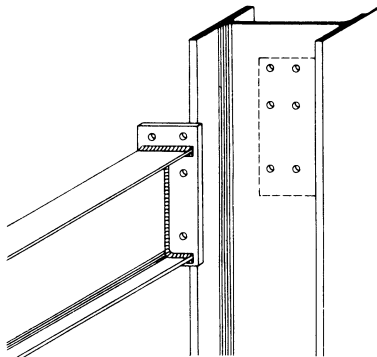
1

2 Такое же примыкание, как на рис. 1, но только для трубчатой колонны. Передача усилий сжатия от нижней полки балки требует приварки пластины, вставленной в разрезанную поперек трубу.



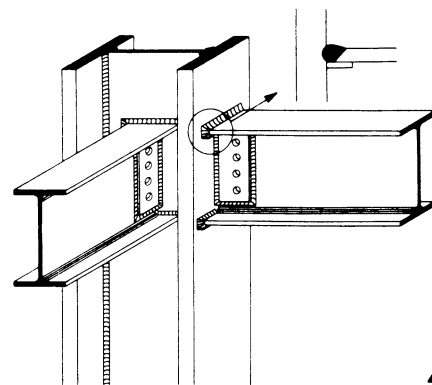
2

3 Передача изгибающего момента происходит через толстую торцевую пластину, которая приваривается к торцу балки. Торцевые пластины (фланцы) крепятся к колонне высокопрочными болтами. Растягивающие усилия передают болты, установленные с обеих сторон верхней полки балки. Передача сжимающих усилий на уровне нижней полки происходит через контакт соприкасающихся поверхностей.



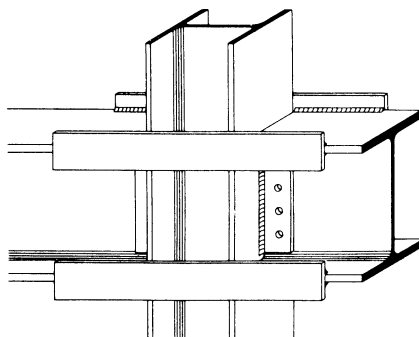
3

4 Крепление на сварке. Монтажное соединение выполняется через приваренные к колонне вертикальные листы, к которым балки вначале крепятся на болтах, а затем привариваются. Верхняя и нижняя полки балок полностью привариваются к колонне. Подкладные листы уменьшают возможность протекания расплавленного металла при сварке. Этот тип крепления возможен только при толстостенных колоннах.



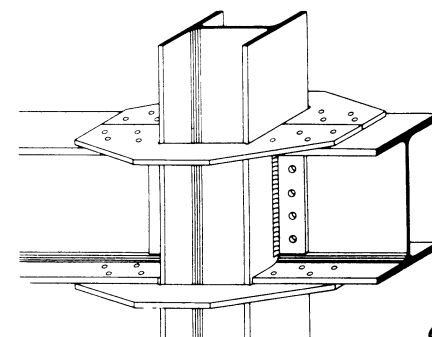
4

5 Поперечные силы балки передаются через вертикальные листы, которые приварены к колонне. Колонна в месте примыкания балок стыка не имеет. Усилия в полках балок передаются через накладки, поставленные на ребро и приваренные к полкам балок угловыми швами. Сварка выполняется на монтаже.



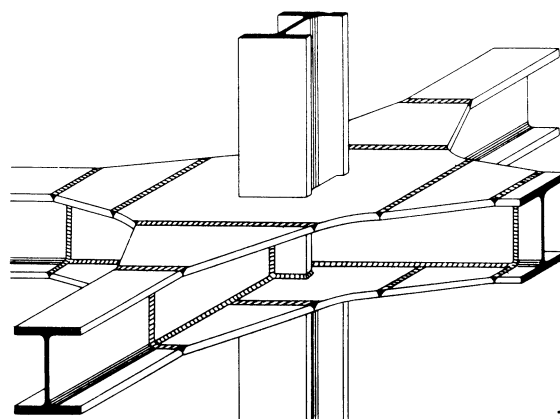
5

6 Крепление, передающее поперечные силы балок, с помощью приваренных к колоннам вертикальных листов. Передача усилий с полков по горизонтальным фасонкам, прикрепляемым к балкам на болтах. Изгибающие моменты на колонны не передаются.



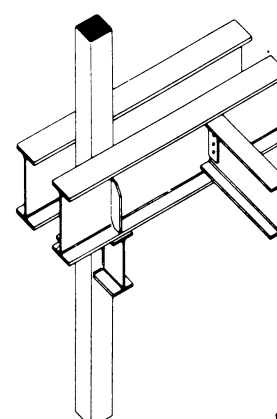
6

7 Как и в конструкции, представленной на рис. 6, усилия с полков двух взаимно пересекающихся балок передаются через фасонки. Они размещены в одной плоскости с поясами балок и приварены к ним стыковыми швами. Поперечные силы передаются через приваренные снизу кронштейны. Изгибающие моменты на колонны не передаются. Новое строительство «Ельмоли» в Цюрихе — Орликон.



7

8 Колонна сплошного квадратного сечения с приваренными консолями несет два неразрезных прогона с опирающимися на них балками перекрытий. Строительная система Offenbach, Stahlbau Lavis.

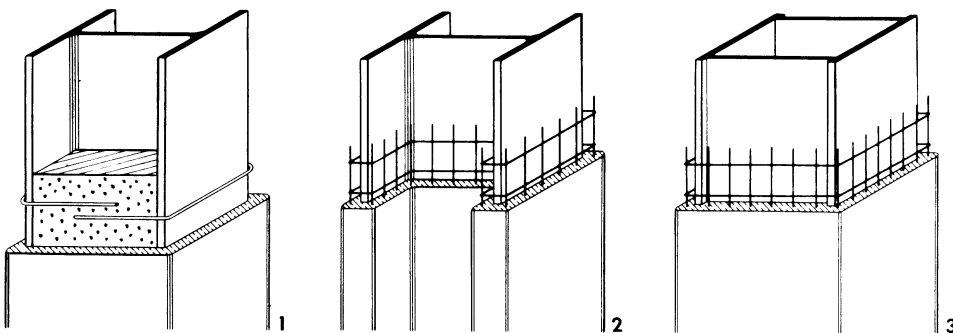


8

Огнезащита внутренних колонн

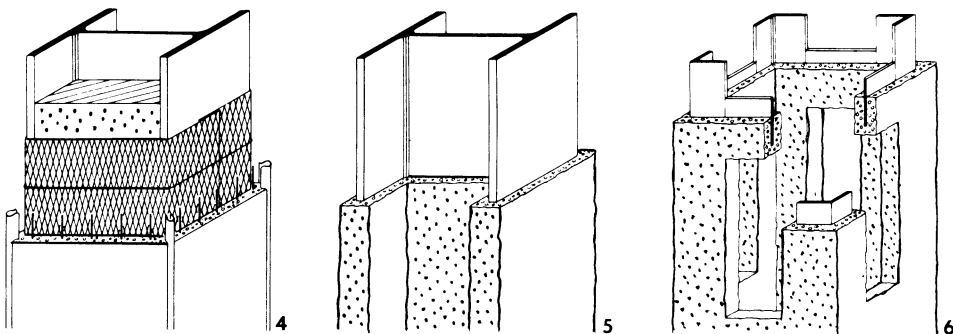
Обетонирование

1—3 Непосредственное обетонирование стальных колонн создает прочное покрытие от атмосферных воздействий и ударов. Проволочные хомуты или сетка обеспечивают сцепление бетона. Для класса огнестойкости F 90 бетонная облицовка должна быть толщиной 40 мм, если бетон имеет марку не ниже В-160. Бетонирование выполняется в вертикальном положении с опалубкой, устанавливаемой до или после монтажа колонны, или в горизонтальном положении — до монтажа. При прямоугольном замоноличивании колонн двутаврового сечения (рис. 1) для облегчения рекомендуется заполнение легкими материалами, например пемзобетоном.



Оштукатуривание

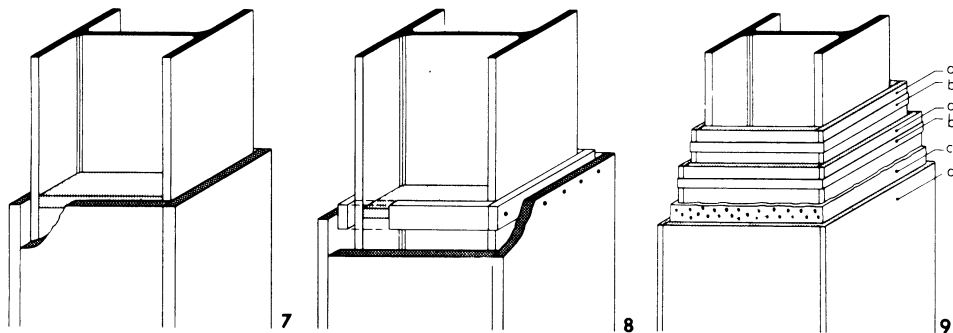
4 Оштукатуривание с заполнением внутреннего объема и без заполнения по металлической сетке в качестве основания под штукатурку, с армированием наружного слоя проволокой и защитой углов: 35 мм цементной или гипсовой перлитовой штукатурки или 35 мм чистой гипсовой штукатурки, или 35 мм вермикулитоцементной штукатурки с 5 мм известково-гипсовой штукатурки.



5 и 6 Набрызгиваемая штукатурка из асбеста или вермикулита с различными вяжущими материалами применяется наиболее часто и служит прекрасной огнезащитной облицовкой. Верхняя поверхность штукатурки, выполненной набрызгом, как правило, шероховата и требует облицовки.

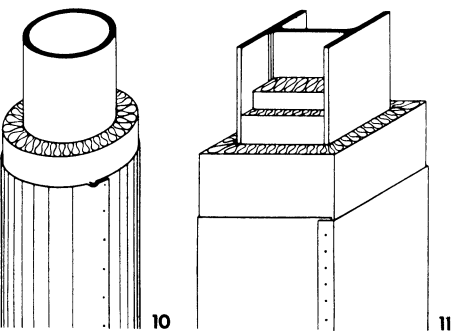
Облицовка плитами

7 Вермикулитобетонные плиты приклеиваются синтетическим клеем. Между полками колонн открытого профиля должны быть вклеены толстые пластины. Стыки заклеиваются. В отдельных случаях достаточно оклейка стекловолнистой тканью, шпаклевка и окраска.



8 Асбестоцементные плиты имеют высокую прочность и просто обрабатываются деревообрабатывающими инструментами. Крепление гвоздями, скобками или на шурупах. При облицовке высоких колонн, для которых максимальной длины плит на высоту этажа не хватает, появляющиеся горизонтальные стыки следует выполнять со смещением горизонтальных швов на 50 см.

9 Трехслойная огнезащитная облицовка из гипсокартонных огнезащитных плит для класса огнестойкости F90: а — гипсокартонные плиты толщиной 15 мм; б — стальная полоса; с — выравнивающий слой.



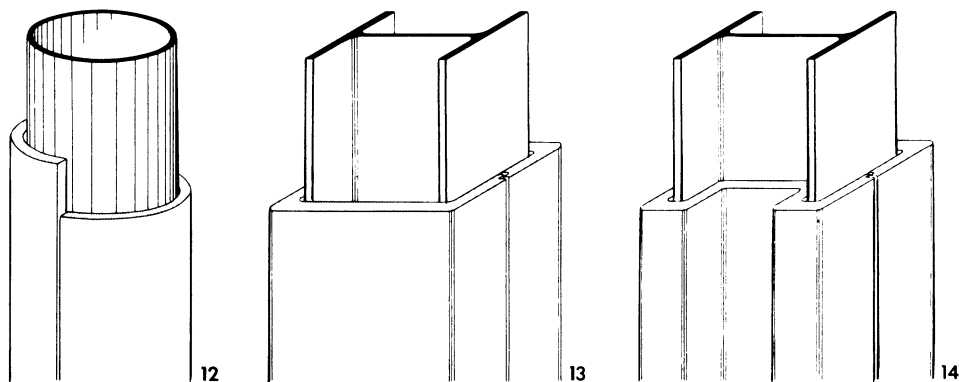
Облицовка обертыванием

10 и 11 Покрытие стального профиля минераловолокнистыми матами и стальными листами (0,75 мм). Толщина матов по экспериментальным данным при классе огнестойкости F90 для труб 50 мм, для двутавров 40 мм.

Основные положения противопожарной защиты см. в главе «Противопожарная защита». Требования по защите стальных конструкций — см. с. 335.

12 Асбестоцементная оболочка для круглых колонн.

13 и **14** Сборные фасонные детали из гипса или бетона с заливкой и оштукатуриванием швов. Прямоугольные фасонные детали (**13**) имеют то преимущество, что независимо от поперечного сечения колонн во всем здании могут быть применены детали одного размера. Колонны с меньшим поперечным сечением имеют монтажные планки для крепления облицовки. Возможно применение фасонных деталей (**14**), повторяющих форму укрываемого профиля. Фасонные детали могут иметь длину, равную высоте этажа.



Огнезащита наружных колонн

Наружные колонны, стоящие перед фасадом, определяют архитектурный облик здания. С точки зрения оформления и экономии средств, часто бывает желательным оставить наружные несущие колонны необлицованными. Наружная колонна может подвергаться опасности нагрева, только когда при пожаре горячий газ дойдет до нее через разрушенное окно изнутри здания.

1 Колонны обычно довольно далеко отстоят от стены и окна достаточно удалены от колонн, поэтому необходимость противопожарной защиты наружных колонн отпадает.

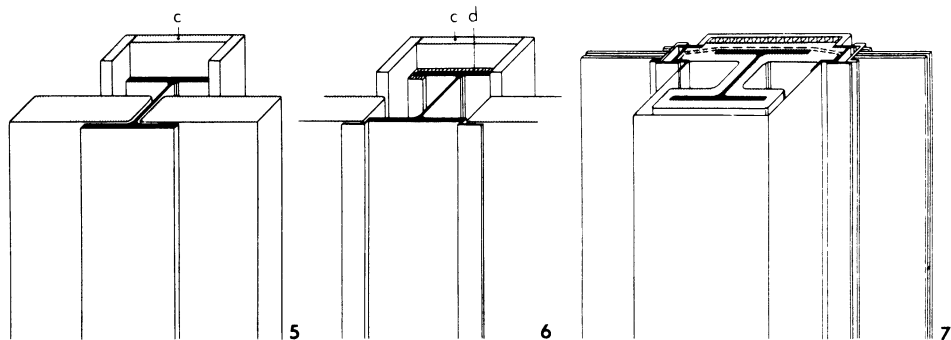
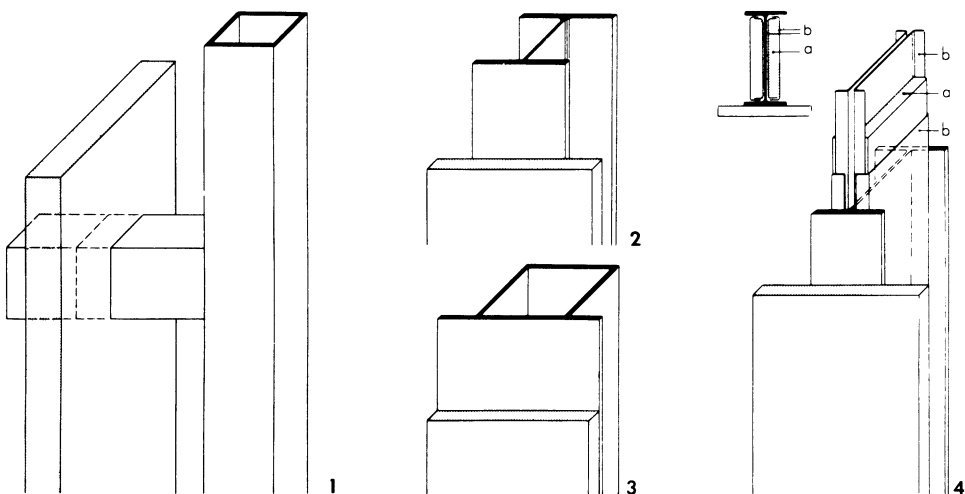
2 и **3** Плита толщиной 25 мм из вермикулита или термически равноценного материала с довольно широкими выступами по краям устанавливается в качестве защиты от огня сзади колонны и может препятствовать нагреванию колонн от бьющего из окна пламени. Выступы составляют (по Бонгард/Портману «Огнезащита стальных конструкций»):

Класс огнестойкости	IPB < 260	> 280 < 360
	IPE < 220	> 240 < 300
	* < 400	> 400
	см	см

F30	7	9
F60	10	12
F90	12	15

* Неровный профиль с толщиной стенки 8 мм и более.

4 Стенка колонны защищена с помощью плит из вермикулита (а) в листовой обшивке (b). Имеющий архитектурное назначение фасонный кант колонн отчетливо виден. — Институт ветеринарной медицины, университет в Западном Берлине. Архитекторы: Луккард, Вандельт.



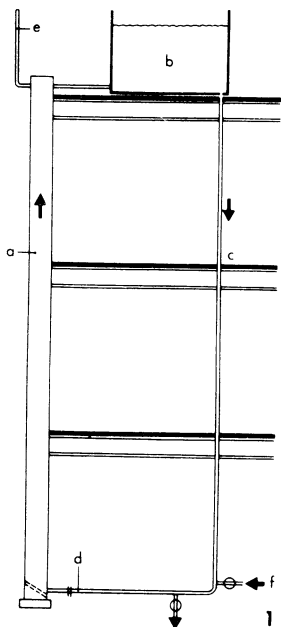
5 и **6** Колонна с видимой наружной полкой. Колонны, которые стоят в стене и тем самым хорошо защищены от огня изнутри, а остаются видимыми только снаружи на фасаде, могут снаружи не облицовываться в том случае, когда окна не расположены в непосредственной близости от них (с — внутренняя огнезащитная облицовка; d — теплоизоляция).

6 Здания общежития в Западном Берлине. Архитекторы: Бёгер, Грас.

7 Облицованная колонна имеет видимую облицовку из листа, повторяющую профиль колонны, облицовка вовлечена в совместную работу с ограждающей конструкцией наружной стены. — Институт горного строительства и металлургии, Технический университет, Западный Берлин. Архитектор Креуер.

Принцип действия

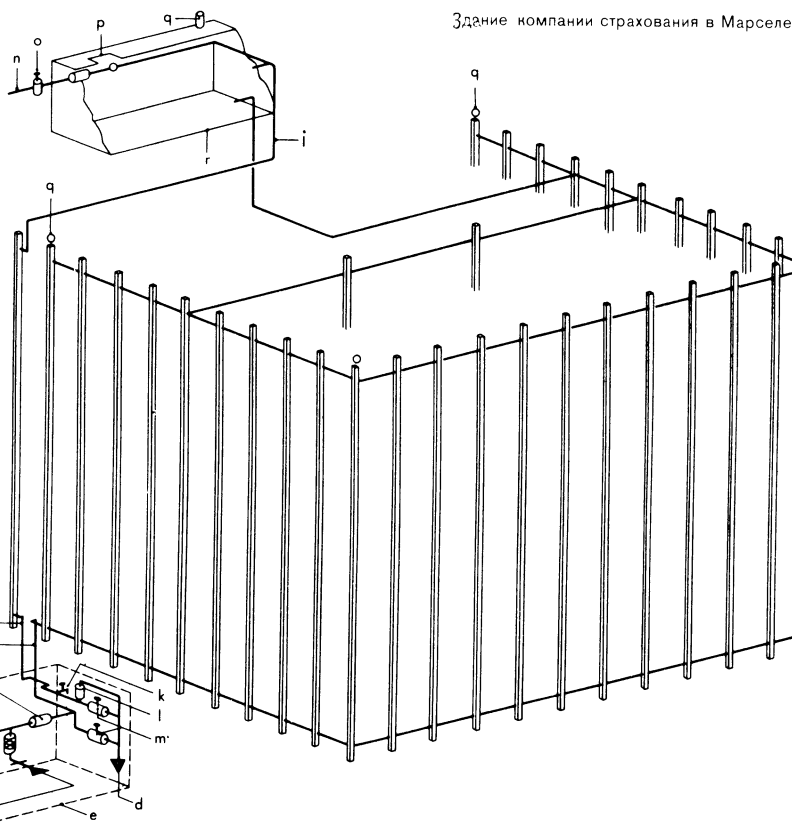
Эффективнейшее средство против недопустимого нагрева колонн в случае пожара — это применение полых профилей, наполненных водой. Оно основано на принципе кастрюли, наполненной водой, которая не раскаляется на огне до тех пор, пока в ней есть вода, или водяного охлаждения двигателя, в цилиндрах которого возникают высокие температуры при сжигании топлива.



Устройство

1 Для охлаждения колонн здания в случае пожара необходимы следующие устройства: колонна *a* наверху соединена с запасным баком *b*, который трубой с соединяется с низом колонны *d*. При пожаре колонна и находящаяся в ней вода нагреваются, отчего в системе возникает циркуляция воды. Нагретая вода поднимается по колонне, холодная вода опускается вниз по трубе *c*. Приток и отвод воды рассчитаны таким образом, чтобы ожидаемое при пожаре тепло можно было отвести. Образующийся пар удаляется через выпуск *e*. Система труб присоединена к водопроводу *f* так, чтобы при снижении уровня воды в баке *b* ниже допустимой величины из него поступала свежая вода.

2 Применение системы водяного охлаждения для наружных колонн здания. Колонны соединены друг с другом по верхним и нижним концам. При нагреве только одной колонны циркуляция воды возникает прежде всего между этой колонной и соседними с ней; при этом в нагреваемой колонне вода поднимается, а в соседних колоннах холодная вода течет вниз и поступает в нагреваемую при пожаре колонну. При



- a ввод воды из городской сети
- b присоединение шланга пожарной команды и забор воды
- c для пропускания воды в циркулярный круг
- d слив воды
- e техническое помещение
- f контрольный манометр городской водопроводной сети
- g затвор наполнения
- h обратный клапан
- i приток воды
- j слив воды
- k контрольный кран слива воды
- l предохранительный клапан
- m спусковой вентиль здания
- n водопроводная сеть
- o переключательный кран
- p смотровой клапан
- q выпуск воздуха
- r бак с водой

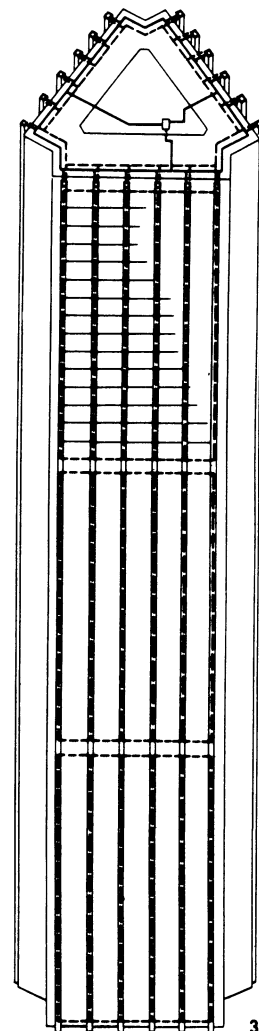
большем распространении огня вода достигает расширительного бака, охлажденная вода поступает оттуда в систему. При длительном пожаре испарение компенсируется поступлением воды из водопроводной сети или цистерны пожарной команды. Большие здания в плане разделяют на несколько циркуляционных систем. В высоких зданиях, для того чтобы давление воды не было очень большим, необходимо создать по высоте здания несколько независимых друг от друга циркуляционных систем.

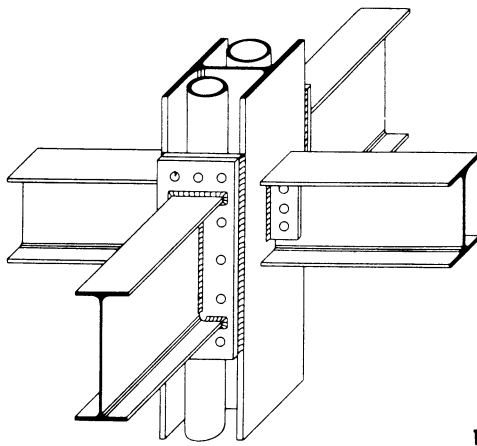
3 В здании администрации Стальной корпорации США в Питтсбурге каждые 16 этажей высотой по 4 м были объединены в одну циркуляционную систему, при этом давление в ней достигало $6,4 \text{ кгс/см}^2$.

Колонны имеют полое поперечное сечение, которое изготовлено из труб, четырехугольных труб или сварных полых профилей. Стыки сварные, в торцевых пластинах имеются отверстия необходимого размера. Стыки колонн выполнены таким образом, чтобы было возможно обеспечить полный выпуск воды. Особых затруднений при изготовлении стальных конструкций не возникало.

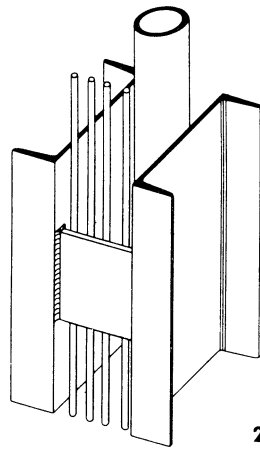
Чтобы избежать коррозии внутри колонны и замерзания воды, применяют специальные добавки.

Так как подобных конструкций еще немного, то данных о стоимости их пока не имеется.

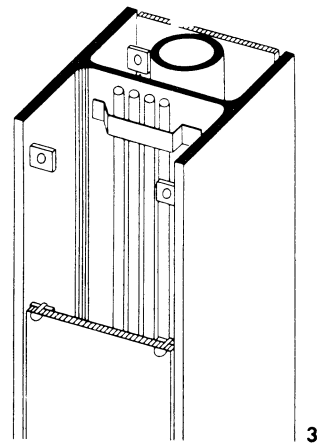




1



2



3

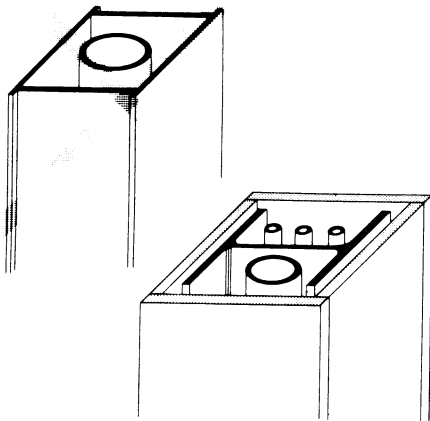
1 Применение для колонн тонкостенных стальных профилей делает возможным прокладку технических коммуникаций в пределах габаритов сечений. Сети должны проходить сквозь стыки колонн, а канализационные линии также и сквозь опорные плиты. Этот способ прокладки магистралей при четырехстороннем примыкании балок к колоннам требует соответственной кон-

струкции узлов (рис. 1). Поперечные сечения колонн по всей высоте здания неодинаковы. При проектировании линий следует также учитывать, что в верхней части высокого здания поперечные сечения меньше, а в нижней части часто вместо открытых двутавровых РВ-профилей используют сварные профили.

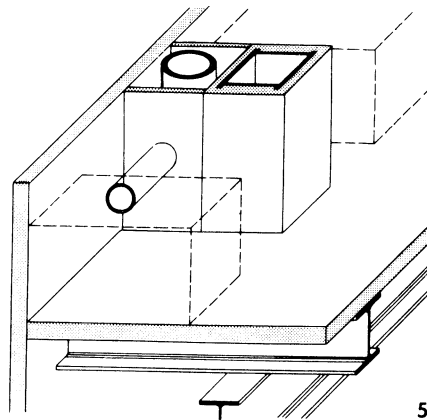
когда не требуется противопожарной облицовки.

3 Прокладка коммуникаций в облицованной, но не защищенной от пожара колонне здания школы. Пространство между полками двутавра закрыто с помощью привинченной деревянной облицовки.— Школа в Остербуркене. Архитекторы: Бассенге, Пухан-Шульц, Шрек.

2 Прокладка коммуникаций между ветвями сквозных колонн. Особенно удобна,



4

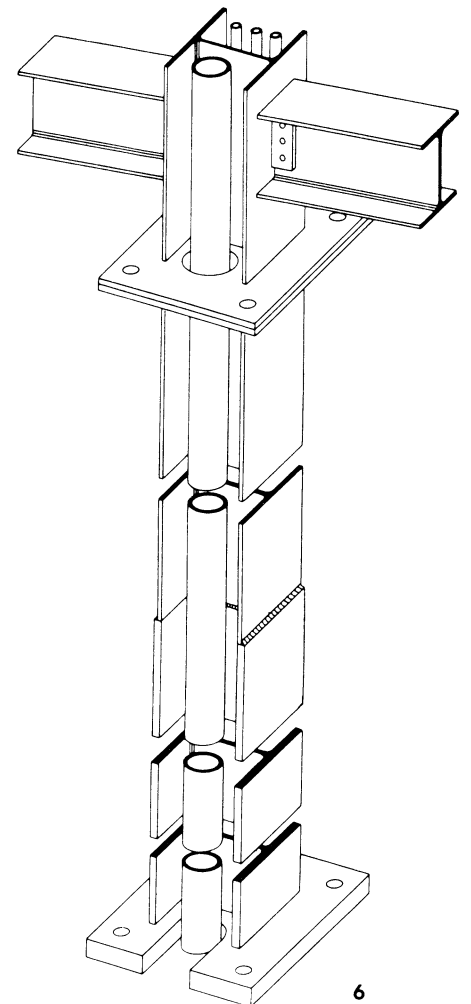


5

4 При прокладке коммуникаций в колонне, имеющей огнезащитную облицовку, часть ее должна быть съемной, чтобы иметь доступ к линиям. При течи из водопроводных труб могут быть повреждены строительные конструкции.

5 Наружные колонны вынесены перед фасадом. Между стеной и колоннами вентиляционная шахта высокого давления, расположенная вертикально и обеспечивающая стоящие справа и слева от колонны кондиционерные установки.

Прокладка труб в сварных полых колоннах коробчатого сечения исключена. Чтобы обеспечить безукоризненную защиту от коррозии, подобные колонны должны быть полностью герметизированы. Проникновение влаги может привести к коррозии, которую нельзя обнаружить. К тому же линии труб при двухэтажных или более высоких элементах немонтируемы. Это мероприятие может быть оправданным только в исключительных случаях в одноэтажных строениях, например в навесах, в которых стальные конструкции оставлены открытыми



6

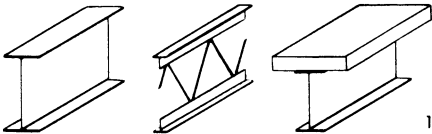
6 Водосточная труба проходит через торцовые пластины стыков колонны.

Назначение

Балки — горизонтальные или, как, например, в кровлях, слегка наклонные несущие элементы, работающие на поперечный изгиб, которые воспринимают вертикальные нагрузки и передают их на опоры. От нагрузок в балках возникают внутренние усилия: изгибающие моменты и поперечные силы.

Формы балок

1 Различают балки со сплошными стенками и решетчатые (фермы). Первые состоят из стенки и полок, решетчатые — из поясов, соединенных решеткой. Стальные балки могут работать совместно с закрепленными на них железобетонными плитами сталежелезобетонная или комбинированная балка



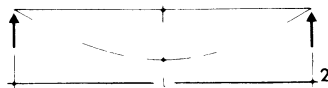
Конструкция балок

Благодаря своей рациональной форме сечения стальные балки очень экономичны. На момент работают в основном пояса или полки балок, в которых возникают продольные усилия сжатия или растяжения. В комбинированных балках железобетонная плита включается в совместную работу со сжатым поясом; растянутый пояс — из стального профиля. Поперечные силы в сплошных балках воспринимаются стенкой, в которой возникают касательные напряжения; в решетчатых балках от поперечных сил в раскосах и стойках возникают осевые усилия растяжения и сжатия.

В многоэтажных зданиях в большинстве случаев применяют балки с параллельными поясами. Они могут иметь и другие формы. В определенных пределах чем выше балка, тем она экономичнее, так как площади поясов уменьшаются с увеличением высоты балки. Выше этого предела затраты на стенку или элементы решетки превышают экономию, получаемую от уменьшения размеров сечения поясов. В сталежелезобетонных балках совместная работа двух материалов различной прочности и разных упругих и пластических свойств требует принятия соответствующих конструктивных мер с учетом технологии изготовления.

Прогиб

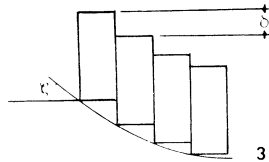
Расчет балок приходится производить не только по несущей способности, но и на прогиб. Основные положения о деформативности см. с. 176. Прогибы от действия постоянных нагрузок могут быть устранены путем придания балке строительного подъема; прогибы же от временных нагрузок ограничиваются эксплуатационными требованиями. Часто размеры балки диктуются



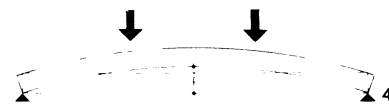
не прочностью, а величиной допустимого прогиба. Предпочтительнее такие балки, прочностные свойства материала в которых будут полностью использованы

Ограничение прогибов

Прогиб балки f принято выражать в долях от ее пролета l (рис. 2). При расчете на прогиб следует заранее установить, при какой нагрузке (суммарной или только временной) должны быть выдержаны установленные значения относительного прогиба f/l , которые находятся в пределах от 1/200 до 1/800. Предельный прогиб от временной нагрузки обычно составляет $f/l=1/300$, а от суммарной нагрузки $f/l=1/500$. При $f/l=1/800$ балки имеют очень большую жесткость и соответственно большую высоту и высокую стоимость и могут быть рекомендованы лишь в особых случаях. При определении предельных прогибов учитывается, какая часть временной нагрузки действительно изменится. Размер прогиба имеет значение прежде всего для сохранности перегородок. При этом абсолютное значение прогиба играет меньшую роль по сравнению с углом наклона ξ перекрытия (рис. 3), который на опоре балки становится наибольшим, что приводит к появлению в перегородках больших деформаций сдвига δ . Дальнейшее — см. с. 319



Следует учитывать, что во многих случаях, особенно при больших временных нагрузках, большая их часть действует длительно, например в библиотеках, и только очень незначительная часть нагрузки может вызывать изменение прогибов во времени. Установленные для помещений общественных зданий большие временные нагрузки рассчитаны на толпу людей или катастрофические случаи, при которых абсолютная величина прогиба не имеет значения. Допустимый прогиб должен быть в каждом случае тщательно обоснован, поскольку от его размера зависят как экономичность, так и эксплуатационные качества конструкций.



Строительный подъем балок

Строительный подъем (рис. 4) назначают в зависимости от нагрузки и времени, к которому балка должна выпрямиться. Это состояние наступает, как правило, после приложения всех постоянных нагрузок g . Часто правильно требует, например при больших длительно действующих временных нагрузках (в библиотеках), чтобы балки выпрямлялись после нагружения их частью

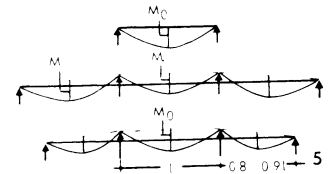
временной нагрузки, например 1/3. В сталежелезобетонных балках при назначении строительного подъема следует учитывать также деформации от ползучести и усадки бетона.

Обеспечение жесткости балок

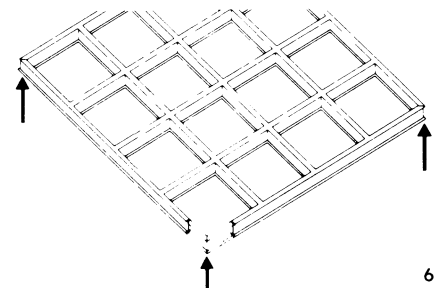
В узких балках верхние сжатые пояса раскрепляют от потери устойчивости. Балки перекрытий могут быть раскреплены уложенными по ним железобетонными плитами, балки покрытий — профилированным стальным настилом, если он достаточно надежно соединен с балками. Для трубчатых конструкции обычно является трехпоясная система, в которой растянутый пояс состоит из одной, а сжатый — из двух, соединенных решеткой, труб. На опорах или в местах, к которым приложены большие нагрузки, балки раскрепляют связями, повышающими их устойчивость.

Однопролетные балки, неразрезные балки

Неразрезные многопролетные балки экономичнее однопролетных балок (рис. 5), так как возникающие в них изгибающие моменты и прогибы меньше. В крайних пролетах неразрезных равнопролетных балок изгибающие моменты больше, чем в средних пролетах.



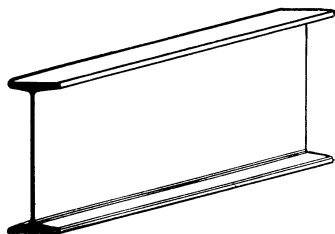
Для выравнивания моментов крайние пролеты следует назначать размером от 80 до 90% средних пролетов.



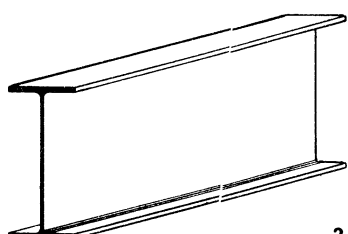
Решетчатая система балок

Решетчатой называется система балок, расположенных во взаимно перпендикулярных направлениях и жестко соединенных друг с другом в точках пересечения (рис. 6). Каждое из двух балочных семейств воспринимает долю нагрузки в зависимости от своей жесткости и длины своего пролета. Такая конструкция применяется в большепролетных перекрытиях при плане, мало отличающемся от квадратного. Высота перекрытия при этом получается сравнительно небольшой.

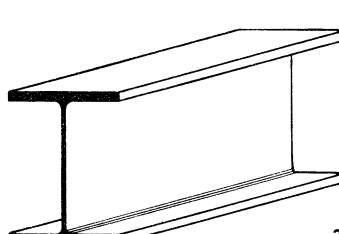
В многоэтажном строительстве наиболее часто применяются балки со сплошной стенкой. Различают прокатные и сварные балки. Прокатные балки экономичнее. Сварные балки дороже в изготовлении. Поэтому предпочтительнее прокатные балки, даже при их более высокой массе. Сварные балки со сплошной стенкой находят применение при больших пролетах или при больших нагрузках. Использование автоматических линий удешевляет изготовление сварных балок.



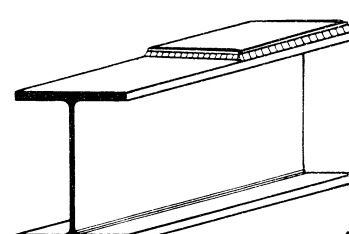
1 Узкополочные двутавры с уклоном внутренних граней полок после введения двутавров РЕ с параллельными гранями полок (рис. 2) применяются редко, и производство их ограничено. Эти профили применяются преимущественно для легких балок, особенно прогонов.



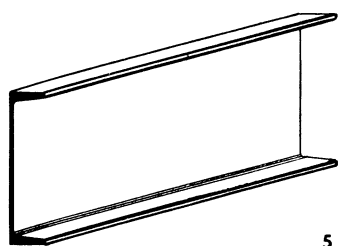
2 Двутавровый РЕ-профиль прокатывают высотой от 80 до 600 мм и в многоэтажном строительстве используют в основном для балок. Благодаря тонкой стенке эти двутавры очень экономичны. Такие профили удобнее стыковать и крепить благодаря тому, что их полки имеют параллельные грани.



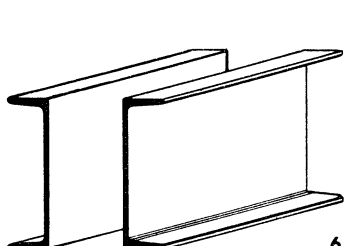
3 Три типа двутавровых РВ-профилей (РВ1, РВ2 и РВ3) высотой от 100 до 1000 мм являются идеальными для тяжело нагруженных балок. Благодаря наличию широких полок они обладают достаточной жесткостью из своей плоскости, они пригодны также для балок перекрытий и прогонов.



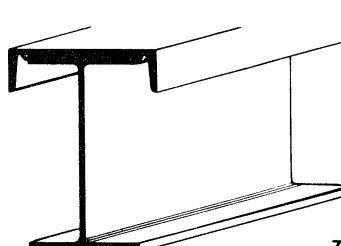
4 Если несущая способность прокатного двутаврового профиля недостаточна при заданной строительной высоте перекрытия, то балка в зоне действия больших изгибающих моментов может быть усилена приваренными к поясам листами.



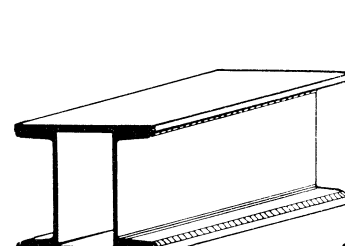
5 Удобным балочным профилем являются также швеллеры, которые применяются для окаймляющих балок перекрытия (рандбалок) или в качестве прогонов.



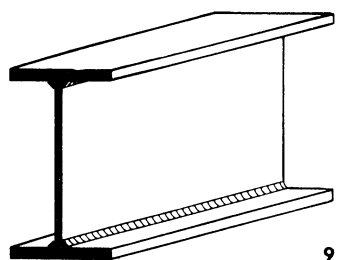
6 Прогон из двух швеллеров.



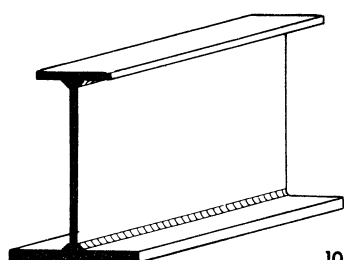
7 Прокатный двутавр с приваренным к верхней полке швеллером для увеличения горизонтальной жесткости балки. Применяются для подкрановых балок или в шедовых покрытиях.



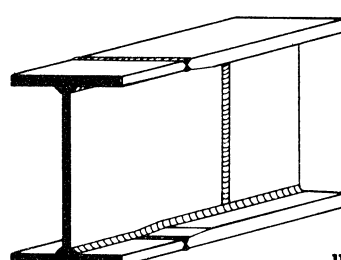
8 Более низкие, но тяжелые балки коробчатого сечения из двух швеллеров и двух горизонтальных листов.



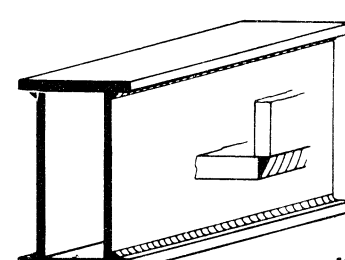
9 Если несущая способность прокатного профиля при имеющейся строительной высоте оказывается недостаточной, то применяются сварные балки. Пояса изготавливают чаще всего из широкополосной стали, стенки — из листовых. Выбор оптимальных толщин листов дает возможность эффективно использовать материал.



10 Асимметричный сварной двутавр. Применяется, как правило, в случае, когда уложенные поверху железобетонные плиты работают совместно с верхним поясом балки (сталежелезобетонные балки).



11 В сварных балках очень больших пролетов может оказаться выгодным изменять толщину поясных листов по длине балки. Этот прием распространен, например, в строительстве мостов.



12 Двухстенный сварной коробчатый профиль для больших нагрузок, как-то: опорные балки под высокими зданиями, консольные элементы каркаса или основные балки каркасов в зданиях с подвесными перекрытиями. Возможна сварка профиля без свесов полок.

Составные балки из прокатных профилей

13 При изготовлении балок покрытий нижний пояс и стенку двутавра срезают клином, после чего сваривают по плоскостям резки и, если необходимо, усиливают ребрами жесткости, или двутавр разрезают полностью и скошенные плоскости сваривают через стальной лист.

14 и 15 Прокатные двутавры разрезают по стенке наклонно и после разворота сваривают так, что получаются балки переменной высоты, как показано на рисунках.

16 Увеличение высоты концевой участка балки может быть достигнуто вставкой листа клинообразного очертания после разреза стенки и отгиба полки.

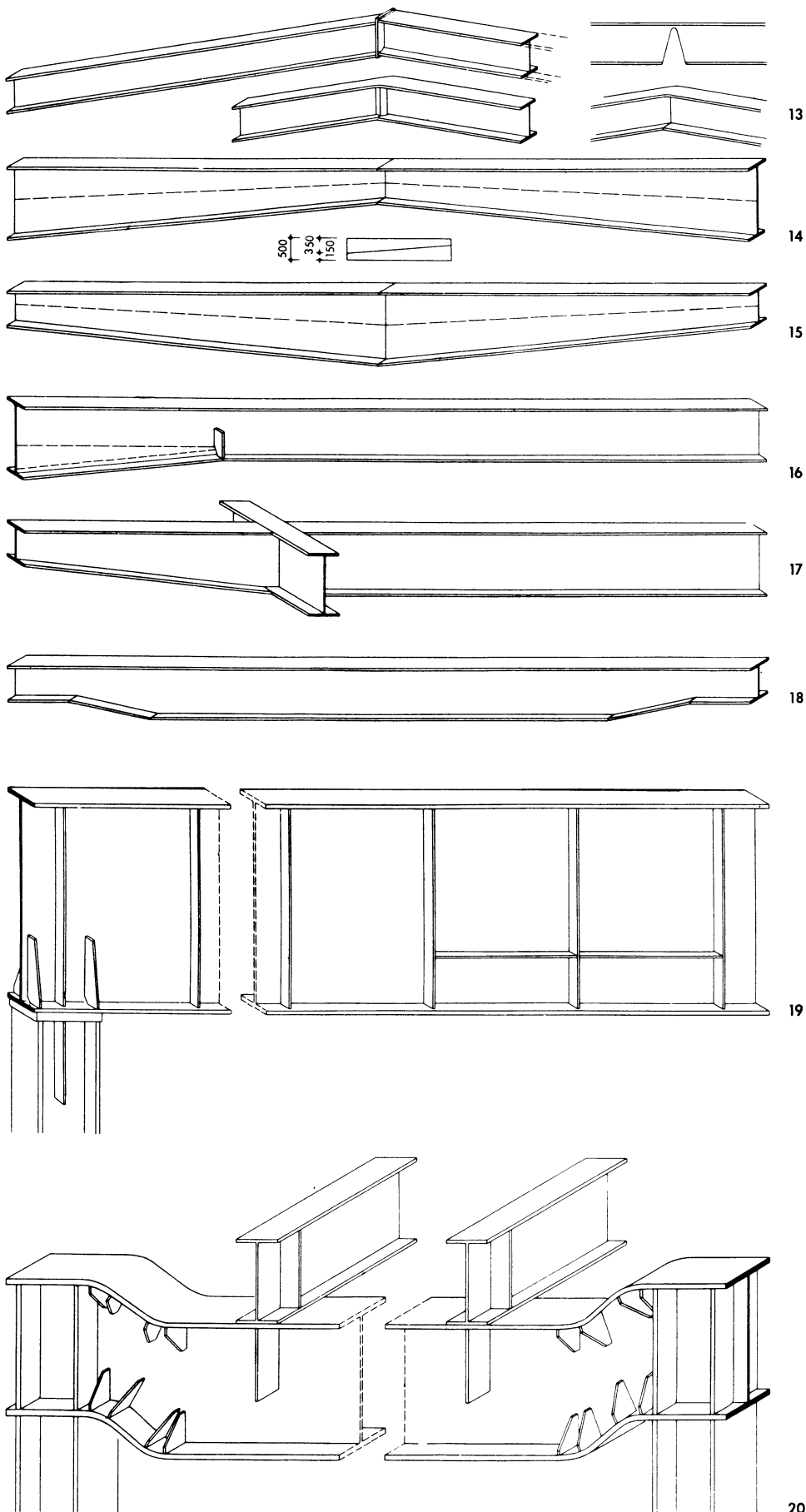
Формы сварных балок

17 Балки переменной высоты могут быть сварены из поясных листов и стенки, вырезанной из листа любого размера и формы.

18 Сварная балка с уменьшающейся к концам высотой.

19 Стенка сварной балки большой высоты должна быть укреплена против выпучивания приваренными к ней вертикальными ребрами жесткости. Кроме вертикальных ребер стенки очень высоких балок могут быть укреплены горизонтальными ребрами. Над опорами стенка должна быть усилена опорными ребрами жесткости.

20 Пример тяжелой опорной балки ломаного очертания. Стенка балки должна быть укреплена ребрами жесткости в местах приложения больших сосредоточенных нагрузок. Пояса укрепляют ребрами, поставленными по направлению равнодействующих усилий в местах перегиба.



Номограммы на с. 246 и 247 служат для приближенного определения размеров балок из прокатных двутавровых профилей. Номограммы на с. 246 содержат данные для профилей высотой до 400 мм, а на с. 247 — для более высоких.

Нагрузка

Равномерно распределенная нагрузка на балку q тс/м² определяется по формуле $q = b(g + p)$, где g — постоянная нагрузка, тс/м²; p — временная нагрузка, тс/м²; b — ширина грузовой площади, м.

Номограмма А — определение изгибающих моментов

Изгибающий момент (тс.м) от равномерно распределенной нагрузки q в однопролетной балке пролетом l :

$$M = \frac{ql^2}{8}$$

По номограмме А, двигаясь от размера пролета l вверх до пересечения с соответствующей кривой нагрузки q и затем вправо, на вертикальной оси находят значение момента M .

Номограмма В — определение профиля балки

Номограмма В дает возможность определить размеры четырех типов профилей из двух марок стали при допустимых напряжениях:

для стали St37 $[\sigma] = 1,6$ тс/см² ;
 для стали St52 $[\sigma] = 2,4$ тс/см² .

Для этого нужно от значения момента M , двигаясь вправо до пересечения с кривой профиля и затем вниз, на горизонтальной оси найти требуемый профиль; если точка лежит между двумя размерами профилей, то выбирается более высокий (правее).

Найденный по номограмме В профиль не может быть принят до установления достаточности его высоты по условию допустимого прогиба.

Номограмма С — определение массы балки

Масса профиля определяется на вертикальной оси номограммы С.

Номограмма D — определение минимальной высоты балки по заданному относительному прогибу

Прогиб f однопролетной балки симметричного сечения пролетом l , нагруженной равномерно распределенной нагрузкой, зависит от высоты балки h , значений крайних напряжений и модуля упругости материала E , значение которого для всех строительных сталей одинаково ($E = 2100$ тс/см²).

Относительный прогиб для этого случая определяется по формуле:

$$\varphi = \frac{f}{l} = \frac{5}{24} \cdot \frac{\sigma}{E} \cdot \frac{l}{h} \approx \sigma \frac{l}{h} \cdot 10^{-4}$$

Требуемая высота балки при полном использовании допустимого напряжения составляет:

для St37 $h = 1,6 \frac{l}{\varphi} \cdot 10^{-4}$;
 для St52 $h = 2,4 \frac{l}{\varphi} \cdot 10^{-4}$.

Номограмма D построена для относительных прогибов $\alpha\delta = f/l = 1/200, 1/300, 1/500$ при двух марках сталей.

В большинстве случаев прогиб определяется только от временной нагрузки p . Доля временной нагрузки p от суммарной нагрузки $g + p$:

$$\alpha = \frac{p}{g + p} < 1$$

Временная нагрузка, составляющая часть всей нагрузки, вызывает напряжения $\alpha\delta$ и прогиб αf . Прогиб от постоянной нагрузки может компенсироваться строительным подъемом. Так как размер прогиба находится в прямой зависимости от нагрузки

и высоты балки, то минимальная высота балки $h_{\text{мин}} = \alpha h$; где h — требуемая высота балки, определяемая по номограмме D при полном использовании допустимого напряжения материала. Для удобства слева от шкалы высот балки при $\alpha = 1$ нанесены еще три шкалы, которые позволяют определять $h_{\text{мин}}$ для значений $\alpha = 0,4; 0,6$ и $0,8$.

Наименьшую допустимую высоту балки определяют по номограмме D следующим образом. От размера пролета балки l (на оси абсцисс) двигаются вниз до пересечения с прямой, характеризующей заданные относительный прогиб и марку стали, и далее влево до шкалы соответствующего значения

$$\alpha = \frac{p}{g + p}$$

по которой определяют $h_{\text{мин}}$

Высота балки, определенная по номограмме несущей способности В, должна быть не менее $h_{\text{мин}}$, полученной из номограммы прогибов D.

Пример к номограмме на с. 246

g , тс/м	p , тс/м	$g+p$, тс/м	$\alpha = \frac{p}{g+p}$	b , м	$q = b(g+p)$, тс/м	l , м	M , тс.м	φ	Марка стали	$h_{\text{мин}}$	Профиль	кг.м	
0,450	0,350	0,800	0,43	2,4	1,92	6	8,65	1/500	37	200	IPB 200	61	
											IPB 220	50	
											IPE 300	42 ¹⁾	
											IPBv 280	189	
0,500	0,750	1,250	0,6	3	3,75	9	38	1/300	37	270	IPB 360	142 ²⁾	
										52	380	IPB 340	105

¹⁾ Выбирается IPE 300 St37 как наиболее легкий и жесткий профиль.

²⁾ Выбирается IPB 360 St37; IPB 340 St52 хотя и легче, но дороже выбранного профиля

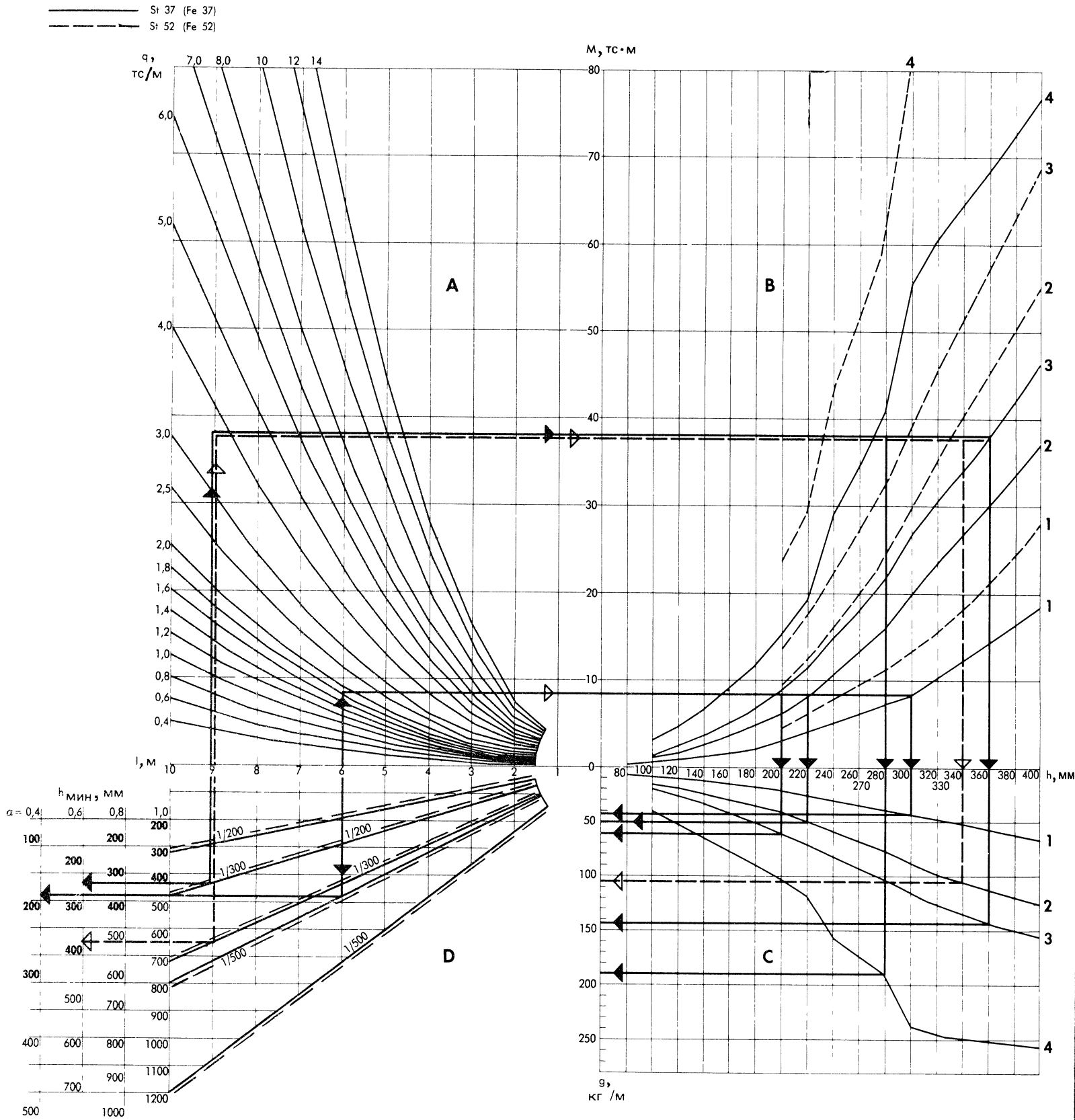
Пример к номограмме на с. 247

g , тс/м	p , тс/м	$g+p$, тс/м	$\alpha = \frac{p}{g+p}$	b , м	$q = b(g+p)$, тс/м	l , м	M , тс.м	φ	Марка стали	$h_{\text{мин}}$	Профиль	кг.м
0,5	0,5	1	0,5	8	8	16	256	1/300	52	577 ³⁾	IPBv 800	317 ⁴⁾
											IPB 900	291
											IPB 1000	272
											IPE 550	106 ⁵⁾
0,5	0,5	1	0,5	1,5	1,5	16	48	1/300	52	577	IPB 450	171 ⁴⁾
									37	375	IPB 500	155
											IPE 600	122

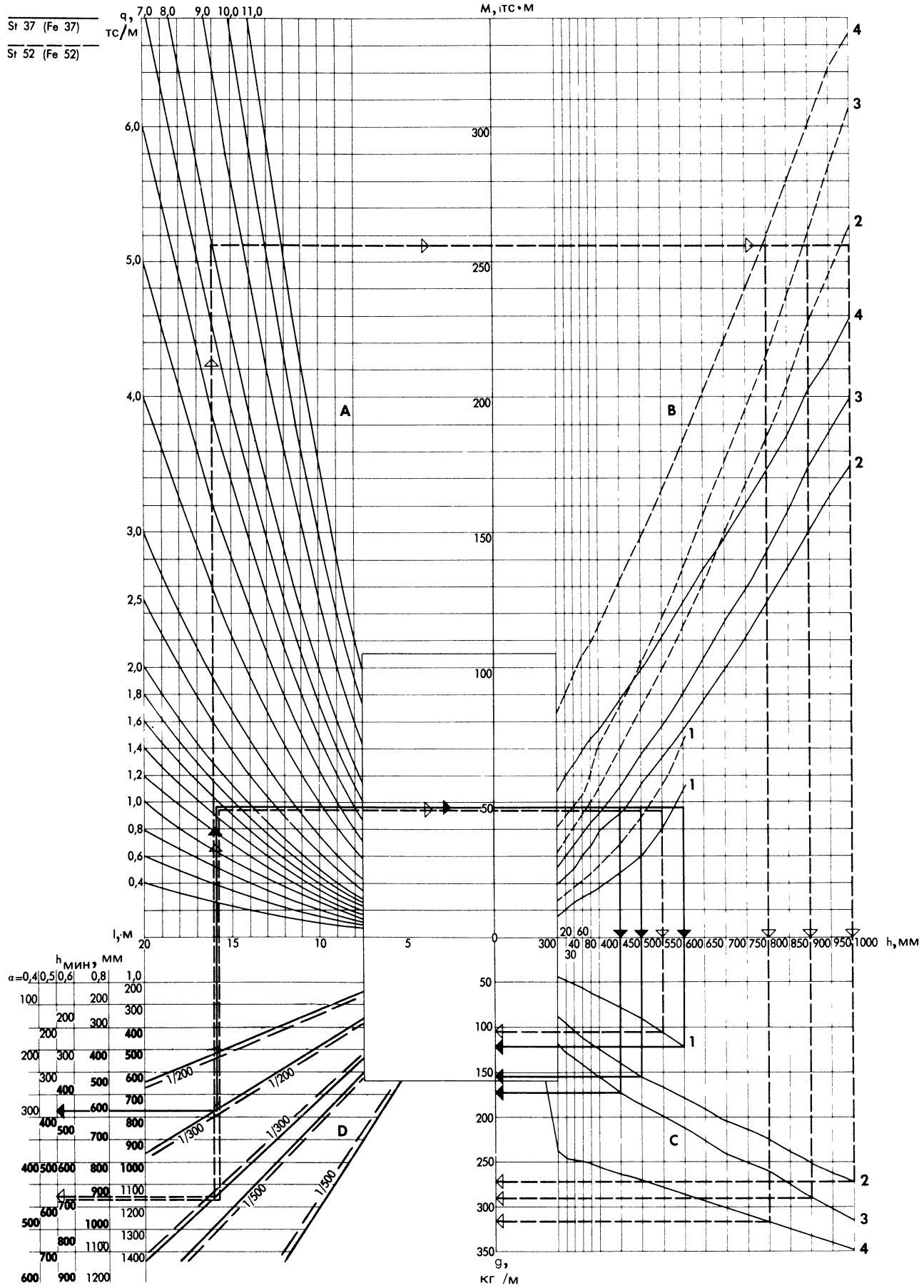
³⁾ При $\alpha = 0,6$ $h_{\text{мин}} = 690$; при $\alpha = 0,4$ $h_{\text{мин}} = 465$; при $\alpha = 0,5$ $h_{\text{мин}} = \frac{690 + 465}{2} = 577$

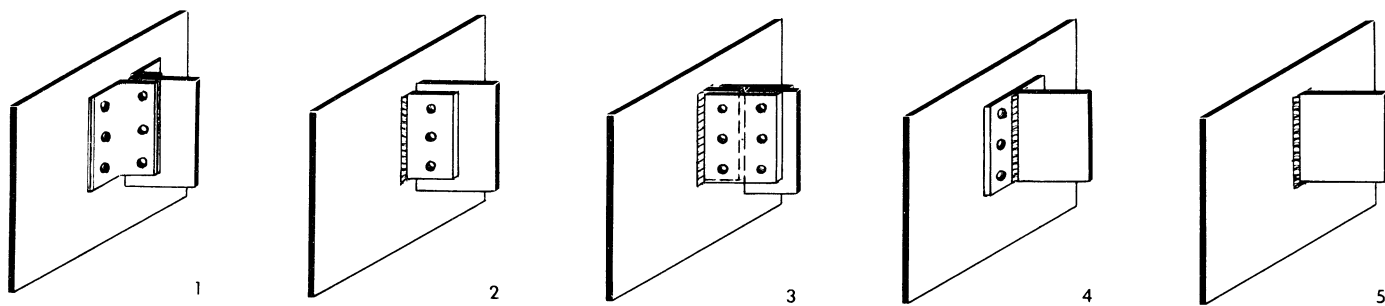
⁴⁾ Выбор профиля по наименьшей конструктивной высоте

⁵⁾ IPB — профиль St52 ниже, поэтому выбирается St37



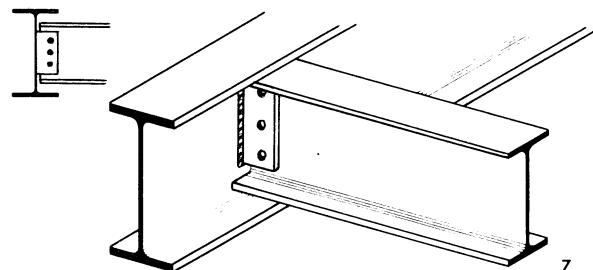
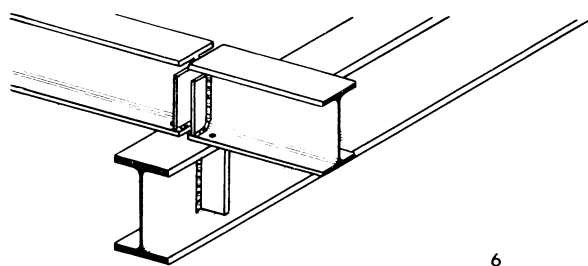
- 1 IPE
- 2 IPB1 (HE A)
- 3 IPB (HE B)
- 4 IPBv (HE M)





Крепления балок к колоннам описаны в разделе „Колонны“ на с. 235–237. В месте пересечения двух балок поперечная сила прикрепляемой балки должна быть передана на поддерживающую балку. Конструкция крепления балки, работающей в месте ее опирания по неразрезной схеме, должна обеспечить передачу опорного момента. Для балок с шарнирным опиранием, передающим только поперечные силы, наиболее распространены следующие приемы креплений:

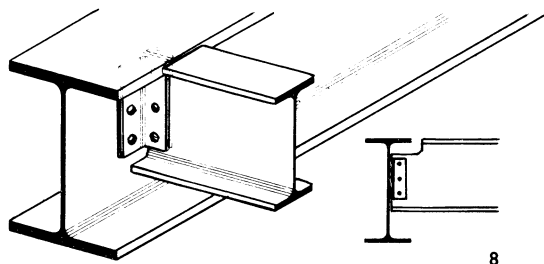
1 Крепление стенки балки с помощью двух уголков. **2** Односрезное болтовое крепление к приваренной вертикальной планке. **3** Двухсрезное соединение с помощью двух накладок к приваренной вертикальной планке. **4** Через торцевой лист, приваренный к стенке балки. **5** Сварное крепление стенки балки. Сварка по контуру в растянутой зоне.



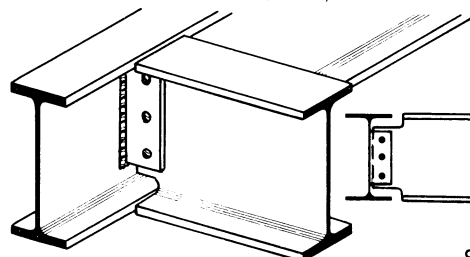
Конструкции креплений, передающих поперечные силы

6 Примыкающие балки лежат на поддерживающей балке и могут быть к ней прикреплены. Балки имеют в месте опирания, если это необходимо по расчету, вертикальные ребра жесткости.

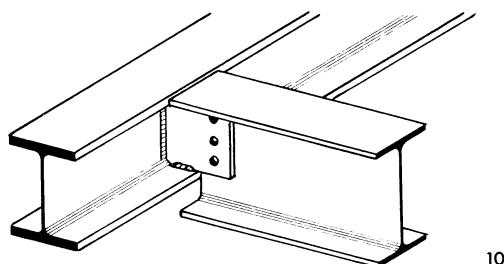
7 Верхний пояс примыкающей балки опущен относительно верхнего пояса поддерживающей балки, поэтому примыкающая балка может быть доведена до стенки поддерживающей балки без срезки части верхней полки, что удешевляет изготовление.



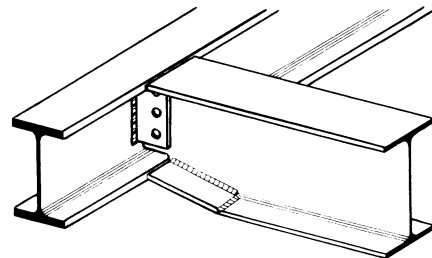
8 Верхние полки неравных по высоте балок должны находиться в одном уровне. Верхняя полка примыкающей балки должна быть срезана.



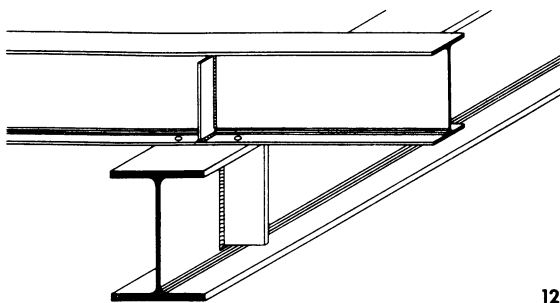
9 Балки одинаковой высоты сопрягаются в одном уровне. В примыкающей балке должны быть срезаны часть верхней и часть нижней полки.



10 Примыкающая балка имеет высоту больше, чем поддерживающая балка. Простое соединение. Балка имеет прямой рез, без срезки полки. В стыковой планке возникает изгибающий момент, а в поддерживающей балке — крутящий момент.



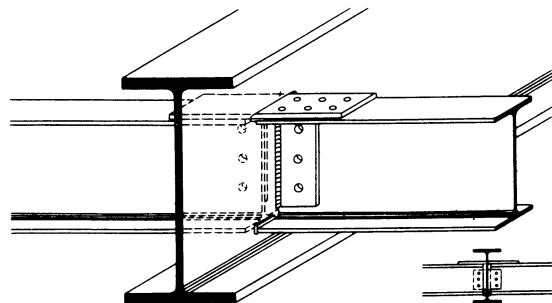
11 Решение на рис. 10 неудовлетворительно по эстетическим соображениям. В открытых видимых стальных конструкциях нижний пояс примыкающей балки подтянут.



12

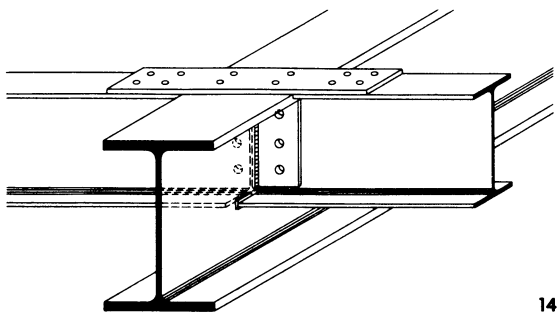
Конструкции креплений, передающих поперечные силы и изгибающие моменты

12 Примыкающая балка лежит на поддерживающей балке. Самый простой способ соединения. Необходимо лишь соединить полки болтами, чтобы предотвратить сдвиг балок. Обе балки имеют приваренные ребра.



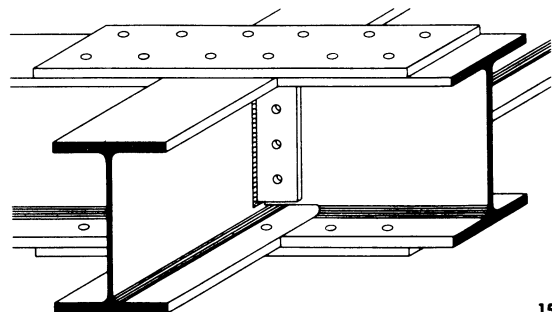
13

13 Примыкающие балки имеют меньшую высоту, а их верхние полки расположены ниже верхней полки поддерживающей балки. Растягивающие усилия от момента в верхних полках примыкающих балок передаются через листовую накладку, которая пропускается через прорезь в стенке поддерживающей балки. Сжимающие усилия в нижних полках передаются в упор, через фиксирующие прокладки, которые прихватываются сваркой против выпадания.



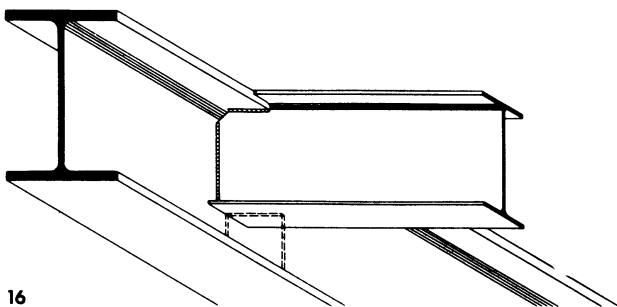
14

14 Примыкающие балки имеют меньшую высоту, а верхние полки балок расположены в одном уровне. В этом случае листовая накладка, передающая растягивающие усилия от момента, размещается поверх поясов балок. Сжимающие усилия передаются так же, как в случае 13.



15

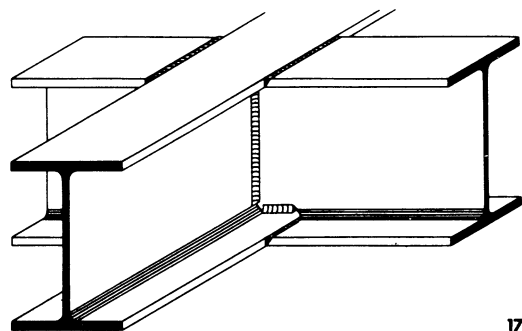
15 Балки имеют одинаковую высоту и расположены в одном уровне. Верхние и нижние полки примыкающих балок срезаны. Растягивающие и сжимающие усилия от момента передаются через верхнюю и нижнюю накладки, примыкающие к поясам балок.



16

Полностью сварные соединения балок

В сварных соединениях балок передача усилий имеет ясно выраженную картину. При выполнении сварных швов с разделкой кромок можно получить как бы монолитную конструкцию. Стоимость изготовления чисто сварных конструкций, особенно при монтаже, все же несравненно больше, чем конструкций, соединяемых на болтах. Поэтому полностью сварные соединения балок применяют только там, где требуется хороший вид конструкций. Перед сваркой стыкуемые элементы

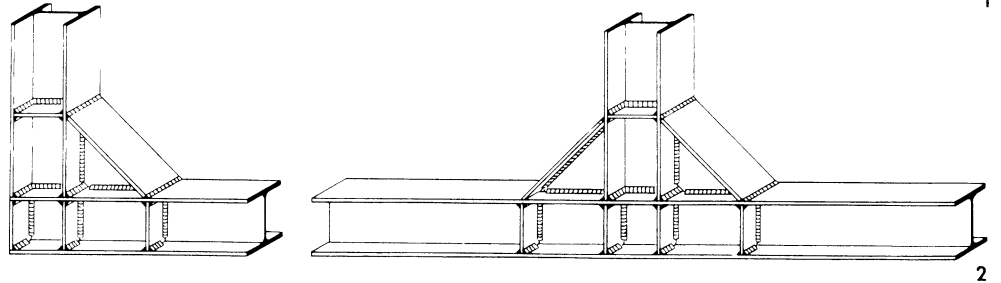
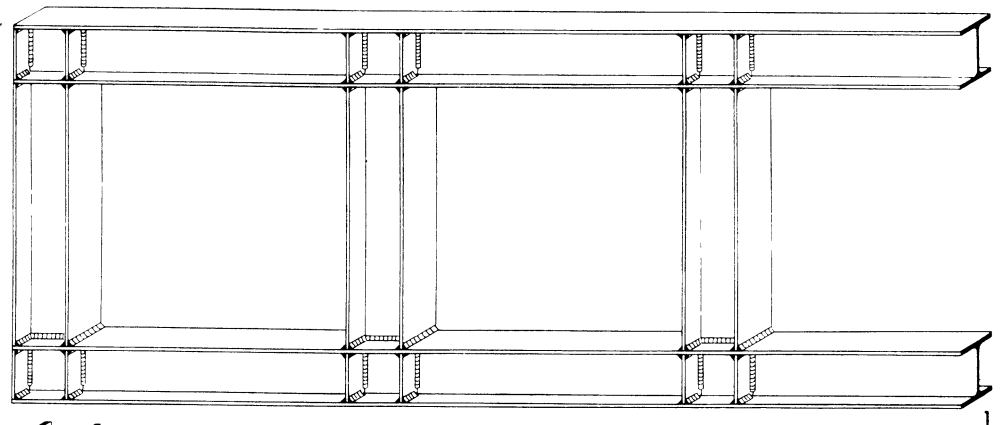


17

должны быть тщательно подогнаны. Это обуславливает необходимость высокого качества работ по обработке кромок и при выполнении сварки. Чтобы в процессе сварки свариваемые детали не расходились, необходимы временные прихватки, которые позднее должны быть срезаны, а следы от сварки зачищены. Небольшие детали могут удерживаться с помощью болтовых зажимов.

16 Соединение балок разной высоты. При передаче больших усилий необходимо укрепить стенку балки ребрами жесткости.
17 Сварное соединение балок одинаковой высоты.

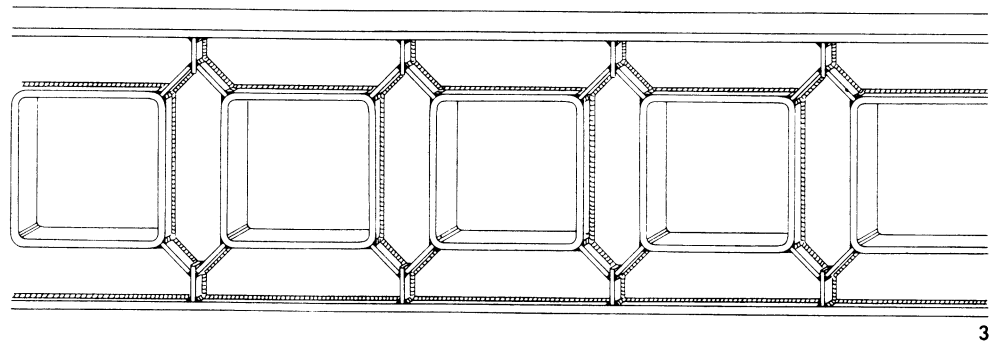
Балка Виренделя похожа на ферму без раскосов. При работе балки под нагрузкой в поясах и стойках возникают продольные усилия и изгибающие моменты. Передача усилий в узлах должна быть тщательно обеспечена. Балки применяют в качестве несущих элементов, имеющих высоту этажа, или как несущие конструкции перекрытия, в которых необходимо проложить коммуникации большого поперечного сечения. Изготовление балок Виренделя весьма трудоемко.



1 Балка Виренделя, сваренная из двутавровых РВ-профилей. Легкая балка при больших нагрузках.

2 Несущая способность увеличена путем усиления узлов планками, которые могут быть вырезаны из профилей или листов.

3 Тяжелая балка Виренделя под большие нагрузки, сваренная из листовой и широкополосной стали.



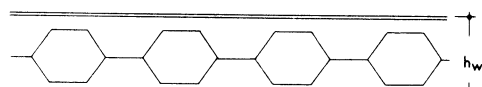
Сварные перфорированные балки

Путем разрезки стенки двутавровых профилей РЕ и РВ по форме зубчатой рейки и сварки после сдвижки частей на половину длины волны получают более высокие профили (рис. 2). Такие профили рациональны для балок больших пролетов при небольших нагрузках. Стенки балок вследствие их большого ослабления могут воспринимать лишь ограниченные поперечные силы. На опорах, где поперечные силы больше, часто 1—2 отверстия заваривают. С помощью листовых вставок высоту балки можно еще более увеличить (рис. 3). Имеющиеся отверстия позволяют производить прокладку инженерных коммуникаций, но все-таки зачастую оказываются недостаточными для линий кондиционирования. Размеры сечений прокладываемых инженерных коммуникаций — см. с. 287.

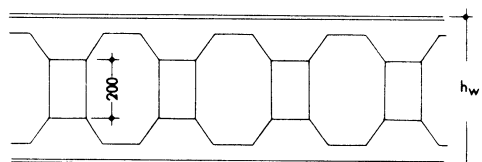
Изготовление этой балки требует особого оборудования, так как обе половины балки после разрезки искривляются вследствие остаточных напряжений в прокатных профилях. Поэтому такие балки целесообразно применять при массовом изготовлении.



Ячеистая балка



без вставок



с 200мм вставками

Номограммы

Номограммы основаны на методе фирмы «Литцка».

Номограмма А. Воспринимаемый изгибающий момент для сварных перфорированных балок без листовых вставок из сталей марок St37 и St52.

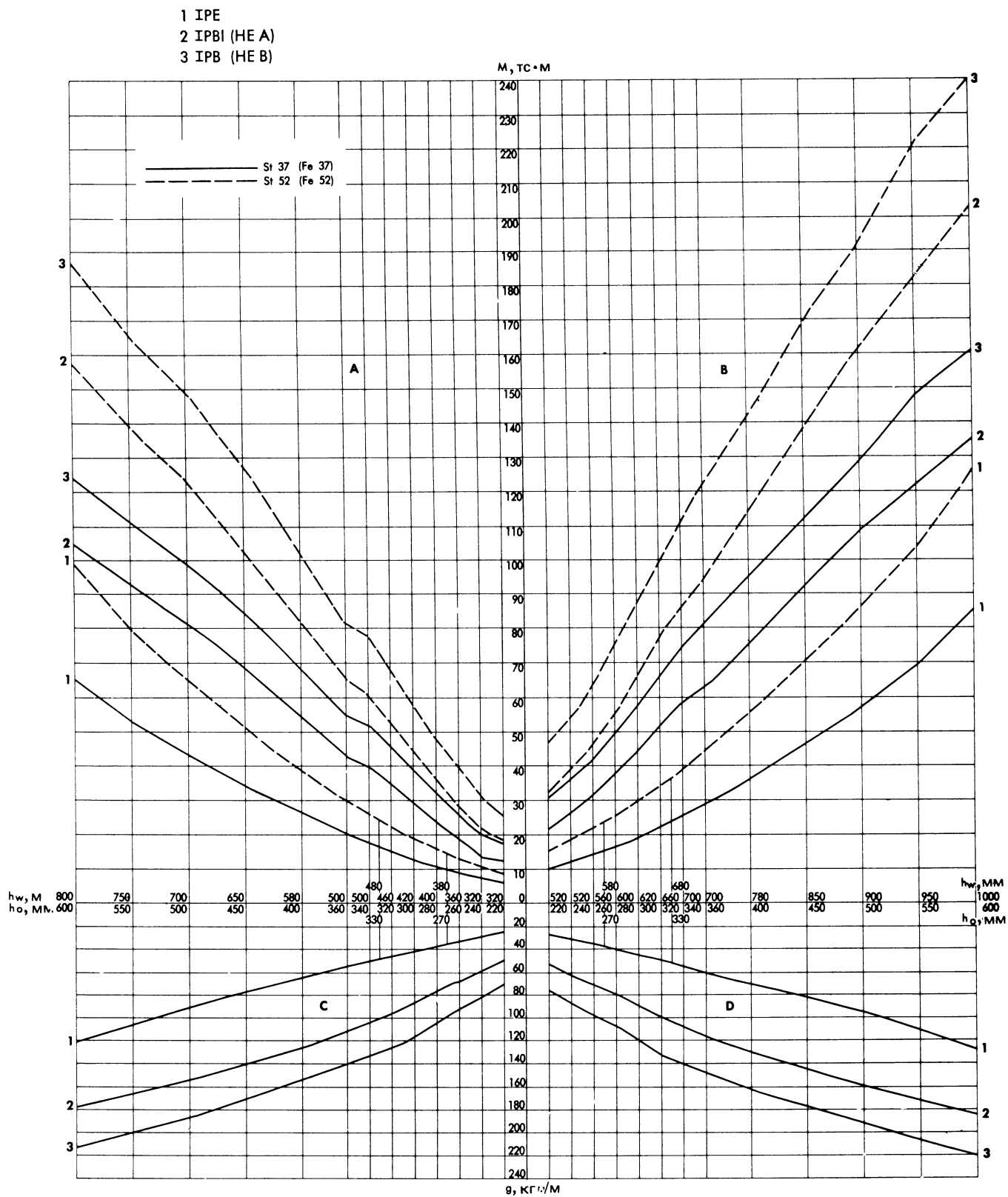
Номограмма В. Воспринимаемый изгибающий момент для сварных перфорированных балок с листовыми вставками высотой 200 мм из сталей марок St37 и St52.

Номограмма С. Масса g перфорированных балок без листовых вставок.

Номограмма D. Масса g перфорированных балок с листовыми вставками высотой 200 мм.

На абсциссе номограмм А и В даны высоты исходного профиля h_0 и сварной перфорированной балки h_w .

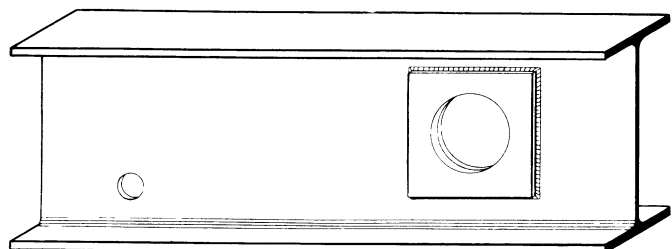
Для определения изгибающего момента в балке на двух опорах при действии равномерно распределенной нагрузки могут быть использованы номограммы А на с. 246 и 247, а также номограмма прогибов D для определения минимальной высоты балки, которая необходима исходя из допустимого прогиба.



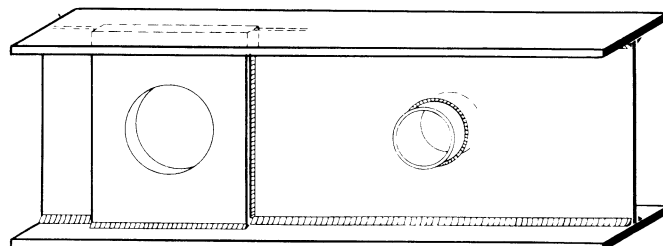
Преимущество стальных балок со сплошными стенками по сравнению с железобетонными балками состоит в том, что сквозь их тонкие стенки можно легко прокладывать инженерные коммуникации. Маленькие отверстия прожигаются или просверливаются. По возможности это должно выполняться на заводе, но в исключительных случаях может производиться и на

месте строительства. Большие отверстия настолько ослабляют стенку балки, что для восприятия поперечных сил возникает необходимость в ее усилении или установке дополнительных ребер жесткости. Большие отверстия по возможности не следует располагать в зоне действия больших поперечных сил, т. е. вблизи опор, лучше делать их в середине балки.

Для прокладки многочисленных линий оборудования перекрещивающиеся балки желательно располагать друг над другом, что позволяет вести проводку в двух уровнях — над и под балками. Часто для прокладки линий технического оборудования бывает целесообразно уменьшить высоту балки в определенной зоне.



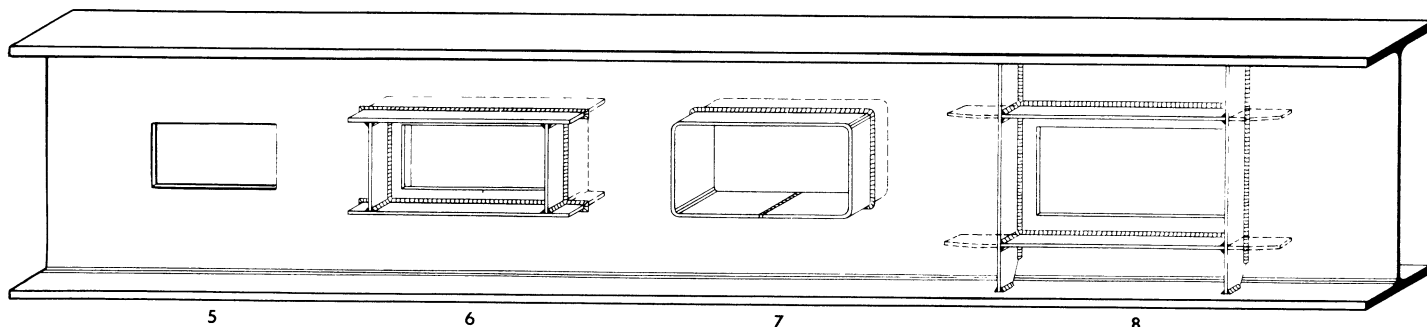
1 Маленькие отверстия просверливают или прожигают в стенке балки, что достаточно просто. 2 Лист стенки может быть усилен путем приварки листов с одной или двух сторон.



3 Большие отверстия могут потребовать усиления стенки путем варки участка из более толстого листа. 4 Усиление путем варки куска трубы.

1 Маленькие отверстия просверливают или прожигают в стенке балки, что достаточно просто. 2 Лист стенки может быть усилен путем приварки листов с одной или двух сторон.

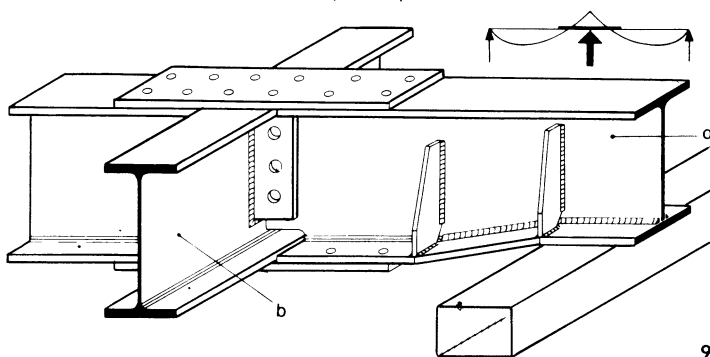
3 Большие отверстия могут потребовать усиления стенки путем варки участка из более толстого листа. 4 Усиление путем варки куска трубы.



5 Прямоугольные отверстия должны иметь ширину, большую, чем высоту, чтобы над и под отверстием оставались участки стенки, достаточные для передачи поперечных сил. 6 Усиления целесообразно производить таким образом, чтобы не требовалась подгонка. Усиления ставятся с одной стороны или при больших усилиях с двух сторон стенки. 7 Пригонка манжет, особенно с такими округлыми углами, — очень распространенный способ, но должен быть ограничен в тех случаях, когда балки в открытых местах остаются видимыми. 8 Пример усиления стенки ребрами жесткости при больших размерах отверстия в балке.

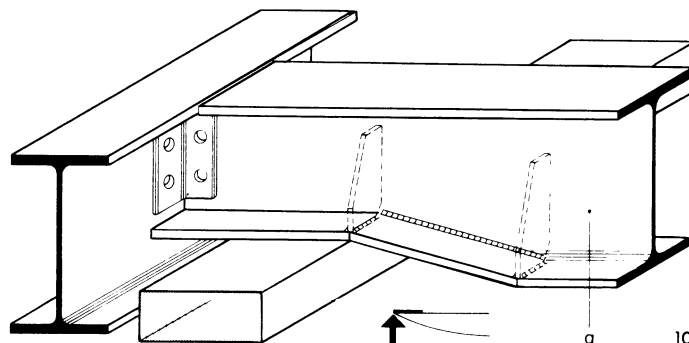
5 Прямоугольные отверстия должны иметь ширину, большую, чем высоту, чтобы над и под отверстием оставались участки стенки, достаточные для передачи поперечных сил. 6 Усиления целесообразно производить таким образом, чтобы не требовалась подгонка. Усиления ставятся с одной стороны или при больших усилиях с двух сторон стенки.

7 Пригонка манжет, особенно с такими округлыми углами, — очень распространенный способ, но должен быть ограничен в тех случаях, когда балки в открытых местах остаются видимыми. 8 Пример усиления стенки ребрами жесткости при больших размерах отверстия в балке.



9 Неразрезная балка перекрытия а имеет в месте примыкания к другой в равную с ней высоту, а в зоне пролета ее высота уменьшена, что дает возможность проложить оборудование. В месте перегиба сжатого пояса балки необходимо установить ребра жесткости. Из-за повышенных затрат на изготовление такое решение применимо лишь в исключительных случаях.

9 Неразрезная балка перекрытия а имеет в месте примыкания к другой в равную с ней высоту, а в зоне пролета ее высота уменьшена, что дает возможность проложить оборудование. В месте перегиба сжатого пояса балки необходимо установить ребра жесткости. Из-за повышенных затрат на изготовление такое решение применимо лишь в исключительных случаях.



10 Примыкающая балка перекрытия а, передающая только поперечную силу. Поэтому на опоре, где изгибающий момент незначителен, возможно уменьшить ее высоту для проводки инженерных коммуникаций. При этом следует проверить касательные напряжения в стенке балки; в необходимом случае требуется усиление стенки на этом участке. В большинстве случаев пояса не требуют усиления, так как вблизи опор изгибающие моменты незначительны.

По расходу стали фермы имеют преимущество перед балками со сплошными стенками. Но так как трудоемкость изготовления их велика, то балки со сплошными стенками могут быть экономичнее даже при большей массе.

Фермы проектируют для всех нагрузок и пролетов — от легкой до тяжелой мостовых ферм. В многоэтажном строительстве они находят применение как изгибаемые элементы, работающие на вертикальные и горизонтальные нагрузки, в качестве ветровых балок и вертикальных несущих систем, обеспечивающих жесткость здания. Фермы используются как легкие балки перекрытий, как прогоны и как тяжелые, часто на всю высоту этажа, опорные конструкции под или над зданиями, например консольная балка в зданиях с подвесными перекрытиями.

Решетчатые балки как несущие конструкции перекрытий имеют то преимущество, что инженерные коммуникации могут быть свободно проложены между элементами решетки.

Ферма состоит из верхнего и нижнего поясов и элементов решетки (раскосы и стойки или только раскосы). Сжатые стержни из-за необходимости обеспечения их устойчивости имеют большие поперечные сечения, чем растянутые стержни при одинаковых в них усилиях. Поэтому целесообразно выбирать такую систему решетки, при которой более длинные элементы были растянуты. Закрепление элементов решетки в узлах считается обычно шарнирным. В связи с этим в стержнях решетки

возникают только продольные усилия (растяжения или сжатия). В большинстве случаев нагрузка прикладывается в узлах. Если нагрузку приложить между узлами, то в нагруженном элементе пояса дополнительно к осевым усилиям возникает местный изгиб; в этом случае пояс должен иметь поперечное сечение, способное воспринять и изгибающий момент.

Работа раскосов в фермах с параллельными поясами

1 Раскосная решетка с нисходящими раскосами. Раскосы растянуты, короткие стойки сжаты.

2 Треугольная система решетки с дополнительными стойками. Раскосы растянуты и сжаты поочередно. Стойки служат для уменьшения длины верхнего пояса.

3 Чисто треугольная система решетки, без стоек. Угол наклона раскосов приблизительно 60°. Эта форма решетки имеет то преимущество, что при зрительном восприятии нескольких ферм получается более спокойная картина, чем в решетках со стойками.

4 Шпренгельное заполнение решетки для фермы 2 применяется при частом приложении нагрузки к верхнему поясу.

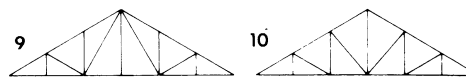
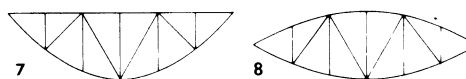
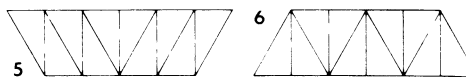
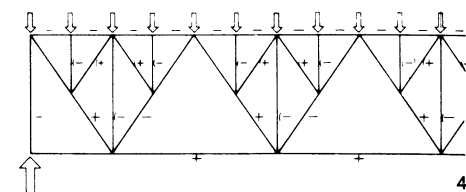
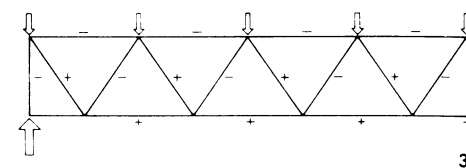
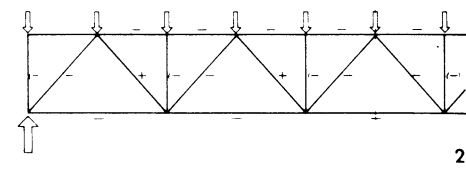
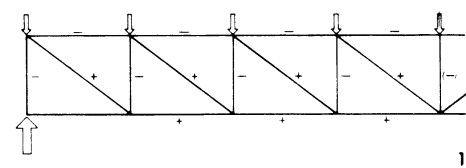
Обозначение усилий, возникающих в стержнях: при работе всей фермы сжатие (—), растяжение (+); от действия местной нагрузки сжатие (—), растяжение (+).

Очертания ферм:

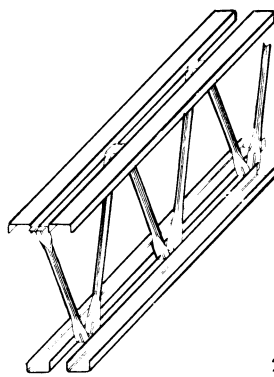
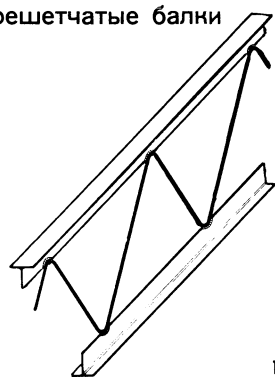
5 и 6 Трапециевидные фермы.

7 и 8 Ферма с параболическим очертанием нижнего пояса и ферма рыбообразного очертания.

9 и 10 Треугольные стропильные фермы.



Лёгкие фермы — решетчатые балки



1 R-балка. Пояса из таврового профиля или разрезанного двутаврового PE-профиля, элементы решетки из отдельных или волнообразно согнутых стержней круглой стали. Экономична в изготовлении. Пригодна только при небольших нагрузках, например для перекрытий или кровли, имеющих незначительное загрузение.

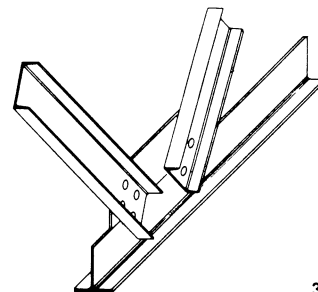
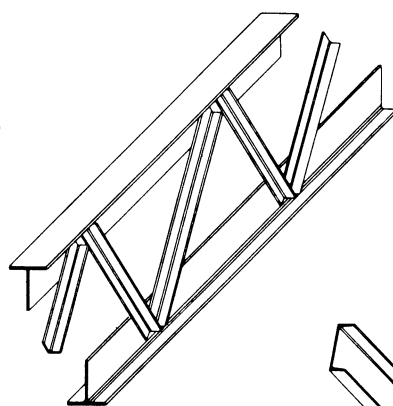
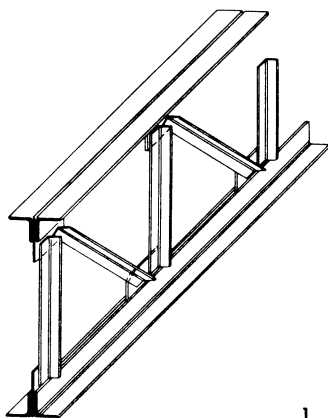
2 Фермы из легких профилей; изготавливаются из тонкостенных профилей и поэтому нуждаются в особо хорошей защите от коррозии, возможно способом горячего цинкования.

Примером может служить изготовленная полностью автоматически X-балка. Она пригодна для кровельных прогонов, особенно при использовании профилированного настила. Балка оцинкована.

Несущая способность		
Максимальная поперечная сила Q_x и изгибающий момент M_x		
при допуске напряжении ¹⁾ кгс/см ²	Q_x кгс	M_x кгс м
$H = 1400$	2200	6288
$HZ = 1600$	2520	7200
$H = 2100$	2980	8976
$HZ = 2400$	3410	10 272

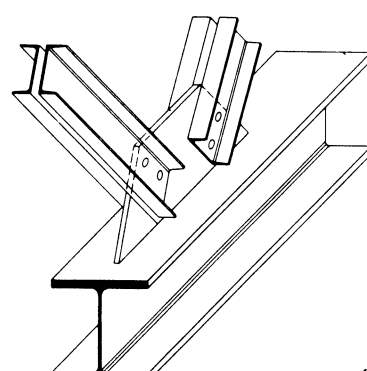
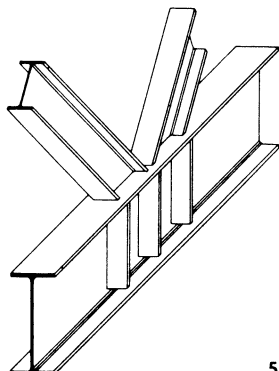
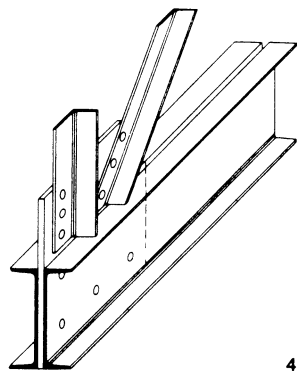
¹⁾ H — при основных воздействиях; HZ — при основных и дополнительных воздействиях.

1 Ферма из уголков, узловые соединения на фасонках. Пояса из двух уголков, равнобоких или неравнобоких. При неравнобоких уголках широкие полки в верхнем поясе лежат в горизонтальной плоскости для повышения жесткости при продольном изгибе. Элементы решетки из одного или двух уголков. Узловые соединения сварные или на болтах. Относительно коррозионной защиты см. замечания к рис. 4.



2 Пояса этой фермы из таврового профиля или половины двутавров РЕ или РВ. Конструкция очень экономичная, часто применяемая. Раскосы: уголки или швеллерный профиль. При достаточной высоте стенки тавра и незначительных усилиях элементы решетки привариваются без фасонки.

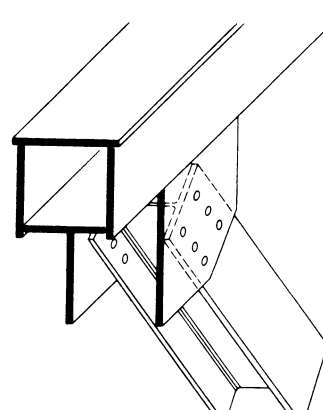
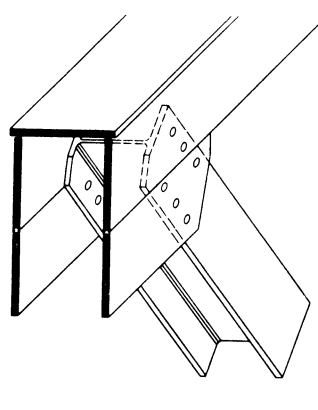
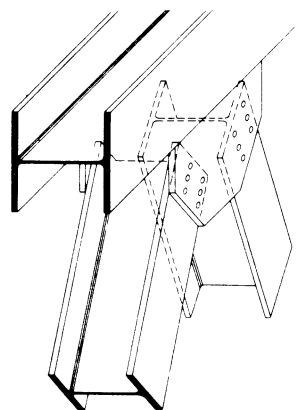
3 При малой высоте стенки таврового профиля или больших усилиях в раскосах требуется увеличение высоты стенки путем приварки узловых фасонки. Узловые соединения сварные или на болтах.



4 Пояс: два швеллера, узловые соединения с фасонками на болтах. Сечение пояса рассчитано на восприятие местного изгиба. Если щель между швеллерами остается открытой, то ферму из-за коррозии можно эксплуатировать только во внутренних помещениях.

5 Пояс: двутавровые РЕ-или РВ-профили. При небольших усилиях элементы решетки можно приваривать встык. Пояс должен быть укреплен одним или несколькими ребрами жесткости. Конструкция трудоемка в изготовлении.

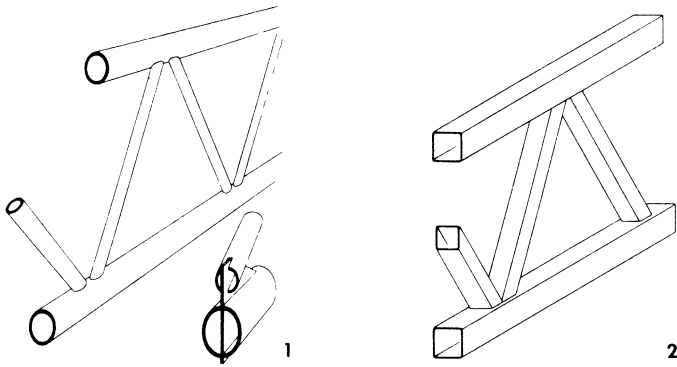
6 Пояс: двутавровые РЕ- или РВ-профили. Приваренные узловые фасонки для крепления элементов решетки. Часто применяемая экономичная конструкция для сильно нагруженных ферм.



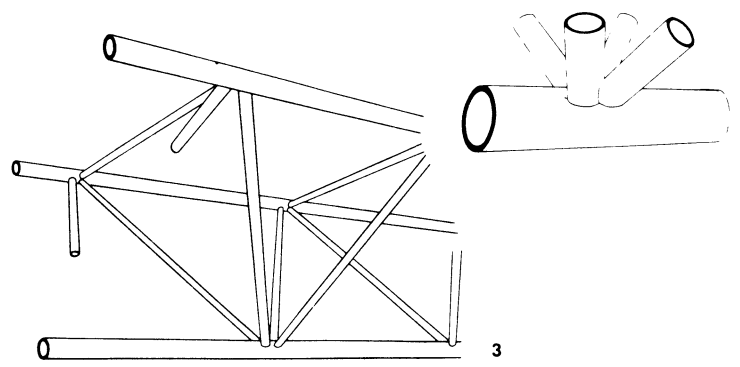
7 Пояс: двутавровый РЕ- или РВ-профиль с горизонтально расположенной стенкой. Двустенчатые узловые фасонки приварены к обеим полкам двутавра.

8 Открытый коробчатый профиль с приваренными узловыми фасонками для самых тяжелых ферм.

9 Замкнутый сварной коробчатый профиль с двустенчатыми узловыми фасонками.

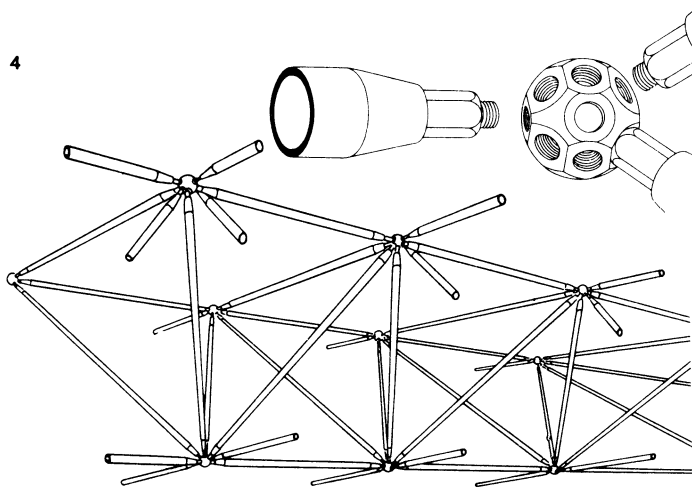


1 Решетчатая балка из круглых труб. Стержни одного наружного диаметра различаются по площади поперечного сечения благодаря различной толщине стенки. Узловые соединения без фасонки на сварке. Концы труб фрезеруются или обрезаются на специальных машинах по форме примыкания. В соединениях на фасонках последние ввариваются в проези в трубах; из-за трудностей защиты от коррозии применяются лишь во внутренних помещениях.

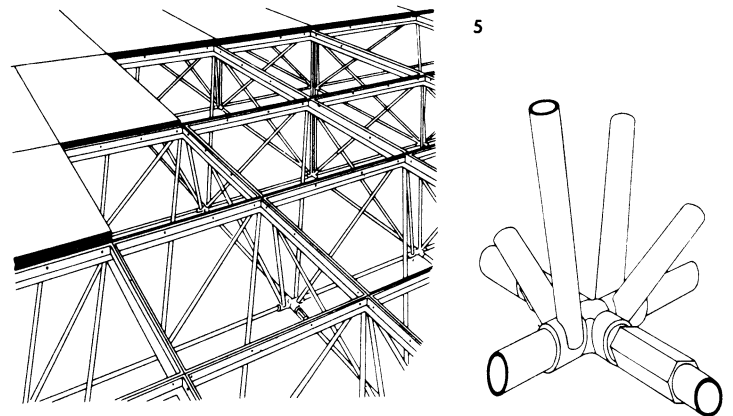


2 Прямоугольные или квадратные трубы. В большинстве случаев сварные соединения встык. Элегантная чистая конструкция, но трудоемкая в изготовлении.

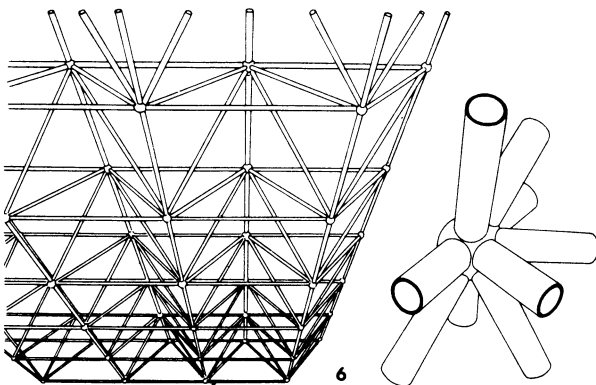
3 Трехпоясная ферма из труб. Верхний пояс фермы устойчив из плоскости, и поэтому его не надо раскреплять. Типичная трубчатая конструкция.



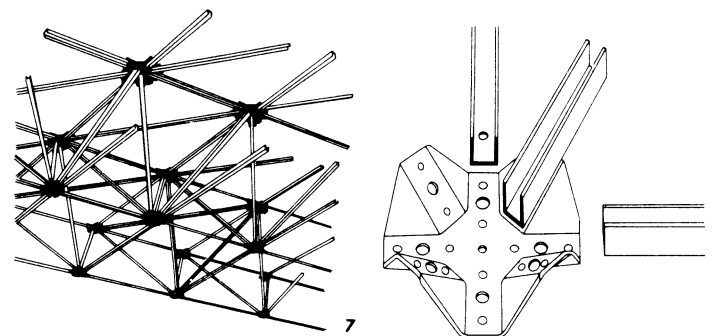
4 «Меро» — трубчатое соединение с резьбовыми соединениями в узлах. Широко распространенные конструкции: связи, объемные структуры, плоские выпуклые и круглые как для постоянных, так и для временных сооружений разного назначения, как-то: ярмарки, трибуны.



5 «Space-Deck-System». Объемная несущая структура, верхняя плоскость которой образована квадратными рамами из уголкового профиля. Они перекрываются газобетонными сборными плитами. Предварительно изготовленные пирамиды стержневых решеток соединяются в узле через растянутый стержень стяжными муфтами.

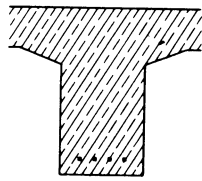


6 «Oktaplatte». Объемная структура, имеющая в большинстве случаев квадратные или ромбические элементы перекрытий. В узлах стержни свариваются через шаровую вставку.



7 «Unistrut». В качестве отдельных элементов применяются швеллеры одинаковой длины, которые соединяются с помощью одинаковых узловых фасонки.

В комбинированных конструкциях достигается совместная работа материалов, обладающих различными свойствами. Комбинированная балка в рассматриваемом случае — изгибаемый элемент, состоящий из стальной балки и совместно работающей с ней железобетонной плиты (сталежелезобетонная балка). При этом на участке положительных моментов железобетонные плиты выполняют функцию сжатого верхнего пояса, а нижняя часть стальной балки — растянутого нижнего пояса. На участке отрицательных моментов железобетонные плиты только тогда могут включиться в работу, когда растягивающие усилия, появляющиеся при этом в бетоне, будут преодолены с помощью предварительного напряжения. Предварительно-напряженные сталежелезобетонные балки выгодны только при больших пролетах.



Напряжения и прогиб

2.1 В ребристом железобетонном перекрытии плита, находящаяся в сжатой зоне поперечного сечения, рассчитывается совместно с балкой. Сжимающие усилия воспринимаются бетоном, растягивающие — арматурой.

2.2 Если стальная балка не объединена с железобетонной плитой, то она несет нагрузку одна. Нейтральная ось находится посередине высоты балки h .

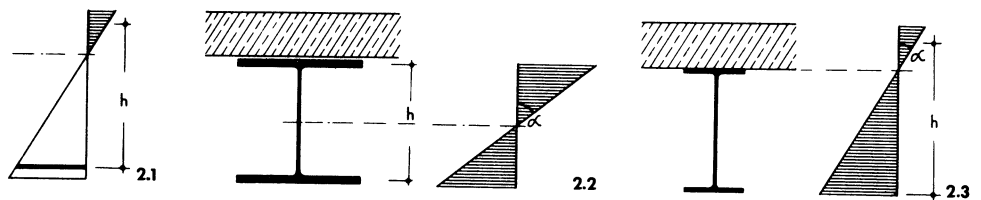
2.3 В объединенном поперечном сечении нейтральная ось передвигается вверх. Верхняя полка стальной балки находится близко к нейтральной оси и может иметь меньшую площадь, чем нижняя. При этом при одинаковых наибольших напряжениях в нижнем поясе угол α эпюры напряжений и прогиб балки значительно меньше, чем в 2.2.

Усадка и ползучесть

Свежий бетон при твердении уменьшается в объеме вследствие происходящих в нем химических процессов (усадка). При длительном действии нагрузки в бетоне со временем проявляются неупругие деформации (ползучесть). В сталежелезобетонных балках этим явлениям подвержена только железобетонная плита (но не стальная балка). Если в объединенной со стальной балкой железобетонной плите происходят деформации в результате явлений усадки и ползучести (последняя вследствие постоянного действия изгибаю-

Соединение, воспринимающее сдвиг

Для достижения совместной работы в комбинированной конструкции необходимо соединить стальные балки с лежащими на них железобетонными плитами так, чтобы обеспечить надежное восприятие появляющихся между ними сил сдвига. Если плиты не соединены с балками, а свободно лежат на них, то несущие способности обоих элементов просто суммируются, тогда как несущая способность объединенного сечения существенно возрастает. Это можно пояснить на примере штабеля свободно лежащих друг на друге досок (рис. 1.1 и 1.2), которые имеют такую же общую несущую способность, как если бы они лежали рядом друг с другом. Только соединение досок гвоздями, которые воспринимают силы сдвига, обеспечивает большую несущую способность балки, сбитой из досок (рис. 1.3).



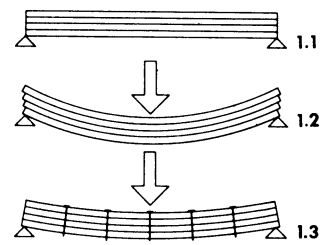
щего момента), то ее несущая способность в известной мере снижается. При этом доля нагрузки передается стальной балке. Происходит перераспределение усилий. Это явление должно учитываться при расчете комбинированных несущих конструкций большого пролета.

Монтажные соединения

Преимущество применения стальных каркасов — в возможности быстрого монтажа конструкций независимо от погоды. Это преимущество не может быть полностью использовано для дальнейших работ по возведению ограждающих конструкций здания, если плиты перекрытия по стальным балкам бетонируются на месте строительства. Общий период строительства сокращается, если в качестве плит перекрытий использовать сборные железобетонные, заранее изготовленные элементы. Для надежного соединения сборных железобетонных плит со стальными балками в комбинированную конструкцию требуется в процессе строительства тщательное выполнение работ при соблюдении жестких допусков.

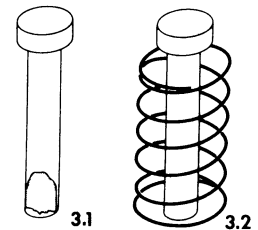
Способы соединения

В сталежелезобетонных балках высотных зданий применяются два способа соединения бетонных плит со стальными балками, обеспечивающего передачу сдвигающих усилий.



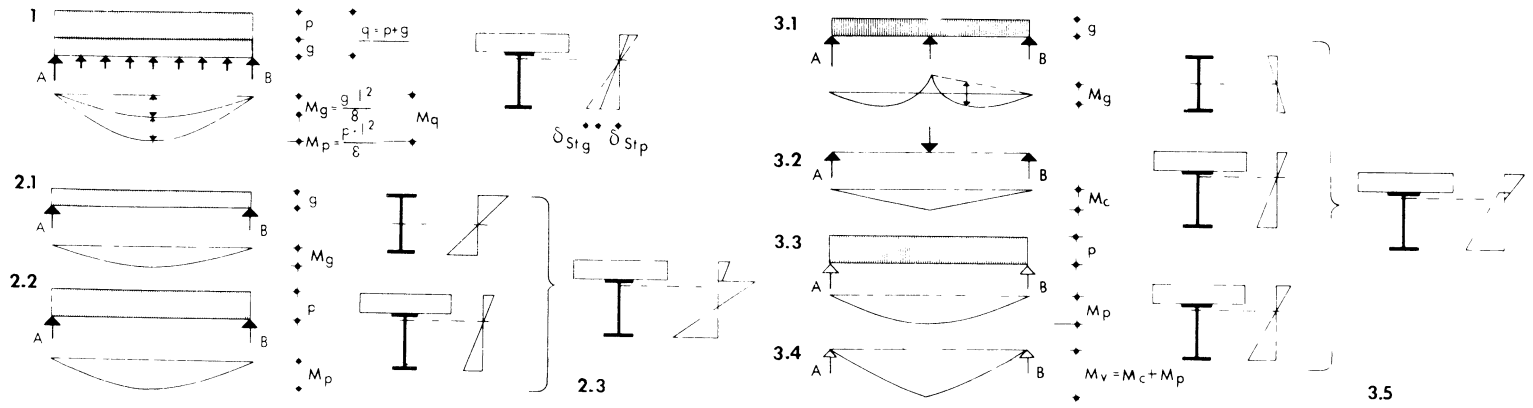
Преимущества сталежелезобетонных балок

При совместной работе железобетонной плиты перекрытия со стальной балкой достигается снижение массы стальной балки (до 50%), увеличение жесткости конструкции и тем самым уменьшение прогиба перекрытия.



1. Штыревая шпонка (рис. 3.1). Приварка их к стальным балкам не вызывает затруднений при использовании полуавтоматического электронно-управляемого способа сварки. Стержни штырей воспринимают сдвиг, головки препятствуют отрыву железобетонных плит. На штырь надевается проволоочная спираль (рис. 3.2), повышающая его несущую способность на 20—25%. Пространство внутри спирали полностью заполняется бетоном. Штыри привариваются заранее на заводе или на месте строительства в процессе монтажа. Оказывается возможным приваривать штыри и сквозь заранее уложенные стальные листы перекрытия (например, профилированный настил).

2. Соединение за счет сил трения. Железобетонные плиты плотно притягиваются к стальным балкам высокопрочными болтами, так что усилия сдвига воспринимаются силами трения. Плиты укладывают на раствор или без него. Применение склеивающего раствора значительно улучшает сопротивление сдвигу.



Процесс монтажа

Совместная работа элементов комбинированной конструкции начинается в процессе строительства, но становится эффективной только после его завершения. Для передачи нагрузок от собственного веса на комбинированную балку возможны следующие варианты:

1 Сталежелезобетонная балка подпирается по всей длине на время, пока связь между плитой и стальной балкой не станет эффективной. После этого собственный вес g и все появляющиеся в дальнейшем нагрузки p воспринимаются балкой составного сечения.

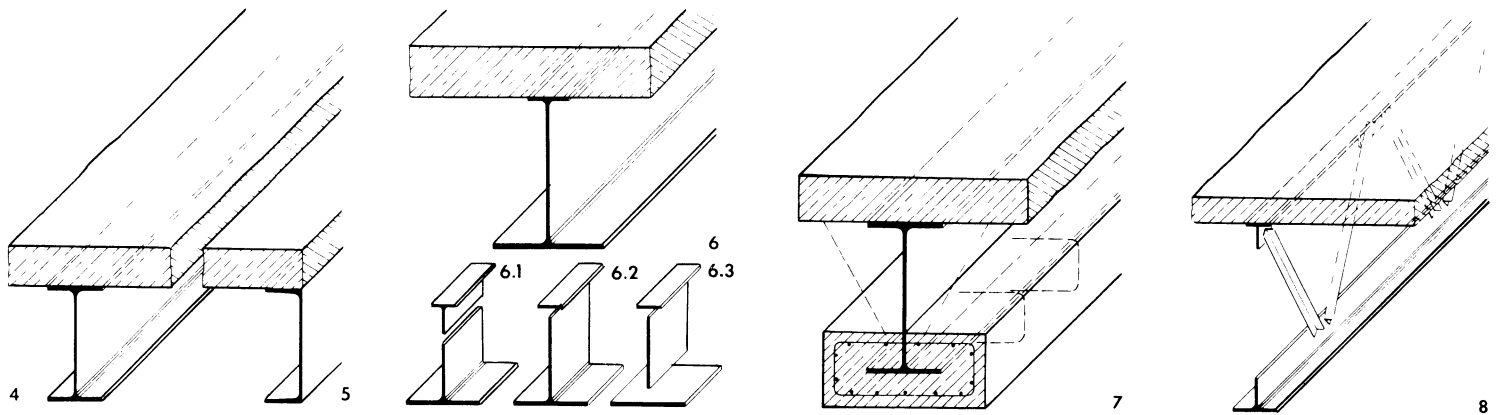
2 Монтаж без вспомогательных опор. Если стальная балка не имеет вспомогательных опор, то при укладке на нее

железобетонных плит в ней возникает изгибающий момент от собственного веса M_g (2.1). Момент M_p , возникающий от нагрузки p , будет восприниматься уже составным сечением (рис. 2.2), в результате эпюра напряжений имеет вид 2.3. Этот способ монтажа не требует вспомогательных опор, но стальная балка должна иметь поперечное сечение, более мощное, чем в примерах 1 или 3.

3 Монтаж с вспомогательными опорами. Если стальная балка до появления нагрузки от бетона дополнительно подперта в одной или нескольких точках, то от веса железобетонных плит в стальной балке возникают значительно меньшие моменты (рис. 3.1). Вспомогательные опоры могут

находиться на одной высоте с опорами А и В или быть немного выше. В последнем случае стальная балка получает предварительное напряжение.

Удаление вспомогательных опор после установки соединяющих элементов и затвердения бетона эквивалентно приложению сосредоточенных нагрузок, равных по значению и обратных по знаку опорным реакциям этих опор на сталежелезобетонную балку (рис. 3.2). Остальные нагрузки вызывают момент M_g в однопролетной балке (рис. 3.3). Окончательная эпюра напряжений в сталежелезобетонной балке (рис. 3.5) получается путем сложения эпюр напряжений трех рассмотренных состояний.



Типы поперечных сечений

4 Самый употребительный профиль для сталежелезобетонной балки при небольших пролетах и нагрузках — двутавровый РЕ-профиль. Двутавровый РВ-профиль применяется реже, так как при этом не может быть использован мощный верхний пояс.

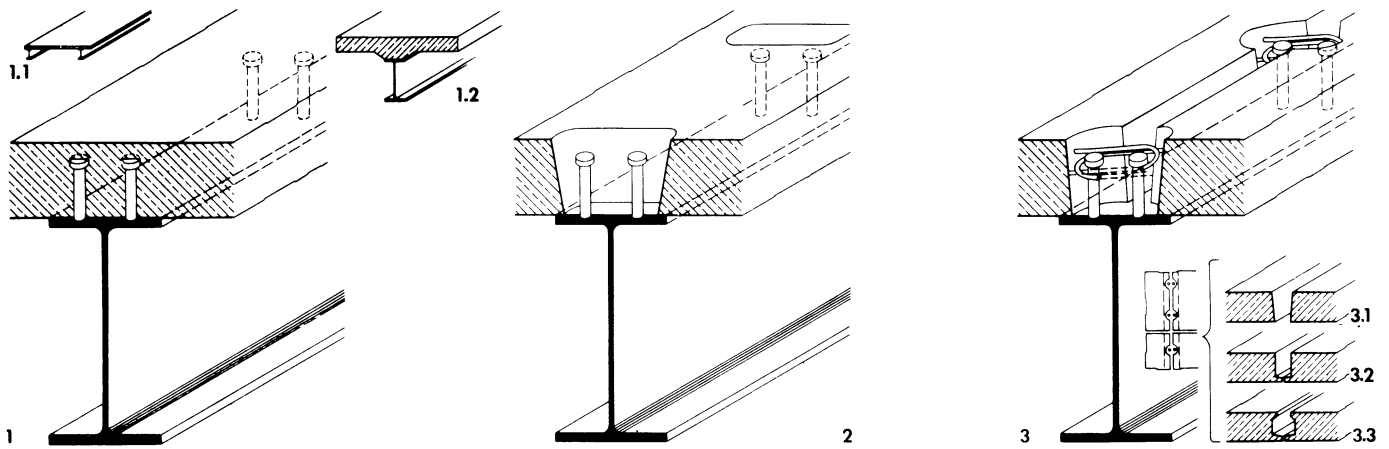
5 Швеллер удобно использовать в качестве рандбалки. Если стенка швеллера находится в одной плоскости с торцевой стороной плиты, получается чистая гладкая поверхность. К швеллеру удобно крепить элементы простенков, панели фасадов, террасы

6 При больших пролетах и нагрузках выгодно вместо двутаврового РВ-профиля применять сварной двутавр с узкой верхней полкой. Асимметричный профиль может быть образован путем сварки двух тавров, полученных разрезкой двутавровых балок различного размера (6.1), или приваркой узкого листа к тавру, образованному разрезкой широкополочного двутавра (6.2), или сваркой двух широких полос стали и листа для стенки (6.3).

7 Составная балка «Префлекс» изготавливается фирмой того же названия; нижний пояс бетонируется на заводе, получает предварительное напряжение, возникающее от того, что балка перед обетонированием

изгибается в сторону, обратную последующему нагружению. Приваренные арматурные стержни усиливают сцепление бетона со стальным двутавром. Этими мерами несущая способность балки повышается немного, но значительно уменьшается прогиб, что важно для балок больших пролетов.

8 В сталежелезобетонных балках верхний пояс должен иметь ширину, достаточную для крепления к ней плиты в процессе монтажа. В крайнем случае железобетонная плита крепится к верхним узловым фасонкам, а верхний пояс стальной фермы может быть очень узким или вообще отсутствовать.

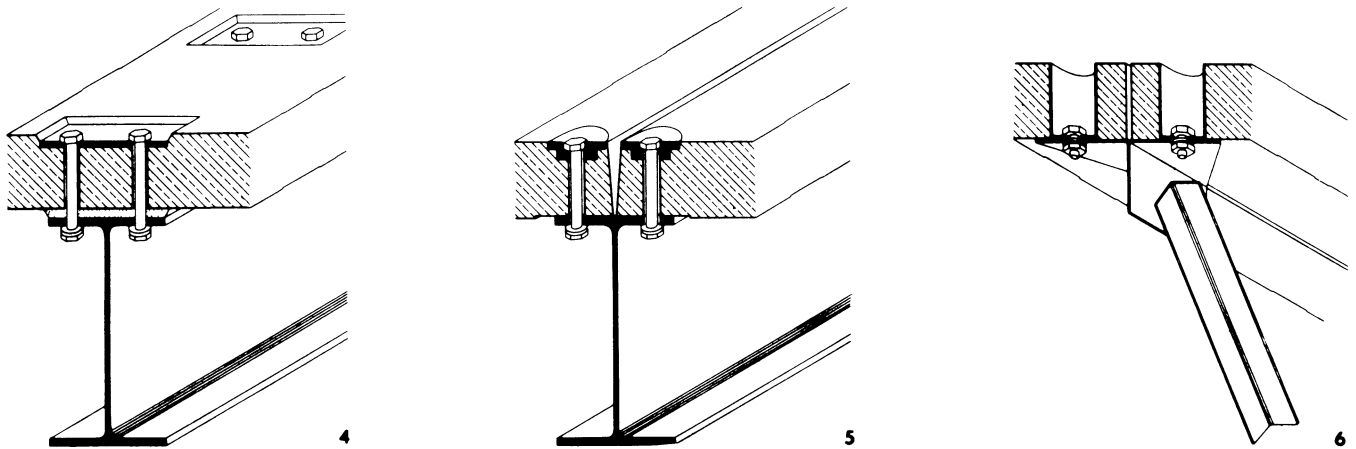


1 Балки со штыревыми шпонками и монолитными железобетонными плитами. Сборные элементы из двух стальных балок и плиты, изготовленные на заводе (1.1), экономичны лишь до определенных размеров, так как при больших длинах и массе транспортные и монтажные расходы велики. Железобетонные плиты с вутами (1.2) позволяют увеличить полезную высоту сечения, экономичны по расходу стали, но дороже гладких плит.

2 Сборные железобетонные плиты заводского изготовления с гнездами для шпонок служат для создания комбинированной конструкции. В каждое гнездо вставляется одна или несколько штыревых шпонок. Бетонные плиты могут быть уложены на балки насухо. Укладка на растворе улучшает защиту верхнего пояса балки от коррозии, но усложняет монтаж. Гнезда имеют уширение снизу вверх, что обеспечивает заклинивающее действие наполняющего их бетона против отрыва плиты.

3 Комбинированные балки со сборными железобетонными плитами, изготовленные способом Крупп-Монтекс[®].

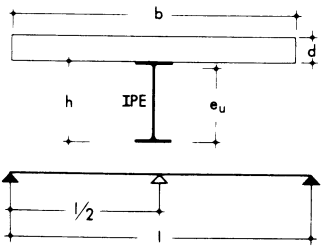
Продольные стыки железобетонных плит расположены над балкой. Штыревые шпонки установлены в полукруглые пазы на краю плиты и охвачены арматурной петлей. При больших балочных пролетах железобетонные плиты имеют поперечные стыки (3.1). Выступающие внизу бетонные ребра исключают применение опалубки при заливке стыков (3.2). Форма стыков (3.3) уменьшает неравномерность прогибов стыкуемых плит при больших нагрузках.



4 Составная сталежелезобетонная балка с соединением, работающим за счет сил трения. Усилия сжатия при затяжке болтов передаются через листовые шайбы на бетон. Этот способ применим как для монолитного бетона, так и для сборных железобетонных элементов. Последние в большинстве случаев укладывают на раствор для выравнивания неровностей. В качестве склеивающего раствора для сборных железобетонных плит применяют обычный клей, для свежего бетона — клей, используемый для подводных работ (например, синмаст).

5 Соединение, основанное на силах трения по способу Крупп-Монтекс[®]. Железобетонные плиты крепятся высокопрочными болтами к стальным балкам насухо. Давление на железобетонные плиты передается через кованные стальные обжимные шайбы. Требуемое качество опорных плоскостей железобетонных плит достигается бетонированием в стальной опалубке.

6 Решетчатые комбинированные балки со сборными железобетонными плитами системы Рюттербау. Решетчатые балки не имеют верхнего пояса. Раскосы приварены к узловым фасонкам. В железобетонные плиты вбетонированы отрезки стальных труб, к которым снизу приварены стальные пластинки. При создании комбинированной конструкции это соединение выполняется на высокопрочных болтах (см. с. 278).



Номограмма А
определение изгибающих моментов

Двигаясь от точки пересечения прямой I с кривой нагрузки q вправо, на вертикали M находят изгибающий момент.

Номограмма В
определение профиля балки

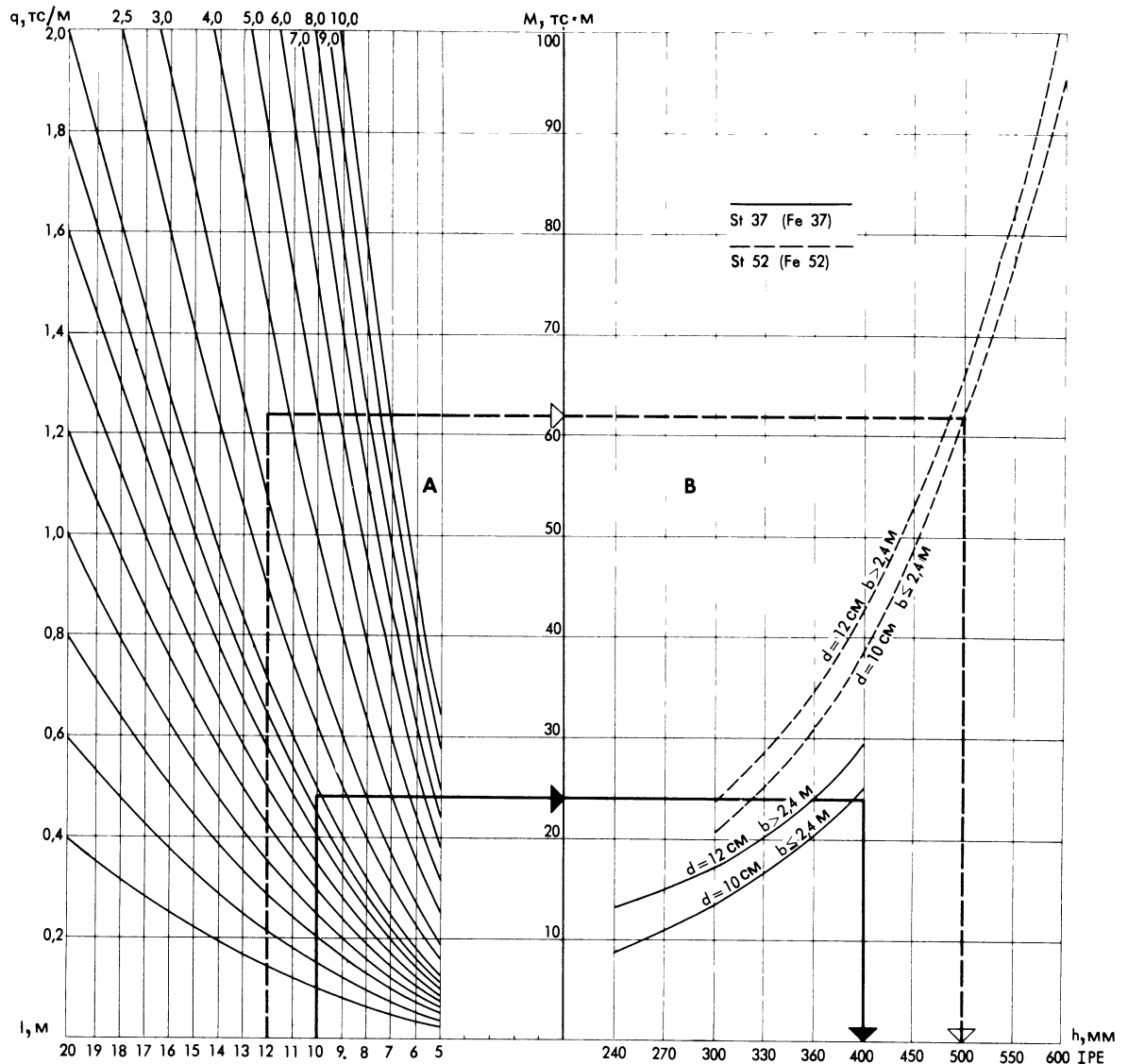
Идя дальше вправо до точки пересечения с кривой на номограмме В, находят под ней высоту двутавра. Если это значение оказывается между двумя профилями, то выбирается больший из них.

Предпосылки

Для предварительного определения размеров однопролетных сталежелезобетонных балок служит номограмма, составленная для следующих данных: профиль балки — прокатный двутавровый PE; сталь марок St37 и St52; бетон марки $B_n 450$ для марки $B_n 300$ получается незначительный дополнительный момент; шаг балок $b = 1,8 \dots 3,6$ м; толщина железобетонной плиты (d):
 для шага балок $b \leq 2,4$ м $d = 10$ см,
 для шага балок $b > 2,4$ м $d = 12$ см;
 пролет l — до 20 м;
 ползучесть и усадка: принимается во внимание: $\epsilon_s = 3 \cdot 10^{-4}$; $\varphi_d = 4$;
 монтаж: предполагается, что в процессе монтажа балки подпираются в середине пролета до затвердения бетона.

Нагрузки

Для определения размеров требуемого профиля составной балки по заданным нагрузкам (в $тс/м^2$) $g+p$ определяется погонная равномерно распределенная нагрузка (в $тс/м$) путем умножения на шаг балок b :
 $q = b(g+p)$.



Шедовые конструкции позволяют получить верхний равномерно распределенный поток яркого света на рабочие площади. Высота остекления, длина шедов и наклон шедового покрытия зависят от требуемого освещения. Шед состоит из остекленной панели и панели кровли. Остекленную поверхность чаще обращают на север, чтобы избежать прямого попадания солнечных лучей. Остекленная панель может быть поставлена вертикально или наклонно. Кровельная панель плоская или криволинейная (выпуклая).

Желоб в основании шедов необходим для отвода атмосферных осадков. Поэтому остекление не должно доходить до основания шедов.

Кровельное покрытие поддерживают прогоны или непосредственно шедовые ригели.

Шедовые конструкции воспринимают вертикальные и горизонтальные силы. Для систем шедовых покрытий, несущая способность которых зависит от жесткости конструкции в плоскости кровли, необходимо, чтобы балка шедов, на которую опирается остекленная поверхность первого звена шедов, обладала достаточной жесткостью в горизонтальной плоскости. Монтаж следует начинать с этой балки. При неправильной последовательности монтажа в случае падения одного звена шедов следующее звено

но лишается опоры в горизонтальной плоскости и вся конструкция покрытия разрушается (звено за звеном).

Статические системы звеньев шедов

1.1 Трехшарнирные рамы. Наипростейшая система звена шедов. При остекленных поверхностях, установленных наклонно, от действия вертикальной нагрузки возникают горизонтальные опорные реакции. Ветровая нагрузка вызывает горизонтальные усилия на обеих опорах.

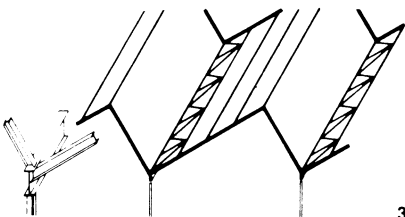
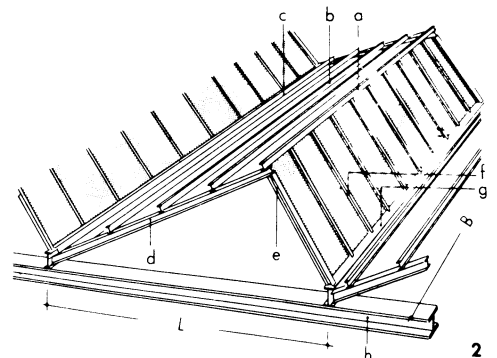
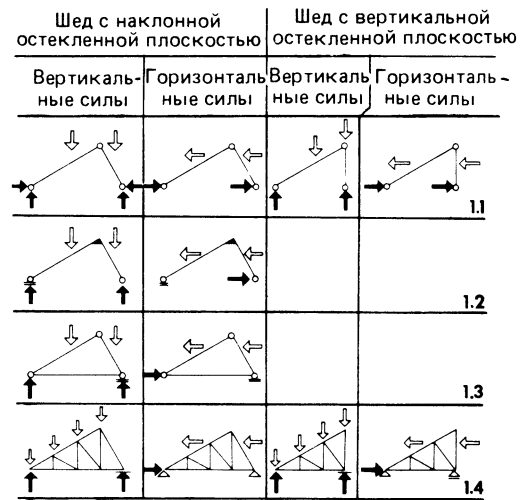
1.2 Двухшарнирная рама с одной подвижной, а другой неподвижной опорами. Вертикальные нагрузки в шедов с наклонной остекленной поверхностью не вызывают горизонтальных опорных реакций. Может быть представлена как ломаная балка на двух опорах. Усилия от ветровой нагрузки воспринимаются только одной опорой.

1.3 Трехшарнирная рама с затяжкой. От вертикальной нагрузки — только вертикальные опорные реакции. Усилия от ветра воспринимаются одной опорой звена шедов.

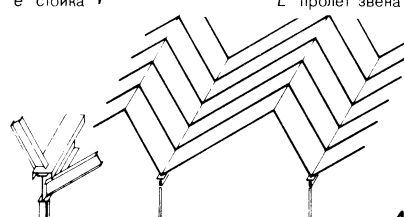
1.4 Фермы. Система рациональна, если звенья шедов имеют большие пролеты и кровельная конструкция укладывается по прогонам.

2 Элементы шедов.

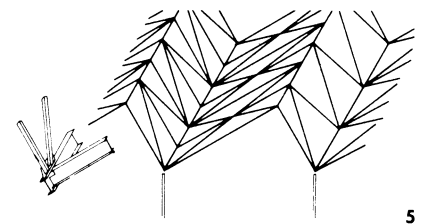
- a коньковый прогон
- b прогон
- c нижний прогон
- d ригель
- e стойка
- f промежуточная стойка
- g балка шедов
- h главная балка шедов
- B ширина шедов
- L пролет звена шедов



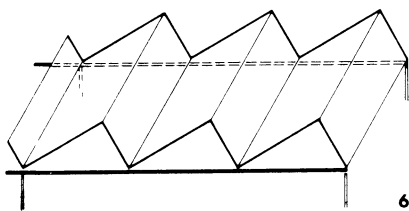
3 Нагрузка от кровли передается через прогоны на звено шедов, непосредственно опирающееся на колонны. Нижние прогоны, воспринимающие нагрузки от остекления, усиленные. Жесткость в горизонтальной плоскости обеспечивается связями.



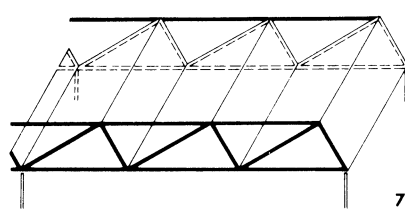
4 Вертикальные и горизонтальные силы воспринимаются шедовыми балками, установленными под лентой остекления, составного сечения из двутавра и швеллера.



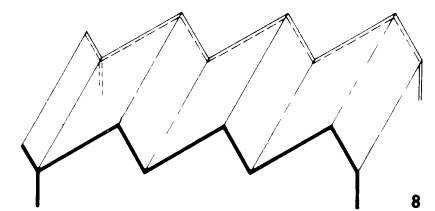
5 Фермы на полную высоту остекленной панели. Преимущества: очень легкая и жесткая конструкция. Недостатки: остекленные поверхности затеняются элементами решетки. Возможна любая другая система решетки, например треугольная.



6 При непосредственном опирании звеньев шедов на колонны расстояние между ними мало. Опирание звеньев на большепролетные главные балки шедов позволяет увеличить шаг колонн. Балка сплошного сечения высока и тяжела.



7 Экономичное решение при большом шаге колонн: звенья шедов являются раскосами решетчатой главной балки. Так как нижний пояс работает на растяжение, то сечение его невелико и он почти не виден изнутри. Сжатый пояс сверху шедов пронизывает кровлю и остекленные поверхности. Точки пересечения должны быть тщательно уплотнены и изолированы, так как здесь возможны повреждения кровли.

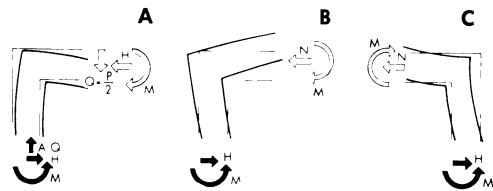


8 Эффективное решение, ригели и стойки нескольких расположенных друг за другом звеньев шедов жестко соединены друг с другом и образуют большепролетную ломаную несущую конструкцию. Так как для этого решения требуются тяжелые профили, оно годится лишь для двух, самое большее для трех объединенных звеньев шедов.

Жесткость каркасов многоэтажных зданий часто обеспечивается путем применения рамных конструкций, состоящих из стоек и ригелей. В основном они служат для восприятия вертикальных нагрузок — стойки как колонны, ригели как балки. Наклонные, ломанные или изогнутые ригели верхнего яруса рам являются несущими элементами покрытия, повторяя очертание крыши.

Элементы рам по типам поперечных сечений не отличаются от шарнирных стержней, но должны быть жестко соединены друг с другом.

Наружные колонны, жестко соединенные с балками, расположенными в плоскости наружных стен, называют «фасадными рамами».

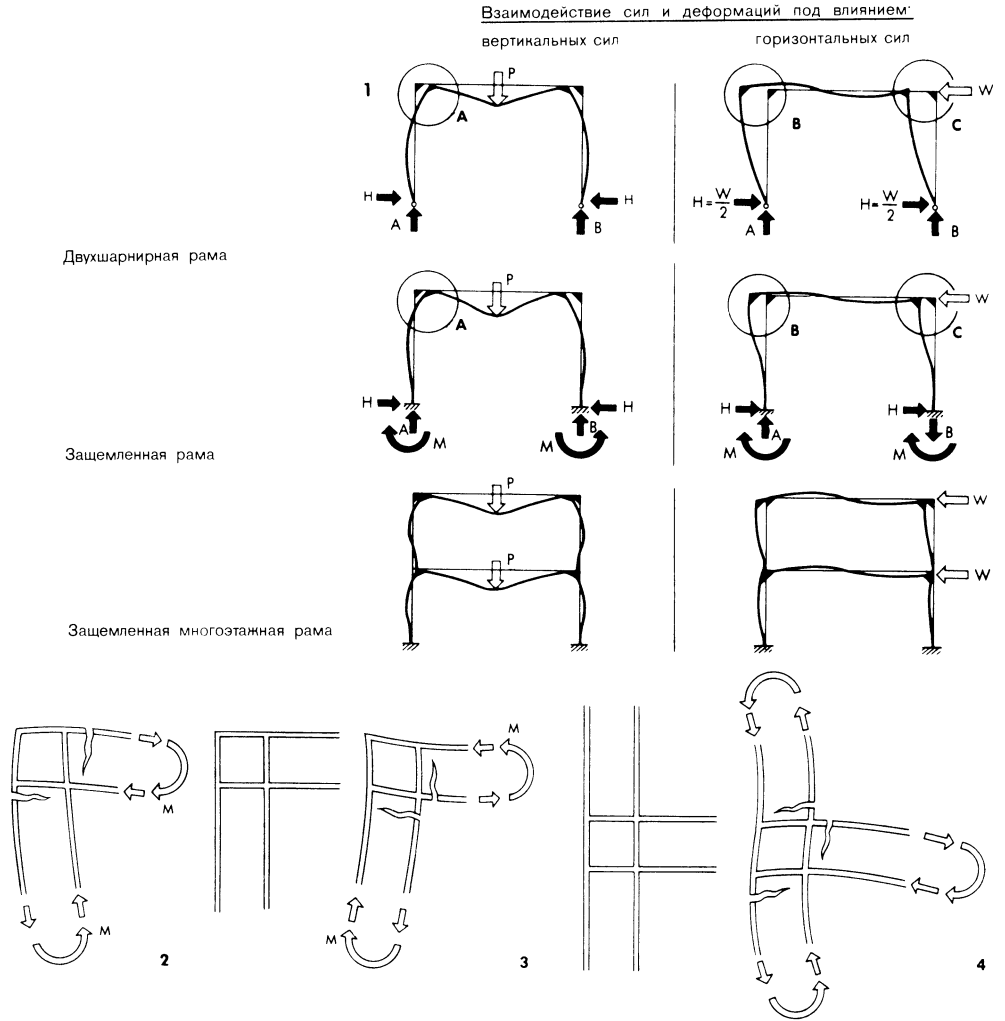


Деформация верхних узлов рамы

Деформация и взаимодействие сил в узлах рамы

Если в узле рамы действует изгибающий момент, то угол между ригелем и стойкой либо складывается (рис. 2), либо раскрывается (рис. 3). На рис. 4 показано взаимодействие сил в узле многоэтажной рамы.

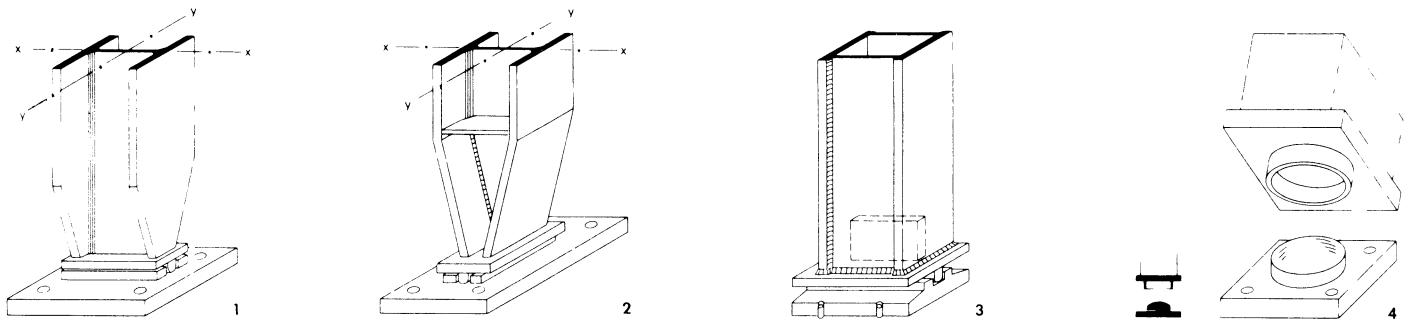
Как видно из схемы, силы, действующие в поясах ригелей и стойках, вызывают сдвиг угловой панели. Для передачи этих



сил оба пояса ригеля должны быть доведены до наружного пояса стойки рамы. В плоскости рамного узла для восприятия

усилия сдвига часто бывает необходимо увеличение толщины листа или усиление диагональными ребрами.

Шарнирные опоры рам



1 Пример устройства опорного шарнира, обеспечивающего поворот относительно оси x для колонны из двутаврового РВ-профиля.

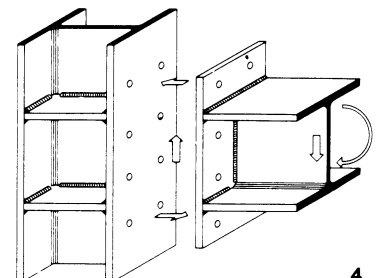
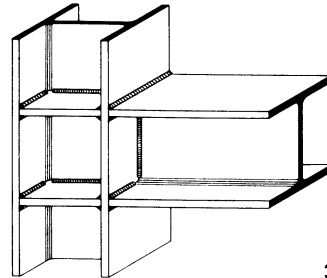
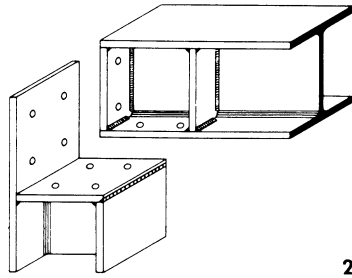
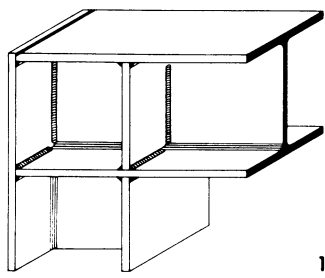
2 Опорный шарнир, обеспечивающий поворот относительно оси y для колонны из двутаврового РВ-профиля. Полки сближены, чтобы сконцентрировать усилия.

3 Шарнирная опора колонны коробчатого сечения при больших продольных усилиях. Нижняя опорная плита закрепляется от сдвига штырями, забетонированными в фундамент.

4 Сферическая опора. Чтобы предотвратить скопление воды, деталь со сферической поверхностью устанавливается снизу, а кольцо — сверху.

Узлы рам из элементов двутаврового РВ-профиля

Жёсткие узлы элементов рамы из двутавровых РВ-профилей

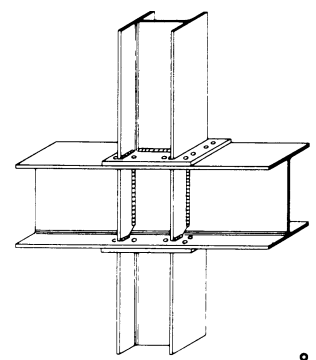
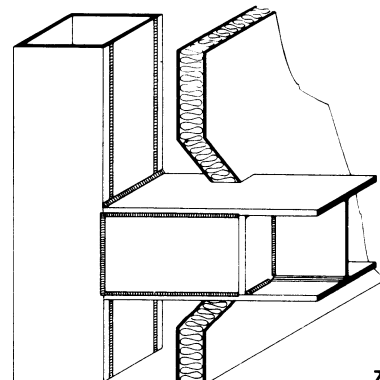
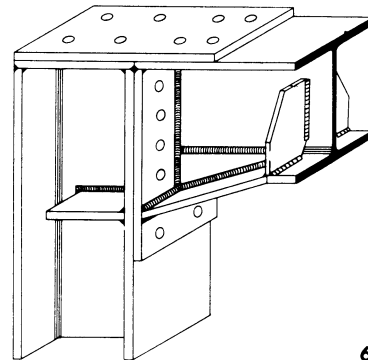
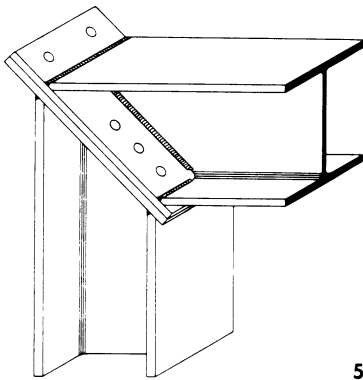


1 Полностью сварное соединение.

2 Монтажное соединение на болтах.

3 Сварное соединение.

4 Крепление ригеля к стойке на болтах.

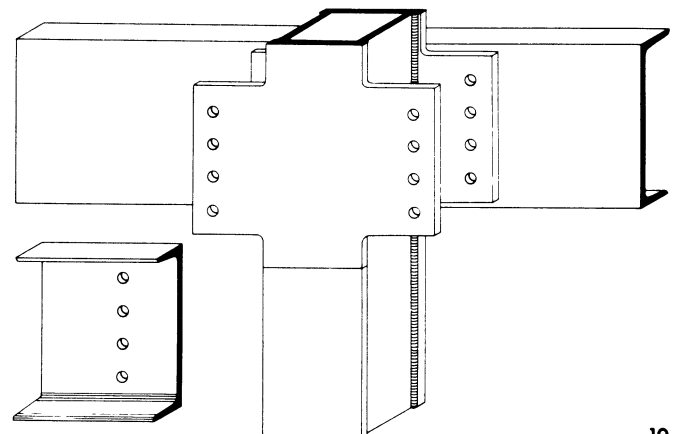
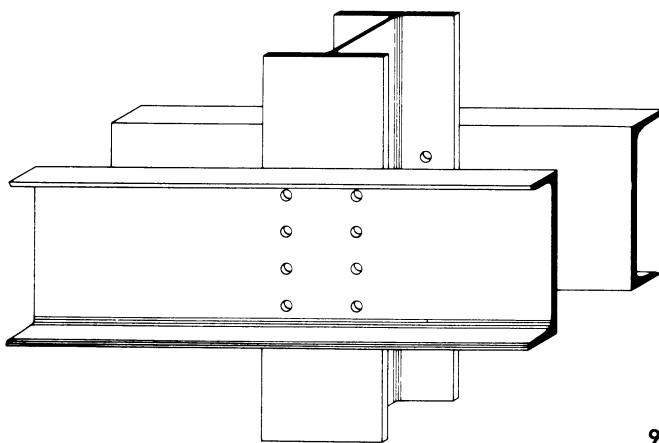


5 Узел рамы, концы колонны и балки срезаны наискось. По плоскостям среза привариваются торцовые пластины; соединение на высокопрочных болтах.

6 При наличии больших моментов в узлах рам необходимо увеличение поперечного сечения балки путем сварки клинообразной вставки из листа. Крепление осуществляется с помощью листов, приваренных к торцам колонны и ригеля, и перекрывающей накладки. В месте примыкания нижнего пояса балки колонна укреплена ребрами жесткости.

7 Сварное примыкание балок к колоннам коробчатого сечения, стоящим перед зданием. Крепление полностью сварное. Балка из широкополочного двутаврового профиля, который в зоне узла переходит в коробчатое сечение. Этот вид стыковки применяется и тогда, когда наружные колонны в противопожарных целях наполняются водой (см. с. 240).

8 Примыкание по типу рис. 5 на с. 235, но с передачей изгибающих моментов с ригеля на колонну.



9 Ригель рамы выполнен из двух швеллеров; колонна проходит между ними. Подобное соединение применяется при незначительных изгибающих моментах в узлах.

10 Изгибающий момент с ригеля рамы, выполненного из двух швеллеров, передается через фасонки, укрепленные на колонне коробчатого сечения (рис. 10 является деталью рис. 12 на с. 211).

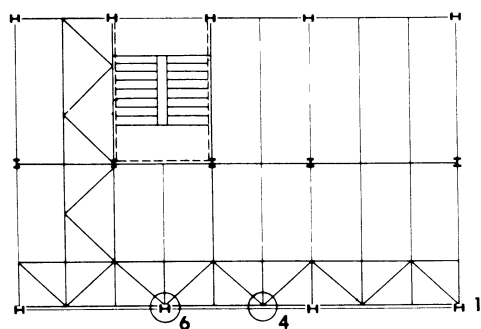
Усилия от ветровой нагрузки, действующей на наружные стены, собираются в плоскостях перекрытий и покрытия и далее передаются к вертикальным элементам несущего каркаса. В большинстве случаев несущие конструкции перекрытий и покрытия образуют жесткие диски, способные передавать ветровые нагрузки с наружных стен на каркас здания. В противном случае требуется устройство специальных горизон-

тальных связей. В многоэтажных зданиях горизонтальные связи достаточно иметь в плоскости каждого второго или третьего перекрытия. Несущая способность колонн в большинстве случаев достаточна для восприятия ветровой нагрузки с грузовой площади высотой два-три этажа.

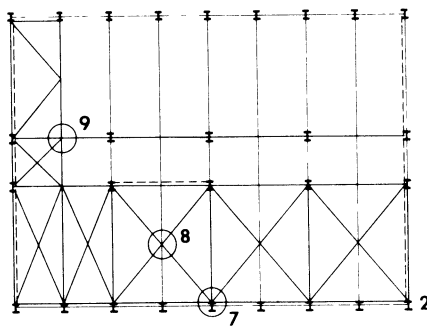
Плиты перекрытий могут выполнять функции горизонтальных ветровых связей только после того, как они приобретут

требуемую прочность после бетонирования, поэтому на период монтажа каркаса необходимы временные связи, которые позднее могут быть сняты.

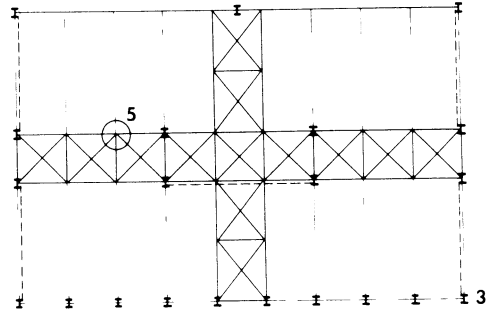
Ветровые связи необходимы не по всей площади покрытия или междуэтажного перекрытия, а размещение их должно быть таким, чтобы была обеспечена передача горизонтальных усилий на вертикальные связи.



1 Вертикальные связи расположены вокруг лестничной клетки в трех плоскостях. Горизонтальная связевая ферма в продольном направлении здания образована постановкой раскосов между рандбалками и поясом параллельно наружной стене. Поперечная горизонтальная связевая ферма образована между двумя балками перекрытия, служащими ее поясами.



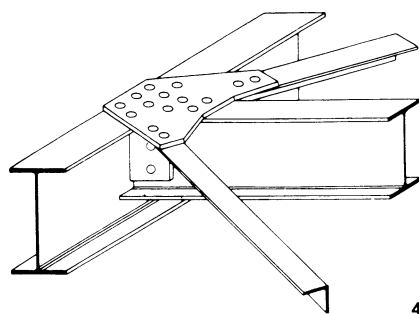
2 Вертикальные связи в плоскостях торцовых стен и между двумя внутренними колоннами. Горизонтальная связевая ферма в продольном направлении здания образована между рандбалками и прогонами, идущими в плоскости вертикальных связей. Поясами поперечной связевой фермы служат две балки перекрытия.



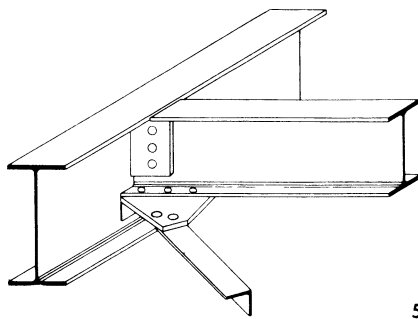
3 Вертикальные связи в плоскостях

торцовых стен и между двумя внутренними колоннами. Горизонтальная связевая ферма в продольном направлении здания образована между двумя рядами внутренних колонн (удачное решение при планировке центрально расположенного коридора).

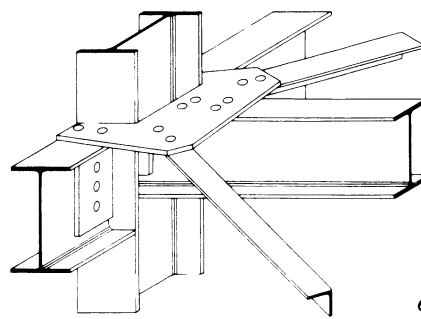
Поперечная горизонтальная связевая ферма образована между двумя средними рядами балок перекрытия.



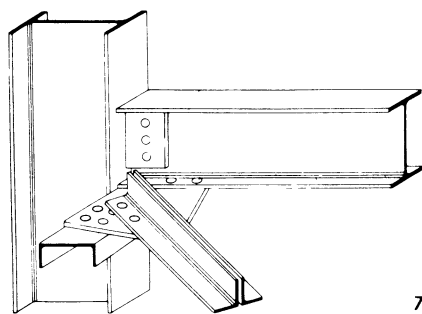
4 Горизонтальные связи в плоскости верхних поясов балок перекрытия и рандбалки. Раскосы из уголков. Фасонка и головки



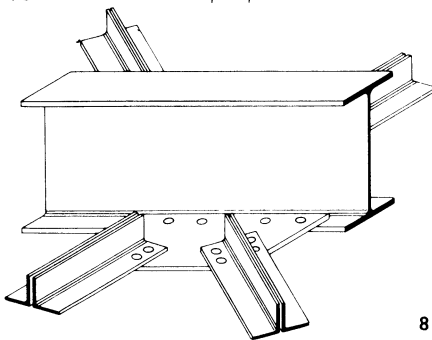
ки болтов могут мешать укладке гофрированных листов настила.
5 Связи установлены в плоскости нижнего пояса балки перекрытия.



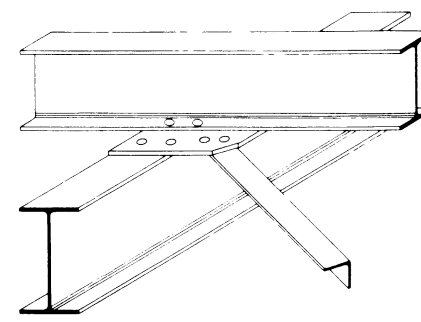
6 Крепление раскосов из уголков в узле примыкания рандбалки и балки перекрытия к колонне.



7 При отсутствии продольной балки, являющейся одновременно поясом связевой фермы, необходим дополнительный элемент (здесь один швеллер).



8 Крепление пересекающихся связевых стержней к балке перекрытия.



9 Если балки перекрытия лежат на прогонах, то наилучшим решением будет размещение связей в плоскости нижних поясов балок.

Элементы вертикальных связей

Поясами вертикальных связевых ферм являются, как правило, колонны. Стойками вертикальных связей часто служат балки перекрытий. В качестве раскосов чаще всего применяют самостоятельные элементы связей, поскольку использовать для этого другие наклонно расположенные элементы, такие, как, например, косоуры лестниц или балки пандусов, можно очень редко.

При действии ветровой нагрузки в раскосах в зависимости от их направления будут возникать усилия либо только сжатия или растяжения, либо попеременно сжатия и растяжения.

Для того чтобы раскосы всегда были растянуты, применяют крестовую решетку, в которой в то время как в одном стержне (по направлению ветра) возникает растягивающее усилие, другой остается ненапряженным. Растянутые стержни по сравнению со сжатыми имеют меньшую площадь поперечного сечения, которое к тому же может иметь любую форму, например круглую или плоскую, что очень важно, так как такие стержни не занимают большого объема.

Раскосы, в которых при разных направ-

лениях ветра попеременно возникают усилия сжатия и растяжения, должны быть рассчитаны на продольный изгиб.

Влияние вертикальных нагрузок

Следует учитывать, что раскосы вертикальных связей участвуют в передаче вертикальных нагрузок. В процессе строительства колонны при постепенном нагружении укорачиваются. Еще больше они укорачиваются под влиянием временных нагрузок. Раскосы неизбежно участвуют в этом укорочении, т. е. сжимаются. Следовательно:

сжатые раскосы, обладающие достаточной жесткостью, должны быть рассчитаны на восприятие дополнительных усилий сжатия, как и узловые крепления;

усилия сжатия в раскосах можно уменьшить путем выполнения окончательных соединений после приложения большей части постоянных нагрузок;

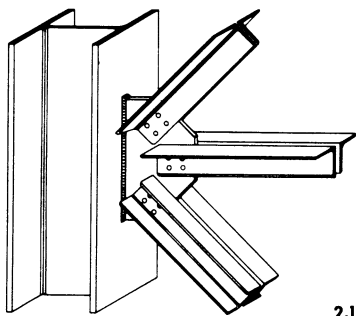
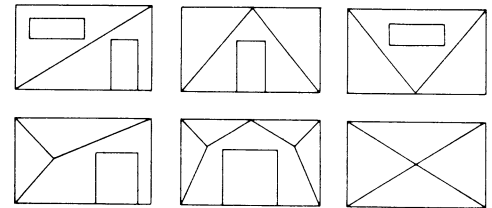
в слабо растянутых раскосах окончательное соединение может производиться после приложения всех вертикальных нагрузок. Чтобы раскосы не были ослаблены от действия временной нагрузки, рекомендуется предварительно напрягать их с учетом величины возникающих усилий.

Формы вертикальных связей

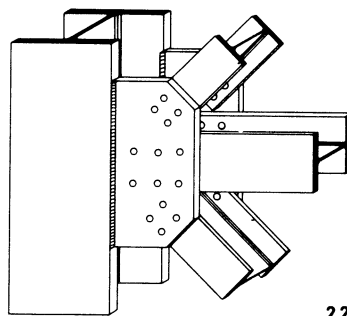
Оси раскосов должны проходить через точки пересечения осей колонн и ригелей. Примыкание с эксцентриситетом связано с возникновением моментов в стержнях решетки. Диагональные стержни по возможности должны быть направлены под углом не более 45°. Возможны связи А- или V-образной формы. В широких и высоких зданиях кресты связей могут иметь высоту в несколько этажей.

1 Не следует забывать, что в отдельных пролетах между колоннами будут возведены стены. В местах устройства дверных и оконных проемов диагональные стержни могут иметь переломы. Точки перелома подкрепляются дополнительными стержнями.

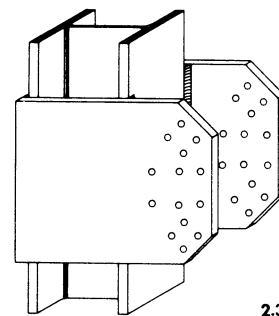
Крепление раскосов в большинстве случаев выполняется на болтах. Узкие вертикальные связевые фермы могут быть сварены на заводе и доставляться на строительство в виде готовых элементов.



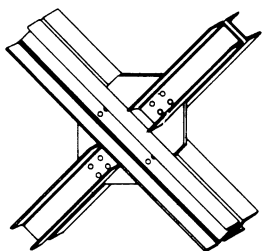
2.1



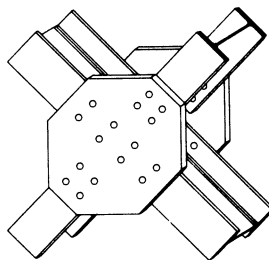
2.2



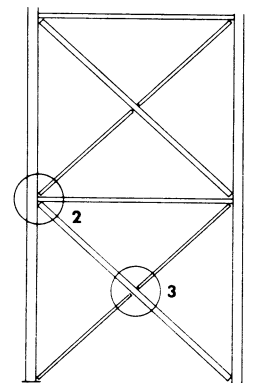
2.3



3.1



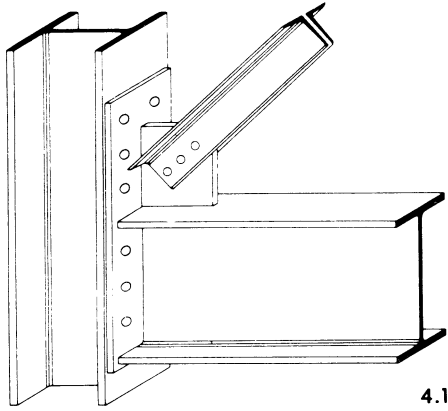
3.2



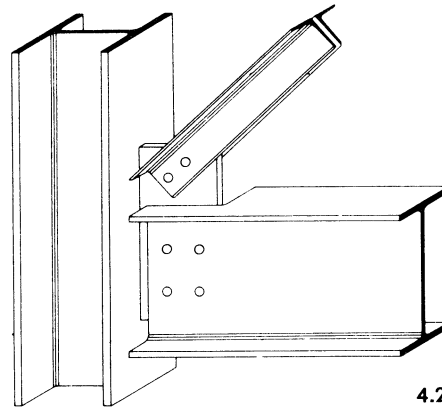
2.1 и 3.1 Стержни решетки легких вертикальных связей между колоннами крепятся к колоннам с помощью фасонки, заранее приваренных к ним. В качестве стержней решетки могут быть использованы швеллеры или уголки.

2.2, 2.3 и 3.2 Перекрещивающиеся раскосы мощных вертикальных связей между колоннами. Стержни решетки из двутаврового РВ-профиля крепятся к колоннам с помощью парных фасонки. Если фасонки лежат в плоскости полок, то они привари-

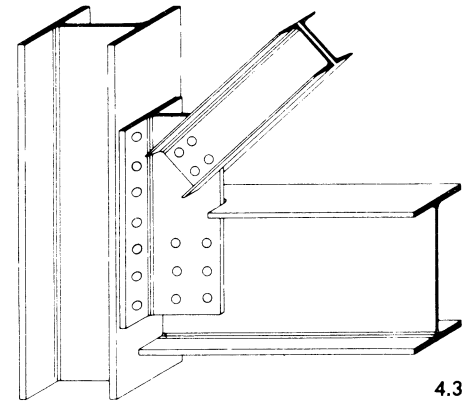
ваются стыковыми швами (2.2); если они подходят в плоскостях, параллельных стенке, то привариваются угловыми швами (2.3). В точке пересечения (3.2) один раскос проходит насквозь, а другой крепится через фасонки.



4.1



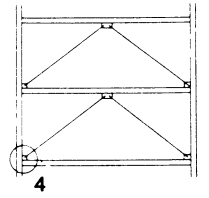
4.2



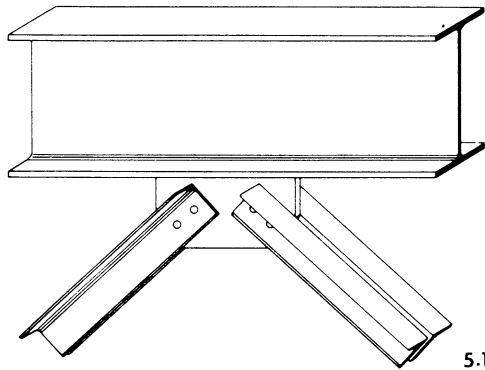
4.3

4 К-образная связь между двумя широко-расставленными колоннами. Балки перекрытия, являющиеся стойками К-образных связей, передают вертикальные нагрузки на раскосы, в которых возникают сжимающие усилия. Крепление раскосов на фасонках, которые либо привариваются к балкам

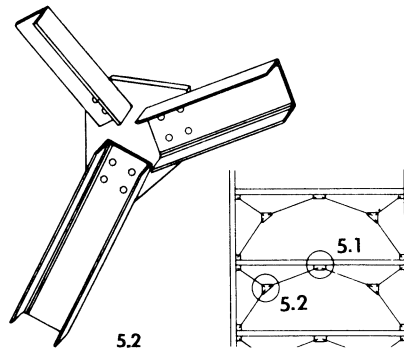
перекрытий (4.1) (при этом крепление балки перекрытия и узловой фасонки выполняется через общий торцовый лист, прикрепляемый к колонне на болтах), либо крепятся к колонне на сварке (4.2) или на болтах (4.3).



4



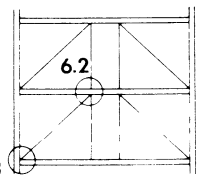
5.1



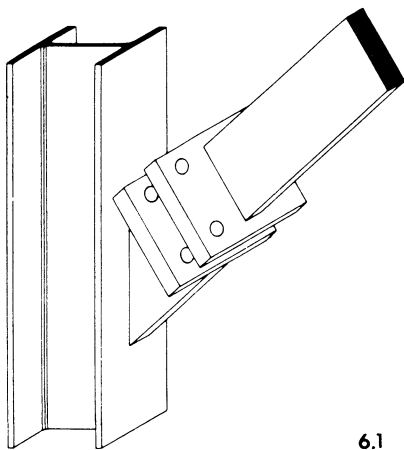
5.2

5.1 Крепление раскосов К-образной связи к балке перекрытия.

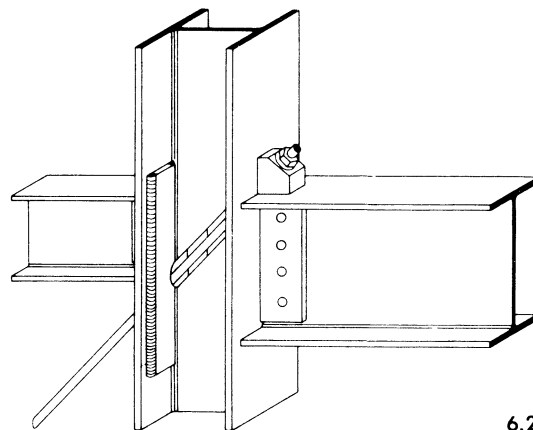
5.2 Диагональный стержень имеет перегиб, чтобы обеспечить место для большого проема в стене. В месте перегиба равнодействующая усилий в решетке должна быть передана через легкий подкрепляющий стержень к верхнему углу.



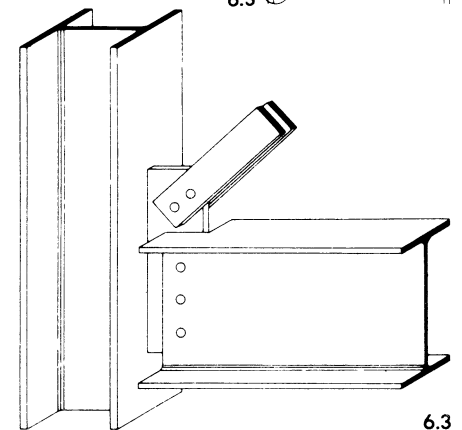
6.1
6.3



6.1



6.2



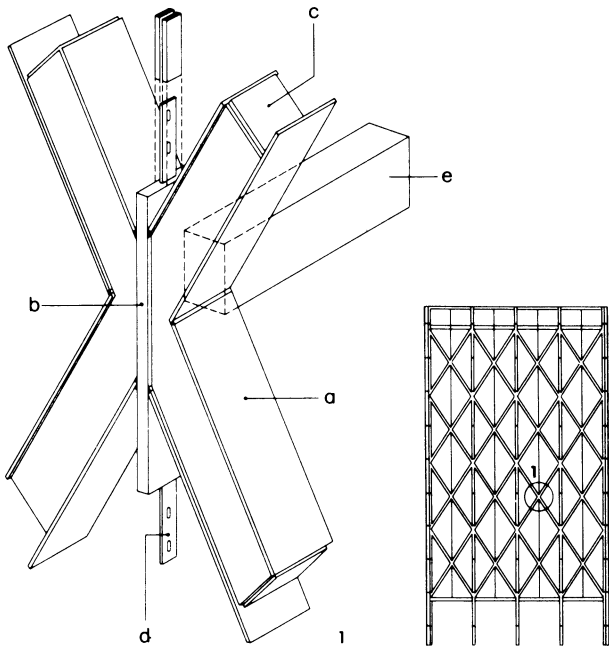
6.3

6.1 К раскосу из плоской стали приварен торцовый лист. Узловая фасонка на колонне имеет соответствующий торцовый лист. Оба торцовых листа стягиваются друг с другом высокопрочными болтами. Благодаря этому удается создать предварительное напряжение в раскосах. Под действием ветровой нагрузки работают оба раскоса.

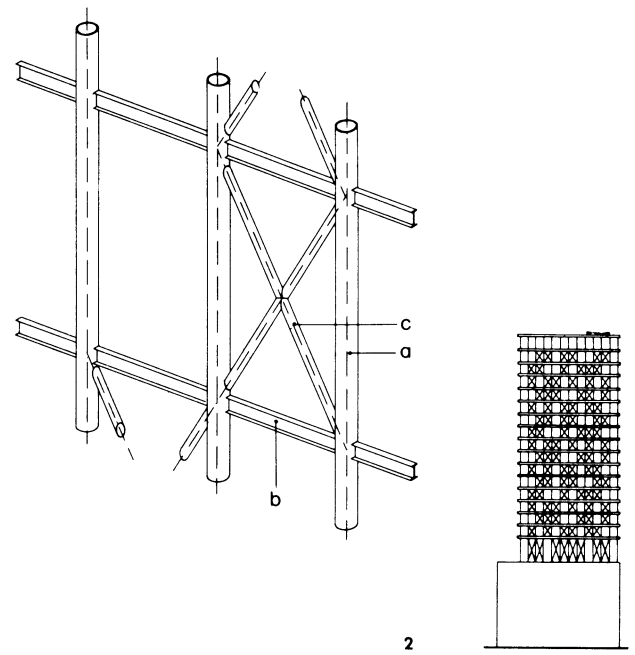
6.2 Примыкание гибкого раскоса из круглой стали, который пропускается сквозь просверленное отверстие в колонне. В зависимости от напряжений колонна в этом месте должна быть усилена (например, с помощью приваренной к полке полосы стали). Гайка опирается на приваренный к полке колонны клин. Конструкция допу-

скает дополнительную подтяжку. Этим можно создать преднапряжение.

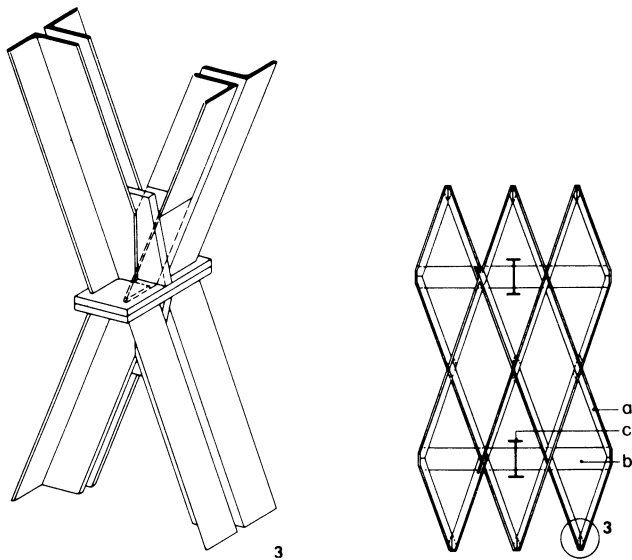
6.3 Растянутые раскосы из плоской стали. Отверстия просверливаются или рас- сверливаются лишь после загрузки. Во время монтажа следует установить временное закрепление. Под действием ветровой нагрузки в работу вступает та или иная группа раскосов.



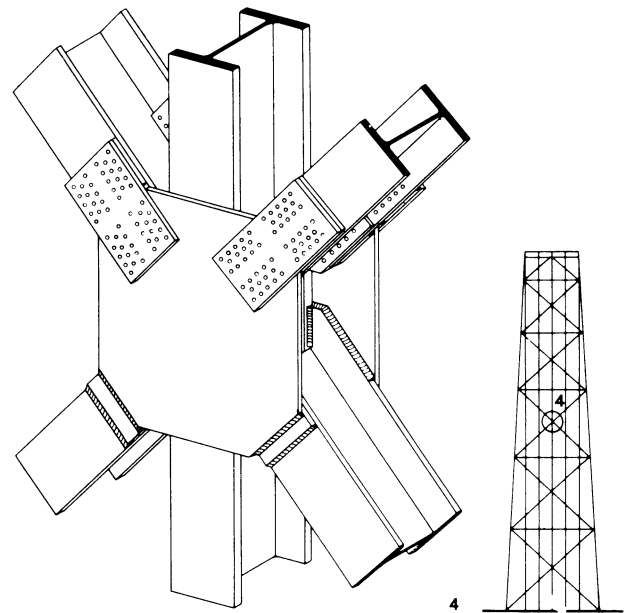
1 Расположенные перед фасадом вертикальные связи. Диагональные стержни а из сварного полового профиля, который соединен на сварке через фанонку b. Диагонали закрывают листом с; d — подвески для промежуточного опирания несущей конструкции перекрытия; e — примыкание несущего перекрытия к узлам связей через консоли. — Административное здание фирмы «Алкоа», Сан-Франциско (см. с. 216, рис. 9.).



2 Расположенные снаружи вертикальные связи из труб. а — трубчатые колонны; b — рандбалка несущего перекрытия; с — сваренный трубчатый раскос. Необлицованный стальной каркас вынесен перед плоскостью стены. — Жилой высотный дом в Париже (см. с. 216, рис. 10).



3 Наружная каркасно-связевая система. Диагональные стержни воспринимают вертикальную нагрузку и одновременно обеспечивают жесткость здания. Раскосы а из двух уголков. Между ними сварены прогоны b, к которым балки перекрытия с крепятся на болтах. Элементы высотой 7,6 м и шириной 4,1 м изготавливаются на заводе в специальных приспособлениях и соединяются друг с другом высокопрочными болтами. Стержни каркаса имеют огнезащитную изоляцию и облицованы алюминиевыми листами. — «ИБМ-билдинг», Питтсбург (см. с. 222, рис. 12).



4 Главный узел вертикального фахверка «Джон Ханкентер», Чикаго (см. с. 221, рис. 10). Тяжелый, высотой почти в этаж лист узловой фанонки со сварными и болтовыми монтажными соединениями. Колонны и раскосы из мощных сварных двутавров. Стержни имеют огнезащитную изоляцию и облицовку листами.

Расчётные предпосылки

Массивные стены способны воспринять значительные горизонтальные силы, так как благодаря своей большой прочности на сдвиг они имеют незначительные деформации. При работе в качестве ветровых дисков они воспринимают только те силы, которые действуют в их плоскости. Поэтому отдельно стоящие стены (рис. 1) могут воспринимать только ветровые усилия одного направления. Для обеспечения жесткости здания необходимы по крайней мере две стены, поставленные друг к другу под углом, близким к прямому (рис. 2). Замкнутая коробка (ядро жесткости) из массивных стен (рис. 3) может дополнительно воспринимать крутящие моменты, которые появляются вследствие несимметричного положения ядра жесткости здания в плане при условии, что поперечное сечение ядра жесткости сохраняет свою форму благодаря расположенным внутри диафрагмам или соединению с жесткими дисками перекрытий.

Производство работ

Массивные стеновые диски или ядро жесткости, как правило, бетонятся на месте, реже монтируются из сборных элементов. Они возводятся до монтажа стального каркаса, так как должны служить последнему опорой. Если они в виде исключения сооружаются после монтажа стального каркаса, то необходима установка монтажных связей. Отдельные стеновые диски из-за недостаточной устойчивости из своей плоскости могут возводиться с опережением монтажа каркаса только на несколько этажей. Ядра, которые сами по себе устойчивы, могут быть полностью возведены до монтажа стального каркаса или могут возводиться с опережением. В первом случае подъемные механизмы для монтажа каркаса устанавливаются на них или крепятся к ним. При возведении ядра жесткости используют следующие методы.

Способы возведения железобетонных стен

Установка опалубки на этаж применяется только в зданиях небольшой высоты. Опалубка может быть изготовлена с малыми допусками. Любые закладные и выступающие элементы крепления для перекрытий могут быть легко установлены.

Для высоких зданий лучше передвижная опалубка. Она поддерживается возведенными конструкциями здания. Возможно подтягивание на этаж. Выступающие элементы нежелательны, так как препятствуют передвижению опалубки.

Самым рентабельным является метод скользящей опалубки. Он применяется в

основном при замкнутом плане ядра жесткости. Не должно быть выступающих деталей. Их фиксация представляет трудную проблему и возможна только путем армирования. При этом методе необходимо учитывать возрастающие с высотой размеры допусков и необходимость особенно точно выдерживать размеры поперечного сечения ядра жесткости. Изменение толщины стены требует перестройки опалубки.

Стеновые диски из железобетонных сборных элементов могут изготавливаться с очень малыми допусками, особенно если используются стальные формы. Точная заделка элементов крепления, в том числе заранее установленных, возможна. Соединение панелей друг с другом, обеспечивающее прочность крепления, требует тщательной проработки конструкции и ее выполнения. Способ не годится при передаче больших горизонтальных сил, так как панели получаются тяжелыми.

Передача усилий

Железобетонные диски конструируются и рассчитываются по нормам проектирования железобетонных конструкций. Особо следует отметить необходимость надежного крепления конструкции несущего перекрытия к железобетонным стенам. Так как горизонтальные силы передаются с помощью дисков перекрытий, то требуется их прочное соединение с железобетонными стенами, которые чаще всего удовлетворяют остальным требованиям, таким, как огнезащита и звукоизоляция.

Балки перекрытий нуждаются в опорах для передачи вертикальных сил (рис. 4).

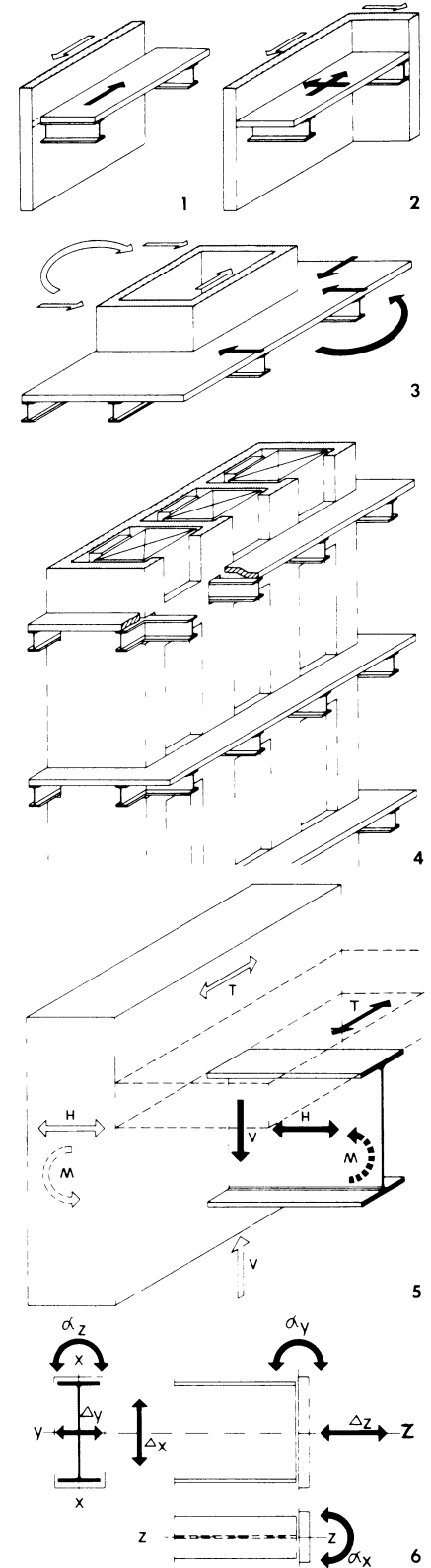
С несущего перекрытия на железобетонные стены передаются следующие усилия (рис. 5):

вертикальная сила V от постоянных и временных нагрузок;

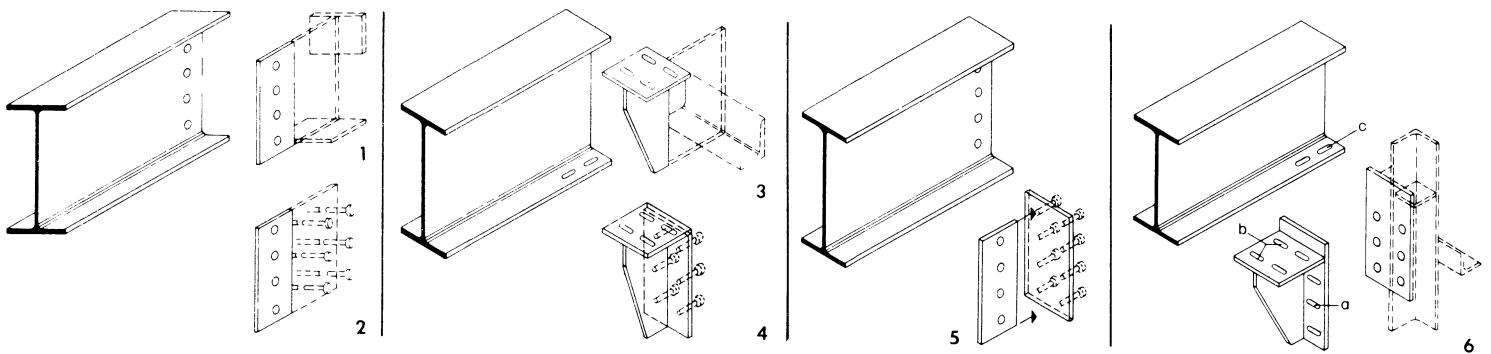
горизонтальная сила H , действующая вдоль балок от ветрового напора и отсоса на расположенные параллельно диску фасадные плоскости, а также усилия от температурных изменений в том же направлении;

горизонтальная сила T от ветра на фасадные плоскости, стоящие перпендикулярно плоскости диска, и от температурных изменений в том же направлении.

Момент защемления должен быть уменьшен соответствующей конструкцией крепления. Часть этих усилий должна быть воспринята во время монтажа для стабилизации основных конструкций. Большие трудности возникают в связи с необходимостью обеспечения допусков в размерах железобетонных дисков, так что для немедленного выполнения прочных соединений требуются особые мероприятия.



- Δ_x смещение по высоте
- Δ_y боковое смещение
- Δ_z допуск в продольном направлении по длине балки
- α_x поворот соединяемых элементов вокруг вертикальной оси x
- α_y поворот примыкающих элементов от горизонтальной оси y
- α_z поворот примыкающих элементов относительно продольной оси балки



Допуски

Допуски в размерах железобетонных элементов при хорошем качестве изготовления их в отдельной опалубке составляют от 2 до 3 см. Для ядер жесткости, выполненных в скользящей опалубке, допуски должны определяться с учетом отклонения ядра от своей расчетной оси до 10 см на 100 м высоты. При применении сборных железобетонных элементов отклонения от оси могут быть незначительными.

Для того чтобы можно было осуществить надежные соединения, нужно обращать внимание на допуски в примыкании балок. Возможность сдвижки примыкающих элементов соответствует шести степеням свободы (см. рис. 6 на с. 267).

Заделка в бетон закладных элементов

Так как крепление на болтах допускает только незначительную компенсацию допусков Δ_2 , Δ_3 и α_1 , то этот способ годится лишь в случае применения сборных элементов, изготавливаемых в стальной опалубке, с заделанными в них болтами

1 Передача сил N и V с помощью приваренного листа

2 Заанкеривание в бетон с помощью болтов

Забетонированные консоли

Этот способ пригоден для отдельно бетонируемых дисков из монолитного железобетона. В опалубке должны иметься соответствующие гнезда. Выравнивание допусков Δ_2 , Δ_3 и α_1 с помощью продольных отверстий в консоли и нижней полке балки.

Выравнивание допусков в высоту α_1 с помощью промежуточной прокладки.

Выравнивание отклонения α_1 и α_2 с помощью клиновидной прокладки.

3 Восприятие усилия V и N с помощью приваренного уголка

4 Передача усилия V через стержни болтов. Усилие N передается при сжатии через плиту консоли, при растяжении — через стержни болтов

Крепления при применении скользящей опалубки

При применении скользящей опалубки

зabetонированы могут быть только стальные детали, которые не выступают наружу.

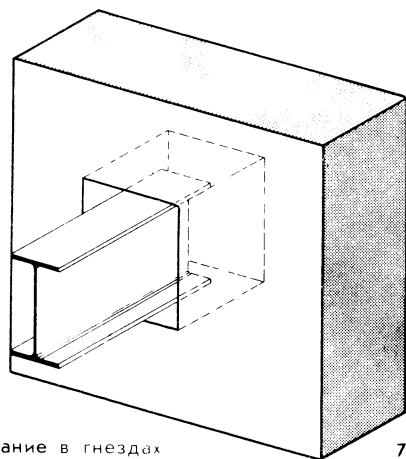
5 Восприятие усилия через болты — как на рис. 4. Примыкание балки с помощью вертикальной накладки, которая приваривается к забетонированной закладной детали, при этом допуски Δ и α выбираются с помощью подгонки прокладок. Допуски Δ_1 , Δ_2 , α_1 и α_2 выбираются путем приварки листа в правильном положении. Эта приварка требует точного замера и занимает много времени.

6 Стальная пластинка приваривается к вертикальному уголку который удерживается в бетоне горизонтальным уголком. Этот способ обеспечивает одностороннюю свободную установку крепящей пластины.

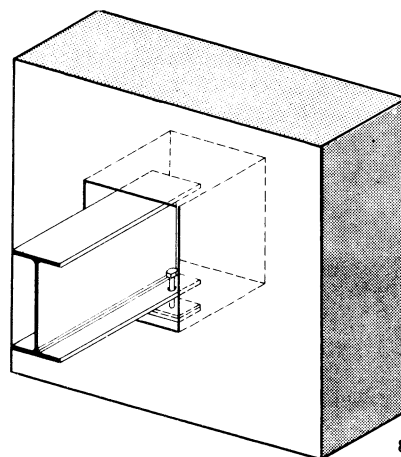
Силы V воспринимаются через горизонтальную опорную пластину, N — через вертикальный уголок.

Пластина имеет отверстие для болтов, в котором с задней стороны приварены глухие гайки. В качестве связующего звена с балкой служит консоль. Отверстия для закрепления консоли и балок имеют овальную форму.

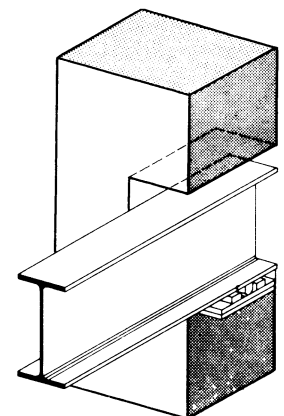
Выравнивание допусков достигается Δ_1 — с помощью сварных отверстий b и a в консоли, Δ_2 — с помощью овальных отверстий c в балке, α_1 — благодаря овальным отверстиям b и c , α_2 — установкой промежуточной клиновидной прокладки, α_2 — с помощью овальных отверстий в консоли.



Опираие в гнездах



8



9

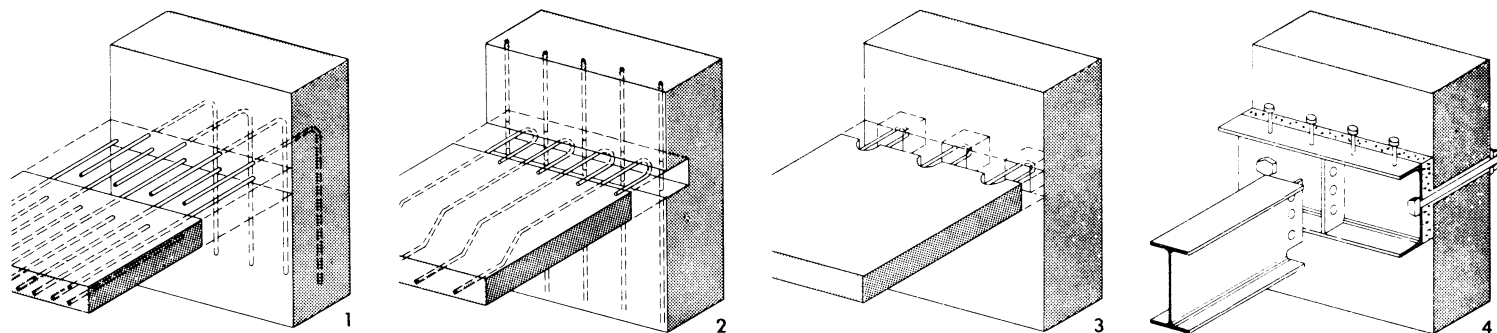
Установка балок в гнездах железобетонных дисков — самый дешевый вид закрепления. Он годится для стен из монолитного бетона, выполненных в стационарной, передвижной и скользящей опалубке. К допускам диска относятся часто значительные неточности опорной поверхности гнезд. Стальная конструкция во время монтажа должна быть жестко закреплена с помощью вспомогательных приспособлений или

другими мерами, так как соединение обеспечивает передачу усилий лишь после затвердения бетона в гнезде. Опорные поверхности после установки балок зачеканиваются бетоном. Заполнение гнезд бетоном должно выполняться по крайней мере после загрузки максимально возможной частью постоянных нагрузок; это необходимо, чтобы уменьшить дополнительные напряжения в балках.

7 Для того чтобы обеспечить правильное положение балки, установку ее следует производить через опорную плиту, а не на неровную бетонную поверхность гнезда. Опорные плиты необходимо точно выровнять перед установкой балки и закрепить раствором.

8 Балка опирается в период монтажа на два установочных болта, позднее производится подчеканка опорных плоскостей.

9 Опираие балок по центрирующей планке на небольшие опорные подкладки. Опорные прокладки должны быть установлены перед монтажом, точно выровнены и залиты бетоном. Выравнивание плиты будет облегчено, если в плиту будут вмонтированы три установочных болта (отверстия с приваренными снизу гайками).



1 Силы сжатия и растяжения N и силы сдвига T передаются от дисков перекрытий на стеновые диски. Из стеновых дисков выпускается требуемая по расчету арматура и перехлестывается с арматурой перекрытия. При применении сборных железобетонных элементов участок монолитного бетона может передавать усилия и одновременно служить для выравнивания допусков. Его ширина определяется длиной, необходимой для сцепления арматуры с бетоном. Если плиты должны быть жестко соединены с диском стены, то арматурные стержни выпускаются из бетона на расчетную длину.

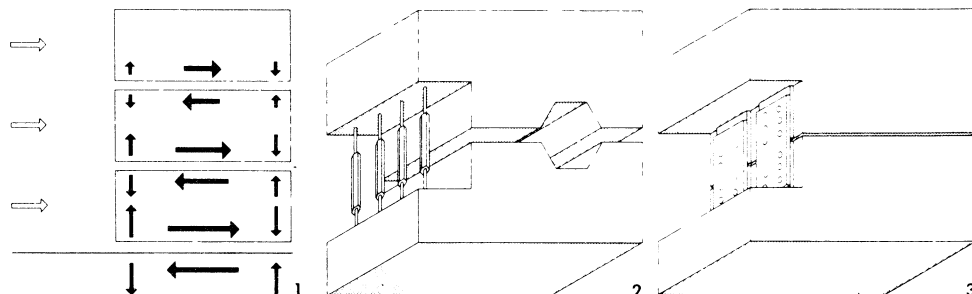
2 При применении скользящей опалубки арматурные стержни не могут быть выпущены. Горизонтальный паз в диске, который пересекает его вертикальную арматуру, служит для опирания плиты и передачи небольших горизонтальных усилий T . Вертикальные петли загнутой арматуры вставляются в паз. В перекрытии из сборных железобетонных элементов достаточно узкой полосы монолитного бетона, ширина которой устанавливается по расчету.

3 Для передачи больших сдвигающих усилий необходимо, чтобы выпуски арматуры из дисков перекрытий были заведены в гнезда дисков стены. Если диски стены из сборных железобетонных элементов, то в них тоже необходимо предусмотреть гнезда. Пространство между дисками и гнезда замоноличиваются.

4 В железобетонный диск забетонируются трубки диаметром, несколько большим, чем болты, чтобы выровнять допуски. На наружной стороне железобетонного диска длинными прочными болтами крепится швеллер. Швеллер и опорная плита на внутренней стороне диска сажаются на раствор. Такую конструкцию применяют в тех случаях, когда к железобетонному ядру жесткости крепится большое количество стальных элементов и одновременно необходимо иметь опору для перекрытия. Для передачи сдвигающих усилий с перекрытия на швеллер к последнему приварены болтовые шпонки.

Стыки дисков из сборных железобетонных элементов

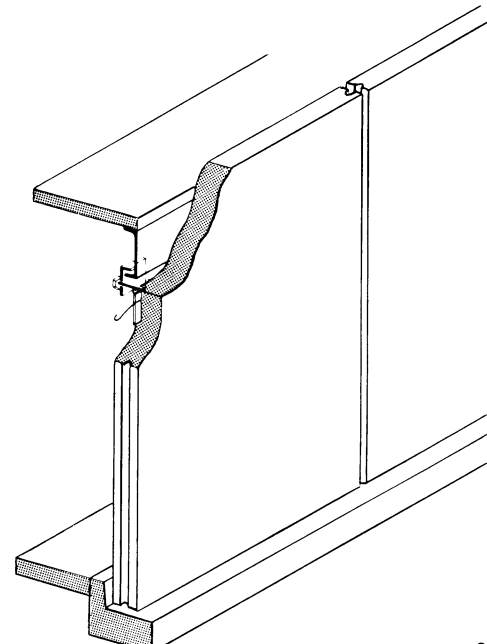
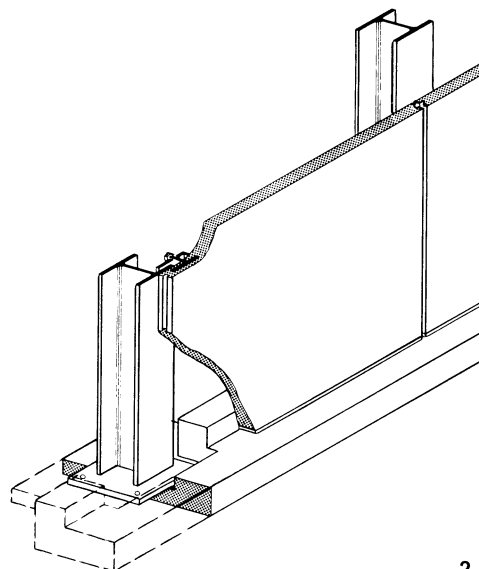
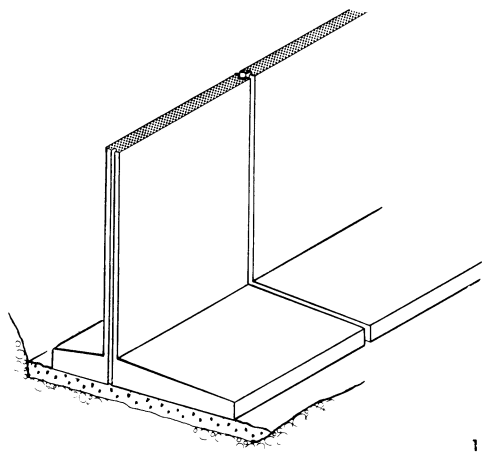
Сборные железобетонные блоки сочетают преимущества монолитных элементов жесткости с возможностью быстрого и не зависящего от погоды процесса строительно-монтажных работ. Ветровые нагрузки с диска на диск **1** передаются к фундаменту. Горизонтальные швы передают возрастающие сверху вниз сдвигающие усилия, а также усилия растяжения и сжатия. Такое решение пригодно лишь для низких зданий (до шести этажей). Так как железобетонные блоки должны быть изготовлены в стальной опалубке, то применение их рентабельно при большом числе однотипных изделий. Изготовление в стальной опалубке вызывается необходимостью обеспечить точность стыковки стальных закладных элементов. Этим достигается возможность немедленной передачи усилий через смонтированные стеновые блоки. Крепление балок к стеновым блокам может выполняться в соответствии с рис. 1 и 2 на с. 268.



2 Сборные железобетонные блоки имеют швы значительной толщины, чтобы после посадки их на раствор обеспечить передачу сжимающих усилий. Арматурные стержни с резьбой на концах ввинчиваются в стальную опалубку, что обеспечивает совпадение стержней, выступающих из двух поставленных друг на друга сборных элементов. При монтаже на стержни одного элемента навинчиваются муфты, которые после установки второго элемента свинчиваются на выступающие из него стержни. Сдвигающие усилия передаются через бетонные шпонки, образующиеся в соответствующих пазах блоков.

3 Вместо арматурных стержней в блоки забетонированы стальные пластины, которые соединены с телом бетона приваренными к ним болтовыми шпонками. При устройстве стыка стальные пластины соединяются накладками на болтах. Гайки находятся на стальных пластинах со стороны бетона. При изготовлении блока болты ввинчиваются в опалубку, так что гайки при бетонировании не могут быть сдвинуты. Возможно применение высокопрочных болтов. При этом могут быть переданы и сдвигающие усилия.

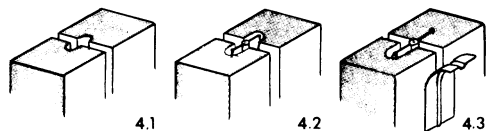
Стены подвального этажа могут выполняться из железобетонных сборных элементов и монтироваться одновременно со стальными конструкциями. Время строительства при этом сокращается.



1 Сборные железобетонные элементы, состоящие из участка стены и подошвы, устанавливаются на подготовленное основание; благодаря Т-образному профилю сечения эти элементы сами противостоят боковому давлению грунта за счет вертикального давления того же грунта после засыпки.

2 Плоские железобетонные стеновые элементы оперты по трем сторонам. Снизу они прислонены к ребру ленточного фундамента, по бокам — к стальным колоннам. Горизонтальная составляющая давления грунта передается по дискам перекрытий на вертикальные несущие конструкции или воспринимается жестко защемленными стальными стойками. Эти стойки могут быть одновременно и колоннами здания. Железобетонные стеновые элементы могут также вверху быть прислонены к плитам перекрытия, и тогда они будут оперты по четырем сторонам. Стеновые элементы имеют толщину от 10 до 14 см.

3 Плоские железобетонные стеновые элементы прислонены снизу к ленточному фундаменту, вверху к плитам перекрытия. При такой конструкции из-за условий опирания при больших пролетах толщина железобетонных плит увеличивается до 20 см.



4 Тщательное выполнение швов должно обеспечить водонепроницаемость, но при этом допускать определенную подвижность элементов. В простейшем случае достаточно заполненных бетоном пазов (рис. 4.1), которые могут быть усилены с

помощью вложенных стыковых полос (4.2). Эти полосы могут быть забетонированы с одной стороны (4.3). Снаружи стыки рекомендуется дополнительно проклеить эластичной уплотнительной лентой и, кроме того, герметизировать битумом.

Междуэтажные перекрытия	
Структура и назначение	271
Несущие конструкции перекрытий	273
Стальные перекрытия	
Перекрытия с несущими стальными листами	275
Перекрытия с несущими железобетонными плитами	276
Железобетонные перекрытия	
Большепролетные перекрытия	277
Перекрытия с малыми пролетами	278
Противопожарная защита перекрытий	
Основные положения	279
Конструктивное выполнение	280
Подвесные потолки	
Назначение подвесных потолков	281
Элементы подвесных потолков	282
Оштукатуренные потолки	283
Подвесные потолки из сборных плит	283
Потолки из съемных плит	284
Горизонтальная прокладка инженерных коммуникаций	

Прокладка коммуникаций в перекрытиях	285
Линии отопления в зоне перекрытий	286
Воздуховоды в зоне перекрытий	287
Прокладка коммуникаций сквозь стальные балки	288
Электропроводки в перекрытиях	288
Полы	289
Лестницы	
Назначение и типы	290
Геометрия лестниц	291
Расчетные схемы	293
Боковая облицовка лестничного марша	293
Расположение лестниц в стальном каркасе	294
Лестницы в железобетонных шахтах	294
Железобетонные элементы лестниц	295
Стальные элементы лестниц	296
Формы стальных лестниц	298

Структура и назначение междуэтажного перекрытия

Перекрытия служат для разделения здания по высоте на этажи, а также для устройства кровли под верхним этажом (см. с. 300 и далее). Кроме передачи действующих вертикальных и горизонтальных нагрузок они должны соответствовать требованиям звукоизоляции, огнезащиты, тепло-

защиты и гидроизоляции. В перекрытиях в большинстве случаев прокладывают также горизонтальные линии инженерных коммуникаций. Перекрытия образуют плоскости, ограничивающие помещения сверху (потолок) и снизу (пол).

Для выполнения этих требований часто требуется многослойная конструкция перекрытия. От состава, структуры и толщины отдельных слоев зависит высота перекрытия, которая в свою очередь влияет на высоту здания.

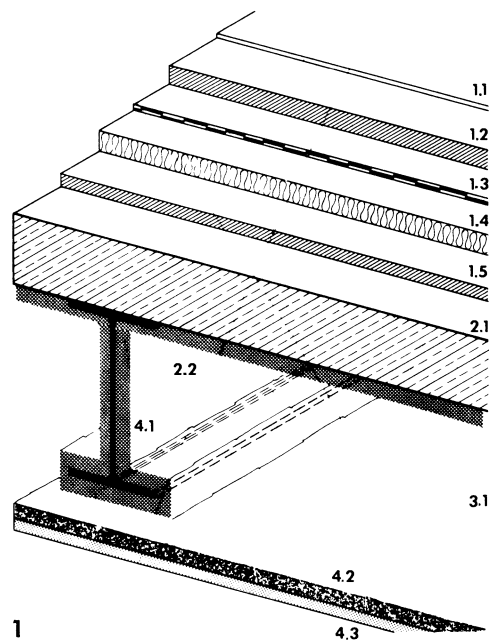
Перекрытие имеет, как правило, три функциональных слоя:

несущая конструкция, которая в зданиях из металлических конструкций обычно состоит из плит и балок перекрытия;

нижняя плоскость перекрытия, образующая потолок. Он состоит из лицевого слоя, нанесенного на нижнюю сторону плит и балок и перекрытия, либо из многослойной подвесной конструкции;

над несущей конструкцией перекрытия лежит пол с выравнивающими, изолирующими и распределяющими нагрузку слоями и настилом чистого пола.

Из рассмотрения рис. 1 видно назначение отдельных слоев.



		Передача нагрузок	Звукоизоляция	Огнезащита	Теплоизоляция	защита от влажности от конденсата	Инженерные коммуникации	Отделочные работы
1 Пол	1.1 Настил пола							
	2 Пол с моноплитным покрытием							
	1.3 Изоляция							
	1.4 Теплоизоляция							
	1.5 Выравнивающий слой							
2 Несущее перекрытие	2.1 Плиты перекрытия							
	2.2 Балки перекрытия							
3 Свободное пространство в перекрытии	3.2 Балки перекрытия							
	3.1 Воздушная прослойка							
4 Потолок	4.1 Облицовка плит перекрытия или балок							
	4.2 Прокладка на подвесном потолке							
	4.3 Подвесной потолок							

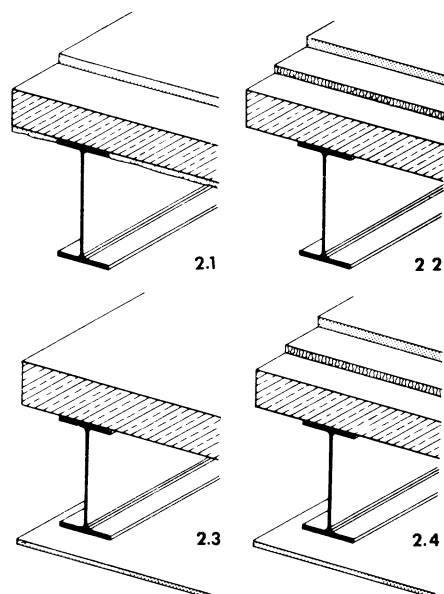
Передача нагрузок

Перекрытие испытывает вертикальные нагрузки от собственного веса и временной нагрузки и передает их через точки опирания на стальной каркас.

Кроме того, перекрытия воспринимают усилия от ветра или других внешних воздействий, например от землетрясений, и передают их несущим конструкциям здания.

Звукоизоляция

К звукоизоляции предъявляются тем более высокие требования, чем большее число людей и необходимого технического оборудования должно находиться в здании. Перекрытие должно обеспечивать необходимую изоляцию от ударного и воздушного шума. Для обеспечения звукоизоляции иногда применяют перекрытия из одного или нескольких слоев. Различают следующие характерные случаи:

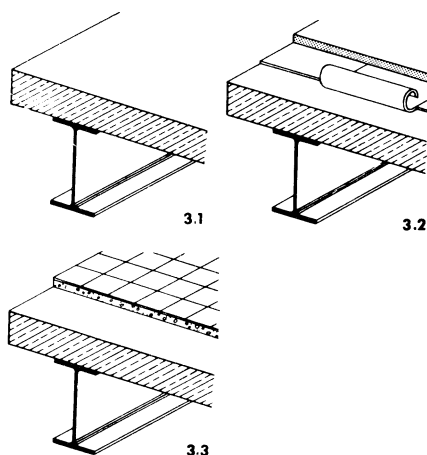


Огнезащита

Требуемая огнестойкость перекрытия может быть достигнута: для плит перекрытия — выбором огнестойкой конструкции или нанесением защитного покрытия; для стальных балок — нанесением защитного покрытия или облицовкой или всесторонней облицовкой всей конструкции перекрытия.

Теплозащита

Если перекрытие разделяет отапливаемые и неотапливаемые помещения, то оно должно иметь слой теплоизоляции, которая не требуется между отапливаемыми этажами. Теплоизоляция плоских поверхностей может выполняться по тем же правилам, что и плоских кровель (см. с. 300). Для теплоизоляции перекрытий над проездами, открытыми этажами (без наружных стен) или неотапливаемыми подвальными помещениями несущий слой перекрытия снизу облицовывают теплоизоляционными материалами или на подвесной потолок укладывают изоляционные маты.



Гидроизоляция

3.1 Укладка изоляции на перекрытие, по которому непосредственно ходят или ездят (например, в открытых гаражах), — см. с. 285.

3.2 Укладка изоляции по открытому перекрытию, например, над дворовыми подвалами или в гаражах. Одногo асфальтового покрытия в данном случае недостаточно, так как асфальт зачастую трескается и пропускает воду. При невысоких требованиях к гидроизоляции достаточно на основное перекрытие нанести слой асфальтовой мастики толщиной 1 см. В закрытых помещениях на битумный слой укладывают также алюминиевую или медную фольгу или наклеивают полотно из синтетического материала, по которым устраивают выравнивающий слой и чистое покрытие, предназначенное для ходьбы или езды.

3.3 Гидроизоляция перекрытий в сырых помещениях достигается устройством водо-

непроницаемого пологого настила, например, керамическими плитками или водостойкими синтетическими плитками, или полотнами искусственного материала. На перекрытиях из стальных балок над помещениями с очень влажным воздухом (например, душевые, бани, бассейны) может образовываться конденсат. При незначительной влажности можно предотвратить образование конденсата облицовкой плит перекрытия и стальных балок пористой штукатуркой, например вермикулитовой или асбестовой. Пористое покрытие может впитать определенное количество влаги и снова выделить ее, но постепенно. При большой влажности требуется отсасывание влажного воздуха и подача сухого. О необходимых мерах по коррозионной защите стальных конструкций см. с. 349.

Использование перекрытий для прокладки инженерных коммуникаций

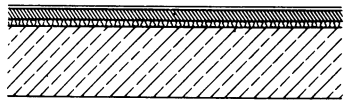
Эта функция перекрытия получает все большее значение в связи с растущим объемом технического оснащения зданий. Чтобы облегчить планировку помещений, вертикальные линии оборудования концентрируют в шахтах, внутренние стены по возможности освобождают от линий оборудования, а для горизонтальной разводки технических магистралей используют перекрытия. В перекрытиях кроме инженерных коммуникаций размещают агрегаты для освещения и вентиляции, отопления, спринклерные установки, трубопроводы и др. Конструктивные решения — см. с. 330

Высота перекрытий

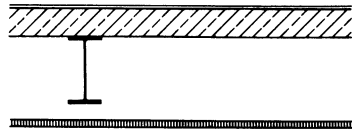
Высота перекрытий, влияющая на общую высоту здания, зависит в первую очередь от: пролета, нагрузки и допустимого прогиба балок; расположения балок (в одном или двух уровнях); толщины плит перекрытия; числа линий оборудования, особенно воздуховодов; высоты подвесного потолка; толщины пола.

Данные для определения высоты перекрытия

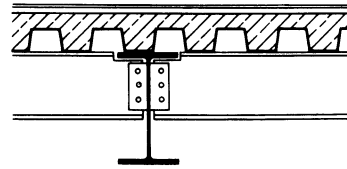
Структура пола:			
половой настил			5 мм
плавающий пол			35—45 мм
изоляция против удара	шума	или	
теплоизоляция			15—25 мм
подстилающий слой пола с электропроводами			30—100 мм
выравнивающий слой			15—25 мм
Плиты перекрытия:			
железобетонные плиты			100—150 мм
стальной профилированный настил с набетонкой			120—160 мм
железобетонные плоские или ребристые плиты			150—400 мм
Балки			
балки перекрытия			240—400 мм
прогоны			360—600 мм
Потолок:			
подвесной потолок в качестве огнезащитной облицовки			40—80 мм



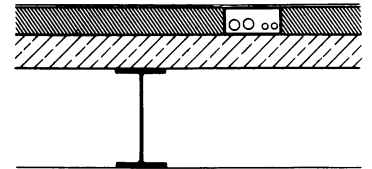
4.1



4.2



4.3



4.4

Примеры конструкций перекрытий

4.1 Жилое здание. Временная нагрузка 200 кгс/м², пролет 4,5 м.

Настил пола	5 мм
Плавающий пол	40 мм
Изоляция	20 мм
Железобетонные плиты	250 мм
	315 мм

4.2 Службное здание. Временная нагрузка 200 кгс/м², пролет 6 м, небольшая степень технического оборудования.

Настил пола	5 мм
Железобетонные плиты	100 мм
Балки перекрытия	240 мм
Подвесной потолок	80 мм
	425 мм

4.3 Учебное здание. Временная нагрузка 350 кгс/м², пролет 7,2×7,2 м, небольшая степень технического оборудования.

Настил пола	5 мм
Выравнивающий слой	15 мм
Перекрытие из профилированного настила	140 мм
Прогонь	400 мм
Подвесной потолок	80 мм
	640 мм

4.4 Здание научного института. Временная нагрузка 500 кгс/м², пролет 9×12 м, много технического оборудования.

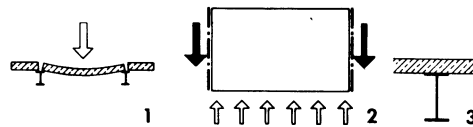
Настил пола	5 мм
Пол с электропроводами	100 мм
Железобетонные плиты	120 мм
Балки перекрытия	360 мм
Прогонь	450 мм
Подвесной потолок	80 мм
	1115 мм

Несущие конструкции перекрытий

В сооружениях со стальным каркасом несущее перекрытие состоит из плит и стальных балок, в редких случаях — только из плит. О конструкции стальных балок см. с. 242.

Железобетонные плиты перекрытий выполняют несколько функций: они передают действующие на них нагрузки стальным балкам (рис. 1) и работают на горизонтальные нагрузки как диски (рис. 2).

В комбинированных конструкциях они работают как верхний пояс сталежелезобетонных балок (рис. 3). Плиты перекрытий

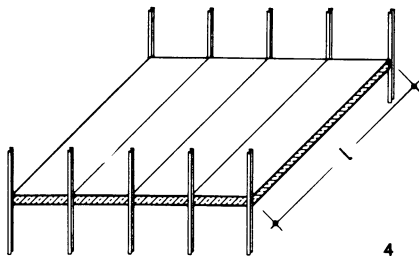


в сооружениях со стальным каркасом выполняются практически только из двух материалов: стали и бетона.

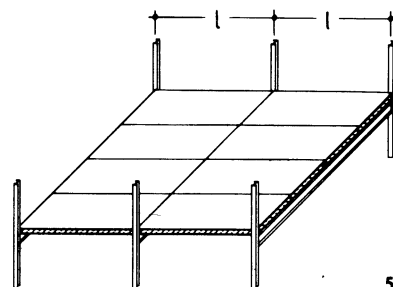
Общепринятые способы строительства

Железобетонные плиты из тяжелого или легкого бетона в зданиях со стальным каркасом в большинстве случаев применяются плоские, реже — с ребрами в одном или двух направлениях или с пустотами для уменьшения массы.

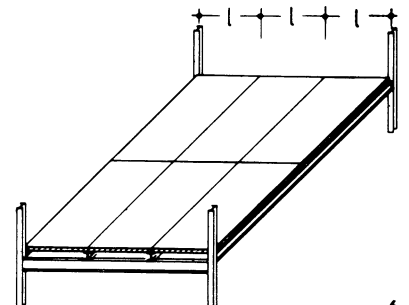
Стальное листовое перекрытие устраивается из гладких или профилированных стальных листов с набетонкой, которая необходима для распределения нагрузки, а также для огнезащиты и звукоизоляции.



4



5



6

Несущие плиты перекрытий

4 Железобетонные настилы перекрытий большого пролета (от 5 до 10 м, а в исключительных случаях и больше) заменяют балки первого и второго порядка и передают нагрузку непосредственно на стальные колонны (см. с. 277).

5 Большепролетные конструкции перекрытий ($l=3...7$ м) состоят из плит и балок (балки первого порядка), уложенных на балки второго порядка (прогоны). В таких перекрытиях применяются сплошные железобетонные плиты (толщиной 15—25 см) или ребристые плиты (общая высота перекрытия до 40 см).

6 В большинстве случаев плиты перекрытий в сооружениях со стальным каркасом имеют небольшие пролеты — от 1,2 до 4 м. Самые экономичные пролеты — в пределах от 2,4 до 3 м. Применяются плоские железобетонные плиты или листовые перекрытия.

При определении пролета плит следует принимать во внимание следующие условия: пролет плит должен согласовываться с модульной сеткой здания;

для толщины d бетонной плиты часто решающим является не расчет на прочность, а требования звуко- и огнезащиты. Пролет b выбирается таким, чтобы расход арматурной стали g не превышал установленных норм.

Ориентировочные данные:

$$b=2,4 \text{ м. } d=10 \text{ см. } \rho=500 \text{ кгс/м}^2; g_{cm}=4 \text{ до } 8 \text{ кг/м}^2;$$

$$b=3 \text{ м. } d=12 \text{ см. } \rho=750 \text{ кгс/м}^2; g_{cm}=6 \text{ до } 10 \text{ кг/м}^2$$

Применение легкого бетона как в качестве заполнителя, так и для несущей железобетонной плиты перекрытия уменьшает вес конструкции перекрытия. Однако для обеспечения огнезащиты и звукоизо-

ляции, а также при больших нагрузках или пролетах увеличение поперечных сечений может уничтожить выгоду, достигнутую благодаря применению легкого бетона.

Верхняя поверхность перекрытий Допуски в шероховатости верхней поверхности зависят от способа изготовления. Допуски в перекрытиях из монолитного бетона всегда требуют выравнивающего покрытия. На перекрытие из сборных железобетонных элементов, как правило, наносится очень тонкий выравнивающий слой. При изготовлении сборных железобетонных элементов на листовой опалубке достигается настолько ровная поверхность, что настил чистого пола может быть нанесен непосредственно на плиты. Небольшие неровности на швах выравниваются шпательной.

Стальные перекрытия

Стальные конструкции перекрытий состоят из профилированных листов толщиной от 0,8 до 1,75 мм с последующей набетонкой. Листы в большинстве случаев имеют поперечное сечение трапециевидальной формы. Иногда листы имеют дополнительные желобки для жесткости. Ширина листов от 0,3 до 0,9 м. Конструкции перекрытий могут выполняться также из корчатых элементов.

Стальные листы применяются непокрытыми или оцинкованными (25—30 мкм). Непокрытые листы имеют на нижней стороне антикоррозионную защиту.

Формы профилей

1 Обзор употребляемых форм профилей:

- 1.1 и 1.2 Отдельные профили.
- 1.3—1.7 Профилированные настилы.
- 1.8 и 1.9 Составные стальные элементы.

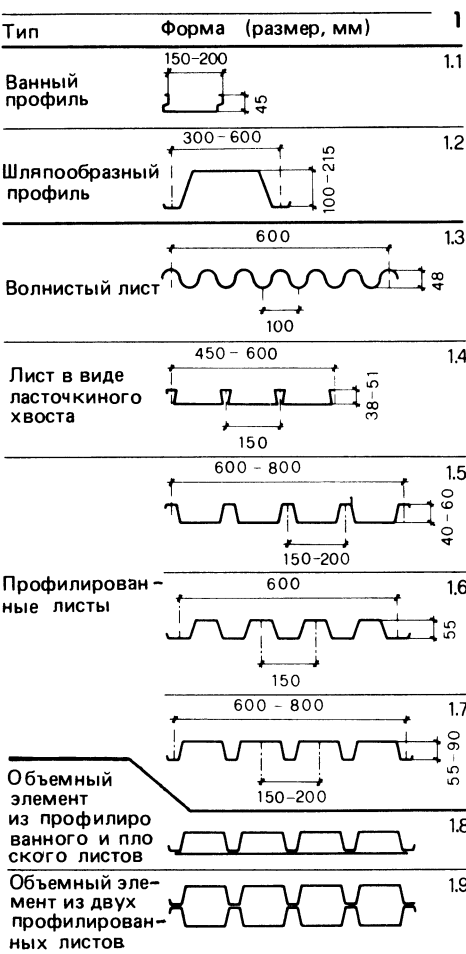
Преимущества перекрытий из стальных листов

- Незначительный вес.
- Быстрый монтаж.
- Не требуется опалубка для бетона.
- По перекрытиям можно ходить сразу после монтажа.

Сплошные листы обеспечивают защиту работающих в нижних этажах.

Недостатки перекрытий из стальных листов

Стальные листы являются, по существу, остающейся в конструкции опалубкой, а потому, если они выполняют функцию

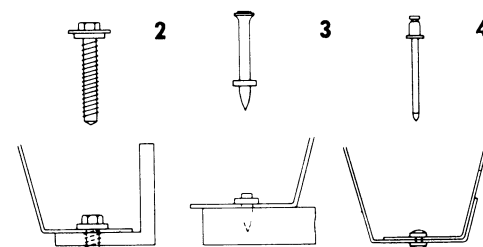


Защита от поверхностной воды

Перекрытие по стальным балкам водонепроницаемо. Чтобы сделать его водонепроницаемым, требуются специальные меры. Перекрытие из монолитного бетона должно быть изготовлено без рабочих швов, причем бетон должен быть хорошего качества и хорошо уплотнен. Если несущая конструкция перекрытия состоит из сборных железобетонных плит, изготовленных на бетонном заводе из высококачественного бетона, то плиты сами по себе непроницаемы; уплотнения же швов, например для перекрытий открытых гаражей, можно достичь, если плиты замоноличены плотным раствором такой же прочности, как и бетон плит.

Укладка перекрытий из стальных листов

Стальные листы могут в готовом виде раскраиваться и удобно пакетируются. Установка их может следовать сразу за монтажом стальных балок. Разрезка выполняется в большинстве случаев ножницами для резки листового металла, которые подгоняют к данному профилю. Косой разрез выполняется ручными инструментами.



Соединения

Соединение листов с балками может производиться с помощью: контактной сварки; самонарезающих болтов (рис. 2); пристреливаемых шпонок (рис. 3).

Соединение листов друг с другом производится с помощью:

- заклепочного шва, который выполняется механизированно без поддержки заклепок с обратной стороны (рис. 4);
- штамповки и закатки краев друг с другом по указанию изготовителей.

арматуры, то необходима особая огнезащитная облицовка снизу.

Перекрытия с несущими стальными листами

1 Стальной лист может быть несущим, а заполняющий перекрытие монолитный бетон, нанесенный на изолирующий слой, монолитный пол или железобетонные

сборные плиты в этом случае служат только для распределения нагрузки, звукоизоляции и противопожарной защиты сверху. Эта конструкция нуждается в огнезащите снизу. Листовые перекрытия работают как диафрагмы жесткости в том случае, когда листы прочно соединены друг с дру-

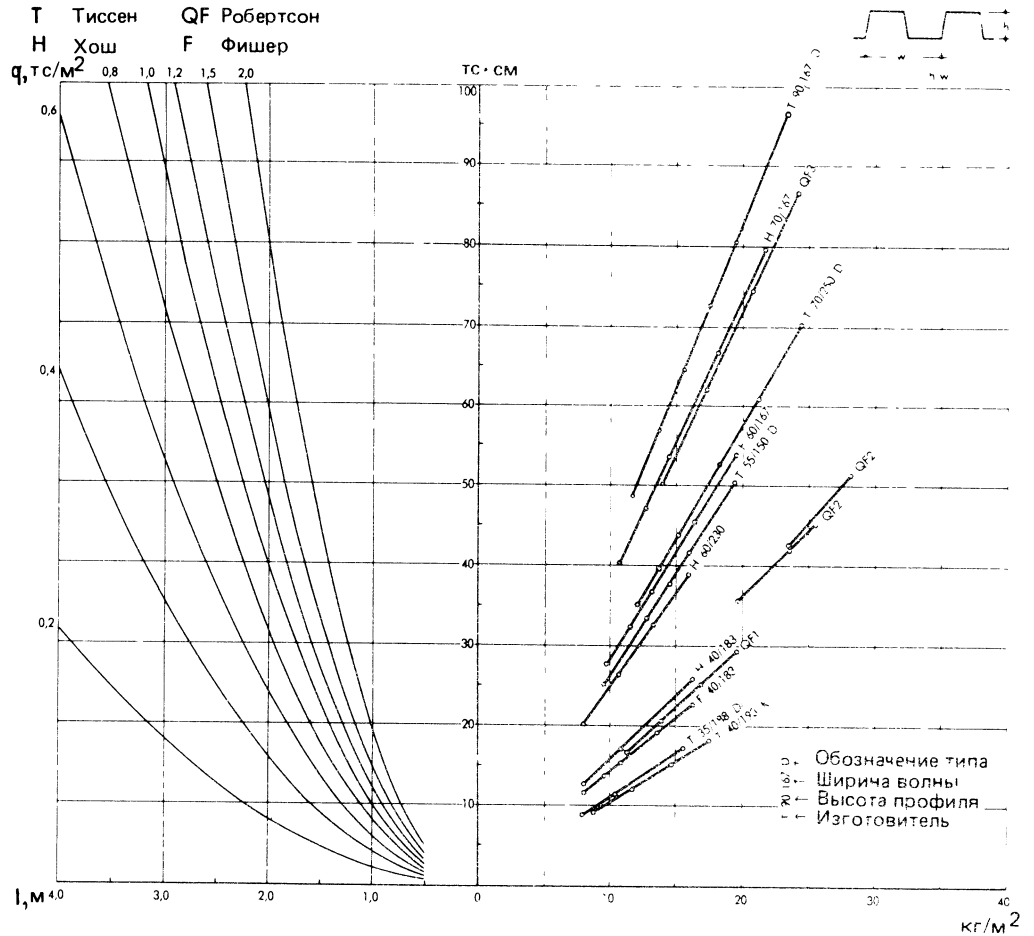
гом и с прогонами в соответствии со статическим расчетом. Функцию диафрагмы жесткости может взять на себя и перекрытие из монолитного бетона достаточной толщины с необходимым армированием. В противном случае в перекрытии требуется устройство ветровых решетчатых связей.

Диаграмма несущей способности профилированных листов

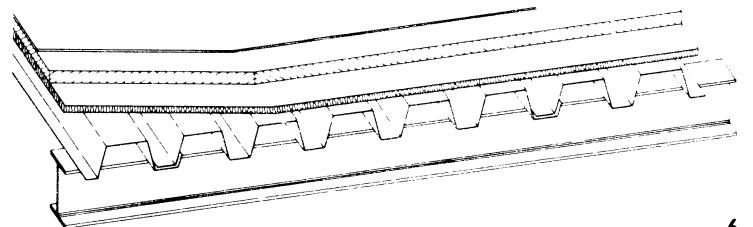
5 Шаг балок перекрытия от 1,5 до 4 м. Оптимальный шаг в пределах от 2,5 до 3 м. Для различных нагрузок от 600 до 1200 кгс/м² выпускаются изделия различных профилей. Высота профиля от 30 до 80 мм, масса листа — от 8 до 32 кг/м².

Диаграмма служит только для приблизительного определения несущей способности. Для точного расчета необходимы также таблицы несущей способности, выпускаемые изготовителями. При больших нагрузках определяющим фактором служат не напряжения от изгиба, а главные напряжения на опорах.

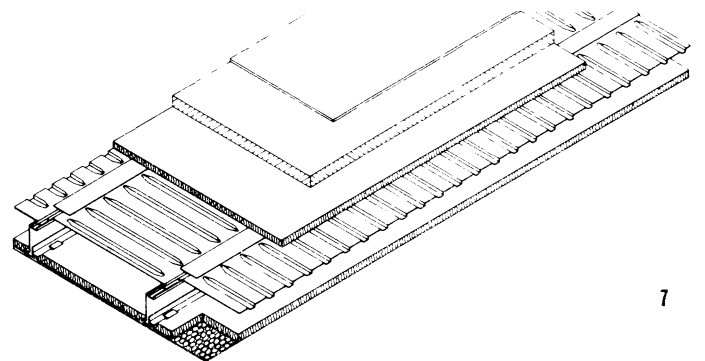
Чтобы воспользоваться диаграммой, следует провести вертикальную прямую вверх до кривой, соответствующей полной нагрузке (включая собственный вес плит), откуда провести горизонталь направо до оси, на которой нанесена шкала изгибающих моментов для ширины неразрезной плиты 1 м, перекрывающей по крайней мере два пролета. Все профили, которые лежат на горизонтали, идущей через эту точку, имеют достаточную несущую способность. Вес выбранного профиля можно найти, проведя отвесную линию на шкале веса вниз. Если допустимый прогиб ограничен, то должен быть выбран более тяжелый профиль.



6 Оцинкованные профилированные листы самонесущие, с монолитным полом или сборными бетонными плитами на слое изоляции. Конструкция сверху огнестойка, если монолитный пол толще 5 см или состоит из упругой прокладки — минераловолокнистых плит или минеральной ваты.



7 Междуэтажное перекрытие фирмы «Хош-Текталь» для малых нагрузок, применяемое так же как кровельное покрытие, состоит из листовой плиты шириной 1 м, усиленной желобками и уложенной на легкие гнутые балки из листовой стали. Монолитный пол на подкладке из минерального волокна обеспечивает огнестойкость сверху; снизу — подвесной потолок из матов типа «Базалан» из базальтового волокна на проволочной сетке (ср. Meyer — Ottens. Brandschutz im Stahlbau. Teil 1. S. 116—119). В качестве междуэтажного перекрытия пригодно лишь условно, так как не выполняет требований звукоизоляции и не работает как жесткий диск.



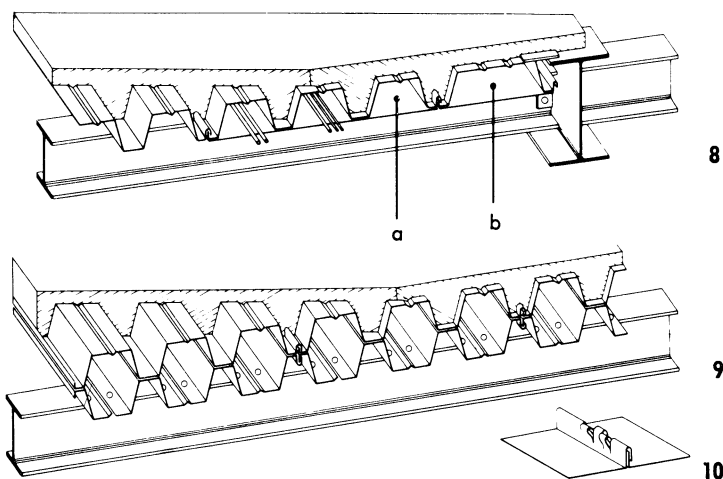
8 Особенно универсальным стальным перекрытием является перекрытие типа Q фирмы «Робертсон».

Фирма выпускает профилированные листы с высотой профиля 40 и 80 см, причём в обоих случаях они могут быть закрыты снизу горизонтальными листами (а). Благодаря этому, во-первых, повышается несущая способность; во-вторых, образуются ячейки для прокладки инженерных коммуникаций, особенно кабелей (ячеистое стальное перекрытие). Перекрытия большей высоты имеют еще более крупные ячейки, которые могут быть использованы непосредственно как каналы климатической установки (b).

9 Перекрытие высокой несущей способности получается, если тяжелые профили поставлены друг на друга и сварены. Такой составной профиль несет нагрузку 2000 кгс/м² при пролете 3 м и 1500 кгс/м² при пролете 4 м.

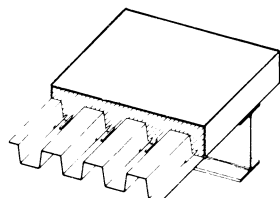
10 Крепление листовых полотен друг к другу производится соединениями в фальц путем перекрещивания надрезанных фальцев; соединение листовых плит со стальными балками выполняется с помощью точечной сварки или самонарезающими болтами.

Перекрытие типа Q должно работать как жесткий диск без учета набетонки. Необходимая жесткость перекрытия достигается уже в процессе строительства. Набетонка толщиной 5 см дает сверху требуемую противопожарную защиту. Противопожарная защита снизу описана на с. 279 и 280

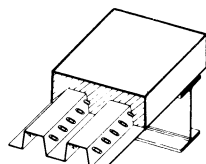


Более подробно о проводке инженерных коммуникаций — см. с. 285 — 288. Высота прогонов может быть выбрана так, что верхний край прогона будет лежать на одной высоте с верхним краем стального ячеистого перекрытия. Пространство между перекрытием и прогоном следует закрывать стальными полосками, чтобы в него не попадал бетон. Вследствие этого возможно очень простое примыкание балок (см. с. 248, рис. 2).

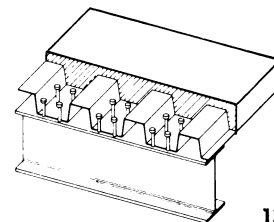
Перекрытия с несущими железобетонными плитами



11



12



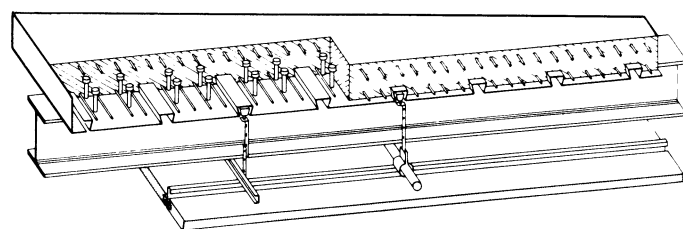
13

11 Стальной лист служит только опалубкой, что ускоряет строительство. В качестве арматуры использована круглая сталь. Перекрытие работает как железобетонная ребристая плита. При достаточной толщине слоя бетона над арматурной сталью плита перекрытия огнестойка. Железобетонная плита работает также как жесткий ветровой диск.

12 Связь между листом и бетонной плитой обеспечивает их совместную работу как составного поперечного сечения. Стальной лист является арматурой бетонной плиты. Сдвигающие усилия передаются от бетонной плиты стальному листу через выступы или через ребра. Необходима огнезащита нижней поверхности покрытия.

13 Соединение между бетонной плитой и балкой. Сквозь уложенный стальной лист к верхней полке балки методом контактной сварки прикреплены болтовые шпонки. Благодаря этому бетонная плита с балкой образует составное поперечное сечение. Очень рентабельная конструкция. Болтовые шпонки приваривают на месте строительства.

14 Перекрытие фирмы «Холориб» имеет лист с отвальцованными ребрами в форме ласточкиного хвоста. Железобетонные плиты соответственно армированы. Лист служит только опалубкой для бетона. Опыты показывают, что сцепление между листом и бетоном вполне достаточно, чтобы обеспечить совместную работу листа и железобетонной плиты. На рисунке показаны болты, которые обеспечивают совместную работу железобетонных плит и стальных балок. Ребра в форме ласточкиного хвоста служат для крепления потолка и инженерных коммуникаций. Конструкция находит особенно широкое применение в зданиях с большим количеством инженерных коммуникаций.

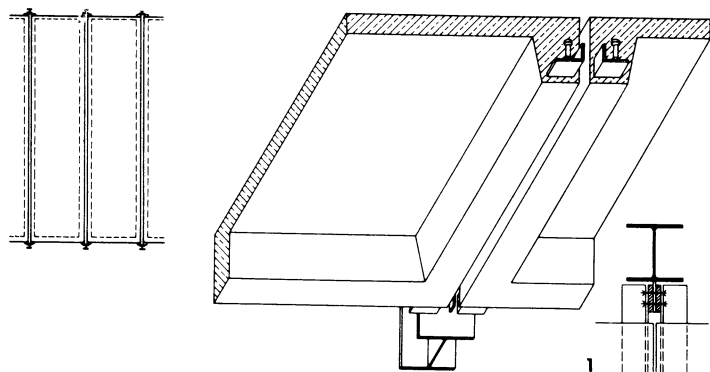


14

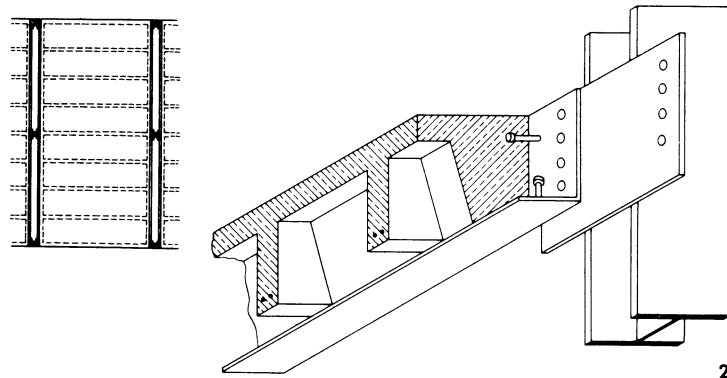
Большепролётные железобетонные плиты перекрытий по расчету должны иметь толщину от 20 до 40 см. Сплошные плиты очень тяжелы. Поэтому изготавливают плиты с пустотами или с ребрами в одном или двух направлениях. Эти перекрытия могут быть

изготовлены на месте строительства или на заводах. Предварительное изготовление на заводах предполагает разрезку их на транспортабельные элементы, ширина которых при транспортировке на открытых грузовиках может достигать 2,5 м, в осо-

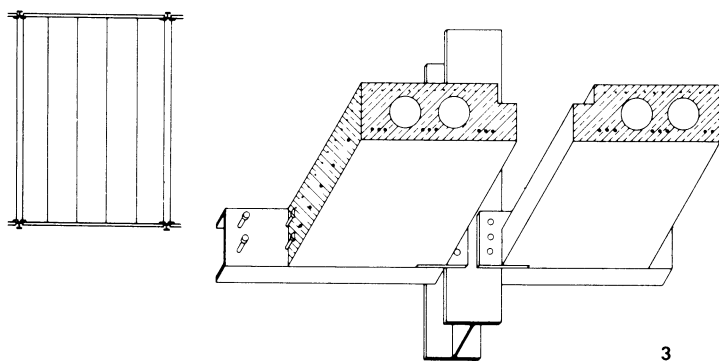
бых случаях 3 м, а при транспортировке в сопровождении полиции до 4,5 м. Широкие элементы изготавливаются обычно на открытых полигонах, но из-за больших капитальных затрат применяются только для очень крупных строительных объектов.



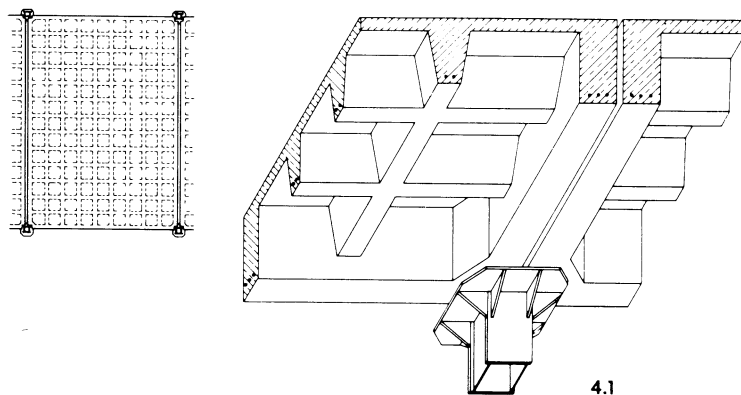
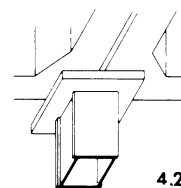
1 Сборная железобетонная плита с ребрами на обеих сторонах усиленными стальными уголками, с болтовыми шпонками, работающими совместно с железобетонным ребром, которые образуют его растянутую арматуру. Через вертикальные полки уголков осуществляется болтовое соединение бетонных частей друг с другом, а также примыкание их к стальным колоннам. Бетонные плиты имеют толщину около 10 см; при необходимости их объединяют с рандбалками для восприятия нагрузок от наружных стен. Угловую сталь в главных балках покрывают слоем бетона достаточной толщины, что обеспечивает ее противопожарную защиту.



2 Железобетонная плита, которая может быть предварительно изготовлена на строительстве или может бетонироваться непосредственно на месте. Между колоннами проходят стальные угловые профили, состоящие из стенки и нижней полки. Нижняя полка имеет болтовые шпонки и образует с бетонными рандбалками составное поперечное сечение. Полки плиты перекрытия могут быть небольшой толщины.



3 Железобетонное перекрытие состоит из стальных главных балок с железобетонными пустотелыми плитами, имеющими верхнюю и нижнюю гладкие поверхности. Для образования пустот применяются картонные трубки или надуваемые шланги. Стенки между пустотами образуют бетонные ребра. Нагрузка передается через болтовые шпонки стальным балкам. Такие плиты наиболее целесообразны для жилых или иных зданий с ограниченной временной нагрузкой, где не требуется прокладка инженерных коммуникаций в перекрытии (литература: «Beton—Kalender», 1970, S.180).

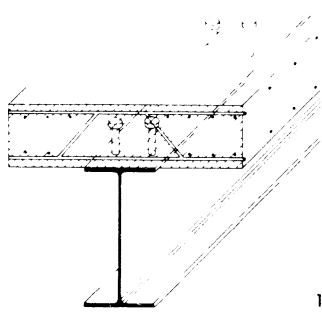


4 Железобетонное перекрытие большого пролета на квадратном плане, состоящее из железобетонных рандбалок и плиты с ребрами в двух направлениях. Перекрытие устанавливается на консоли колонн. Стальные консоли имеют ребра (рис. 4.1). При ограниченной строительной высоте применяются толстые безреберные плиты (рис. 4.2).

Практически все конструкции перекрытий из монолитного железобетона или с железобетонными сборными элементами могут быть уложены по стальным балкам. Многие

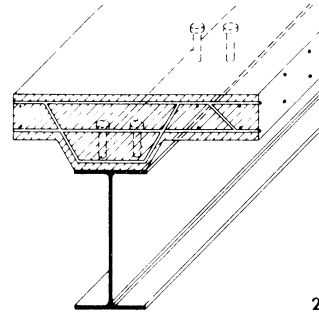
из них могут работать одновременно как диафрагмы жесткости: монолитные железобетонные перекрытия (рис. 1—4);

перекрытия из сборных железобетонных элементов с армированной набетонкой ($d \geq 5$ см) (рис. 5—7); комбинированные перекрытия.



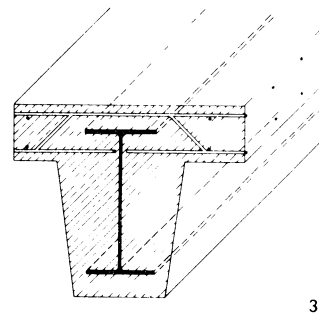
Плиты из монолитного железобетона

1 Железобетонная плита на стальной балке без связи или со связью (с. 258). Наиболее



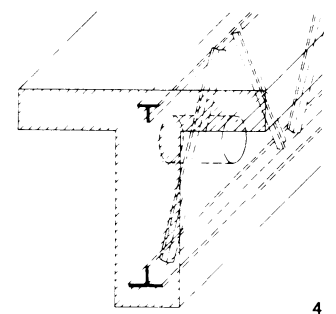
часто встречаемый способ устройства перекрытий.

2 Железобетонная плита с вухтом. При выполнении этой конструкции в качестве комбинированного перекрытия



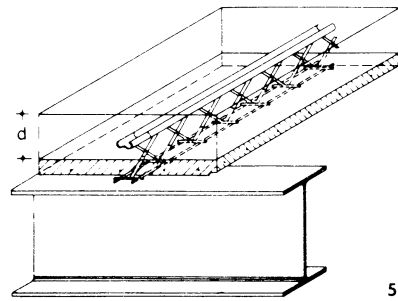
3 достигается некоторая экономия на стальных балках при увеличении расходов на изготовление железобетонной плиты.

3 Балка вбетонирована в плиту,



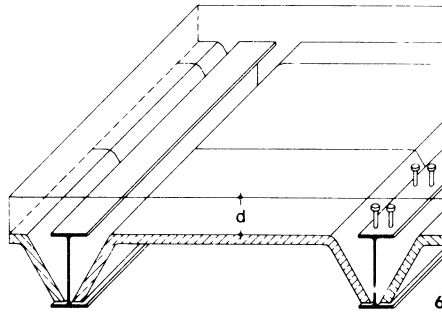
которая работает, как неразрезная балка ввиду наличия верхней арматуры. Стенка балки защищена от огня.

4 Решетчатая полностью обетонированная балка.

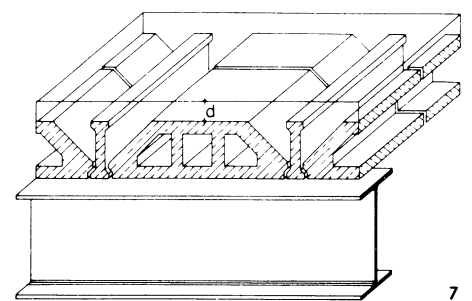


Сборные железобетонные элементы с набетонкой

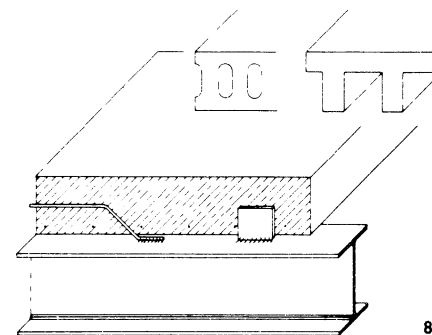
5 Плоские толщиной около 4 см сборные железобетонные скорлупы включают нижнюю арматуру плиты и служат опалубкой для всего перекрытия. Арматура имеет выпуски, для соединения с дополнительным слоем бетона, увеличивающим толщину плиты до проектного размера.



6 Железобетонные скорлупы толщиной около 4 см вдвигаются между полками балок и остаются в сооружении как постоянная опалубка. Монолитная железобетонная плита армируется и бетонируется по этой опалубке совместно со стальными балками (на рисунке правая балка).

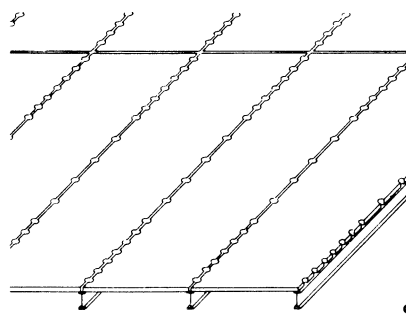


7 Перекрытие из легких сборных железобетонных балок с последующим заполнением из легкого бетона. Уложенный сверху бетон связывает все элементы перекрытия друг с другом и образует прочный на сдвиг диск.



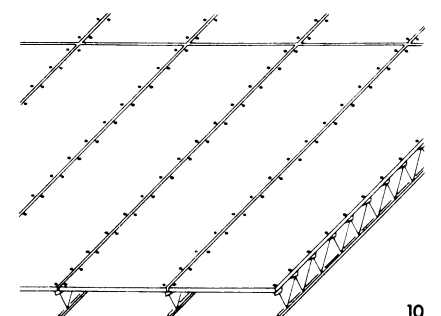
Плиты из сборных железобетонных элементов

8 Уложенные по стальным балкам плиты из тяжелого бетона, гипсобетона или газобетона. Для уменьшения сдвига плит



к верхнему поясу балок приварены ограничители из арматурной стали, штифтов или плоской стали.

9 Плиты системы Крупп-Монтес[®] из железобетонных сборных элементов в соединении со сплошностенчатыми балками (детали — см. с. 258, рис. 3), шириной

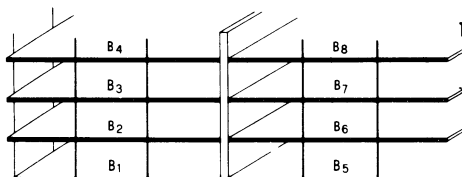


1,8—3 м, длиной до 8,4 м, толщиной 10—16 см, с готовой поверхностью для нанесения пола.

10 Плиты из сборных железобетонных элементов в соединении с решетчатыми балками без верхнего пояса системы Рютербау (детали — см. с. 258, рис. 6).

Строительный устав требует, чтобы перекрытие имело определенную степень огнестойкости, в большинстве случаев 30 или 90 мин. Приводимые далее данные соответствуют предписаниям противопожарной защиты, принятым в ФРГ (см. с. 330—333).

Перекрытие всегда служит горизонтальной преградой для огня, так же как брандмауэр,— вертикальной преградой. Таким образом, здание (рис. 1) делится противопожарными стенами и перекрытиями на пожарные отсеки. В этом случае перекрытие



должно иметь определенную степень огнестойкости и не допускать распространения пожара от одного этажа к другому. Для этого отверстия в перекрытии, например лестничные и лифтовые шахты и шахты инженерных коммуникаций, должны иметь ограждающие конструкции с определенным запасом огнестойкости. Чтобы задержать распространение огня к следующему этажу по наружной стене, часто требуется, чтобы наружная стена также имела определенную степень огнестойкости и путь распространения огня от верхнего края нижнего окна до подоконной стены верхнего этажа имел определенную длину (см. с. 305, рис. 3). Конструкция перекрытия должна иметь защиту от огня сверху, снизу и с боков.

Если внутри перекрытия прокладывается пожароопасная коммуникация, то эта зона возможного начала пожара учитывается в конструкции перекрытия. Можно получить следующие комбинации:

2 Если не требуется определенная степень огнестойкости перекрытия, то балки перекрытия также могут оставаться без защиты от огня.

3 Определенная степень огнестойкости конструкции перекрытия может быть достигнута тем, что как плиты перекрытия, например сплошные железобетонные, так и балки перекрытия будут путем напыления огнезащитного слоя или огнестойкой облицовки защищены до требуемой степени огнестойкости.

4 Перекрытие закрыто подвесным потолком и боковой облицовкой. Для того чтобы вся система перекрытия имела необходимую огнестойкость, действию пожара должны противостоять плиты перекрытия сверху, подвесной потолок снизу, боковые плоскости снаружи.

5 Если потолок неогнестоек, то плиты и балки перекрытия должны иметь, как в примере 3, необходимую степень огнестойкости.

6 Если в конструкции по рис. 4 в зоне междуэтажного перекрытия находятся воздуховоды, которые в случае пожара могут проводить горячий газ, но высокой температуре не могут оказать сопротивления, то по крайней мере в этой зоне плиты и балки перекрытия должны быть защищены до требуемой степени огнестойкости.

7 Случай, аналогичный примеру 6, но при пожаре воздуховод не разрушается от горячих газов и препятствует проникновению тепла во внутреннее пространство перекрытия. В этом случае в зоне междуэтажного перекрытия не требуется огнезащита плит перекрытия снизу и балок перекрытия.

8 При расположении проходного рабочего этажа с инженерными коммуникациями между основными этажами здания возникает такая же ситуация, как на рис. 3. Для перекрытия проходного этажа не ставится специальных требований по степени огнестойкости, если оно не является несущим элементом сооружения.

9 Конструктивные меры, необходимые для обеспечения огнестойкости перекрытия и ограждения пожарного отсека:

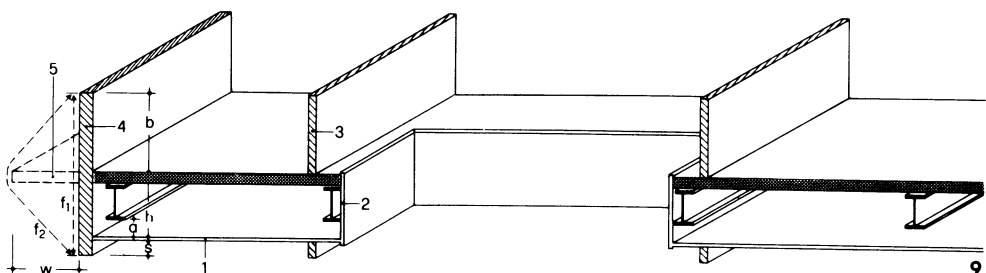
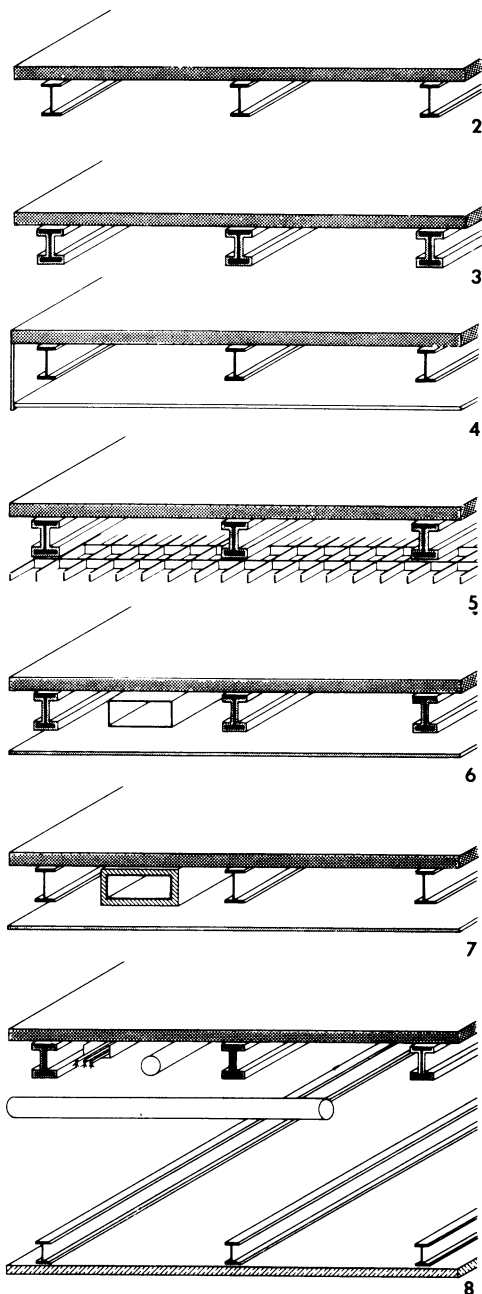
1 потолок подвешен под балками. Далее о потолках — см. с. 281;

2 внутреннее пространство в перекрытиях в примыкании к лестницам и другим проемам отделяется стенкой (выполнение см. с. 293);

3 стены лифтовых шахт и лестничных клеток, играющие роль противопожарных преград. См. также с. 290 и 320;

4 наружная стена определенной степени огнестойкости, которая имеет такие размеры и конструкцию, чтобы путь перехода огня при соблюдении определенной высоты перемычки s и определенной высоты подоконной стенки b , т. е. $f_1 = s + b + h$ был не менее нормативного значения;

5 увеличение пути перехода огня f устройством защитных экранов. Благодаря этому путь переброски огня $\leq f_2 = s + b + h + w$ (см. с. 305).



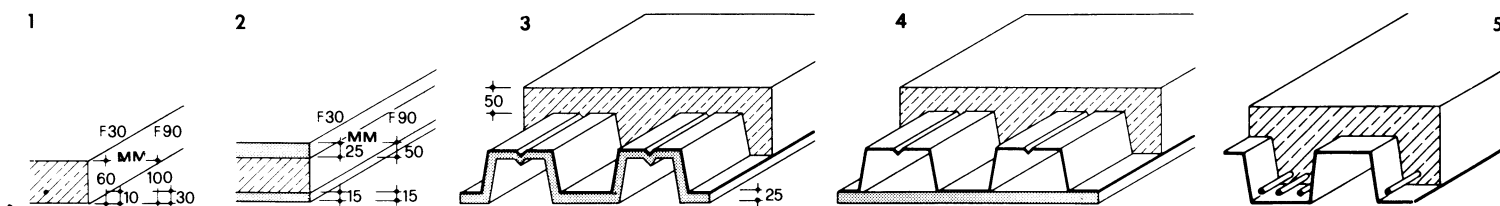
Противопожарная защита плит перекрытий

Если плиты перекрытия должны иметь определенную степень огнестойкости, то следует различать, требуется ли это

для сопротивления действию огня сверху или же сверху и снизу.

Для сопротивления действию огня сверху несущие плиты перекрытия должны иметь требуемую степень огнестойкости.

Огнестойкость железобетонной плиты 90 мин достигается бетонным слоем толщиной 5 см без особых требований к армированию.



1 Плоская железобетонная плита по DIN 4102, лист 4, достигает степени огнестойкости:

30 мин — плита толщиной 60 мм из железобетона или армированного газобетона при толщине защитного слоя для стальной арматуры 10 мм;

90 мин — плита толщиной 100 мм из железобетона или армированного пено- или газобетона при толщине защитного слоя нижней несущей арматуры по крайней мере 30 мм; в неразрезных плитах из железобетона толщиной не менее 100 мм для нижней арматуры требуется защитный слой 10 мм и такой же защитный слой для верхней арматуры (не менее 1/3 площади сечения несущей арматуры).

2 Для перекрытия по рис. 1, не имеющего требуемой степени огнестойкости, необходимо:

для получения степени огнестойкости 30 мин: при действии огня сверху — устройство монолитного пола толщиной 25 мм, при действии огня снизу — слой штукатурки толщиной 15 мм по проволоочной сетке, ребристому или плоскому стальному листу;

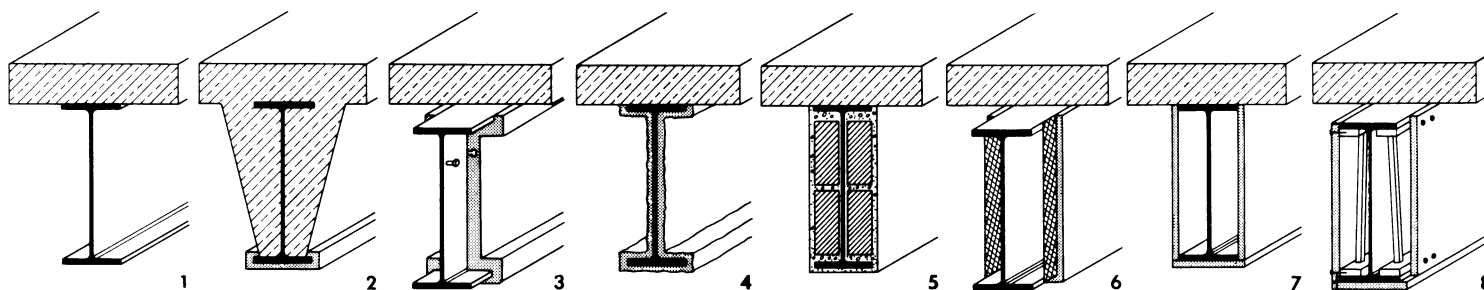
для получения степени огнестойкости 90 мин: при действии огня сверху — бетонный слой толщиной 50 мм, при действии огня снизу — слой штукатурки толщиной 15 мм.

3 Перекрытие с несущим стальным листом. Степень огнестойкости 90 мин дости-

гается: при действии огня сверху — бетонным слоем толщиной 50 мм, при действии огня снизу — слоем вермикулитовой, перлитовой или асбестовой штукатурки толщиной 25 мм.

4 Перекрытие, как в примере 3. Степень огнестойкости 180 мин достигается: при действии огня сверху — как в примере 3, при действии огня снизу — наклейкой вермикулитовых плит толщиной 30 мм

5 Перекрытие, как в примере 3. При дополнительном армировании бетонной плиты и ограниченной полезной нагрузке степень огнестойкости 90 мин достигается без защиты снизу (пример — башня фирмы «Нобель», Париж).



Противопожарная защита балок перекрытий.

1 Степень огнестойкости 30 мин благодаря наличию железобетонной плиты и слоя пенобетона. Преимущество: профиль балок остается открытым; недостаток: при ремонте должно быть обеспечено возобновление материала покрытия.

2 Обетонированная балка по рис. 3 и 6 (с. 278) огнестойка до нижнего пояса. Нижняя сторона полки защищена 25-мм слоем вермикулитовой штукатурки или 40-мм слоем цементной штукатурки по проволоочной сетке или плитами из вермикулита толщиной 25 мм. Обетонирование балки долговечно, но дорого.

3 Балки покрыты бетонным слоем (до установки) по проволоочной сетке. В стенках высоких балок могут быть проделаны отверстия для прокладки коммуникаций. Для

огнестойкости необходим слой бетона толщиной 40—60 мм. Этот метод применяется только при больших сериях балок одного профиля, так как для него необходимы дорогие формы.

4 Многослойное напыление асбестоцементом или вермикулитовым раствором до минимальной толщины слоя 25 мм необходимо для огнестойкости 90 мин. Наиболее часто применяемый и самый дешевый вид противопожарной защиты. Ржавчина и окалина с балок должны быть удалены, однако легкий налет ржавчины безвреден. В высоких балках требуется проволоочная сетка, которая укрепляется с помощью приваренных к балке штифтов. Балки с широкими полками также должны обтягиваться проволоочной сеткой по нижней полке. Наилучшим материалом для противопожарной защиты служат сухие изоляционные плиты.

5 Заполнение пазух балок кирпичом и покрытие слоем штукатурки толщиной не менее 15 мм по проволоочной сетке.

6 Покрытие балки вермикулитовой штукатуркой толщиной 25 мм по сетке.

7 Облицовка балки приклейкой вермикулитовых плит толщиной 25 мм. При склеивании следует иметь в виду, что швы не должны разрушаться в течение времени, соответствующего времени огнестойкости самих плит. Швы заполняются клеем.

8 Укрепленные на гвоздях или шурупах сборные, например асбестовые, плиты, плиты из изотернита, гипсовые плиты и др. Для укрепления плит к балкам должны быть прикреплены деревянные бруски. Швы затираются гипсом. Предел огнестойкости 90 мин, а при изолирующих матах 120 мин.

Потолком называются строительные элементы, которые находятся под несущими конструкциями перекрытия, а в зданиях со стальными каркасами — под плитами и балками перекрытия. Конструкции потолка, которые крепятся непосредственно к плитам перекрытия, — см. с. 280. В сооружениях со стальным каркасом наиболее часто применяются подвесные потолки.

Назначение подвесных потолков

Ограждение объема

Подвесной потолок ограждает помещения сверху, закрывая несущие конструкции и расположенные в зоне перекрытия инженерные коммуникации.

Звукоизоляция

Подвесной потолок регулирует время реверберации в помещении и обеспечивает звукоизоляцию перекрытия между этажами, а также между соседними помещениями одного этажа, если перегородки примыкают к потолку.

Вентиляция

В вентилируемых помещениях или с искусственным климатом в подвесных потолках размещаются агрегаты для выхода и входа воздуха.

Перфорированные потолки служат для распределения приточного воздуха, причем все промежуточное пространство в перекрытии используется как канал для воздушного потока (вентилируемые перекрытия).

Освещение

К подвесному потолку крепятся подвесные светильники.

Встроенное освещение устанавливается в конструкции потолка. В некоторых системах воздушные впускные или выпускные отверстия комбинируются с освещением.

Перпендикулярно поставленные планки или решетки служат для направления или рассеивания света и одновременно создают зрительное завершение поверхности потолка.

Отопление

В подвесных потолках размещаются излучающие агрегаты отопления.

Спринклерные установки

На подвесных потолках устанавливаются чувствительные датчики и выпускные сопла.

Инженерные коммуникации для лабораторий

Лабораторные столы обеспечиваются подводками, выпущенными из зоны междуэтажного перекрытия; подающие линии расположены во внутреннем пространстве перекрытия и пропущены сквозь подвесной потолок через специальные отверстия.

Противопожарная защита перекрытий по стальным балкам

Подвесные потолки с находящимися над ними стальными балками, не имеющими необходимой огнестойкости, образуют общую конструкцию перекрытия определенной огнестойкости. Так же обеспечивается огнестойкость и перфорированных вентилируемых перекрытий. Встроенные осветительные всасывающие и подающие воздушные агрегаты должны быть облицованы так, чтобы в местах, где они проходят, обеспечивалась противопожарная защита.

Конструкция подвесных потолков

Подвесной потолок состоит из потолочной оболочки, поддерживающих ее балок и подвесок или других креплений.

Имеется много конструкций подвесных потолков; наряду с издавна применяемыми классическими конструкциями применяются новые типы конструкций, которые постоянно создаются вновь для определенных целей. В рамках этой книги рассматриваются лишь потолки, конструкции которых типичны для сооружений со стальным каркасом. Особое внимание уделено конструкциям, которые, согласно рис. 1, обеспечивают противопожарную защиту перекрытия из стальных балок снизу и одновременно служат потолком. Такие потолки незначительно дороже более легких потолков, которые не создают защиту от огня. Для рентабельности стальной конструкции имеет особое значение выбор такого потолка, который наряду с другими требованиями может отвечать без больших дополнительных затрат требованиям противопожарной защиты. В зданиях с подобными потолками расходы на остальные строительные противопожарные меры невелики, так как перекрытия составляют подавляющую часть строительных элементов, обеспечивающих огнестойкость здания. В примерах, рассмотренных на с. 279 (рис. 5, 6 и 8), несмотря на наличие потолка, требуется дополнительная противопожарная защита элементов несущего перекрытия, а также плит и балок перекрытия.

Различают три вида подвесных потолков.

Оштукатуренный потолок

Оштукатуренный потолок состоит из штукатурки по несущей основе. Недостатки

его: для осмотра зоны междуэтажного перекрытия потолок требуется разрушать, а при устройстве таких потолков в здание вносится влага и грязь при монтажных работах.

Потолки из сборных плит

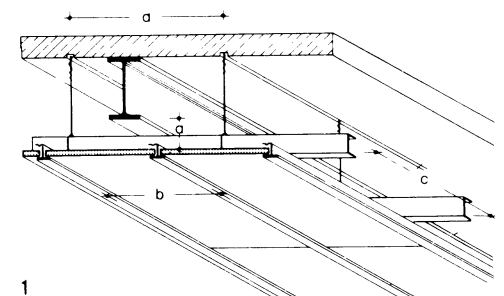
Плиты крепятся к несущему основанию, а швы заделываются так, что снизу он выглядит бесшовным. Зона перекрытия при этом остается недоступной, но плиты могут быть навешены всухую без увлажнения и грязи.

Потолки из съемных элементов

Съемные потолки имеют преимущества сухого монтажа. Швы, если они есть, закрываются всухую. Возможна выемка отдельных элементов без повреждений соседних. При сборно-разборных системах элементы потолка могут быть вынуты неразрушенными и обеспечивают доступ к инженерным коммуникациям в зоне междуэтажного перекрытия.

Для того чтобы подвесной потолок придавал перекрытию желаемую степень огнестойкости, должны быть выполнены требования, которые предъявляются при пожарных испытаниях. К ним относятся: материал и толщина подшивки потолка; материал, конструкция и размеры несущей системы; материал, конструкция и размеры системы подвесок.

Особенно важно соблюдение следующих размеров (рис. 1):



a — расстояние в свету от оболочки потолка до защищаемых стальных конструкций;

b — шаг планок или балок, которые непосредственно несут оболочку потолка;

c — шаг несущих профилей;

d — шаг подвесок в направлении несущего профиля.

Если конструкции выполнены с некоторыми отклонениями от этих требований, то в большинстве случаев нет необходимости повторять общие пожарные испытания. Часто бывает достаточно небольшого дополнительного испытания или экспертизы, которыми на основании ранее проведенных опытов оценивается ожидаемое поведение конструкции и подтверждается заключением.

Материалы для лицевой поверхности потолка

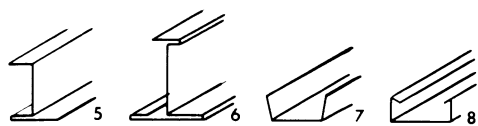
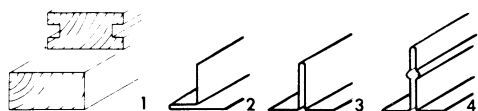
- Известковая штукатурка.
- Цементная штукатурка.
- Гипсовая штукатурка.
- Ангидритовая штукатурка.
- Вермикулитоцементная или перлитцементная штукатурка.
- Асбестоцементная штукатурка.

Материалы для несъемных потолков из сборных плит

- Древесноволокнистые легкие плиты с незначительной степенью огнестойкости.
- Гипсовые плиты.
- Гипсокартонные плиты.
- Специальные асбестоцементные плиты.
- Минераловатные плиты.
- Комбинация разных материалов с покрытием сверху минераловатными матами.

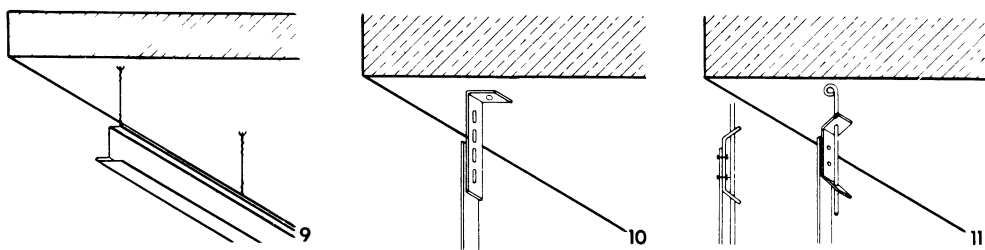
Материалы для потолков из съёмных плит

- Пропитанные антипиренами древесностружечные плиты для ограниченной степени огнестойкости.
- Сборные гипсовые плиты.
- Минераловолокнистые плиты.
- Гипсокартонные плиты.
- Гипсоперлитовые плиты.
- Вермикулитовые плиты.
- Специальные асбестоцементные плиты, применяемые либо самостоятельно, либо в комбинации друг с другом, либо с прокладкой минераловатных матов.



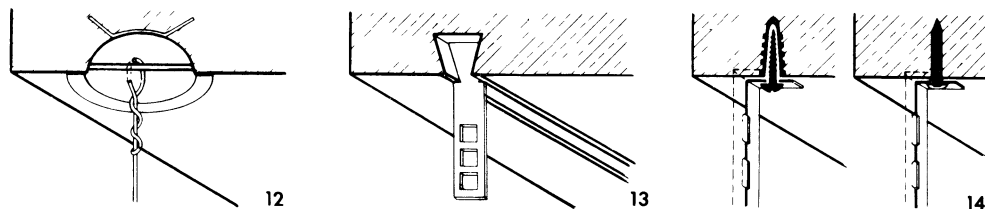
Несущие профили для потолков

Применяются профили из деревянных реек или из тонких стальных листов. Деревянные рейки (рис. 1) применимы только для конструкций ограниченной степени огнестойкости — не более 30 мин. Они легко обрабатываются и особенно удобны в сочетании с штукатурными потолками и потолками из сборных плит. Применяются также Т-образные профили (рис. 2—4), на полки которых укладываются сборные плиты. Системы 5 и 6 также применяются с плитами, укладываемыми на нижние полки профилей, которые частично закрывают или облицовывают пленкой. Находят применение также рейки швеллерообразной формы (рис. 7 и 8).



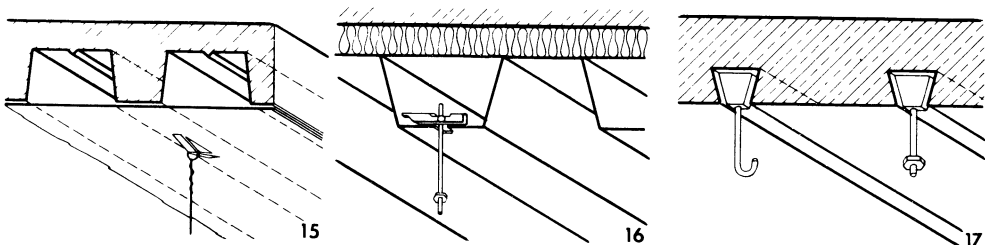
Подвески для потолков

9 Проволочная подвеска для простых случаев. 10 Полосовая сталь с отверстиями для установки потолка на нужном уровне с помощью болтов. 11 Круглая или полосовая сталь, пропущенная через зажимные пружинящие листы, которые обеспечивают изменение длины подвески.



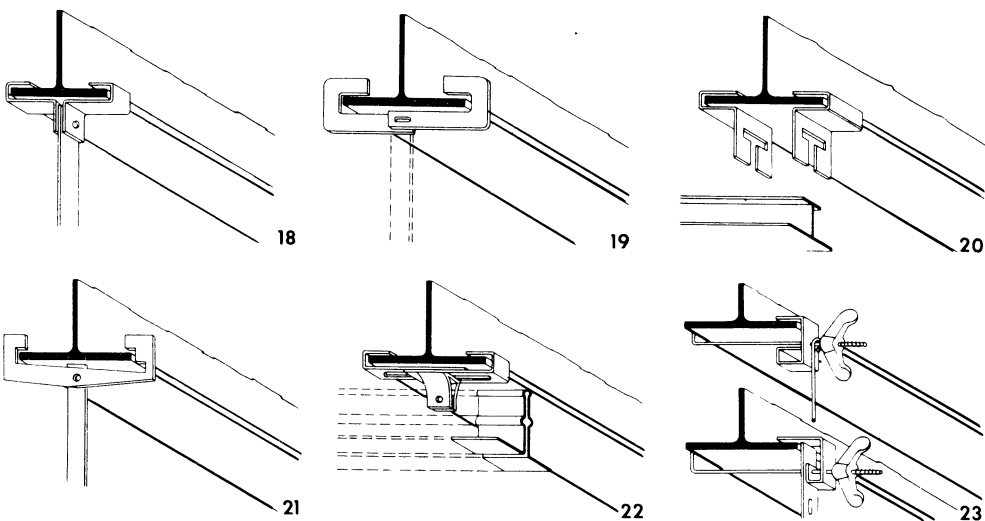
Крепление к массивным перекрытиям

12 Зabetонированное гнездо из синтетических материалов. 13 Зabetонированная анкерная планка с пазом. 14 Крепление с помощью винтов, вставленных в просверленные отверстия, или пристреливаемых штырей.



Крепление к стальному перекрытию

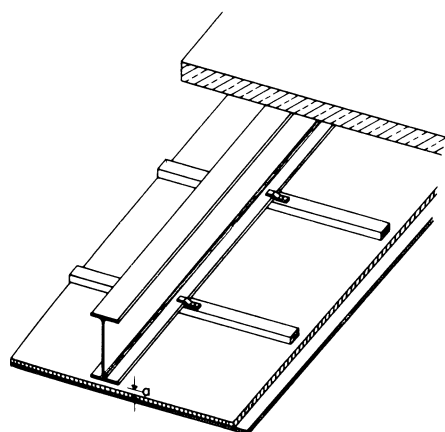
15 Перекрытие Робертсона с применением плоских листов, имеющих штампованные петельки для подвески осветительных приборов. 16 Крепление осветительных приборов к профилированному настилу с помощью анкеров. При обетонированных листах приборы крепятся, как на рис. 14. 17 Перекрытие типа Холориб с смонтированными анкерными шинами.



Крепление к поясам балок

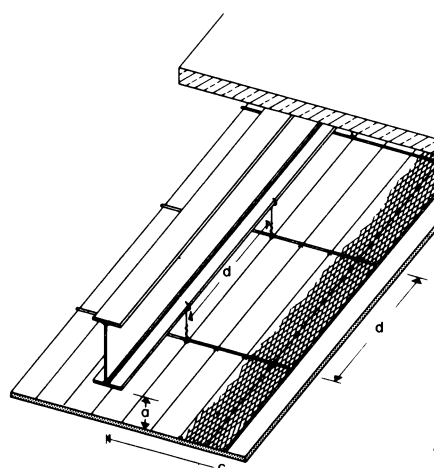
18 Поясная скоба. 19 Скоба из двух частей, соединенных продольным отверстием, необходимым для регулирования по ширине полки. 20 Поясная скоба из двух частей с Т-образными прорезями для вдвигания балок. 21 Листовая скоба, которую можно насаживать в любом месте. 22 Поясная скоба из двух частей и продольная каретка для передвижки места крепления. 23 Болт с Г-образной головкой и зажимными деталями.

Звукопоглощающая способность штукатурных потолков незначительна. Ее можно повысить применением подвесных мягких сборных элементов, которые могут состоять из сгораемого материала. Возможна комбинация этих потолков с встроенным освещением, но она не рекомендуется, так как места подключения его к проводке недоступны. Встроенные осветительные приборы должны иметь соответствующую огнезащиту. Вентиляционные отверстия в данном случае не делаются из-за невозможности доступа к ним в дальнейшем.



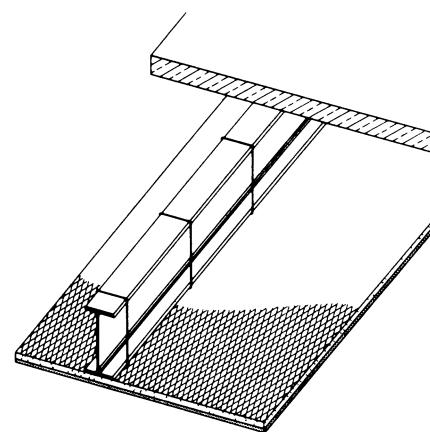
1

1 Степень огнестойкости 30 мин. 15 мм известково-цементной штукатурки на легких плитах или другой несущей основе. Крепление к деревянным рейкам. Дешевый потолок для невысоких требований по огнестойкости. Расстояние a от штукатурного слоя до балки равно толщине деревянных реек.



2

2 Вермикулитовая, перлитоцементная или гипсовая штукатурка толщиной 25 мм по несущей основе из рифленого металла подвешивается на круглых стержнях диаметром от 5 до 8 мм с шагом $d=200...600$ мм. Шаг подвесок $c=300...1000$ мм, расстояние a штукатурного слоя до балки от 10 до 60 мм, степень огнестойкости 120—180 мин.

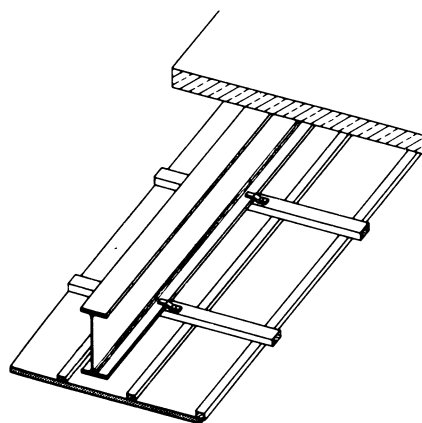


3

3 Вермикулитогипсовый раствор толщиной 20 мм с гладким слоем по рифленому металлу без планок. Шаг подвесок по оси балки 200 мм, перпендикулярно оси балки 700 мм, огнестойкость 180 мин.

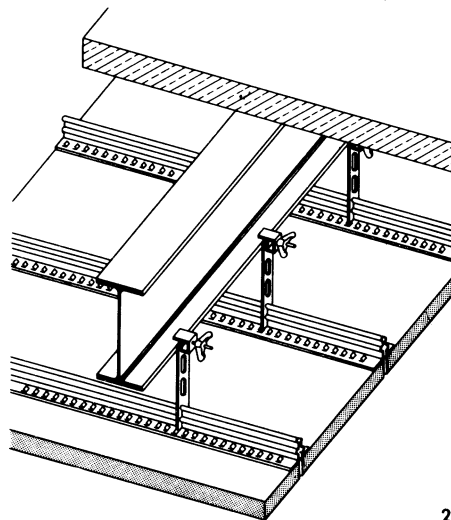
Подвесные потолки из сборных плит

Применение сборных несъемных (замоноличенных) плит для подвесных потолков рекомендуется, если не требуется доступа к пространству в перекрытии и акустические свойства такого перекрытия достаточны.



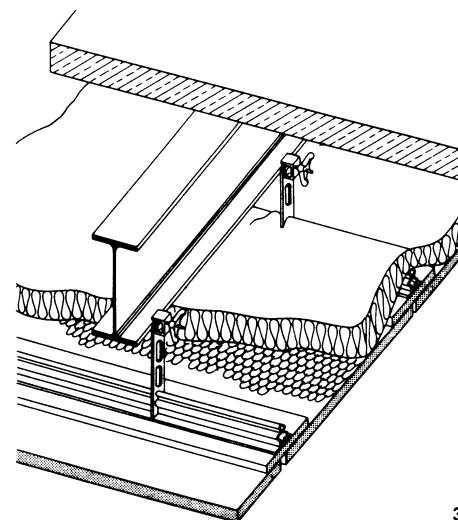
1

1 Дешевый потолок с огнестойкостью 30 мин. Гипсокартонные или гипсовые плиты на деревянных планках.



2

2 Огнестойкость 90 мин. Гипсокартонные плиты (15 мм), прикрепленные болтами к защищенному листовым профилям.



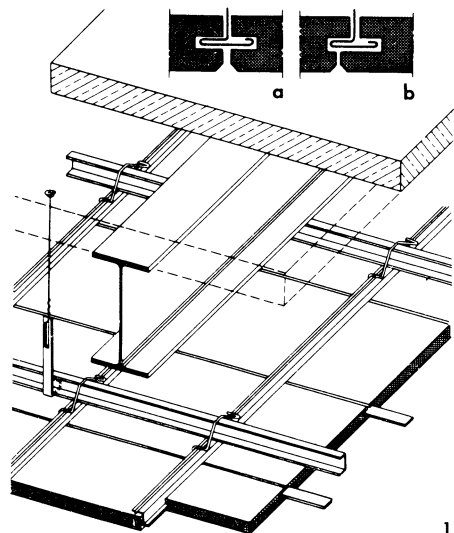
3

3 Огнестойкость 120 мин. Изотермитовая плита 10 мм акционерного общества «Этернит» (Западный Берлин) с простеганными минераловатными матами. Силановая штукатурка 40 мм по проволоочной сетке; стыки плит перекрыты полосами из изотернита 100/10 мм.

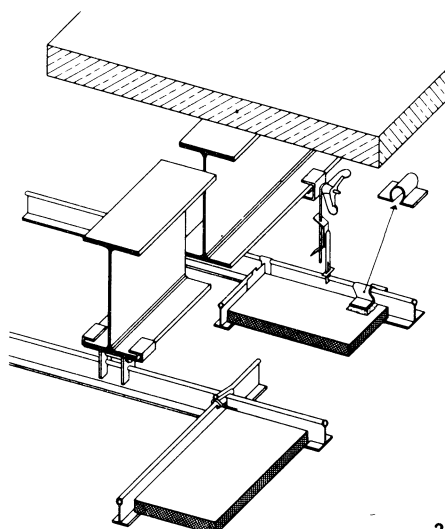
Потолки могут монтироваться со скрытым или открытым каркасом. Направляющие планки дают четкое членение потолка. Плиты потолка могут легко выниматься. Этот вид потолка рекомендуется в том случае, когда

пространство в перекрытии должно быть легкодоступным. В качестве материала для сборных потолков особенно целесообразны минераловатные плиты, которые имеют также хорошие акустические свойства. Звуко-

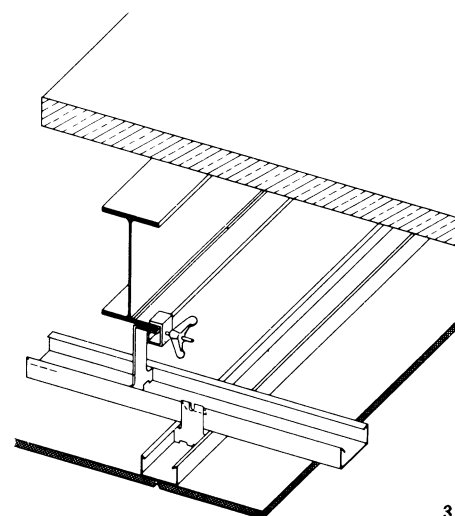
изолирующая способность потолков может быть повышена укладкой поверх потолка минераловатных матов, которые к тому же повышают степень огнестойкости потолка.



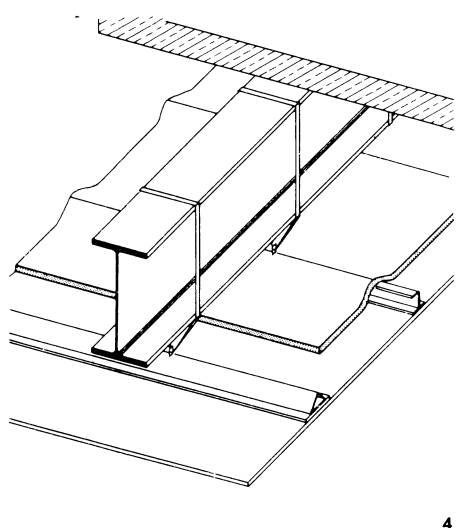
1 Края плит потолка имеют пазы, в которые вставляются скрытые направляющие шины. Поперек шва вставляется полосовая сталь, степень огнестойкости 90 мин. Отдельные плиты могут быть вынуты со срезной фальцев. Неразрушенными могут быть удалены лишь крайние плиты каждой полосы. Специальная форма пазов *b* облегчает демонтируемость плит.



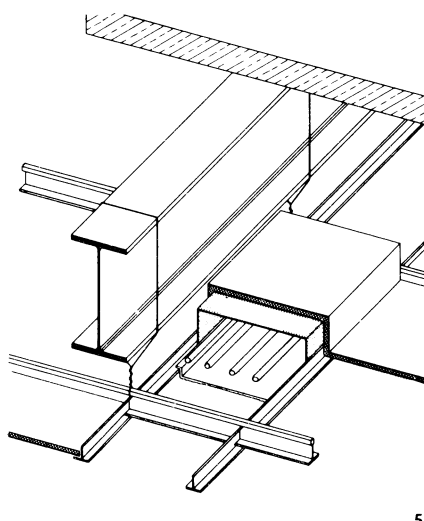
2 Направляющие шины открытые; плиты лежат на полках тавров. Степень огнестойкости 90 мин. Плиты потолка закреплены зажимными хомутами. Направляющие шины в случае пожара должны свободно удлиняться, поэтому не должны вплотную примыкать к стенам.



3 Плиты перекрытия привинчены к швеллерным планкам и могут отвинчиваться без повреждения.

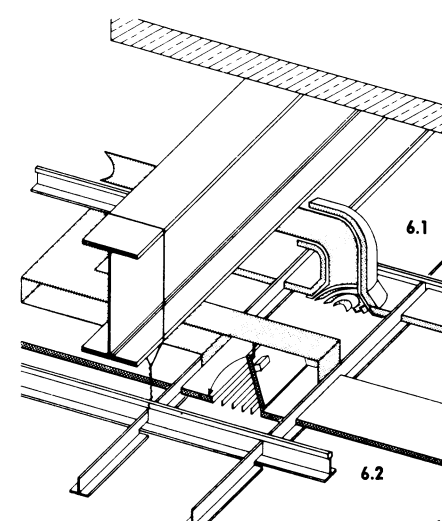


4 Улучшение степени огнестойкости и акустических качеств достигается путем укладки минераловатных матов; для огнестойкости 180 мин применены асбестоцементные плиты «Нобранда» толщиной 10 мм и маты «Базалан» из базальтового волокна толщиной 37 мм.



5 Минераловатные плиты со встроенными светильниками. Защитное действие потолка не нарушается благодаря огнестойкой облицовке осветительных элементов.

6.1 Выпуск холодного воздуха и подающий трубопровод защищены минераловат-



ными матами, а потому горячие газы не проникают к перекрытию.

6.2 Та же цель достигается заслонками, закрывающимися при высокой температуре. Заслонки перекрывают отверстия с высокой степенью огнестойкости.

Чем больше оборудования необходимо в здании, тем тщательнее должна планироваться прокладка инженерных коммуникаций. Обстоятельные расчеты потребности в освещении и энергии, а также в климатических установках так же нужны, как и проектирование магистралей для подачи теплого и холодного воздуха, редукции и сушки воздуха и т. д. Все же часто не обеспечивается правильная координация прокладки технических линий с конструкцией несущей системы. Во многих случаях несущие конструкции и прокладка технических линий планируются независимо друг от друга. Нередко несущие конструкции бывают уже запроектированы и даже возведены, в то время как проектирование

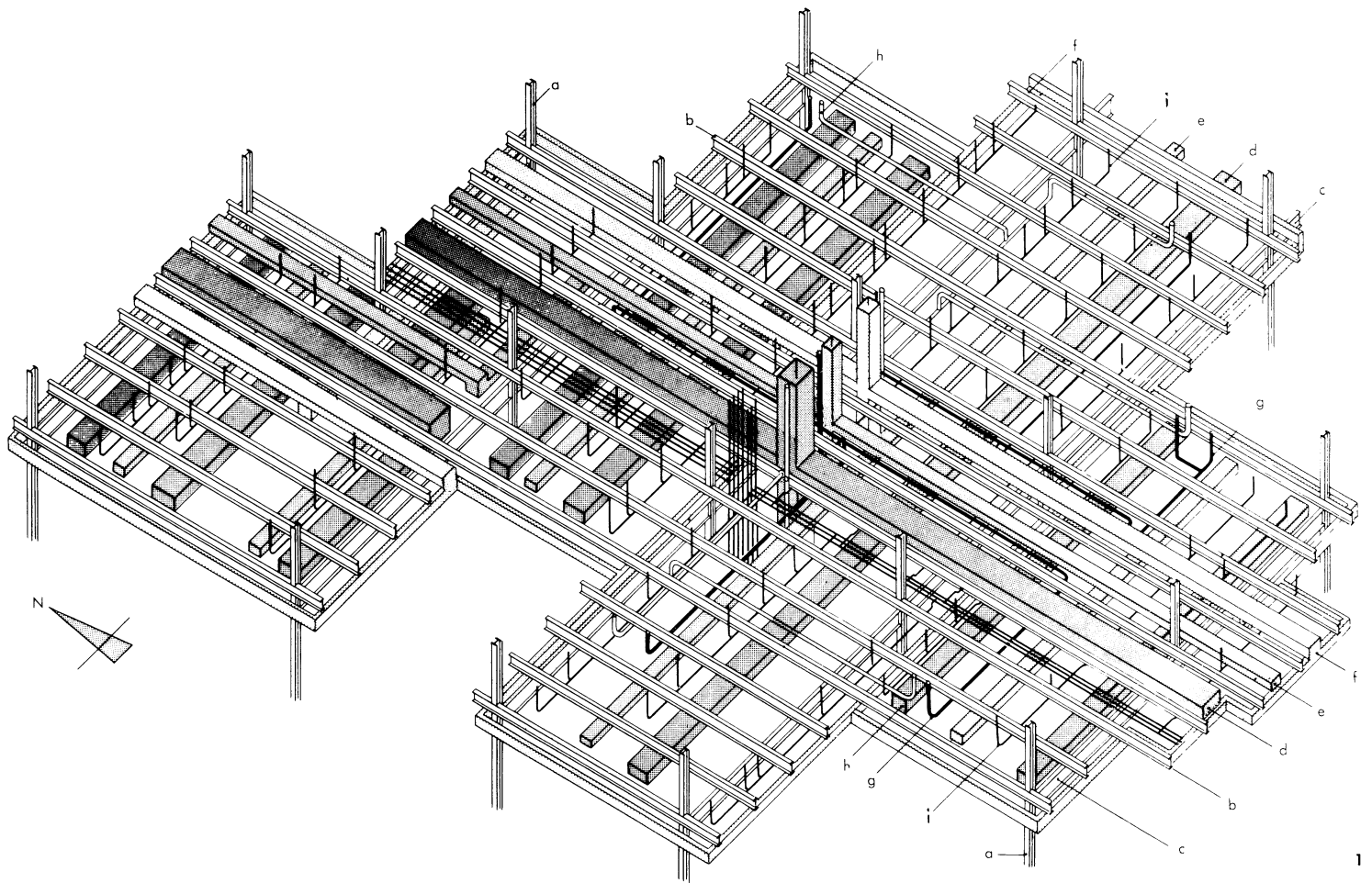
технического оборудования запаздывает. В подобных случаях нужно предусматривать максимальный объем внутри перекрытий, чтобы иметь возможность размещать непредусмотренные в начале строительства коммуникации и их реконструкцию в будущем.

К правильным экономичным решениям приводит заблаговременное проектирование оборудования и проводка инженерных коммуникаций одновременно с возведением несущих конструкций.

Целесообразное расположение балок, колонн и конструкции перекрытия может дать значительную экономию средств на прокладке инженерных коммуникаций, а повышение стоимости несущего перекрытия

лишь незначительно увеличит общие расходы.

Оптимальная общая стоимость (см. с. 171) получается при расположении элементов, несущих нагрузку, в двух плоскостях, когда все элементы, идущие в одном направлении, лежат в верхней, а элементы, идущие в поперечном направлении, — в нижней плоскости. Благодаря этому проводки двух направлений не мешают друг другу. Для перекрещивания проводящих элементов может быть использовано пространство над подвесным потолком. Только канализационные линии на длинных участках с естественным уклоном в пространстве перекрытия иногда не укладываются в зазор над подвесным потолком и требуют устройства отверстий в балках.

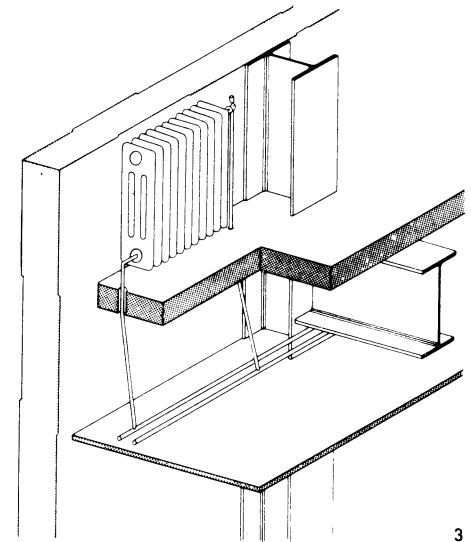
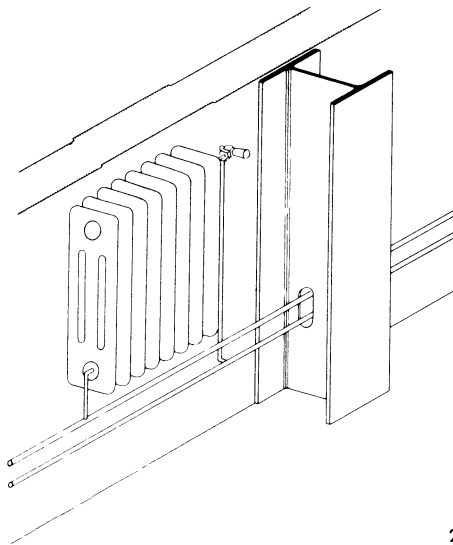
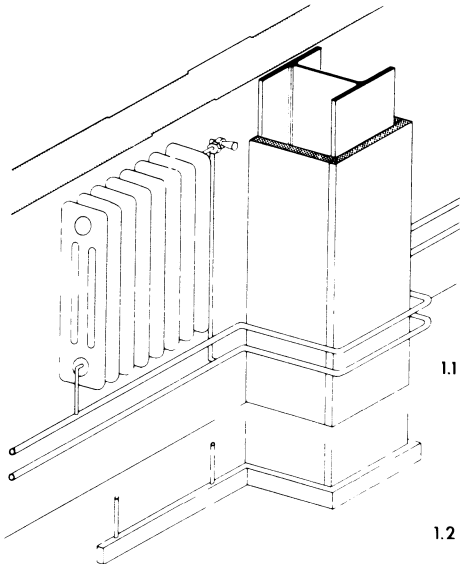


- a колонны
- b балки перекрытия
- c прогоны
- d трубопроводы с отработанным воздухом
- e линия приточного воздуха низкого давления
- f то же, высокого давления
- g подводящий водопровод
- h водопровод
- i сильно- и слаботочные линии

1 Центральная шахта обслуживает здание с сильно расчлененным планом. Основные проводящие линии различных систем (вода, газ, воздух, теплоноситель и др.) идут от шахты в одном направлении в верхней плоскости перекрытия. Ответвления от них идут в перпендикулярном направлении

в плоскости прогонов. Диагональное направление нуждается в дополнительной линии, которая обеспечивается подводящими линиями, расположенными в нижней плоскости прогонов. Линии высокого давления идут вдоль фасада и имеют выходы в соответствующих местах плана.

Радиаторы водяного отопления стоят, как правило, под окнами. Если наружные колонны стоят непосредственно у наружных стен, то линии горячей воды обводятся вокруг колонн или проходят сквозь них. Имеются следующие возможности.



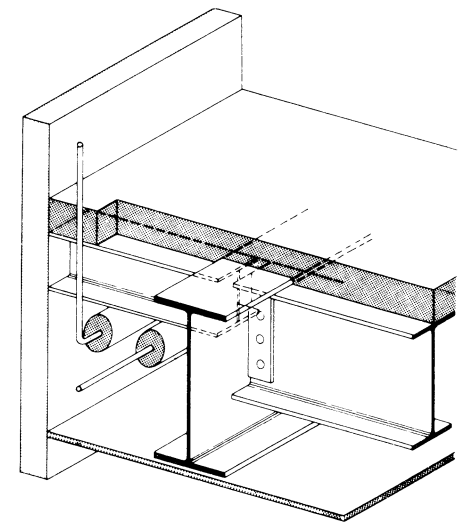
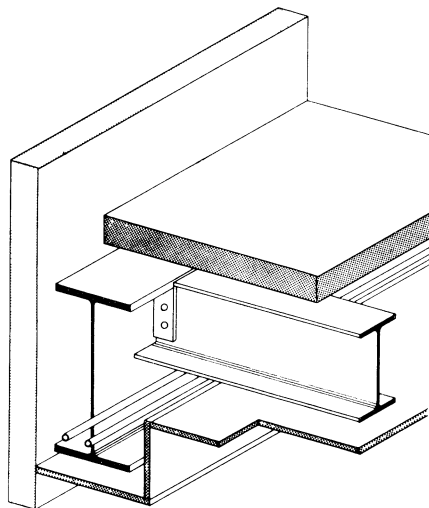
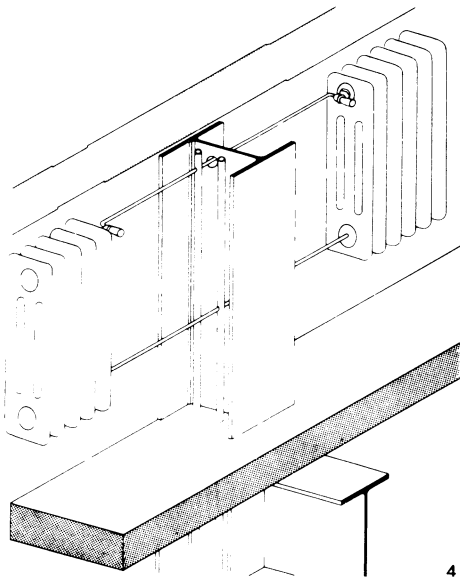
1.1 Обе трубы двухтрубной линии проводятся вокруг колонны. Это не лучшее решение, которое не годится для помещений с повышенным уровнем архитектурного оформления.

1.2 Приемлемое решение при однотрубном отоплении, расположенном в плинтусах.

2 Часто бывает возможно пропускать трубы отопления сквозь отверстие в стенке колонны вместе с огнестойкой облицовкой.

3 Чистое решение дает проводка линий отопления в зоне перекрытия под несущими балками. Отверстия в плитах перекрытия для подводящих и отводящих труб либо

просверливаются по месту, либо закладываются заранее пробками при бетонировании. При этом выдерживание требуемых допусков легче при сборных железобетонных плитах, чем в перекрытиях из монолитного бетона.



4 Подводящие и отводящие линии расположены вертикально между полками балки и обеспечивают размещение радиаторов право и влево от колонны (см. с. 238, рис. 4).

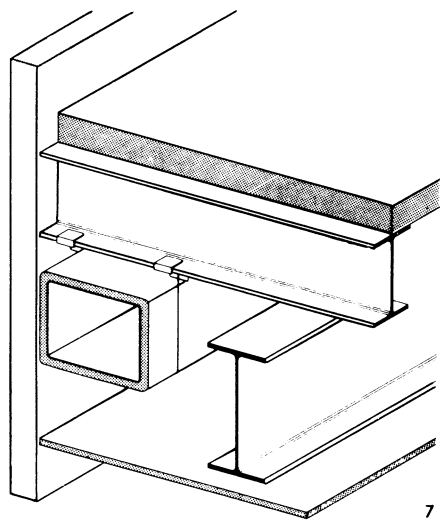
5 Колонны и прогоны стоят вплотную к наружной стене. Плита перекрытия имеет большой свес. Пространство между про-

гоном и фасадом не может использоваться для укладки труб отопления или других трубопроводов, так как оно после установки наружной стены станет недоступным; поэтому трубы проводятся с внутренней стороны прогона. Подвесной потолок может быть подтянут до низа балок перекрытия. Облицовка прогона, лежащего рядом с

наружной стеной, выполняется с образованием уступа.

6 Колонны и прогон отстоят от фасада настолько, что сами плиты недостаточно прочны для образования консоли и должны подпираться специальными консольными балочками, под которыми можно расположить технические линии.

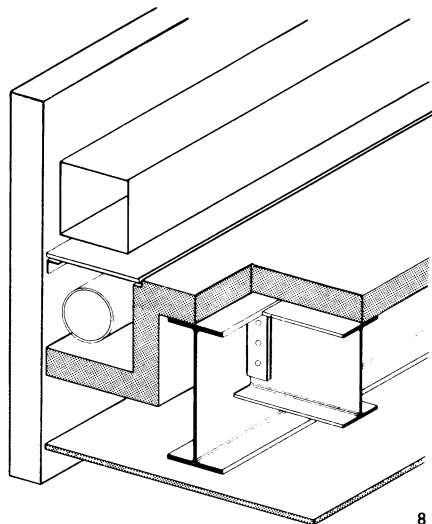
Особую проблему представляет устройство воздушных линий высокого давления для кондиционеров под окнами. Для ее решения имеется несколько возможностей:



7

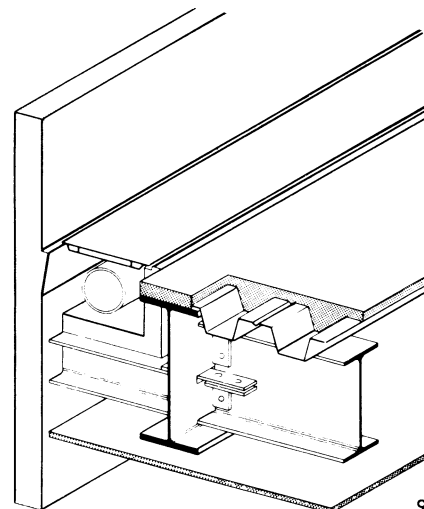
7 Балки перекрытия лежат на прогонах и выступают консольно. В зоне перекрытия между наружной стеной и прогоном оставлено пространство для воздушных проводов.

8 Целесообразное решение для размещения воздушных трубопроводов высокого давления — трубчатый канал под уровнем пола



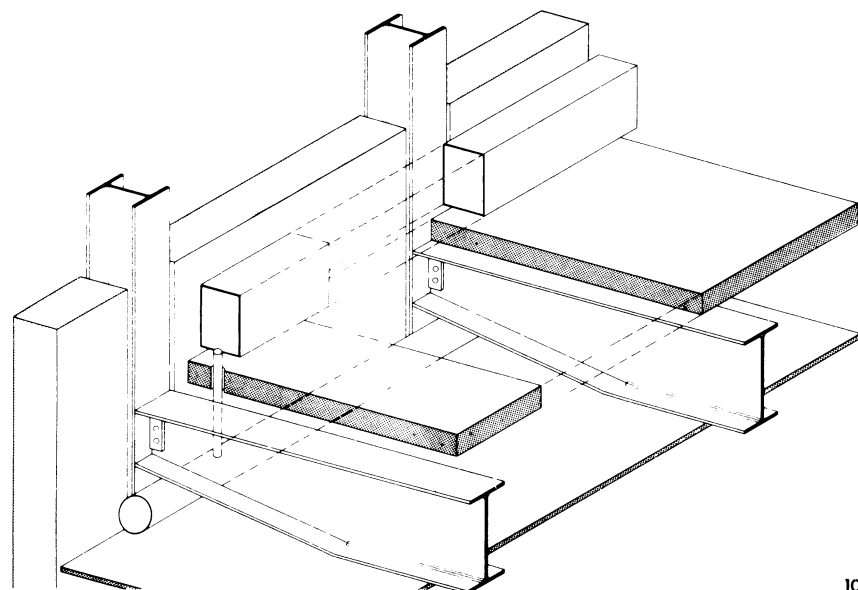
8

непосредственно у наружной стены, перед колоннами. Плита перекрытия опускается вниз, образуя канал, отделяющий этажи друг от друга с соблюдением условий пожаро- и звукоизоляции. В трубчатом канале могут быть проведены также и другие линии, например трубопровод с горячей водой. Решение 7 более экономично. Отверстия



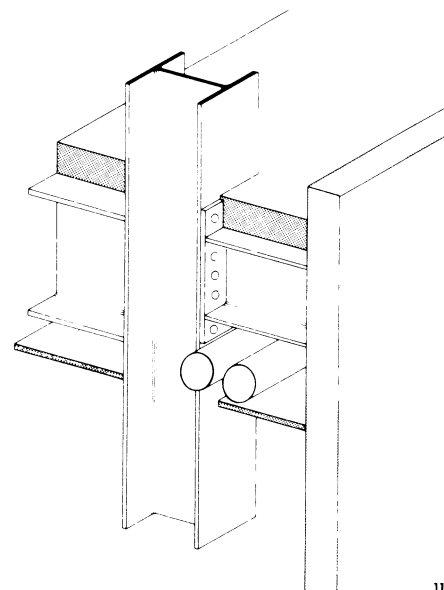
9

для выпусков должны быть тщательно размечены или дополнительно просверлены. **9** Канал высокого давления для кондиционера, доступный сверху, изготовлен из готовых элементов, которые покоятся на глубоко расположенных консольных балочках. Готовые детали должны соответствовать требованиям звукоизоляции и противопожарной защиты.



10

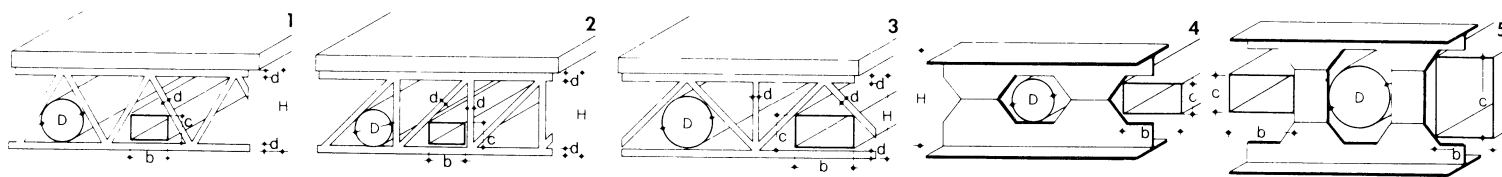
10 При малом шаге наружных колонн с примыканием балок перекрытия к каждой колонне вентиляционная линия высокого давления проводится в зоне перекрытия. Чтобы уменьшить высоту перекрытия, можно уменьшить высоту балки перекрытия у опоры, насколько это позволит расчет. Трудоемкое решение.



11

11 Воздуховод в зоне перекрытия между колоннами и стеной под консолями, которые несут перекрытие и стеновые панели.

Таблицы дают исходные данные для размеров труб, которые могут быть различным способом пропущены сквозь отверстия в стальных балках. Предполагается, что в решетчатых балках пояса и элементы решетки имеют одинаковую ширину, равную 15% высоты балки. Балки с отверстиями (перфорированные балки) имеют разрез по системе Литцке. Соединительные планки на рис. 5 имеют высоту 20 см.



H	40	60	80	100
d	6	9	12	15
D	18	28	37	46
c/b=1/4	6/24	9/36	12/48	15/60
c/b=1/2	10/20	15/30	20/40	26/52
c/b=1/1	15	22	30	37

H	40	60	80	100
d	6	9	12	15
D	16	25	33	41
c/b=1/4	5,5/22	8/37	11/45	14/53
c/b=1/2	9,5/19	14/28	19/38	23/46
c/b=1/1	15	22	30	37

H	40	60	80	100
d	6	9	12	15
D	22	33	42	56
c/b=1/4	9/36	13/52	17/68	22/88
c/b=1/2	13/26	20/40	25/50	33/66
c/b=1/1	18	27	34	45

IPE	27	36	45	60
H	40	50	65	80
D	22	28	37	40
c/b=1/4	6/24	9/35	9/37	12/47
c/b=1/2	11/21	15/30	16/32	20/40
c/b=1/1	17	24	27	33

IPE	27	36	45	60
H	60	70	85	100
D	28	41	41	56
c/b=1/4	7/28	10/40	10/40	14/56
c/b=1/2	13/26	20/40	20/40	25/50
c/b=1/1	25	32	34	41

c/b=2/1	36/18	46/23	50/25	58/29
c/b=4/1	40/10	48/12	60/15	60/15

Электропроводки в перекрытиях

Размещение электропроводок и постоянное наблюдение за ними при возрастающей механизации административных зданий требуют все большего внимания. В служебных зданиях должна предусматриваться возможность высокой степени электрификации технического оборудования. С применением электровычислительных машин все больше рабочих мест будет оснащаться устройствами, которые требуют подводящих кабелей. Развитие электронных средств обучения в школах и университетах в будущем будет требовать также обширной кабельной сети.

Необходимо изучить следующие вопросы:

необходимы ли ответвления кабельных линий?

имеется ли потребность протягивать дополнительные кабели?

необходимо ли прокладывать новые кабельные трассы?

должны ли кабели быть доступны или последующий монтаж сетей может производиться под перекрытием после удаления потолка?

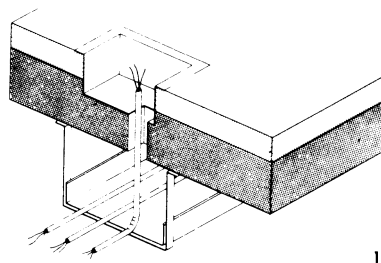
Электрические кабели, укладываемые на несущую плиту перекрытия, должны быть защищены слоем монолитного бетона. Его толщина зависит от способа кабельной прокладки:

от 3 до 5 см для тонких изолированных проводов;

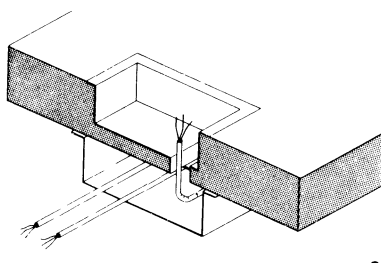
от 4 до 8 см для проводок в трубах; от 8 до 10 см для кабельных каналов.

Устройство монолитного пола повышает вес перекрытия.

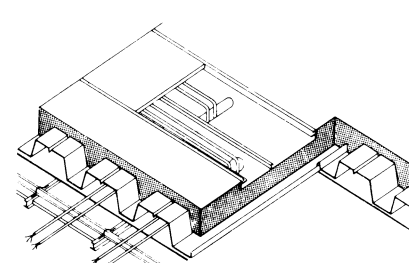
Преимущества укладки кабелей на основном перекрытие следует сопоставлять с перерасходами, вызванными увеличением веса перекрытий. Несущее железобетонное перекрытие имеет толщину всего около 10 см, а бетон на перекрытии из стальных листов — только 5 см. Таким образом, укладываемый на перекрытие монолитный пол может увеличить вес перекрытия более чем вдвое. Вследствие этого значительно повышается стоимость всей несущей конструкции.



1



2



3

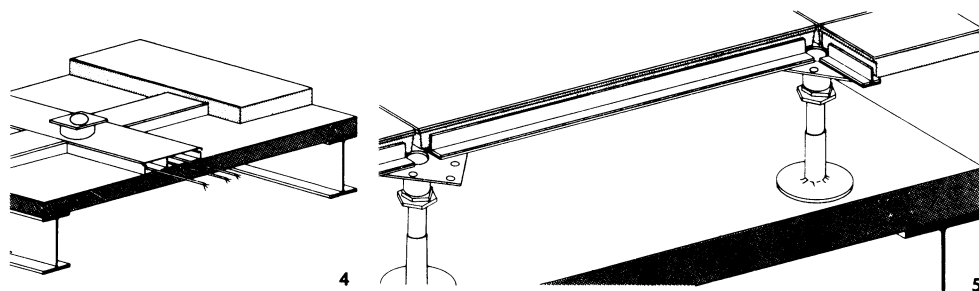
1 Кабели проложены в зоне перекрытия на специальной подвесной платформе и доступны с нижнего этажа. Несущее перекрытие имеет отверстия, через которые в ходе строительства монолитного покрытия могут быть пропущены дополнительные проводки. Простое решение. В нем возможно последующее добавление кабелей через отверстия в потолке нижележащего этажа.

2 Улучшенное решение 1. Кабельная ванна подвешена непосредственно под перекрытием. Монтаж может производиться только через отверстия с верхнего этажа. При сборных плитах перекрытий с гладкой поверхностью и непосредственной укладкой пола возможна установка монтажных коробок. Над отверстиями для прокладки кабелей отсутствует противопожарная защита, но эти отверстия можно прикрыть бетонными элементами или другими защитными крышками.

3 Робертсон Q — Floor, типы QF2 и QF4. Трапециевидный настил с приваренными снизу плоскими листами создает сквозные пустоты в перекрытии. Разводка выполняется в идущих поперек каналах в зоне набетонки. Следует обратить внимание на то, что в местах, где перекрещиваются верхние и нижние каналы, огнезащита отсутствует, что в данном случае допускается нормами.

4 Кабельные каналы из стали или пластика уложены на несущую плиту перекрытия под монолитный пол толщиной 8—10 см. Это дает большую свободу размещения электропроводок.

5 Пол приподнят над перекрытием для образования зоны с высокой насыщенностью электропроводкой, например для распределительной сети. Опоры — с винтовыми регуляторами для выравнивания чистого пола при неровностях несущей конструкции перекрытия.



Полы

На несущие перекрытия здания со стальным каркасом можно нанести любое покрытие. Следует обратить внимание на следующие положения:

допуски несущих перекрытий часто меньше, чем в других конструкциях; пол должен иметь по возможности ограниченный вес, чтобы не влиять отрицательно на снижение материалоемкости, достигнутое применением стального каркаса;

кабели можно прокладывать в монолитном покрытии;

следует избегать плавающего пола, если перегородки требуются перемещать; звукоизоляция должна быть достигнута другими мерами (см. с. 321).

Перекрытия с бесшовным полом

Цементный монолитный пол должен быть толщиной от 4 до 6 см и при высоких нагрузках должен иметь легкое проволочное армирование. Цементный пол небольшой толщины может крошиться или отделяться от основания при прогибе перекрытия. Поэтому применяется пол с монолитным покрытием из искусственного пластичного материала.

Так как соблюдение допусков в стальном каркасе точнее, чем при других способах строительства, то верхняя плоскость перекрытий получается более ровной. Это учитывается при различных способах возведения перекрытия следующим образом:

монолитное бетонное перекрытие по стальным балкам может обеспечить относительно ограниченную точность; выравнивающий слой должен иметь толщину от 4 до 6 см;

в перекрытии из сборных железобетонных элементов или профилированных листов с набетонкой монтаж ведется с большой точностью, так что при тщательном выполнении достаточно тонкого покрытия из искусственного материала.

Настил пола на перекрытие

При укладке сборных железобетонных плит по стальным балкам достигается такая

точность, что пол можно настилать непосредственно на несущую конструкцию перекрытия. Особенно ровная поверхность плит достигается при бетонировании в металлической листовой опалубке лицевой поверхностью вниз или при бетонировании в нормальном положении с тщательной зачисткой и выравниванием поверхности бетона.

Допуски опорных поверхностей бетонных плит по стальным балкам получаются очень жесткими.

Тщательная укладка железобетонных плит исключает попадание посторонних предметов между балками и железобетонными плитами и изменение уровня основания под пол. В этом случае можно уменьшением толщины выравнивающего слоя уменьшить вес здания, а все перекрытие может быть выровнено очень точно. При изготовлении в сборные железобетонные плиты могут быть вбетонированы различные технические устройства, как, например, коробки для электрического подключения, впуски и выпуски для отопления и водопровода, крепления и резьбовые соединения для оборудования.

Перекрытия без чистого пола

Перекрытия в технических или подвальных этажах, а также перекрытия для передвижения пешеходов или автомобилей (например, поверхность, на которой стоят автомобили в гараже) часто не нуждаются в специальном покрытии. В этом случае требуется повышенное сопротивление истиранию поверхности перекрытия, предотвращение его изнашиваемости и образования пыли, водонепроницаемость.

Чем выше качество бетона, тем выше прочность на истирание. Шероховатость поверхности плит перекрытий, предназначенных для ходьбы, достигается устройством слоя из песка или корунда на синтетической связке. Шероховатую поверхность перекрытий для движения транспорта получают рифлением сырого бетона.

Различают водонепроницаемость самих железобетонных плит и швов. Плиты из высококачественного бетона или из бетона с уплотнительной претишкой в большинстве случаев водонепроницаемы. Водонепро-

ницаемость рабочих швов или швов между сборными железобетонными плитами достигается следующим образом.

Стыки покрывают долговечной эластичной мастикой. Швы должны иметь такую ширину, чтобы мастика при деформации эластичной замазки на $\pm 20—25\%$ имела по крайней мере четырех-пятикратную ширину против ожидаемой свивжки обоих краев плит друг против друга.

Швы перекрывают твердым покрытием, например растворами пластмассы, усиленной стекловолокном.

Перекрытия с плавающим полом

Пол на мягком основании, не связанный с наружными или внутренними стенами (плавающий пол), обеспечивает особенно хорошую звукоизоляцию от ударного шума. Степень улучшения звукоизоляции от шагов составляет 18—28 дБ. В этом случае перегородки должны стоять непосредственно на несущем перекрытии, а чистый пол не должен соприкасаться с перегородками (см. с. 321). Если проектируется частая перестановка перегородок и к ним предъявляются высокие акустические требования, то плавающий пол неприемлем. Поскольку в сооружениях со стальным каркасом обеспечивается гибкое использование больших поверхностей перекрытий, не ограниченных колоннами или несущими стенами, то применение плавающего пола должно быть тщательно обосновано, так как перемещение перегородок при таких полах практически невозможно. Более целесообразно в этих случаях применять линолеум на эластичной подкладке.

Чистый пол

Выбор покрытия чистого пола имеет огромное значение для звукоизоляции перекрытия. Степень звукоизоляции от ударного шума может быть значительно улучшена следующими покрытиями: мягкое покрытие из линолеума или пластика на войлочной или пробковой основе дает улучшение звукоизоляции на 10—20 дБ; текстильная основа на пенистом материале или войлочной основе — на 18—31 дБ, т. е. превосходит по звукоизоляционным качествам плавающий пол (см. Moll, Bauakustik. S. 238).

Назначение лестниц	Служебные лестницы	Подвал – кровля – запасная лестница	Междуэтажные лестницы	Наружные лестницы	
Интенсивность использования	Обслуживающим персоналом	Нерегулярное пользование	Ограниченное пользование	Частое пользование	
Уклон	$\leq 75^\circ$	$\leq 45^\circ$	$\leq 35^\circ$	30°	20°
Ширина, см	≥ 60	≥ 75	≥ 90	> 110	≤ 250
Область применения	–	Жилые здания			
	Служебные здания	–	Служебные здания		
	Общественные здания	–	Общественные здания		

Назначение лестниц

Лестницы и эскалаторы служат для вертикального перемещения людей в зданиях. Такое же назначение имеют пандусы и наклонные самодвижущиеся тротуары, а также лифты периодического и непрерывного действия (патерностеры). В высоких зданиях для вертикального сообщения применяются большей частью или исключительно механические транспортные средства. Но все же для аварийных случаев лестницы нужны всегда.

Так как лестницы составляют значительную часть путей эвакуации при пожарах и других аварийных ситуациях, то в большинстве стран имеются особые предписания о размерах лестниц, степени огнестойкости, изоляции, вытяжных устройствах, а также о необходимом числе лестниц, лежащих по ходу путей эвакуации, и расстояниях между ними.

В помещениях с открытыми лестницами придается большое значение их архитектурному оформлению. Их конструктивное решение требует поэтому особого внимания.

Связь между видом здания и назначением лестниц, интенсивность их использования, их роль в работе каркаса, а также важнейшие размеры представлены в таблице.

Типы лестниц

В плане различаются прямые, закругленные и винтовые лестницы. Наиболее распространены, особенно в зданиях, которые возводятся промышленными методами, лестницы с прямыми маршами. Лестницы с закругленными маршами или ступенями применяются только в особых случаях, например при недостаточных размерах лестничной клетки или из-за особого архитектурного замысла. Они не рассматриваются в этой книге.

Винтовые лестницы в большинстве случаев служат для соединения отдельных этажей или как запасные. В некоторых слу-

чаях винтовые лестницы служат элементом архитектурного оформления вестибюлей. Вследствие ограниченного применения винтовых лестниц в книге рассмотрены только три примера.

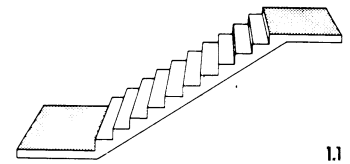
При конструктивном оформлении лестниц и их включении в сооружение со стальным каркасом особое внимание следует обратить на:

- геометрию лестниц;
- конструкцию лестничных элементов;
- вертикальную изоляцию перекрытия от открытой лестницы или лестницы от здания.

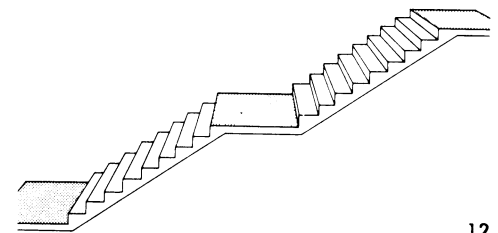
Конструкция лестницы может быть образована разными способами с применением различных материалов. Из большого числа возможностей выбираются решения, наиболее целесообразные для сооружений со стальным каркасом и особенно для индустриального способа производства.

Прямые лестницы

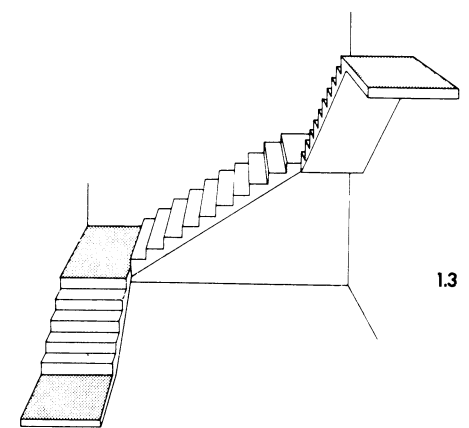
Простая прямая лестница состоит из лестничных маршей и площадок. Длина марша должна быть ограничена 18 ступенями для удобства ходьбы. Поэтому только в редких случаях высота этажа преодолевается одним маршем (одномаршевая лестница), (рис. 1.1). При расположении нескольких маршей в высоте этажа необходима, кроме входной и выходной лестничных площадок промежуточная лестничная площадка. Прямая лестница разделяется прямой промежуточной площадкой (двухмаршевая лестница) (рис. 1.2). Если марши установлены под прямым углом друг к другу, то появляются угловые лестничные площадки. Как, например, в трехмаршевой лестнице, идущей вокруг лестничной клетки (рис. 1.3). Двухмаршевая лестница с двумя лежащими рядом, но повернутыми на 180° маршами, которые соединены промежуточной лестничной площадкой, применяется наиболее часто и занимает меньше всего места на плане (рис. 1.4). Для укорочения маршей при большой высоте между этажами выполняются трехмаршевые лестницы.



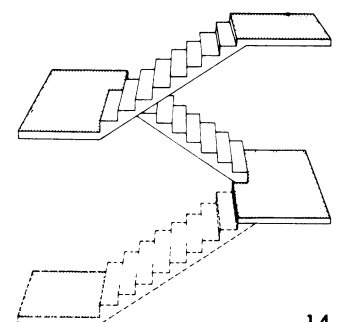
1.1



1.2



1.3



1.4

Ширина марша, глубина лестничной площадки

В ширине марша различают конструктивную и установленную в большинстве случаев в строительных правилах полезную ширину между перилами. Последняя составляет для лестничных маршей около:

- для одного человека 0,75—1 м;
- для двух человек 1,1—1,3 м;
- для трех человек 1,08—1,9 м.

Общая высота лестничного марша состоит из высоты в свету и конструктивной высоты. Высота в свету измеряется от переднего края ступени по вертикали до нижнего края вышележащего марша и должна составлять не менее 2 м.

Ширина пролета между двумя, лежащими друг против друга, лестничными маршами не должна сокращаться до минимума, чтобы между поручнями перил идущих вверх и вниз маршей оставалось некоторое пространство. Некоторые строительные правила ограничивают ширину пролета между маршами для уменьшения опасности падения.

Глубина лестничных площадок может не быть столь ограниченной, как ширина лестничного марша. Некоторые строительные нормы устанавливают минимальную

глубину. Двери не должны открываться на лестничную площадку, чтобы не создавать опасности толчков для идущих по лестнице.

Размеры ступеней

Для нормальной эксплуатации и безопасности лестницы решающим является правильная разбивка ступеней. Для всех лестничных маршей как в пределах одного пролета, так и для всей лестницы должен быть установлен одинаковый уклон в интересах безопасности движения и для удешевления изготовления. Это особенно важно для сборных железобетонных лестниц, в которых все марши по возможности должны применяться одинаковой формы. Различное число ступеней в марше может быть достигнуто укорочением марша, но изменение уклона лестницы недопустимо. Одинаковый уклон облегчает унификацию разбивки ступеней, площадок и других строительных элементов лестниц.

При проектировании лестниц для зданий по международной модульной системе глубина лестничной площадки и длина марша должны быть кратны 60 см, а в необходимых случаях 30 см или в крайнем случае 10 см. В каждом случае общая длина лестницы должна вписываться в модульную

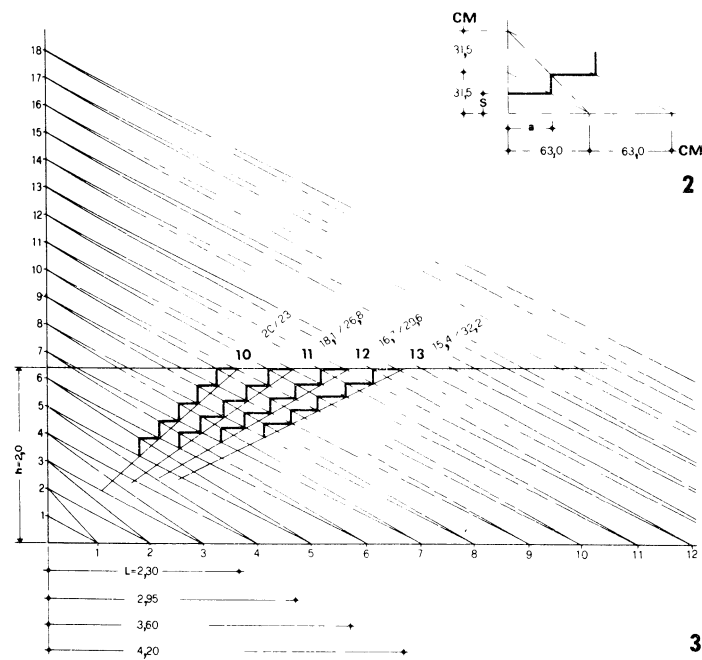
сетку. То же самое относится и к ширине лестницы.

Модульная система предусматривает высоту этажа, кратную 10 см. Если здание имеет различную высоту этажей, кратную 10 см, а разница в высоте этажей должна быть кратна высоте ступеней, то приходится принимать высоту ступеней 16 2/3 или 15 см, так как три ступени по 16 2/3 дают 50 см, а две ступени по 15 см обеспечивают 30 см.

Уклон лестниц

Уклон лестницы — это отношение величины подъема *s* к размеру проступи *a*. Для установления благоприятного соотношения уклона имеется несколько эмпирических формул. Наилучшее решение базируется на том, что длина шага по горизонтали составляет в среднем 63 см. Из этой величины получена формула $a + 2s \approx 63$ см. Если число подъемов в одном этаже составляет *n*, то длины маршей, включая вход на верхнюю лестничную площадку, $L = na$. Высота марша $H = ns$. Отсюда следует: $L + 2H = n \cdot 63$; число ступеней в марше определяется формулой

$$n \approx \frac{L + 2H}{63}$$



H	h	n	7	8	9	10	11	12	13	14
2,70	1,35		19,3/24,4	16,8/27,0						
80	40		20,0/23,0	17,5/28,0						
90	45		20,8/23,4	18,1/26,8	16,1/30,8					
3,00	1,50			18,8/25,4	16,7/29,6	15,0/33,0				
10	55			19,4/24,2	17,2/28,6	15,5/32,0				
20	60			20,0/23,0	17,8/27,4	16,0/31,0				
30	65			20,6/21,8	18,3/26,4	16,5/30,0				
40	70			21,2/20,6	18,9/25,2	17,0/29,0				
50	75				19,4/24,2	17,5/28,0	15,9/31,2	14,6/33,8		
60	80				20,0/23,0	18,0/27,0	16,4/30,2	15,0/33,0		
70	85				20,5/22,0	18,5/26,0	16,8/27,0	15,4/32,2		
80	90				21,1/20,8	19,0/25,0	17,3/28,4	15,8/31,4		
90	95				21,7/19,6	19,5/24,0	17,7/27,6	16,2/30,6		
4,00	2,00					20,0/23,0	18,1/26,8	16,7/29,6	15,4/32,2	
10	05					20,5/22,0	18,6/25,8	17,1/28,8	15,8/31,4	
20	10					21,0/21,0	19,1/24,8	17,5/28,0	16,2/30,6	

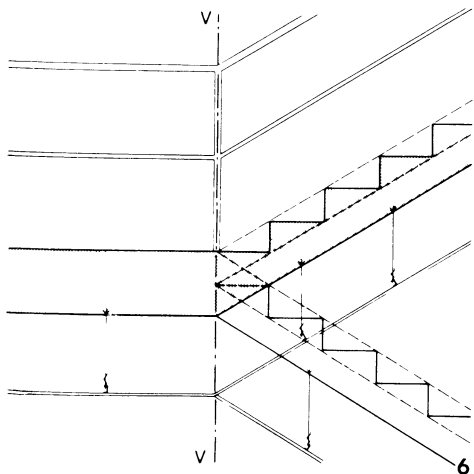
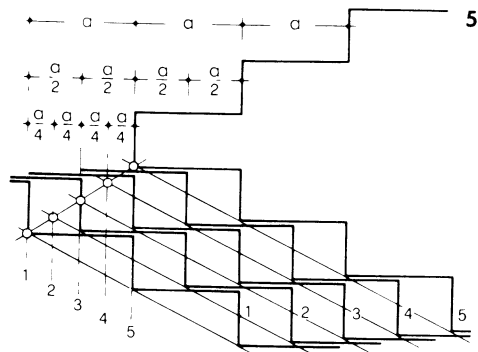
Это отношение можно представить графически, где абсцисса разделена на отрезки, равные 63 см, а ордината — на отрезки, равные 31,5 см, и границы отрезков соединены зигзагообразно (рис. 2 и 3).

Если построение по рис. 3 выполнить в нужном масштабе 1:50 или 1:100, то его можно использовать при выборе размеров ступеней и для определения длины марша при имеющейся высоте. Полученные по этой

формуле для различных высот маршей и чисел уклонов соотношения уклонов *s/a* сведены в табл. 4 (по Schuster, «Treppen aus Stein, Holz und Metall»).

Разбивка лестниц

Для конструкции лестницы важно положение первых ступеней ведущих вверх и вниз маршей (рис. 5 показывает варианты их возможного расположения).



6 Если все марши одного этажа имеют одинаковый подъем, что соответствует правилам, то края ступеней маршей должны касаться наклонных линий, параллельных маршам, и пересекающихся у края площадки. Соблюдение этого правила упрощает конструкцию лестницы.

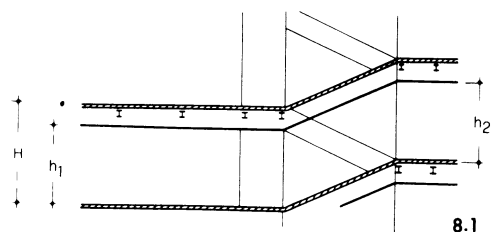
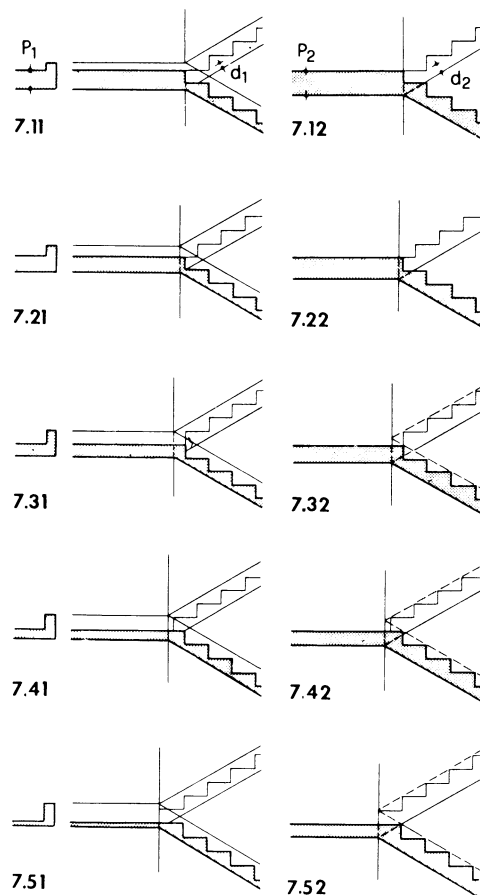
7 Расположение крайних ступеней показано отдельно: слева — для косоурных маршей, справа — для плитных маршей. При одинаковой толщине марша d_1 или d_2 плита лестничной площадки P_1 или P_2 тем тоньше, чем больше ведущий вверх марш будет смещен по отношению к маршу, ведущему вниз. Конструктивно требуемая толщина плиты лестничной площадки зависит от ее расчетных нагрузок. Систематизация разбивки ступеней на рис. 7 может оказать помощь при выборе правильной конструкции марша.

Отделка лестниц снизу

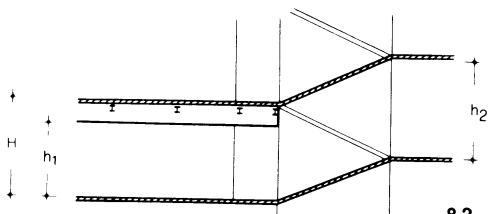
8.1 Подвесные потолки в зданиях со стальным каркасом закрывают балки перекрытий и проложенные в перекрытиях инженерные коммуникации. Потолки могут быть размещены также под лестничными маршами и промежуточными лестничными площадками. Обычно это делают в том случае, когда лестницы свободно расположены в здании без ограждающей лестничной клетки и должны иметь противопожарную защиту.

8.2 Если лестничные марши и площадки изготавливаются из железобетона, то подвесной потолок не нужен, так как арматура железобетонных частей имеет достаточную защиту. Их конструктивная высота в этом случае значительно меньше, чем высота перекрытий из стальных балок с подвесным потолком. Ввиду разной высоты этого решения следует избегать. Если подвесной потолок необходим также в лестничных площадках, то его лучше устраивать по 8.1 под маршем и промежуточной площадкой. Лестницы из стали могут быть свободно встроенными, с защитной облицовкой.

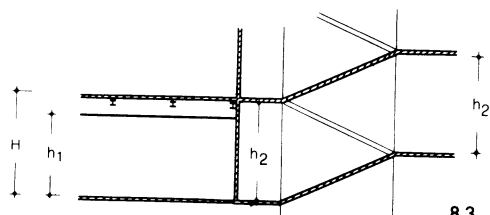
8.3 При наличии лестничной клетки, как это часто требуется по строительным нормам, стены которой изолируют лестницу от остального здания, возможен произвольный выбор типа лестничных маршей в пределах одной лестничной клетки.



8.1



8.2



8.3



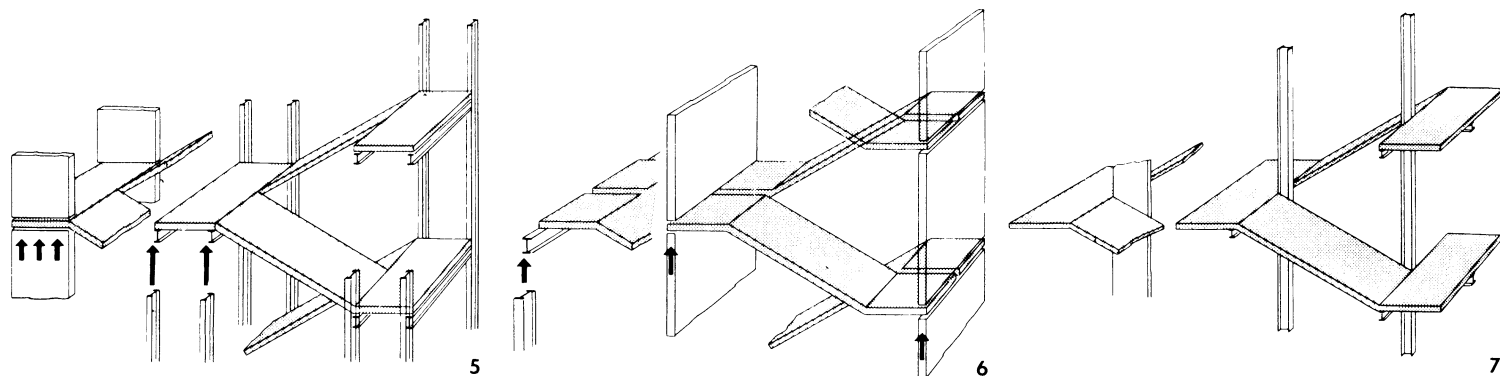
Статическая схема ступени

1 Ступень лежит по всей длине на плите лестничного марша, и в ней не возникают напряжения изгиба.

2 Ступень с двух сторон опирается на балки или на косоуры, и в ней возникают изгибающие напряжения как в балке на двух опорах.

3 Ступень подперта в середине, и в ней возникают изгибающие напряжения как в консольной балке с вылетом в половину длины ступени.

4 Ступень защемлена одним концом в стене или в косоуре и работает как консоль.



Передача нагрузок лестничными маршами и площадками

5 Лестничные марши опираются на края лестничных площадок. Лестничные площадки опираются в поперечном направлении на колонны или стены.

6 Лестничные марши, изготовленные вместе с верхней и нижней частями площадок, образуют ломаные балки и опираются непосредственно на балки или стены.

7 Колонны или стена в пролете между маршами несут на консольных балках лестничные площадки и марши. Ступени могут консольно выступать из лежащих внутри косоуров или из стены.

Боковая облицовка лестничного марша

1 Если в лестницах по стальным балкам балки защищены огнестойкой облицовкой, то при отсутствии подвесного потолка выбирается конструкция маршей, имеющая снизу ровную поверхность. В случае 1.1 плита перекрытия требует декоративной обработки. В случаях 1.2 и 1.3 облицовка балок и плиты или ступеней совмещается.

2 Если лестница прорезает перекрытие по стальным балкам, которое закрыто подвесным потолком, то пространство внутри перекрытия должно быть скрыто и защищено от огня. Если подвесной потолок проходит под лестничным маршем и промежуточными лестничными площадками, то он также должен быть облицован. Для огнестойкой облицовки применяют плиты из этернита или асбестоцемента или аналогичные изделия.

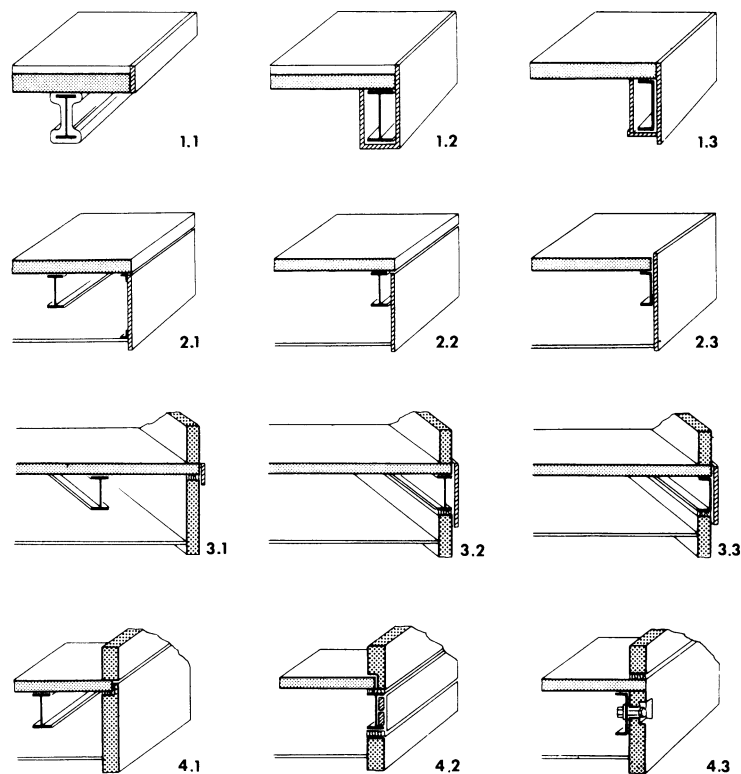
3 Лестничная клетка изолирована ненесущими огнестойкими стенами, стоящими на междуэтажных перекрытиях и примыкающими снизу к перекрытию или к балкам. В этом случае балки закрыты тонкими огнезащитными плитами.

4 Решение такое же, как 3, но заделка внутреннего пространства перекрытия заподлицо со стеной лестничной клетки:

4.1 Стена стоит на перекрытии и закрывает его в зоне стыка.

4.2 Стена стоит на балке, которая защищена кирпичной кладкой.

4.3 Плита подвешена к швеллерной балке.



1 В многоэтажных зданиях со стальным каркасом в перекрытиях оставляют свободное пространство для лестниц. Это решение особенно удобно, когда лестницы в помещении открытые (без лестничных клеток). Входные и выходные площадки соединяются с балками перекрытия, а промежуточные площадки подвешиваются к вышележащему перекрытию с помощью тонких подвесок либо поддерживаются колоннами высотой в половину этажа, опертыми на нижележащее перекрытие. По возможности ширина и длина лестниц должны соответствовать сетке перекрытия. В противном случае вокруг проема в перекрытии должны быть уложены специальные балки других размеров. Эскалаторы устраиваются большей частью таким же способом. Они не служат эвакуационными устройствами, а потому не нуждаются в огнестойком ограждении.

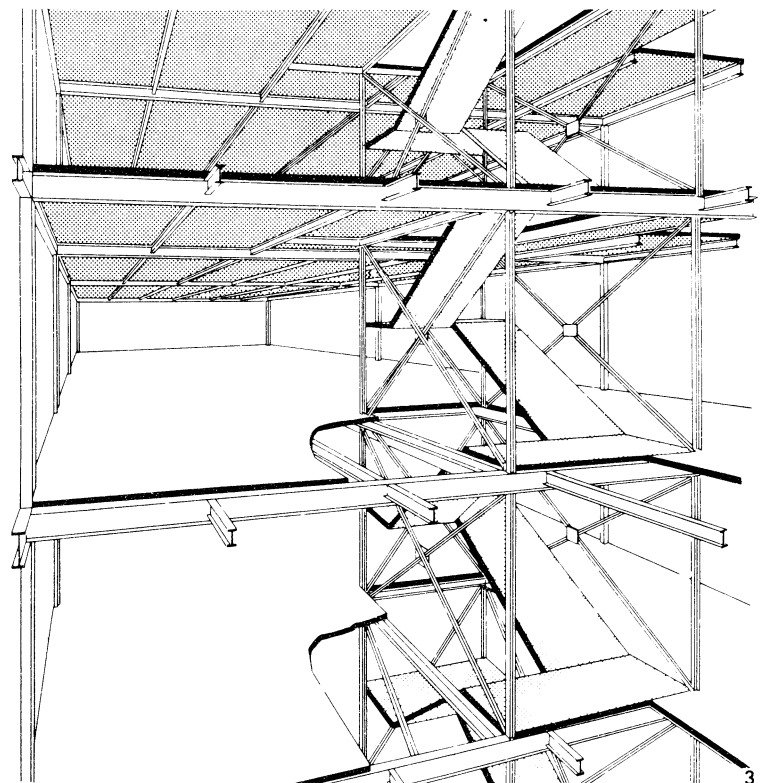
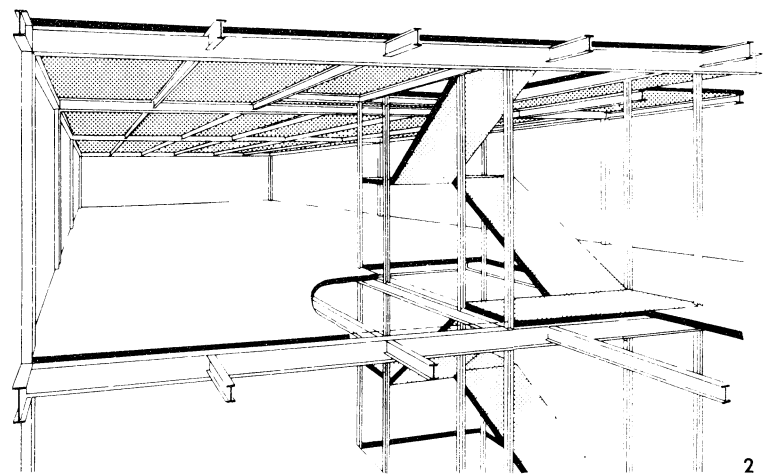
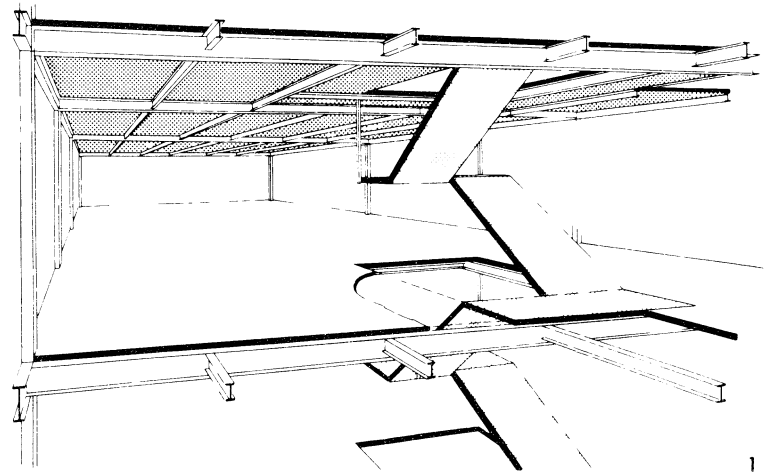
2 Если расчетные соотношения не допускают такого расположения, как в 1, то иногда оказывается целесообразным предусмотреть легкие опоры по всем четырем углам лестничных площадок. Одновременно они облегчают крепление стен лестничной клетки. Так как лестничная клетка прочно соединена с остальными конструкциями то колонны лестничной клетки воспринимают также нагрузки от соседних этажей.

3 Если угловые стойки лестничной клетки связать друг с другом решетчатыми связями, они будут принимать участие в обеспечении горизонтальной жесткости здания. При двухмаршевой лестнице это возможно сделать с обеих продольных сторон и с торцевой стороны лестничной клетки, на которой находится промежуточная лестничная площадка. Четвертая сторона остается открытой для входа. Так как часто рядом с лестничными клетками расположены лифтовые шахты и шахты для прокладки линий технического обеспечения, можно увеличить ширину вертикальных решетчатых связей.

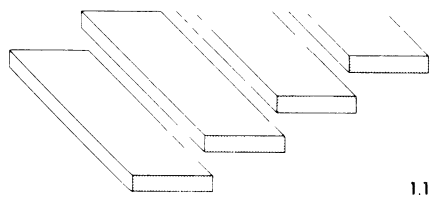
Лестницы в железобетонных шахтах

Часто стены лестничных клеток выполняются из железобетона (вопросы рентабельности — см. с. 167, конструктивные детали — см. с. 267 и далее). В этом случае железобетонная шахта воспринимает вертикальные нагрузки от лестниц, а в большинстве случаев, кроме того, и нагрузки от междуэтажных перекрытий. В зависимости от значения горизонтальных нагрузок имеются следующие решения (см. также с. 320):

- 1) лестничная клетка не воспринимает горизонтальные нагрузки и прикрепляется к стальным конструкциям каркаса здания. Стены лестничной клетки могут быть выполнены из сборных железобетонных плит, которые монтируются вместе со стальными конструкциями;
- 2) лестничная клетка расположена между двумя частями здания, каждая из которых рассчитана на горизонтальные усилия. Шахта лестничной клетки должна иметь достаточную жесткость, чтобы при обрушении одной из двух частей здания она могла служить как путь для эвакуации. В этом случае конструкция шахты лестничной клетки должна быть рассчитана на ветровые нагрузки, действующие на ее стены. Сборные железобетонные элементы должны быть связаны друг с другом закладными стальными деталями (детали — см. с. 269);
- 3) шахта лестничной клетки используется одновременно для обеспечения жесткости здания. Она может быть размещена снаружи или внутри здания. Внутри здания она может быть установлена у наружной стены или в середине здания. Часто шахту лестничной клетки объединяют с лифтовыми шахтами, шахтами для вертикальных инженерных коммуникаций или с санитарными помещениями. Благодаря этому увеличивается жесткость бетонной шахты и уменьшаются напряжения от горизонтальных сил. Расположение в здании см. с. 217.



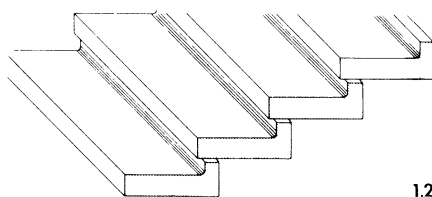
Лестничные ступени или марши в сооружениях со стальным каркасом обычно выполняются из железобетона. Предварительно изготовленные сборные лестничные ступени или лестничные марши имеют преимущество перед изготовленными на месте в опалубке железобетонными лестницами.



1.1

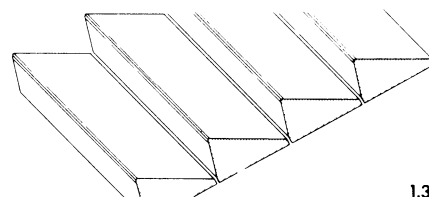
Отдельные ступени из бетона или искусственного камня

1.1 Отдельные ступени в виде плит с открытыми подступенками, недопустимые для эвакуационных лестниц.



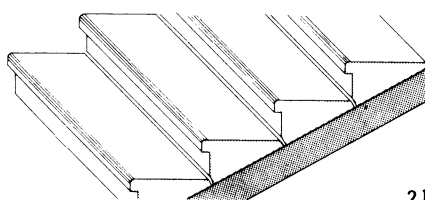
1.2

1.2 Угловые ступени.



1.3

1.3 Скошенные снизу блочные ступени, образующие гладкую нижнюю сторону марша.

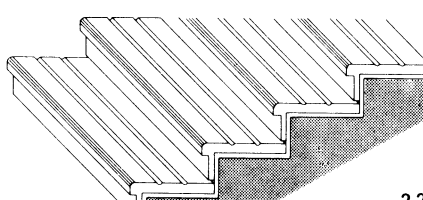


2.1

Плиты лестничных маршей

2.1 Гладкие плиты лестничных маршей. Отдельные ступени уложены как сборные элементы на гладкие плиты маршей, имеющие полную отделку.

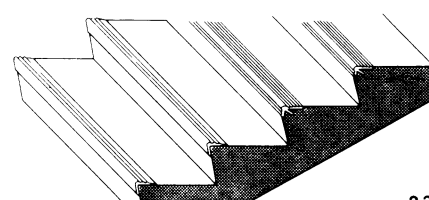
2.2 Плита лестничного марша с неотделанными ступенями, на которые уложены на растворе плоские проступи.



2.2

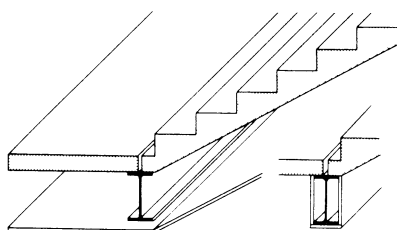
2.3 Плиты лестничных маршей, сформованные вместе со ступенями. Так как допуски в ступенях весьма жесткие, то необходимо применение стальных форм.

Во второстепенных служебных лестницах черновые ступени используются без настила; покрытие из искусственного материала



2.3

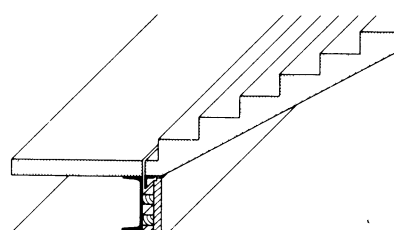
с корундовой подсыпкой. Защитный краевой профиль из пластмассы наносится одновременно с бетонированием ступеней или наклеивается на готовые ступени. Во время строительства на ступени укладывают защитные покрытия.



3.1

Опираие плитных маршей

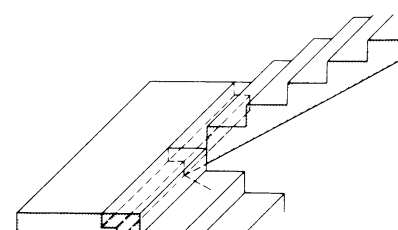
3.1 Площадка и лестничный марш опираются на стальные балки. Огнестойкость достигается подвесным потолком или облицовкой балок.



3.2

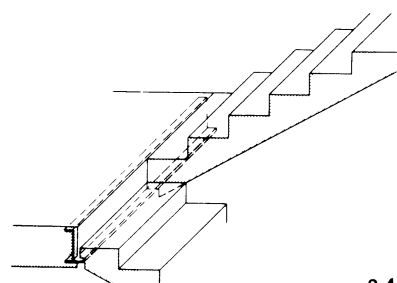
3.2 Балки лестничной площадки из швеллерного и углового профиля с огнезащитой путем облицовки плитами или штукатуркой по сетке.

3.3 Нижняя поверхность площадки и



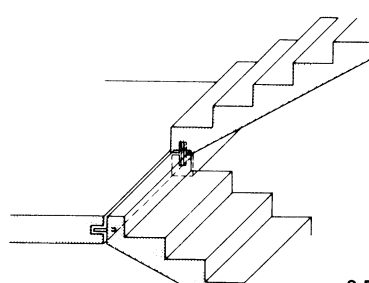
3.3

лестничных маршей плоская. Если толщина плит лестничных площадок больше 20 см, то они могут передавать опорные реакции маршей на стены. В этом случае лестничные марши опираются на четверти в площадках высотой 10 см.



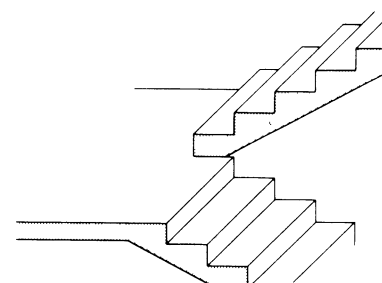
3.4

3.4 В плиту лестничной площадки вбетонирован несущий стальной профиль, полка которого служит для опирания марша.



3.5

3.5 Идущий вверх марш стоит на плите лестничной площадки; марш, идущий вниз, упирается в лестничную площадку.

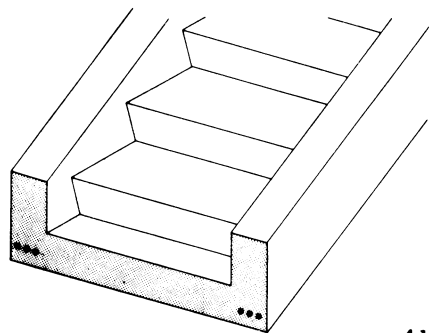


3.6

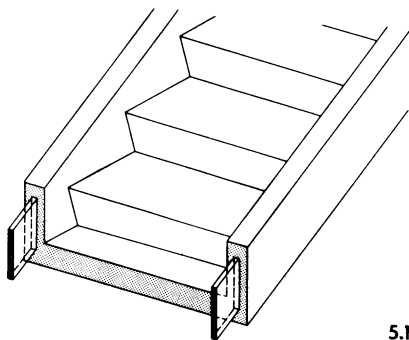
3.6 Плиты маршей, сформованные вместе с частями лестничных площадок.

Лестничные марши с косоурами

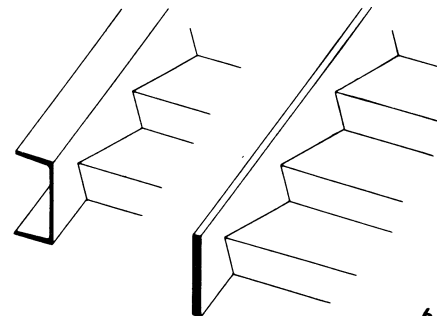
В лестничных маршах с косоурами нагрузка от ступеней передается на боковые балки—косоуры, которые опираются на обе площадки. Косоуры выполняются из железобетона или стали.



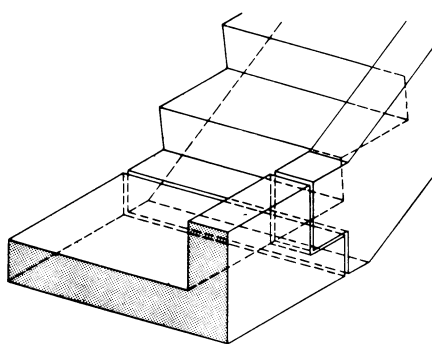
4.1



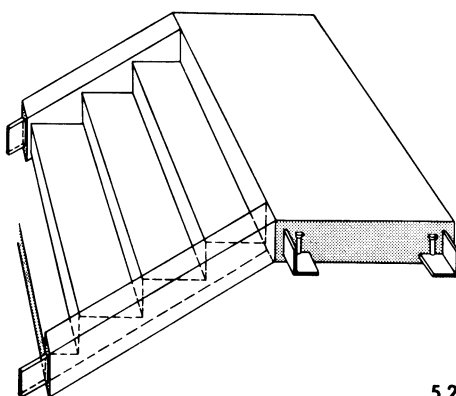
5.1



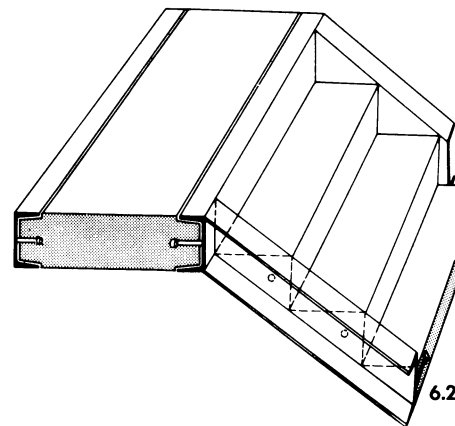
6.1



4.2



5.2



6.2

4.1 и 4.2 Железобетонный косоур относительно широк, рекомендуется его зубчатое зацепление на опоре.

5.1 Узкий косоур имеет вбетонированную несущую полосу из стали. В этом случае бетон выполняет только функцию противопожарной защиты, так что при толщине бетона 3 см и толщине стали 2 см ширина косоура равна 8 см. Полосы стали могут быть оснащены на верхнем и нижнем кон-

цах фланцами или другими приспособлениями для закрепления.

5.2 В лестничной площадке на обоих продольных ребрах вбетонированы стальные уголки, служащие арматурой для железобетонной площадки. Вертикальные ребра стальных уголков служат для примыкания маршей и позволяют получить экономно (тип Крупп-Монтекс®).

6.1 Железобетонные лестницы со стальными косоурами, состоящими из полос-

вой стали или швеллеров. Они имеют арматурные выпуски или болтовые шпонки для соединения с железобетонными ступенями. Стальные профили вставлены в бетонные формы и неподвижно закреплены.

6.2 Лестничные площадки с обеих сторон окантованы швеллерами, благодаря которым возможно примыкание стальных стенок лестничного марша. Эта конструкция лестниц не огнестойка.

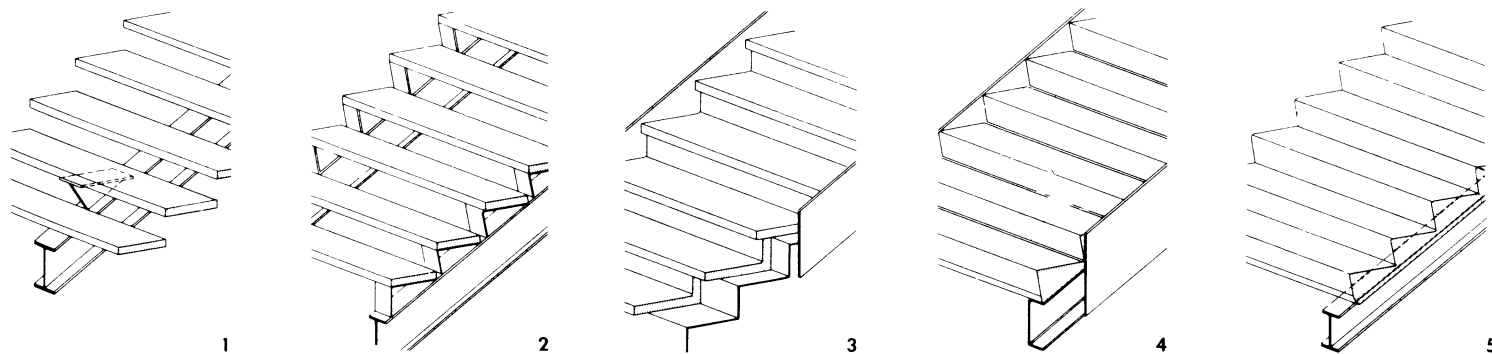
Стальные элементы лестниц

Сталь как строительный материал для лестниц допускает большое число конструктивных решений. Большая прочность стали позволяет получать легкие конструкции лестниц прямолинейной или изогнутой формы. Стальная лестница может быть выполнена как плоская несущая конструкция, но в большинстве случаев она решается

с применением балок, по которым укладывают ступени и перекрытия площадок. Ступени могут быть выполнены из дерева, бетона или металлических листов.

Ступени могут опираться на одну балку, подпирающую их в середине или с краю, или на две балки. В качестве балок используются полосовая сталь, швеллеры, полый

коробчатый профиль или двутавровые профили. Очень элегантное решение получается с балками из прямоугольных труб. Стальная лестница может быть выполнена огнестойкой благодаря применению огнестойких ступеней и защитному покрытию балок или всей нижней стороны лестницы.



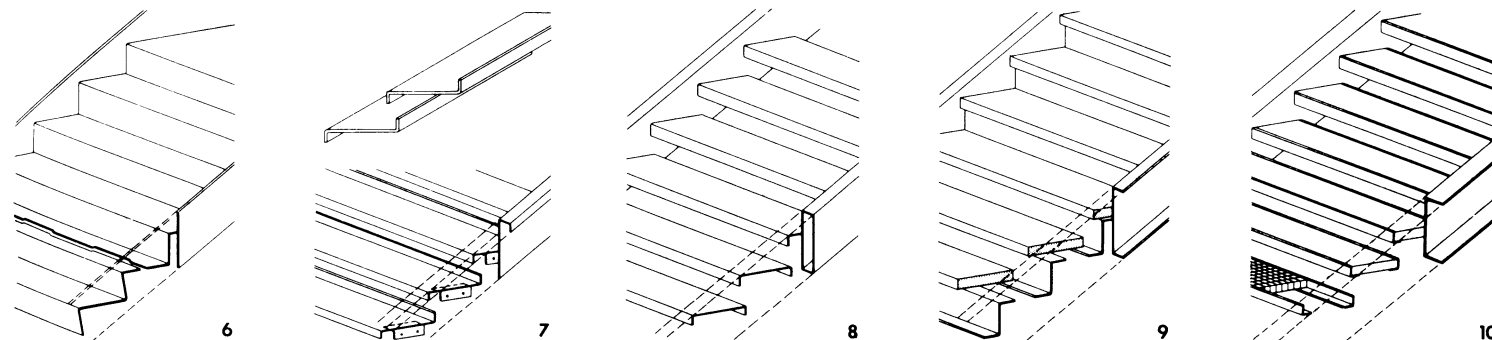
1 Деревянные или железобетонные консольные ступени с горизонтальными полками, которые прикреплены к средней балке из двутаврового профиля.

2 Деревянные или железобетонные ступени на опорных подставках из гнутой полосовой стали.

3 Складчатый лист, имеющий форму ступеней, с косоурными балками из полосовой стали, со ступенями из бетона или дерева.

4 Отдельные железобетонные ступени на косоурах, сваренных из швеллера с полосовой сталью.

5 Марш в виде сплошной плиты, образующей ступени, набетонирован на косоурные балки.



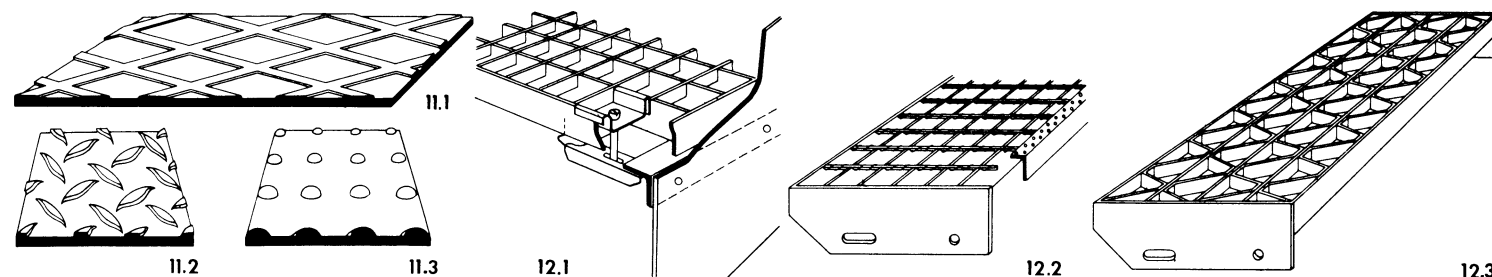
6 Марш из гнутых или сварных листов между косоурами из полосовой стали.

7 Z-образные ступени из листовой стали с боковыми косоурами из гнутых профилей.

8 Ступени из гнутых листов между прямоугольными полыми профилями.

9 Подступенки из гнутых Z-образных профилей, деревянные ступени или решетчатые ступени, окаймленные боковыми профилями.

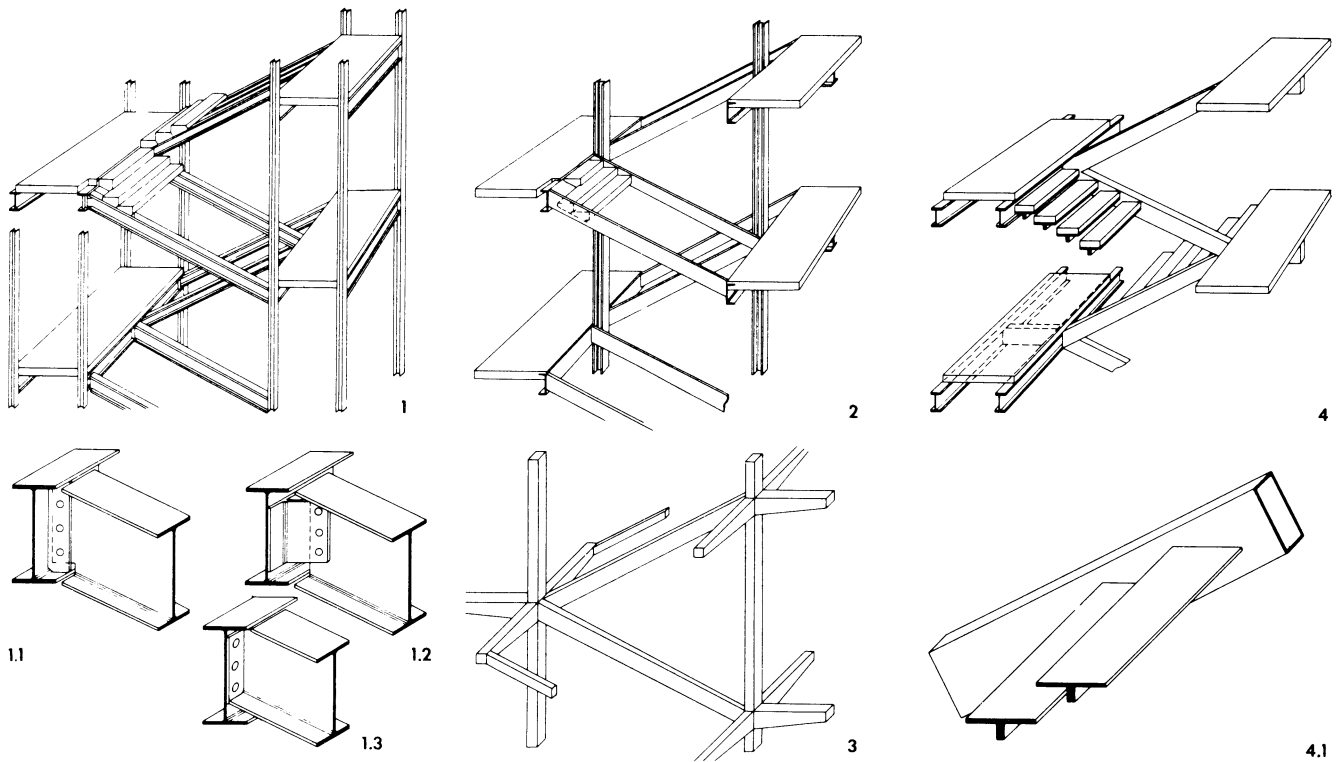
10 Стальная решетка на стальных уголках, косоуры из швеллера.



11 Ступени из листовой стали. Лестницы со стальными ступенями по соображениям звукоизоляции используются только в промышленных зданиях, а также как служебные и запасные. Ступени из стальных листов должны иметь нескользкое покрытие, например пластмассовое с вкраплением корунда, пластмассовое с ребрами или текстильное покрытие. Непосредственно ходить по металлу можно, если ступени сделаны

из обработанной стали толщиной 4—5 мм, например из рифленной (11.1), или из листов с продолговатыми (11.2) или круглыми выступами (11.3). Рифленные листы легко загрязняются, между ребрами задерживается вода и снег. Их трудно чистить; зимой на них возможно образование наледей. Удобнее листы с отдельными возвышениями, например с круглыми или овальными выступами.

12 Решетчатые ступени. Решетки в качестве ступеней применяются в промышленных зданиях или для обслуживающих лестниц гражданских зданий. Имеется много типов ступеней, которые различаются профилированием, несущей способностью и конструкцией примыкания. Решетку укладывают на стальные уголки (12.1). Применяют также готовые ступени с решетчатым покрытием (12.2) и (12.3).



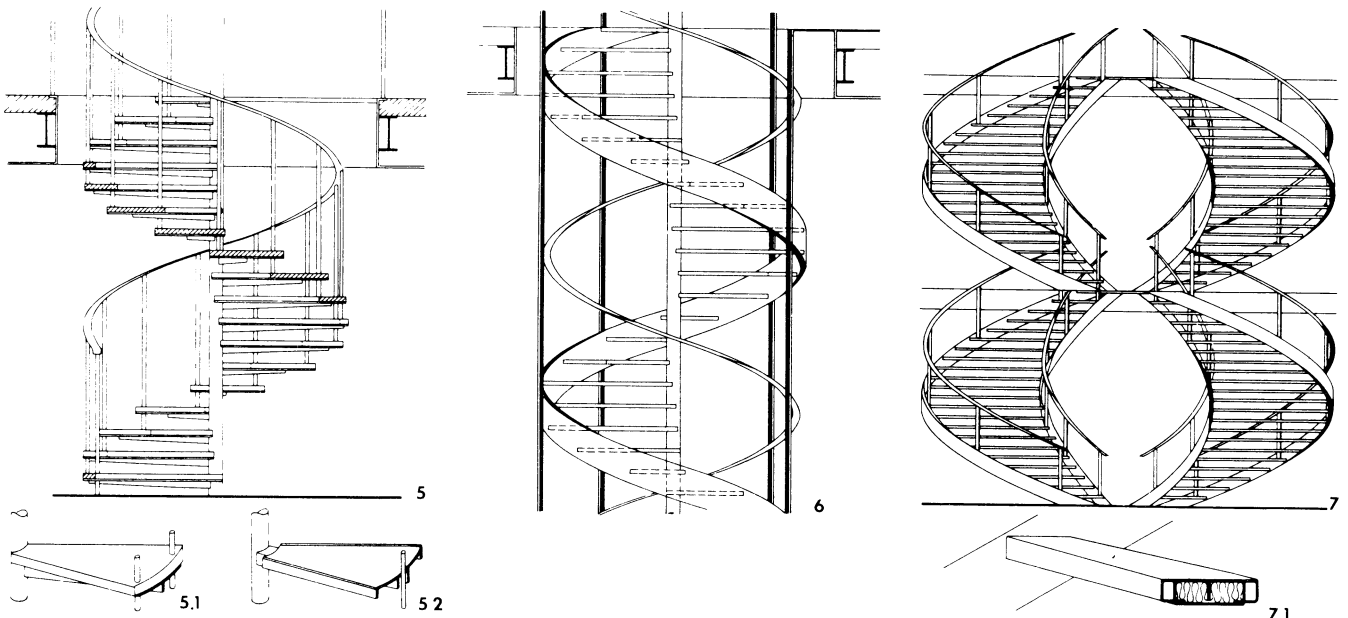
1 Простая несущая конструкция с четырьмя легкими колоннами для каждой площадки. Плиты лестничных площадок и ступени опираются на балки. Примыкание маршевых балок к балкам площадок выполняется с помощью наваренных ребер в балках площадок (1.1), стальных уголков (1.2) или приваренных торцовых плит к косоурам (1.3).

2 Лестница, имеющая опоры в середине, крепится к двум средним колоннам с консольными балками для опирания площадок и маршей. Колонны из двутаврового профиля; балки площадок из швеллеров; косоуры лестничных маршей из полосовой стали.

3 Такая же конструкция из пустотелого коробчатого профиля: колонны из труб

квадратного сечения; косоуры маршей из прямоугольных труб; кронштейны сварные из листов.

4 Идущий посередине косоур опирается в виде треугольной консоли на этажные лестничные площадки. Он несет промежуточные площадки и ступени, выступающие консольно по обе стороны.



5 Винтовая лестница. Несущим элементом лестницы является вертикальная труба. Ступени приварены к этой трубе и образуют свободные консоли.

6 Ступени винтовой лестницы приварены между центральной трубой и рандбалкой из полосовой стали, крепящейся к четырем подвескам.

7 Винтовая лестница с большим внутренним радиусом. Ступени расположены между наружными и внутренними косоурами, которые изгибаются винтообразно и опираются на перекрытия этажей.

Покрытия		Ленточные фасады	310
Назначение покрытий	299	Столечные фасады	312
Плоские покрытия	300	Сборные фасады. Облицовка	316
Детали плоских покрытий	302	Эвакуационные балконы, крытые	
Наклонные покрытия	303	галереи для наружного осмотра стен	317
Наружные стены		Внутренние стены	
Особенности и назначение наружных		Требования к внутренним стенам	318
стен зданий со стальным каркасом	304	Учет деформации перекрытий	319
Конструкция наружных стен	305	Противопожарные стены	320
Материалы и структура элементов		Типы перегородок. Примыкания пе-	
наружных стен	306	регородок	321
Деформации наружных стен	307	Верхнее примыкание перегородок	322
Крепление наружных стен	308	Примеры конструкций перегородок	323

Покрытия, наружные и внутренние стены

Назначение покрытий

Сооружения со стальным каркасом почти всегда имеют плоские покрытия, редко наклонные кровли, например в конструкциях шедов.

Далее рассматриваются преимущественно плоские покрытия.

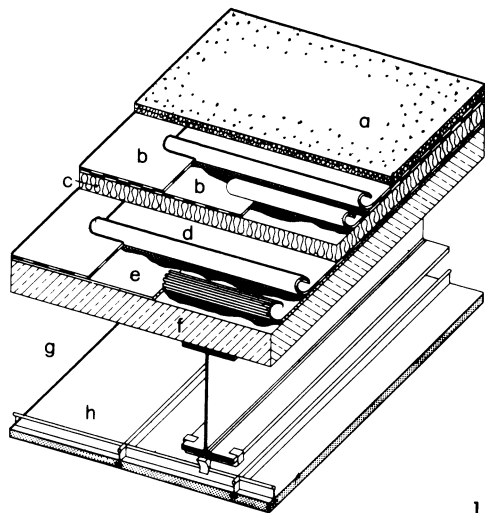
Плоские покрытия выполняются в основном утепленными, в связи с чем требуется устройство внутренних водостоков, что определяет форму примыкания к стенам.

Покрытия рассчитывают на постоянные нагрузки, а также на временные от снега, ветра, температурных воздействий и слу-

чайные (декоративных украшений, рельсовых путей для подвески люлек и т. д.).

Покрытие должно обеспечивать: гидроизоляцию от поверхностных вод; пароизоляцию от диффузии пара изнутри помещений; теплоизоляцию; звукоизоляцию.

1 Обычная структура плоского утепленного покрытия. Структура покрытия выбирается на основании предъявляемых к нему требований. Полная информация об эксплуатационных особенностях и структуре плоских покрытий имеется в специальной литературе, в том числе в книге: W. Henn. Das Flache Dach. München.



- a гравий
- b гидроизоляция
- c теплоизоляция
- d пароизоляция
- e подкладной слой
- f несущая конструкция покрытия
- g свободное пространство в покрытии
- h подвесной потолок

В качестве кровельной гидроизоляции применяют:

- рубероид с присыпкой гравием или без него;
- другие битуминизированные рулонные материалы (например, джутовое полотно);
- водонепроницаемые рулонные материалы, иногда с включенной алюминиевой пленкой, уложенной в битум, или свободно уложенной, со сваркой или склейкой стыков;
- водонепроницаемые синтетические мастики.

Конструкция кровли состоит в большинстве случаев из изолирующего слоя и лежащего над ним защитного слоя.

Теплоизоляция, как правило, состоит из уложенных на битум плит. В качестве теплоизоляции применяются, например:

- натуральные теплоизолирующие материалы [например, пробка с объемной массой 200 кг м^3 , $\lambda=0,04 \text{ ккал/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{°C)}$];
- жесткий поропласт [например, стиропор, молтопен с объемной массой от 30 до 50 кг м^3 , $\lambda=0,025-0,035 \text{ ккал/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{°C)}$];
- пеностекло [200 кг м^3 , $\lambda=0,047 \text{ ккал/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{°C)}$].

Плиты укладывают во избежание мостиков холода в несколько слоев вразбежку с перекрытием швов.

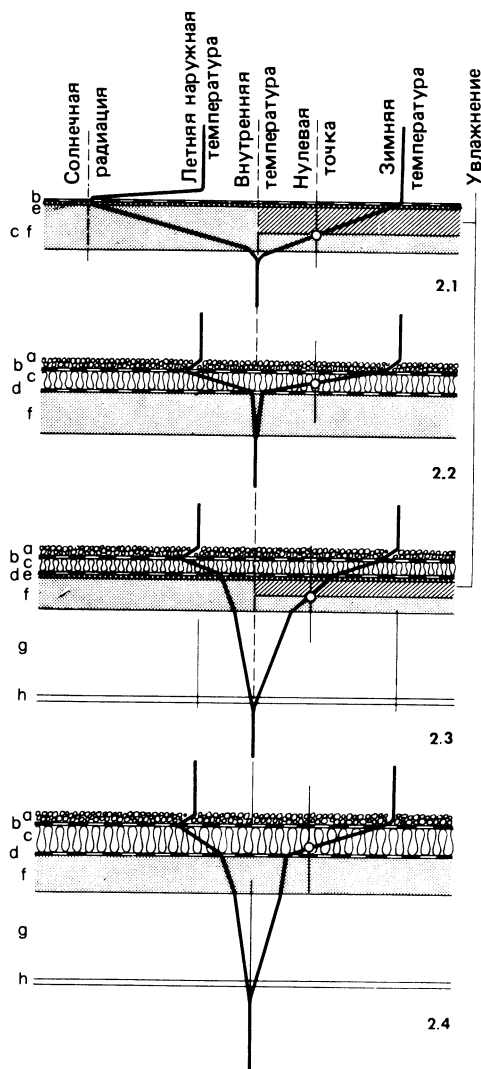
Изолирующие плиты могут поставляться с приклеенными слоями (сверху вниз): гидроизоляции, подкладного слоя, теплоизоляции, пароизоляции. Эти плиты применяют для сухой укладки зимой. Тщательная заклейка стыков должна выполняться в сухих условиях, например под передвижной защитной крышей.

В качестве пароизоляции применяются: алюминиевая или медная фольга, уложенная в битум или приклеенная к основанию, или пластмассовая пленка, уложенная всухую или в битум с заваркой или проклейкой стыков.

Подкладной слой может состоять из: кровельного картона с грубой присыпкой, гофрированного картона, волокнистых плит (например, стекловолна) или волнистых асбестовых плит.

Для пояснения эксплуатационных качеств покрытий сравниваются следующие варианты:

2.1 Несущие плиты покрытий служат



одновременно теплоизоляцией (например, газобетон). Кривые распределения температуры позволяют определить, где лежит при холодной погоде точка росы. Влажный внутренний воздух попадает в плиты, и влага конденсируется в верхней части плиты, увлажняя ее. Во избежание выпадения конденсата необходимо устройство надежного пароизоляционного покрытия на нижней поверхности плиты либо осушающих продухов внутри покрытия.

Несущая плита подвергается большим температурным колебаниям, которые могут привести к значительному изменению ее длины и короблению, особенно при сильном солнечном нагреве.

2.2 Обычная структура плоского покрытия:

гравийный слой препятствует сильному нагреву при солнечном облучении;

разделение несущего и теплоизолирующего слоев препятствует появлению больших температурных колебаний в несущих плитах;

теплоизолирующий слой должен быть такой толщины, чтобы точка росы всегда лежала в нем;

пароизоляция препятствует попаданию влаги в слои, в которых воздух охлаждается ниже точки росы и конденсируется с выпадением влаги;

подкладной слой под пароизоляцией при нормальном температурном режиме не требуется. Он может быть необходим, когда несущее железобетонное покрытие недостаточно высушено и существует опасность размягчения его от сырости. Поэтому правильнее отказать от этого слоя и приклеивать пароизоляционный слой непосредственно к несущей конструкции покрытия.

2.3 Пространство между конструкцией покрытия и подвесным потолком может оказывать влияние на структуру кровельной изоляции. Если невозможен постоянный воздухообмен между помещением и зоной внутри перекрытия, то там образуется воздушная прослойка, температура верхнего слоя которой приближается к наружной температуре. Воздушная прослойка усиливает теплоизоляцию покрытия. Вследствие этого точка росы оказывается под слоем пароизоляции и вызывает проникание влаги в несущее покрытие. Этого явления не происходит, если потолок состоит из реек, так что помещение и промежуточная зона образуют практически одну климатическую зону. Однако такой потолок не может рассматриваться как огнестойкая защита несущей конструкции покрытия.

2.4 В большинстве случаев для предотвращения этого недостатка необходимо усиление изолирующего слоя, чтобы точка росы всегда лежала в теплоизоляционном слое, т. е. над пароизоляцией.

Несущая конструкция плоского покрытия аналогична конструкции несущего перекрытия. В качестве материала для плит покрытия при стальном каркасе применяются металл и железобетон.

Металлические покрытия

Металлические покрытия состоят из профилированных листов: волнистых листов, гофрированных плит или профилированных листов с трапецидальным поперечным сечением из алюминия или стали.

Крепление и соединение стыков описано на с. 274. Для определения требуемой высоты профиля h и массы листа в зависимости от общей нагрузки q , шага колонн l и условий опирания служит диаграмма 3.

Требуемый уклон кровли достигается соответствующим уклоном кровельных балок, а не набетонкой.

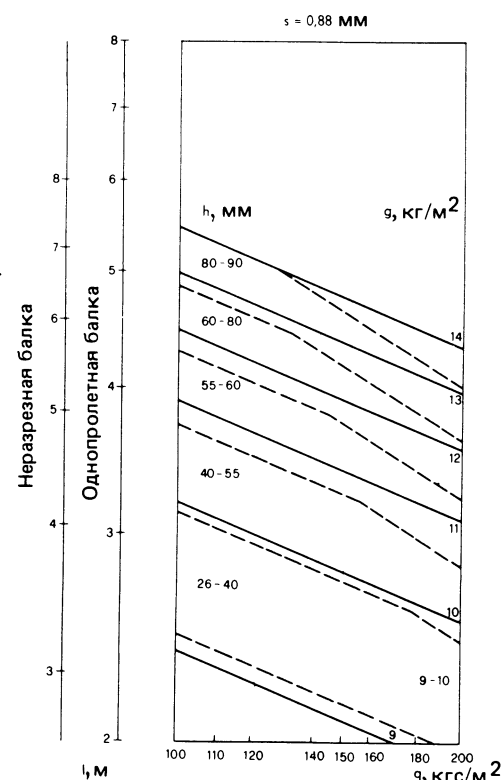
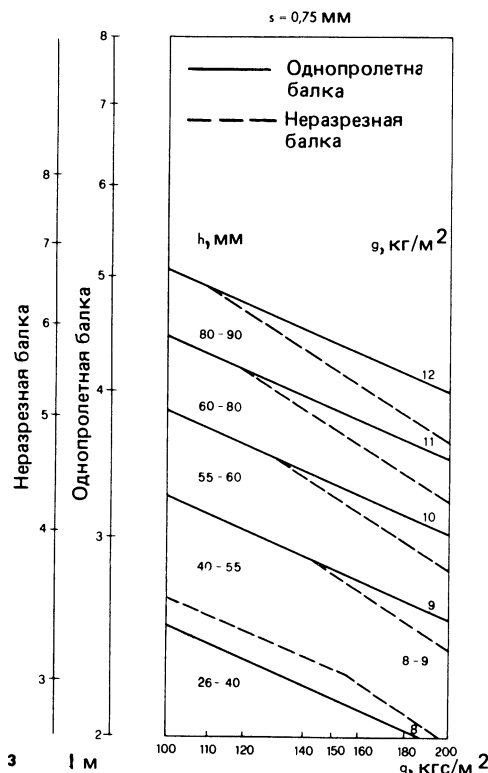
Стальной лист непроницаем для воды и пара, но стыки листов этим свойством не обладают. Поэтому при большой влажности должна предусматриваться пароизоляция над листом под изолирующим слоем.

Каналы и пазы трапецидальных листов могут быть соединены с наружным воздухом у карниза крыши для вентиляции. На торцовых концах листов слой пароизоляции должен быть приклепен к пароизоляционному слою стены. Желобки между волнами настила можно закрыть отдельно путем приклейки кусков из жесткого пенопласта. Ввиду недостаточной огнестойкости стальных листов можно повысить сопротивляемость кровли действию огня нанесением слоя тощего бетона (приблизительно 3 см над выпуклой волной), укладкой тонких сборных железобетонных плит (5 см) или укладкой плит из вермикулита или минеральной ваты (2,5 см).

Плиты покрытий из железобетона

Плиты из тяжелого бетона бетонируются на месте или изготавливаются на заводе. Применяются главным образом при больших нагрузках. Если предполагается дальнейшая надстройка здания, то плиты рассчитывают на повышенную нагрузку, как перекрытия.

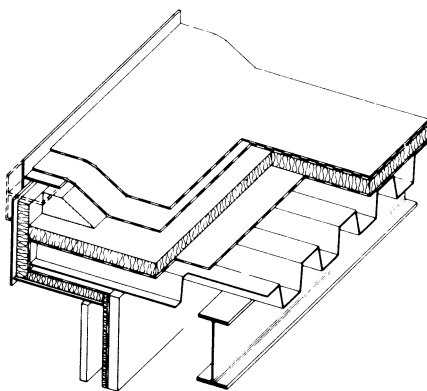
В сборных плитах из легкого бетона необходимы дополнительные изолирующие слои достаточной толщины, чтобы температура в легком бетоне всегда была выше точки росы (см. с. 300, рис. 2.1). Весьма подходящим теплоизолятором является газобетон, а также древесноопилочный бетон (например, «дюризол») или пемзобетон (соединение железобетонных плит без совместной работы со стальными балками — см. с. 256). В железобетонных покрытиях уклон кровли более экономично выполнять соответствующим уклоном балок покрытия, а не набетонкой.



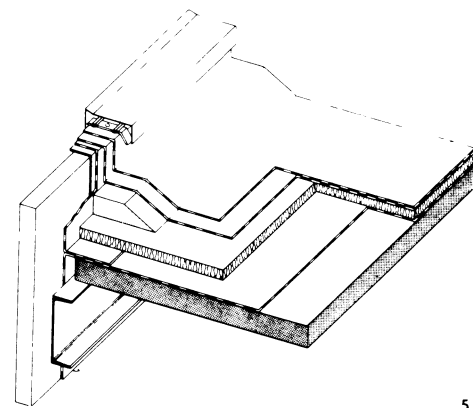
- 3
- l м
- q , кгс/м²
- h , мм
- g , кг/м²
- s мм

Пример: кровельная нагрузка со снегом и весом листа

- $q=150$ кгс/м², пролет $l=4$ м
- $s=0.75$ мм, $h=80$ мм, $g=11$ кг/м², однопролетная балка
- $s=0.88$ мм, $h=70$ мм, $g=13$ кг/м², однопролетная балка
- $s=0.75$ мм, $h=60$ мм, $g=9.5$ кг/м², неразрезная балка
- $s=0.88$ мм, $h=50$ мм, $g=11$ кг/м², неразрезная балка



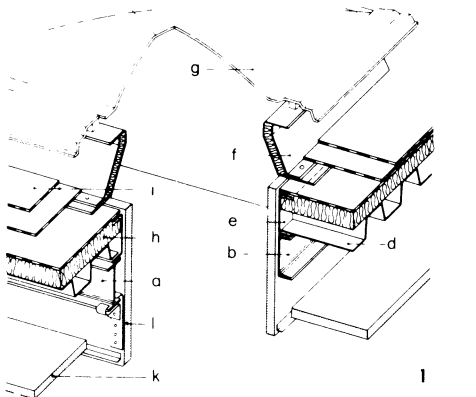
4 Кровля из профилированных листов может возвышаться над наружной стеной. Край кровли опирается на брусок из дерева или жесткого пенопласта.



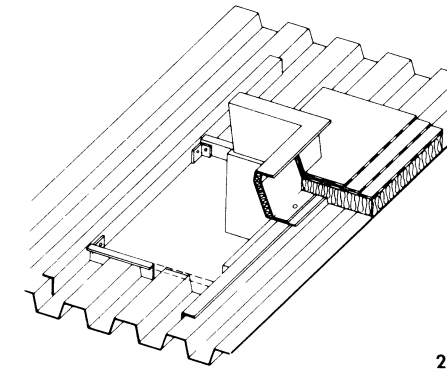
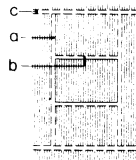
5 Железобетонная кровля по стальным балкам с устройством парапета, возвышающегося над крышей. В этом случае изолирующие слои заводятся на стену и удерживаются парапетной плитой.

Световые проёмы

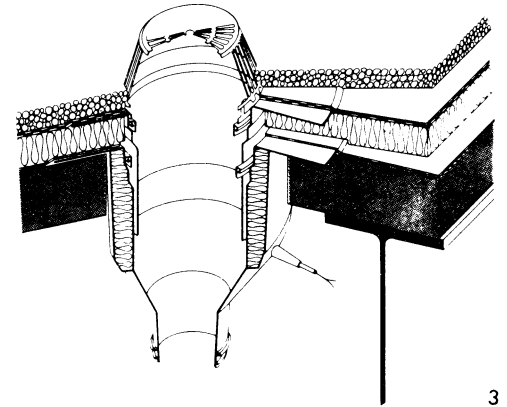
Покрытия световых проемов присоединяются к железобетонным покрытиям из монолитного бетона или сборных плит путем устройства специальных рамок по краю отверстия и укладки рандбалок по основным балкам покрытия.



- а 1-я рандбалка
- б 2-я рандбалка
- с Кровельная балка
- д Профилированный лист
- е Ограждающий лист
- ф Опорная рамка



- г Световой купол
- h Теплоизоляция
- и Кровельное покрытие
- к Подвесной потолок
- л Облицовка края светового проема



3 Воронки на крыше размещены по возможности так, чтобы водосточные трубы были расположены по осям колонн (см. с. 241) или в специальных шахтах. Горизонтальная отводка возможна при достаточной высоте покрытия. Размер водосточной трубы — приблизительно от 0,7 до 0,9 м² поперечного сечения трубы на 1 м² водосборной поверхности кровли. Водосточные трубы внутри здания изолируют, чтобы на них не образовывался конденсат. При низкой температуре воронки обогреваются во избежание наледей.

1 Кровля из профилированного настила трапецидального сечения нуждается в рандбалках по краям проема, присоединяемых к балкам покрытия. Купола опираются по периметру проема на специальные рамки.

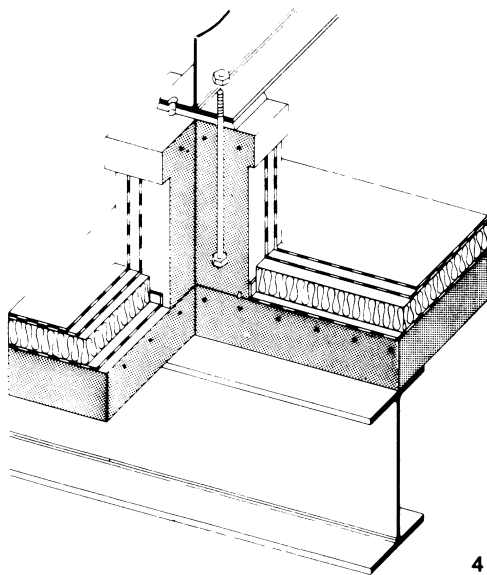
2 Для малых световых проемов достаточно вставки рамок между листами профилированного настила трапецидального сечения.

Рельсовые пути для наружного осмотра стен

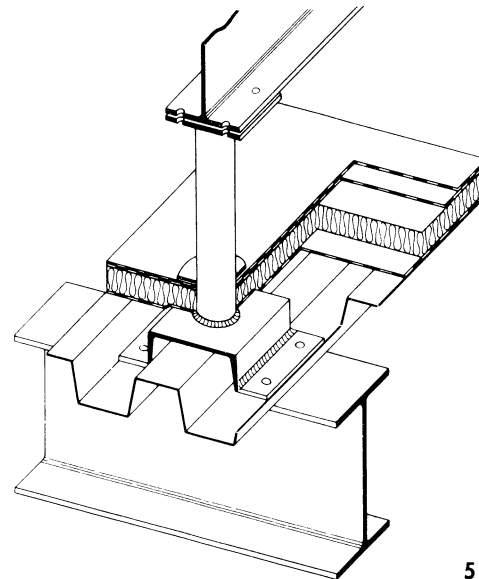
Для подвески люлек, необходимых для осмотра, окраски и ремонта стен, на покрытии устанавливаются рельсы вдоль наруж-

ной стены. Опоры рельсов могут быть расположены непосредственно на балках покрытия, если оно достаточно прочно. Для

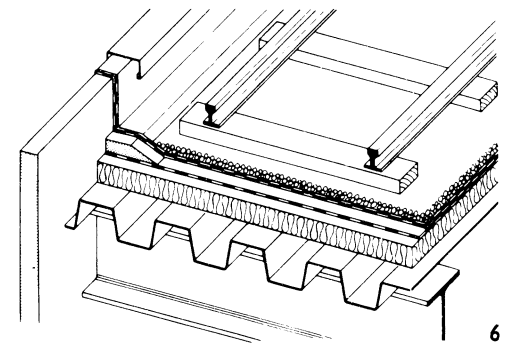
управляемых кранов на резиновых шинах рельсы не требуются, но необходимо устройство жесткого слоя, распределяющего давление на настил. Растянутые анкеры консольных рельсов должны пронизывать покрытие и крепиться к его несущим конструкциям.



4 Крепление рельсов к плите железобетонного покрытия на бетонных столбиках, на которые заводится гидроизоляция.



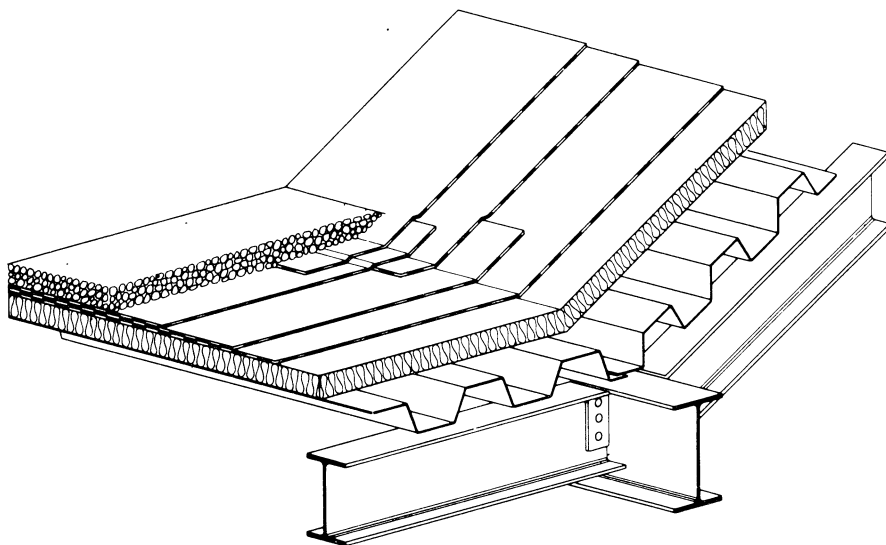
5 Крепление рельсов к кровле из профилированных листов на трубчатой стойке, которая имеет приваренную кольцевую манжету для присоединения изоляции.



6 Если платформа крана имеет достаточный противовес, то анкерка не нужна и рельсы могут быть уложены на гравийное основание на шпалах.

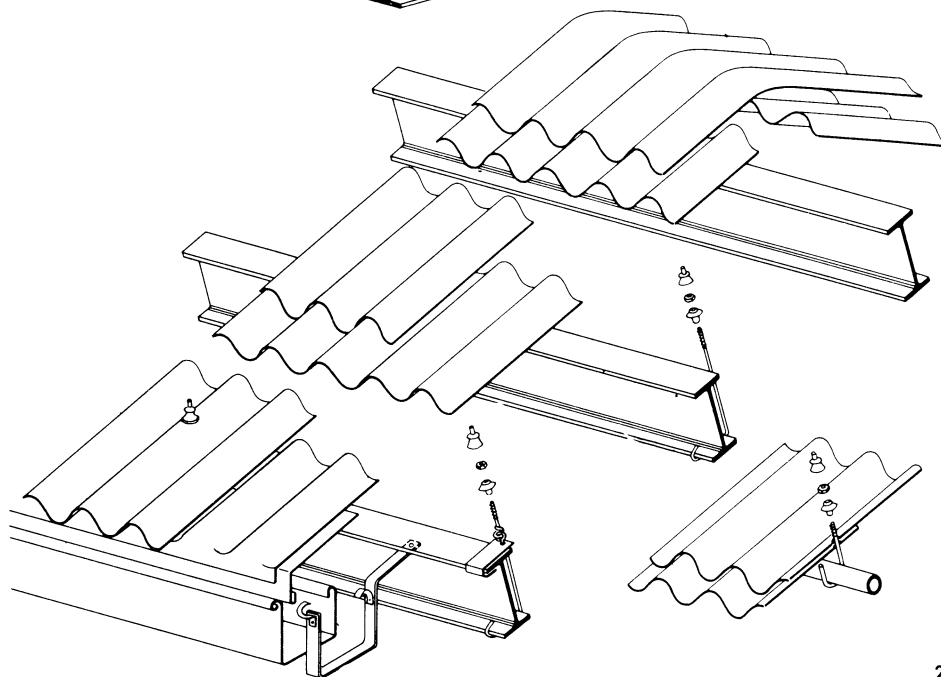
Наклонные покрытия в общем случае применяются только в низких зданиях, например для крытых рынков и в одно — четырехэтажных зданиях, реже — в зданиях большой этажности. Они находят применение также в шедовых покрытиях (литература: «Geneigte Dacher» Wiesbaden, 1974).

1 Наклонная утепленная кровля шедового покрытия. Показан переход от плоской кровли к наклонной. Выполнение такое же как плоской кровли, но без гравийной засыпки. Для уменьшения нагрева при солнечном освещении рекомендуется применение светлых кровельных покрытий из искусственных материалов.



1

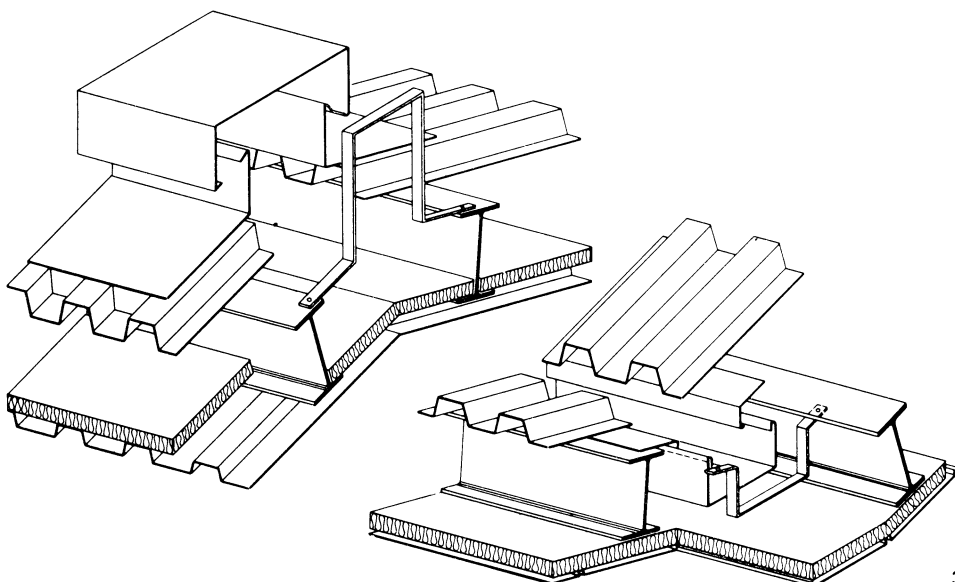
2 Наклонная неутепленная кровля из асбестоцементных волнистых листов. Теплоизоляция под асбестоцементными плитами или под прогонами. Для устройства коньков, свесов, ендов имеются многочисленные фасонные детали и стандартные элементы креплений. Наибольший шаг прогонов 1,45 м при высоте волны 57 мм, масса 13,25 кг м², минимальный уклон кровли 7°; возможны крутые кровли (подробности см. Neufert, Well-Eternit Handbuch).



2

3 Наклонная холодная кровля из профилированного настила трапецидального сечения из стали или алюминия. Изоляция в большинстве случаев по нижним полкам прогонов. Фасонные детали для конька, свеса и торцов кровли имеются в большинстве поставляемых комплектов. О несущей способности см. с. 301, рис. 3.

Длина листов трапецидального сечения до 15 м. Если не требуется поперечного стыка, то возможен очень небольшой уклон. Профилированные листы оцинковываются; может быть применено также двустороннее покрытие синтетическими материалами или цветное покрытие листов.



3

Особенности наружных стен

На конструкцию и тип наружных стен оказывают влияние следующие особенности зданий со стальным каркасом.

В зданиях со стальным каркасом нагрузки воспринимаются колоннами, так что оно не нуждается в несущих наружных стенах. Поэтому предпочтительны легкие стены. В конструкцию стен можно полностью или частично включать колонны.

Следует обращать внимание на положение колонн, размещенных в плоскости наружных стен, позади стен или перед ними.

Для опирания наружных стен могут использоваться наружные колонны, что дает экономию на фасадных стойках.

Наружные стены удобно крепятся к несущим конструкциям с помощью болтовых и сварных соединений.

Ветровые связи с диагональными стержнями решетки оказывают большое влияние на конструкцию наружных стен.

Следует обратить внимание на относительную свободу деформаций наружной стены и несущей конструкции, так как деформации стального каркаса от температурных изменений, вертикальных временных нагрузок и горизонтальных ветровых сил, а также вследствие колебаний из-за ветрового напора в высоких зданиях часто больше, чем при строительстве из тяжелых материалов (железобетон, кирпич).

Допуски в стальном каркасе благодаря точному предварительному изготовлению меньше, чем в конструкциях из других материалов.

Монтаж наружных стен часто можно объединить с монтажом стального каркаса.

Наружные стены (однослойные или многослойные) должны быть обязательно сборными.

Назначение наружных стен

Наряду с ограждением помещений от наружного пространства наружные стены должны выполнять многочисленные функции.

1. Защита от влажности

В самой простой форме это требование понимается как защита от дождя и снега.

Наружная стена должна быть также непроницаема для осадков и при ветровом напоре.

Важная функция наружной стены — защита от конденсата. Зимой теплый и влажный воздух помещений образует в наружных слоях стен конденсат. Если в теплое время года эта влага не успеет высохнуть, то накопление ее в стенах может продол-

жаться в течение нескольких лет. В результате может начаться разрушение стен из-за замерзания влаги в порах стены. Поэтому за частую требуется устройство с внутренней стороны наружных стен сплошной пароизоляции. Наиболее трудными местами являются переходы от наружных стен к кровле.

В очень влажных помещениях с неизбежными выпадениями конденсата на наружных стенах могут быть устроены специальные пористые слои, действующие как накопитель конденсата, которые испаряют накопленную воду в теплый период.

2. Защита от проникания воздуха

В наипростейшей форме это требование понимается только как защита от ветра. В полноценных наружных стенах требуется непроницаемость от ветрового напора.

Желательно также уплотнение стен для защиты от прохождения воздуха изнутри.

3. Теплозащита

Противосолнечная защита путем затенения окон и закрытых плоскостей стен.

Может быть предусмотрена постоянная защита от солнца выступающими экранами (вертикальными или горизонтальными) или облицовкой стеновых плоскостей. Возможна также подвижная защита от солнца — жалюзи и маркизы.

Противосолнечная защита путем отражения лучей от глухих стеновых плоскостей достигается их светлой окраской, а при остекленной поверхности — металлическим напылением.

Важнейшая функция каждой полноценной наружной стены — это изоляция от проникания тепла с ограничением его определенным количеством тепла в единицу времени.

Числовая мера k — в $\text{м}^2 \cdot \text{°С} / \text{ч} \cdot \text{ккал}$.

Благодаря накоплению тепла в массивных наружных стенах возможно естественное выравнивание температур — летом тепло накапливается за день вследствие солнечной радиации, за ночь оно вновь отдается наружу; зимой тепло, накопленное благодаря отоплению в течение дня, здание отдает также в ночные часы.

Легкие наружные стены могут аккумулировать тепло только в незначительном количестве. Поэтому аккумуляция тепла в фасадах с большой поверхностью остекления имеет лишь ограниченное значение.

4. Звукоизоляция

Защита от шума извне, прежде всего от шума, создаваемого движением уличного транспорта и самолетами.

Звукоизоляция между этажами и помещениями одного этажа. В звукоизолирующих перегородках или перекрытиях внутренних слоев легких наружных стен легко проводят звук в соседние помещения.

Поглощение звука во внутренних помещениях с высокими акустическими требованиями.

5. Противопожарная защита

Наружная стена должна оградить здание от переброски огня от этажа к этажу. Официальные требования регулируют в большинстве случаев огнестойкость наружных стен и длину пути переброски огня.

Необходима изоляция внутренней зоны перекрытия, если внутри нее находятся не защищенные от пожара несущие элементы. Эта зона защищена от пожара сверху несущим перекрытием, снизу — подвесным потолком. Наружная стена должна снаружи перекрывать пространство внутри перекрытий.

Конструкция наружной стены должна создавать препятствие переброске огня из внутренних зон перекрытия в верхние этажи, если в этих зонах лежат горючие кабели или воздуховоды, по которым могли бы пройти горячие газы.

6. Статический расчет

Восприятие и передача боковых сил на колонны и перекрытия.

Восприятие и передача ветровых сил (напор и отсос) на несущие конструкции.

Передача собственного веса наружной стены на несущие конструкции.

В порядке исключения: передача нагрузок от перекрытий или покрытий.

Комбинация требуемых свойств

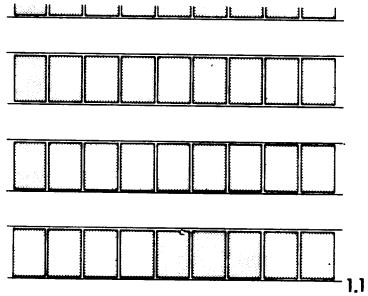
Все качества не всегда необходимы для каждой стены. Самые невысокие требования предъявляются к таким открытым зданиям, как галереи, балконы, перроны, открытые гаражи или такие части здания, как, например, перила как средство, гарантирующее от падения; решетки или легкие экраны как зрительное ограждение помещений.

Дополнительные требования ставятся при проектировании неотапливаемых зданий, например складских помещений: непроницаемость для атмосферных осадков, непроницаемость для ветрового давления, противопожарная защита.

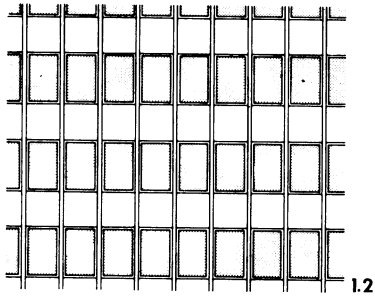
К полностью защищенным отапливаемым зданиям добавляются еще многие требования, среди которых на первом месте требование теплоизоляции.

Основные типы

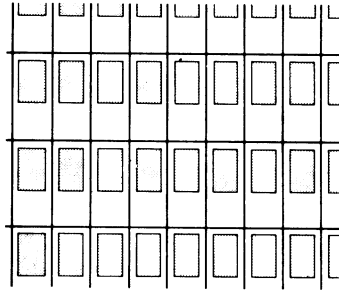
Наружные стены могут быть систематизированы по различным признакам. По конструктивной схеме и отношению к несущей конструкции можно различать следующие основные типы.



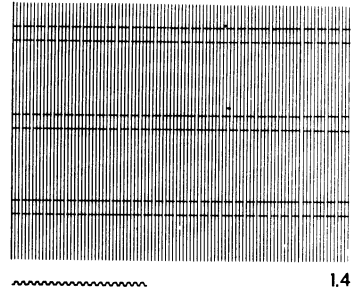
1.1 Ленточное остекление. Фасад имеет ясно выраженное горизонтальное членение. Его элементы — это сплошные ленты в подоконных зонах. Между ними располагаются несущие, главным образом остекленные ленты.



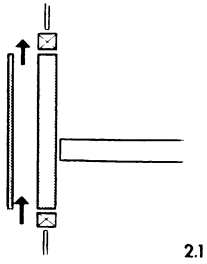
1.2 Стоечные фасады. Вертикальные стойки служат несущим элементом наружной стены. Как правило, их шаг соответствует ширине окон. Часто колонны здания служат одновременно стойками фасада. Стойки фасада делятся поэтажно или проходят через несколько этажей.



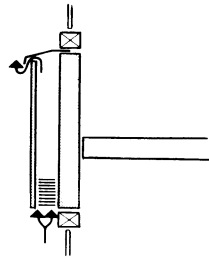
1.3 Панельные конструкции. Крупные панели высотой на один этаж и шириной в одно окно.



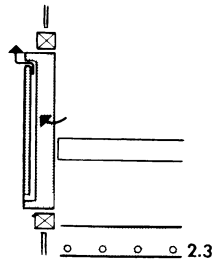
1.4 Облицовка. Под облицовкой следует понимать большие фасадные плоскости, которые обычно не имеют членения на пролеты или по высоте и элементы которых распространяются на несколько пролетов или этажей.



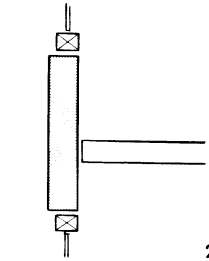
2.1



2.2



2.3

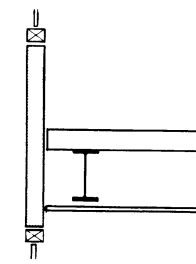


2.4

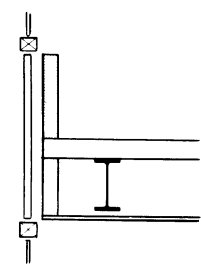
Вентилируемые стены

По способам вентиляции наружных стен можно различать следующие приемы:

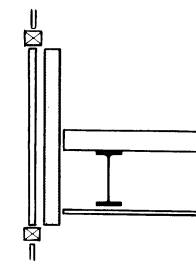
- 2.1** Защитный экран перед стеной с продухом, открытым сверху и снизу, затеняющий стену. Оболочка защищает от дождя и создает осушающий режим в стене.
- 2.2** Защитный экран, закрытый сверху свободно посаженной крышкой и решеткой в нижней части продуха.
- 2.3** Сплошная, но пропускающая воздух легкая стена. Внутреннее пространство стены вентилируется наружным и внутренним воздухом, благодаря чему выравнивается давление и стена может «дышать».
- 2.4** Закрытая, не пропускающая воздуха, а в случае необходимости и не допускающая проникания пара стена.



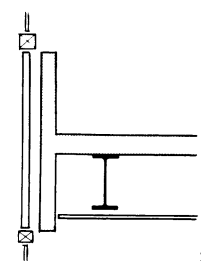
3.1



3.2



3.3



3.4

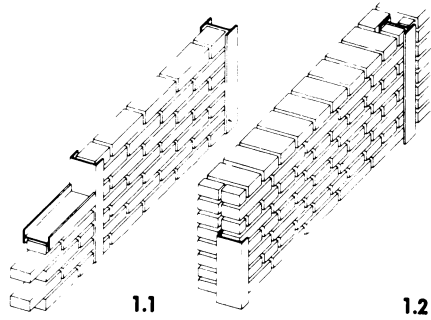
Противопожарная защита

Строительно-противопожарные предписания для огнестойких простенков и огнестойкой защиты пространства внутри перекрытий могут привести к следующим решениям:

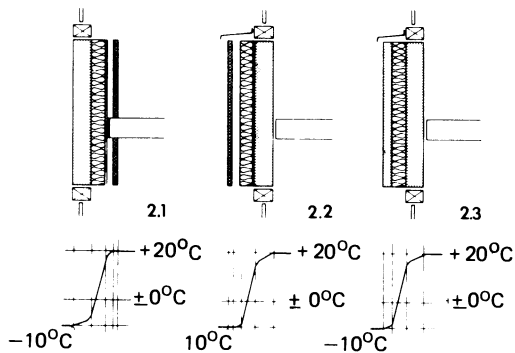
- 3.1** Подвесная наружная стена в зоне простенка, зоне перекрытия и, если требуется, в зоне перемычки, огнестойка.
- 3.2** Подвесная наружная стена неогнестойка. Подоконная часть стены выполнена независимо от наружной стены из огнестойкого материала. Пространство внутри перекрытия требует огнестойкой защиты (см. с. 279).
- 3.3** Наружная стена неогнестойка. Огнестойкая подоконная лента, перекрывающая зону парапета, перекрытия и перемычек, подвешена в виде плиты.
- 3.4** Плита, монолитно забетонированная с плитой перекрытия.

Плиты подоконных стен и простенков из кирпичной кладки и бетона
Кирпичная кладка

Кирпич, клинкер, известково-песчаный камень, легкий кирпич со штукатуркой или без нее, в высоких стенах укрепляемые с помощью вертикальной и горизонтальной стальной арматуры или профилей, толщиной в 1,2 кирпича (рис. 1.1) или в 1 кирпич (рис. 1.2).



Сборные железобетонные плиты со слоем теплоизоляции из минераловатных матов, древесностружечных плит или плит из искусственного пенистого материала, например из стиропора.



2.1 Теплоизоляция внутри дает возможность накапливать тепло при солнечном излучении; точка росы находится в бетонном слое или в слое изоляции.

2.2 Теплоизоляция снаружи дает возможность накапливать тепло внутри для неотопляемых ночных часов. Точка росы находится в изоляции.

2.3 Трехслойная железобетонная плита с готовыми поверхностями снаружи и внутри и теплоизоляцией в середине. Оба слоя соединяются друг с другом анкерами из нержавеющей стали. Для предотвращения напряжений от разницы температур жесткое крепление устанавливают в середине плиты, а упругие связи — по краям.

Для многоэтажных зданий из стали благодаря малому весу и невысокой стоимости целесообразны легкобетонные панели.

Профили элементов фахверга

Дерево

Применяется часто, когда наружные стены располагаются между перекрытиями и отодвинуты в глубь помещений.

Стальные профили

Горячекатаный, а также гнутый профиль из отбортованных листов. Односторонние или двусторонние элементы с промежуточной прокладкой из искусственного материала в качестве теплоизоляции.

Фахверк устраивается из обычной стали, оцинкованной, окрашенной, покрытой печным лаком или слоем пластмассы, а также из атмосферостойкой или нержавеющей стали.

Алюминиевые профили

Алюминиевые профили формируются прессованием на ленточных прессах; имеют разнообразные формы поперечного сечения со сложной обработкой поверхности, формованием ребер для укрепления и опирания прокладок. Возможны декоративные формы профилей.

Наружная поверхность оставляется в натуральном виде, анодируется, покрывается печным лаком или окрашивается. Так как алюминиевые профили дороже, чем стальные, то целесообразна комбинация нижнего несущего стального профиля с наружным изолирующим алюминиевым профилем.

Панельные стены, блони, декоративные панели

По расчетному признаку различаются самонесущие стеновые или подоконные панели и панели между несущими стойками; по климатическому признаку — открытые и закрытые панели; по способу изготовления — панели с наклеенными или механически соединенными слоями.

Панели состоят из наружного слоя, изоляции, пароизоляции и внутреннего слоя.

Материалы для наружного и внутреннего слоев панелей
Фасонные профили:

стальной лист — плоский, гнутый или тянутый, часто усиленный гофрировкой — из обычной стали, окрашенный, оцинкованный, с пластмассовым покрытием или эмалированный, из атмосферостойкой или нержавеющей стали;

алюминиевый лист плоский, гнутый или профилированный в естественном состоянии, анодированный, окрашенный или с пластмассовым покрытием.

Плоские плиты из: фанерных или древесноволокнистых плит; серых или белых шероховатых асбестоцементных плит; глад-

ких асбестоцементных плит, покрытых декоративным слоем; гипсоволокнистых плит из атмосферостойкого жесткого гипса; огнестойких, содержащих асбест плит (например промасбест, изотернит) только для неутепленных наружных стен.

Материалы для внутренней изоляции:

волокнистый материал, например минеральное волокно, в большинстве случаев не сохраняющее форму, а потому помещаемое внутри коробки из жестких плит;

пенистое вещество, например стиропор, молтопен в сохраняющих форму плитах; пеностекло, наклеиваемое на битуме для пароизоляции;

пенопласт с плотными слоями на наружной и внутренней поверхности, например пенополиуретан;

бумажные соты с пенным наполнением или без него.

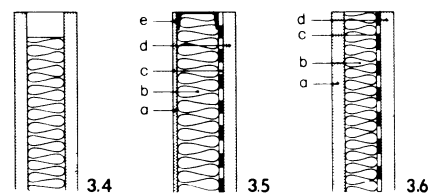
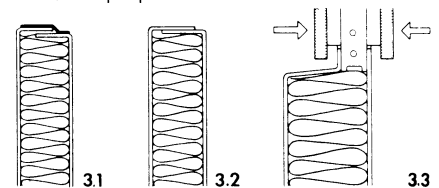
Материалы для пароизоляции: металлическая фольга — алюминиевая или медная; синтетическая пленка.

Покрытие панелей стальными или алюминиевыми листами

3.1 Внутренние и наружные листовые покрытия с загнутыми кромками, прикрепленными клеем.

3.2 Внутренние и наружные покрытия с загнутыми кромками, плотно сваренными между собой (тепловой мостик).

3.3 Наружное покрытие из гнутого профиля, внутреннее — плоское; между ними синтетический материал, например неопрен; герметизация путем опрессовки закрывающих профилей.



Панели из плоских плит

3.4 Закрытая панель с приклеенным торцовым профилем.

3.5 Закрытая с торца панель:

a — плоская металлическая или пластмассовая плита;
b — теплоизоляционный слой,
c — пароизоляция, например фольга.
d — внутренняя плита, например гипсоволокнистая плита;
e — швеллер из металла или пластмассы в качестве накладки.

3.6 Открытая с торца панель с жесткой внутренней изоляцией; ее структура:

a — наружная панель, например асбестоцемент,
b — теплоизоляция,
c — пароизоляция
d — внутренняя плита, например асбестоцемент.

Облицовка

Асбестоцементные плиты — плоские, волнистые, профилированные.

Стальные листы — волнистые или трапециевидного сечения, оцинкованные и покрытые слоем синтетического материала.

Алюминиевые листы — профилированные, например трапециевидного сечения; без покрытий, анодированные или покрытые искусственной пленкой.

Плиты из синтетических материалов.

В конструкции наружной стены различают следующие деформационные процессы:

перемещения наружных стен относительно каркаса здания;

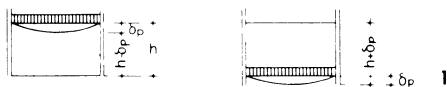
перемещения фасадных элементов относительно друг друга.

Деформации зданий

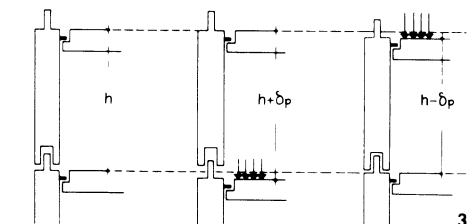
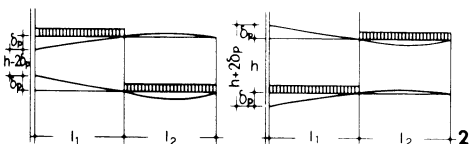
Для наружных стен имеют значения не абсолютные перемещения здания, а относительные смещения точек их крепления: по вертикали — вследствие изменения интервала крепления, по горизонтали — вследствие изменения длины перекрытия, а также взаимного сдвига перекрытий из-за боковых отклонений здания под действием ветровых нагрузок.

Изменение расстояния между перекрытиями

Изменение расстояния между плоскостями перекрытий зависит от прогиба перекрытий вследствие действия временной нагрузки и от изменения высоты колонн, вызванных временной и ветровой нагрузками и температурными воздействиями.



Существенное влияние оказывает прогиб перекрытия (рис. 1). Он выражается в долях пролета между колоннами.



2 Нагруженная консоль прогибается книзу, а ненагруженная при нагружении соседнего пролета изгибается вверх, так что оба случая нагружения могут сказаться на фасадных элементах.

3 Влияние прогиба перекрытия на наружную стену.

Изменение длины перекрытия

Изменение длины перекрытия для наружной стены не имеет существенного значения. При максимальном температурном колебании $\pm 10^\circ\text{C}$ внутри здания в панелях длиной 7,2 м появляется деформация $\pm 0,7$ мм. Даже если край перекрытия не изолирован от наружного воздуха, то внутренние зоны перекрытия препятствуют появлению больших температурных деформаций. Продольные деформации покрытия могут быть значительно больше (см. с. 224, рис. 8 и 9).

Изменение длины колонн

Изменение длины необлицованных наружных колонн составляет на этаж от +3 до —6 мм, внутростоящих колонн — от +2 до —4 мм. Очевидно, что эти изменения весьма незначительны даже при экстремальных комбинациях.

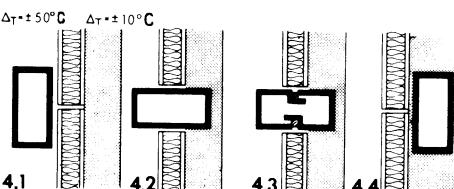
Крепление наружных стен к перекрытиям или колоннам

Крепление наружных стен к колоннам наиболее целесообразно в том случае, когда наружные колонны расположены с небольшим шагом. В случае крепления к перекрытиям при назначении размеров швов следует исходить из деформированного состояния перекрытия к моменту монтажа фасада. Необходимо учесть также, что перекрытие фактически никогда не имеет полной расчетной временной нагрузки (см. с. 242).

В зданиях с перекрытиями, образующими далеко выступающие консоли, можно всю наружную стену подвесить к плоскости верхнего перекрытия, но нужно обеспечить подвижное примыкание перекрытий к наружной стене в промежуточных этажах (см. с. 204, рис. 1).

Деформации наружных стен

Наружные слои подвергаются большим температурным колебаниям (от -30°C до $+80^\circ\text{C}$), внутренние слои только незначительным колебаниям (от $+15^\circ\text{C}$ до $+25^\circ\text{C}$).



Это различным образом влияет на элементы наружной стены.

Стойки, ригели и профили рам

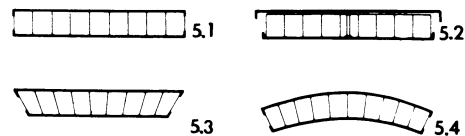
4.1 Профили, расположенные снаружи теплоизоляции, испытывают большие изменения длины из-за постоянного воздействия наружной среды.

4.2 Профили в стене, контактирующие с наружной и внутренней средами, имеют различную температуру на обеих сторонах и образуют тепловые мостики. Неизолированные профили прогибаются в сторону теплой стороны.

4.3 В профилях, состоящих из нескольких частей с тонкими промежуточными слоями изоляции, все части удлиняются или укорачиваются различно и сдвигаются относительно друг друга.

4.4 Профили с внутренней стороны от теплоизоляции благодаря постоянной температуре имеют незначительные температурные деформации.

Кроме деформаций от температуры элементы фахверка подвергаются изгибу от ветра.



Плитные элементы

5.1 Деформируются из-за различной температуры наружной и внутренней сторон в зависимости от структуры их крепления;

5.2 Наружная оболочка крепится отдельными зажимами без передачи сдвигающих усилий. Наружная сторона деформируется независимо от внутренней. Последняя имеет функцию несущей и крепится к зданию (или к стойкам фасада);

5.3 Плита имеет податливую на сдвиг изолирующую прослойку. Наружная сторона деформируется почти независимо от внутренней стороны, однако плита легко коробится.

5.4 Плита состоит только из одного материала (например, газобетона) или ее оболочки жестко соединены друг с другом (например, краевыми планками). Вследствие температурных изменений плита изгибается или коробится.

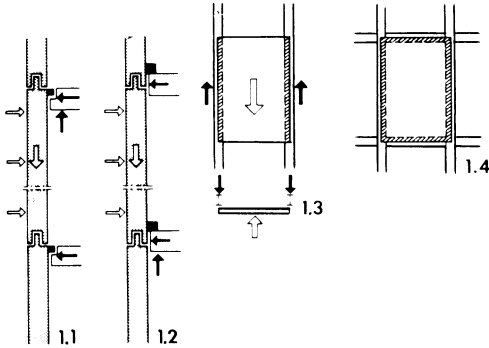
Кроме этого, плиты изгибаются под влиянием ветрового давления.

Остекление

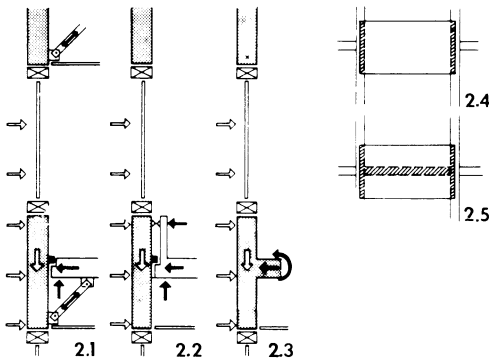
Остекление должно быть свободным от защемления. Листы стекла должны быть оперты на двух опорах статически определимо или при применении изолирующего остекления установлены по предписаниям изготовителя.

Условия опирания

Наружные стены в местах крепления передают на несущую конструкцию вертикальные нагрузки от собственного веса и навесных деталей (противосолнечной защиты, балконов, радиаторов) и горизонтальные силы от ветрового давления и отсоса. По статическому действию различают следующие случаи:



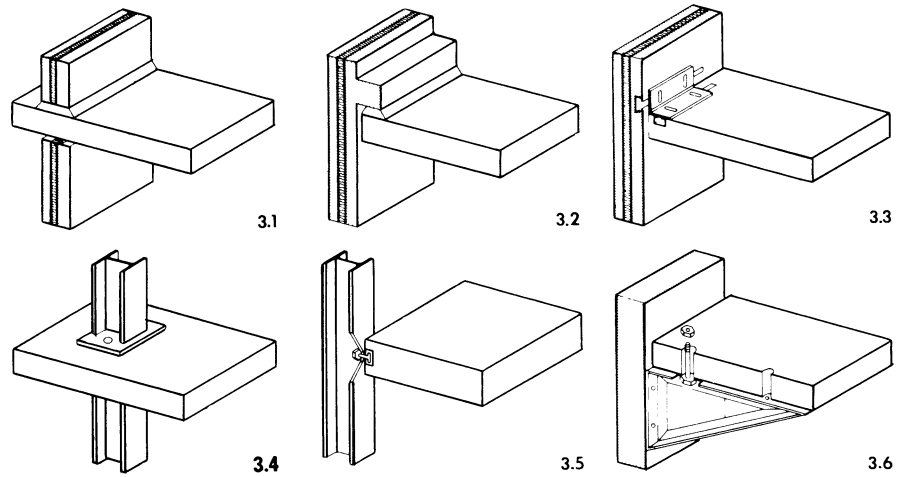
1 Панели наружной стены высотой на этаж опираются, как балки на двух опорах, на две плоскости перекрытия. Конструкции высотой в несколько этажей работают как неразрезные балки. Они могут подвешиваться к плоскости верхнего перекрытия (1.1) или стоять на нижнем перекрытии (1.2). Панели наружных стен могут опираться также только на колонны (1.3) или, как опертые по контуру плиты, на колонны и перекрытия (1.4).



2 Панели ленточных фасадов крепятся только к одному перекрытию. Кроме того, требуются дополнительные горизонтальные опоры (2.1) или опирание на перекрытие (2.2), или жесткое крепление к перекрытию, например монолитное (2.3). При наличии колонн панели закрепляются с двух сторон на колоннах (2.4) или с трех сторон на колоннах и перекрытии (2.5). Наружные стены могут быть прикреплены непосредственно к несущей конструкции, но в большинстве случаев элементы крепления рассредоточиваются.

Крепление наружных стен к плитам перекрытий

Для крепления наружных стен к плитам перекрытий служат анкерные полосы или болты, вставленные в трубки, заложенные в бетон, или дюбели в просверленных отверстиях.

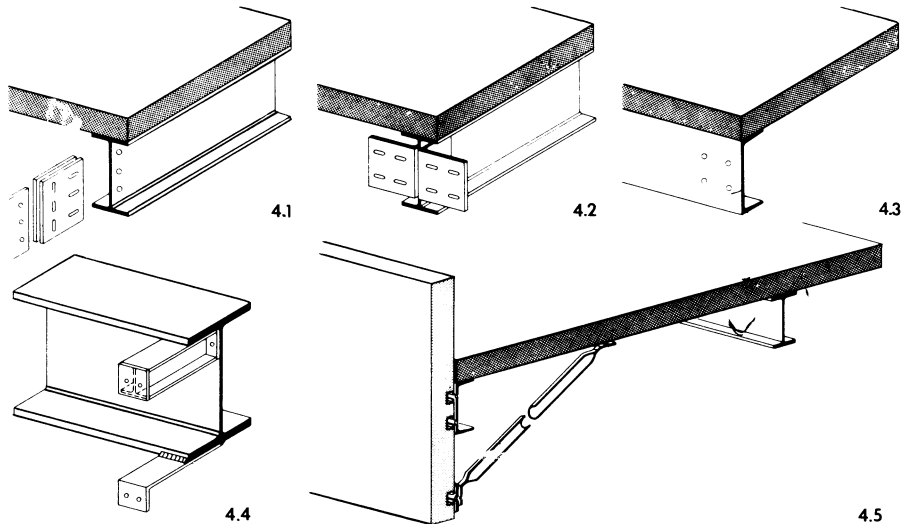


3.1 Железобетонная подоконная плита установлена на растворе на плите перекрытия.
3.2 Железобетонная стеновая панель, внутренняя несущая сторона которой имеет опорный выступ, установлена на растворе.
3.3 Крепление железобетонной стены с помощью стальных соединительных уголков с овальными отверстиями для выравнивания допусков.

3.4 Стойки фасада закреплены дюбелями в плите перекрытия.
3.5 Крепление фасадных стоек с помощью анкерных опор.
3.6 Жесткое примыкание подоконной плиты. Крепление консоли болтами в закладных трубах.

Крепление наружных стен к балкам перекрытий

Стальные балки перекрытий представляют идеальную возможность для крепления наружных стен с помощью прибалчивания или приваривания соединяемых элементов.

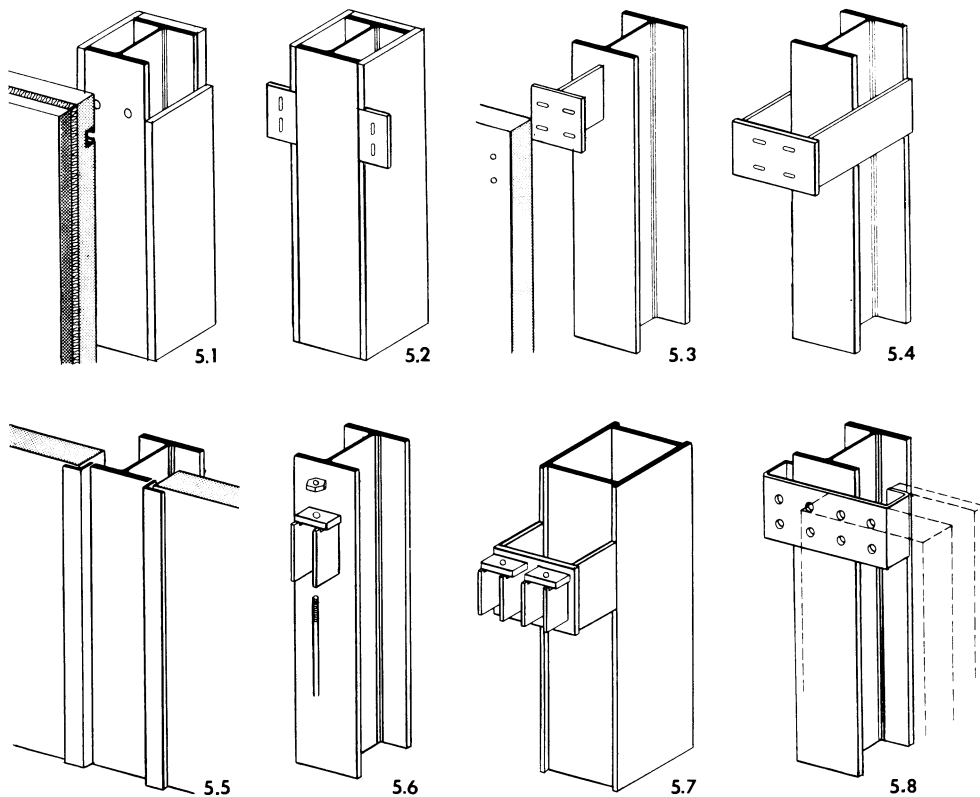


4.1 Балка перекрытия расположена перпендикулярно фасаду с примыканием панелей через фасонки с помощью парных накладок. Для теплоизоляции стыка пригодны прокладки из искусственных материалов. Необходима точная установка балок, так как горизонтальные сдвиги в плоскости фасада должны быть ограничены.
4.2 Привинчивание уголков с продолговатыми отверстиями к стенке балки.
4.3 К рандбалке перекрытия из швеллера,

который идет параллельно фасаду, стена крепится на болтах.
4.4 Балки перекрытия или прогоны, расположенные на определенном расстоянии позади фасада, имеют консольно выступающие элементы примыкания.
4.5 Подоконная панель приболчена к рандбалке перекрытия и имеет дополнительную опору в виде подкоса.

Крепление наружных стен к стальным колоннам

Имеются разнообразные возможности крепления наружных стен, если колонны стоят позади них. Так как в колоннах, имеющих огнезащитную облицовку, элементы примыкания прорезают облицовку, наружные стены выполняют огнезащитные функции. В огнестойких подоконных плитах примыкания также должны быть огнестойкими.



5.1 Простейший случай наружная стена присоединена на болтах непосредственно к колонне.

5.2 Примыкание с наружной стороны противопожарной облицовки.

5.3 Одностеночная консоль при отодвинутой от стены колонне

5.4 Двухстеночная консоль для тяжелых стен

5.5 Опирающие стеновых элементов на приваренные уголки. Наружная полка колонны остается открытой.

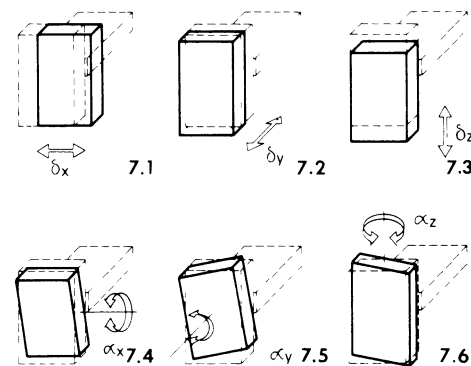
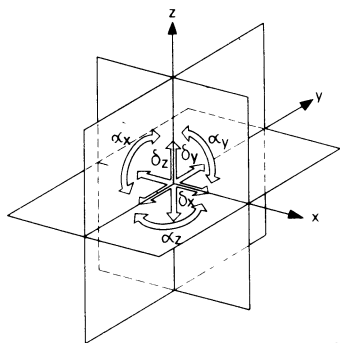
5.6 Приваренная к колонне пара ребер имеет сверху пластинку с просверленным отверстием для укрепления анкерных болтов, на которые навешивается стена. Это решение дает возможность сдвигать стеновую панель в сторону и регулировать ее расположение по высоте с помощью болта. После выравнивания стены пластинка приваривается к ребрам.

5.7 Такие же два примыкания, как и 5.6, но на консоли кораблатной формы

5.8 Приблизенный к колонне фасонный узловой элемент служит для раздельного крепления наружного и внутреннего слоев двухслойной стены

Выравнивание допусков

Швы наружной стены компенсируют деформационные колебания, описанные на с. 307, и допуски изготовления. Сборные элементы наружных стен изготавливаются с относительно жесткими допусками, причем элементы из металла с более жесткими допусками, чем железобетонные элементы. Допуски при возведении несущих конструкций грубее. Поэтому в стыках панелей нужно предусматривать выравнивающие элементы для обеспечения их взаимного крепления без специальной подгонки на месте.



6 Точки крепления наружных стен к несущим конструкциям могут быть сдвинуты против проектного положения в трех направлениях и могут быть повернуты вокруг трех осей

7 Система шести степеней свободы:

7,1 δ_x — сдвиг параллельно наружной стене;

7,2 δ_y — изменение зазора между плоскостью стены и несущей конструкцией,

7,3 δ_z — сдвиг по высоте;

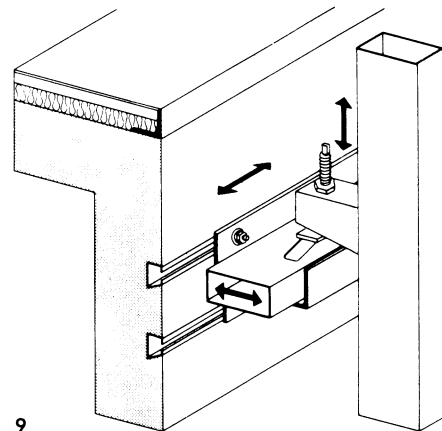
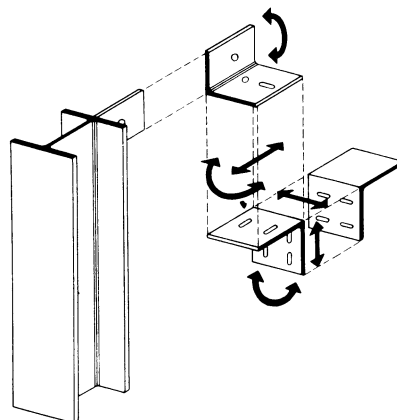
7,4 α_x — поворот вокруг горизонтальной оси x;

7,5 α_y — поворот вокруг горизонтальной оси y;

7,6 α_z — поворот вокруг вертикальной оси z

8 Крепление стойки наружной стены, обеспечивающее возможность сдвига и поворота во все стороны с помощью системы стальных уголков с эвальными отверстиями

9 Пример опирания фасада с возможностью перемещения. Всесторонние повороты обеспечиваются с помощью точечного опирания на болты. Примеры креплений наружных стен с выравниванием допусков — см с 310—315

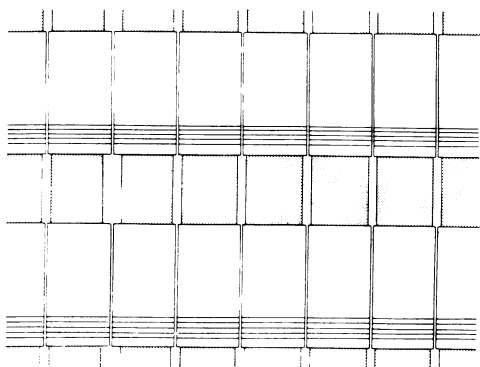
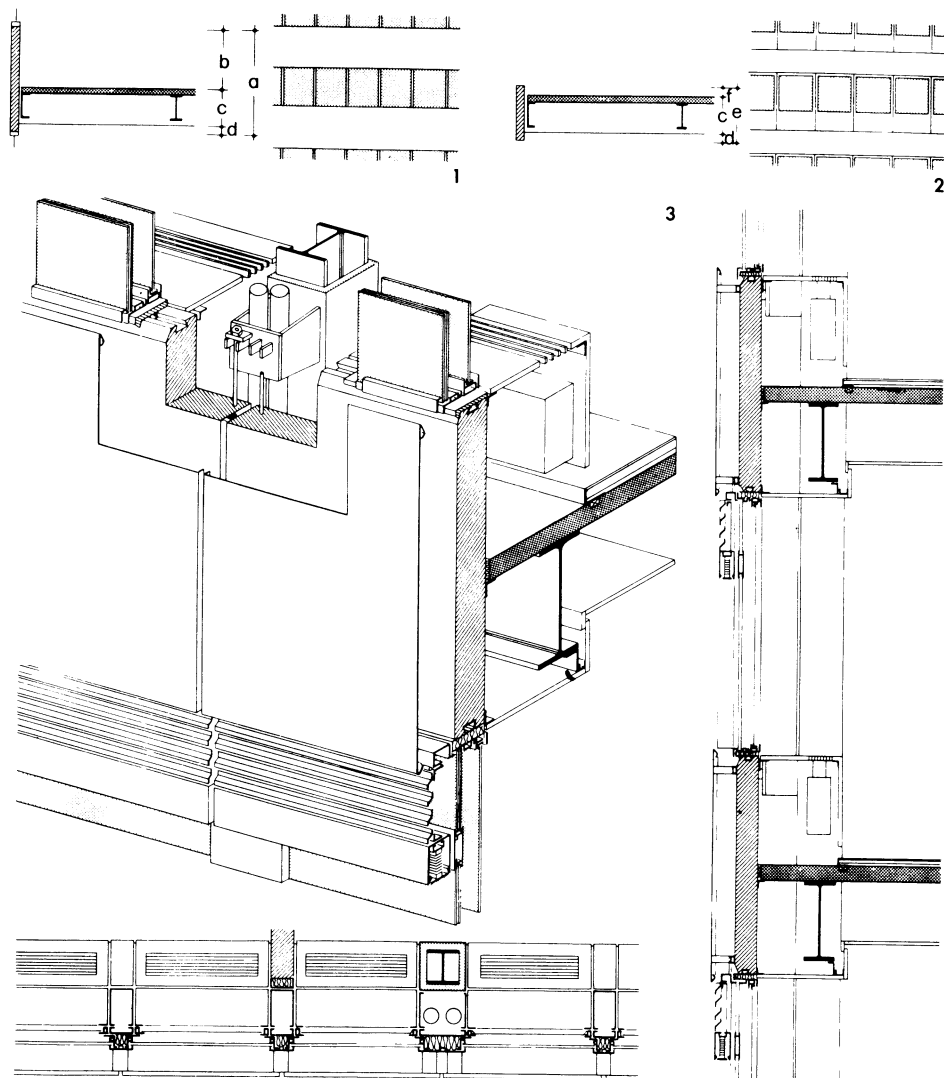


Ленточные фасады состоят из несущих и несущих поясов. Несущие (подоконные) пояса в большинстве случаев глухие. Окна расположены в пространстве между несущими поясами. Возможны следующие варианты:

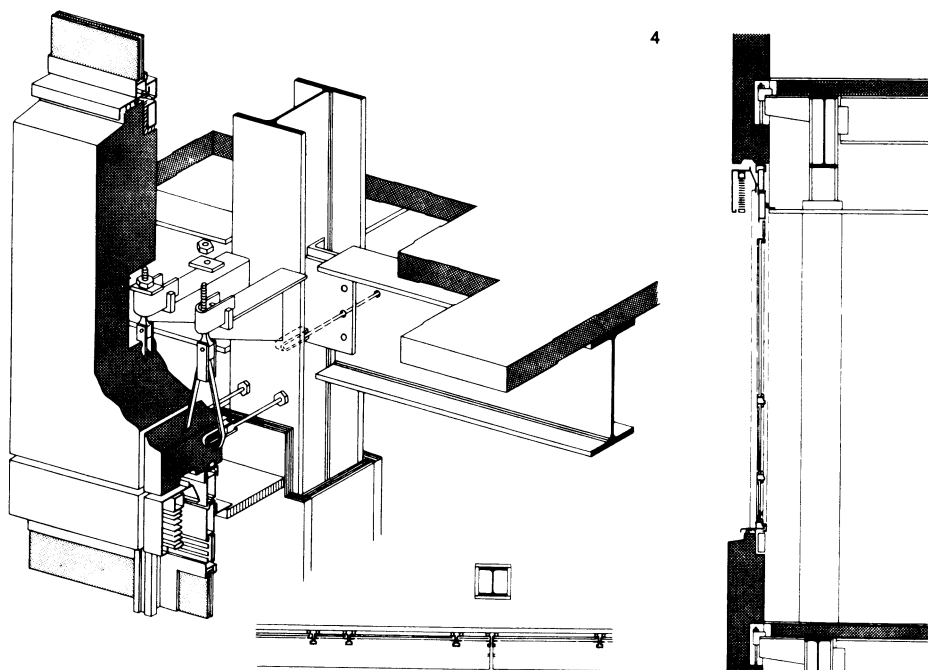
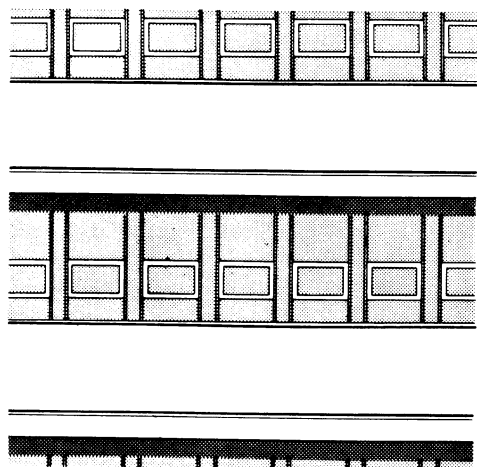
1 Несущая часть ленточной стены включает подоконную панель *b*, область междуэтажного перекрытия *c* и перемычку *d*. Несущие ленты между лентами подоконных стен состоят из окон или глухих панелей.

2 Несущая часть ленточной стены включает верхний выступ *f*, область междуэтажного перекрытия *c* и перемычку *d*. Стена, заключенная между перекрытиями, состоит из стоечных конструкций с окнами и подоконными панелями либо из панелей на всю высоту помещения.

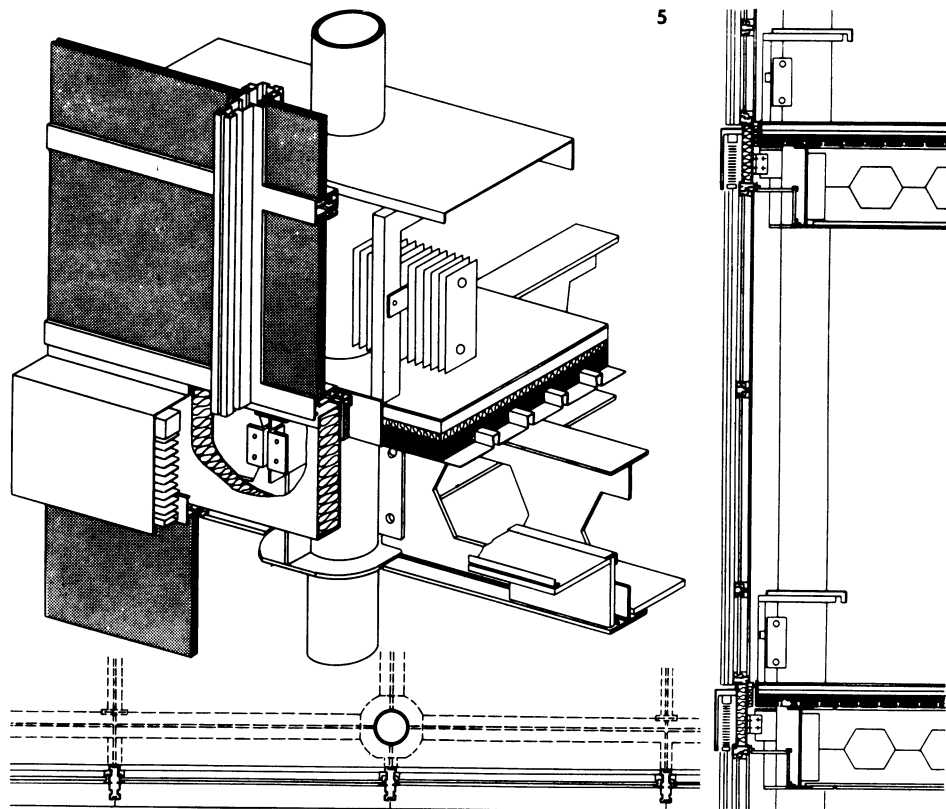
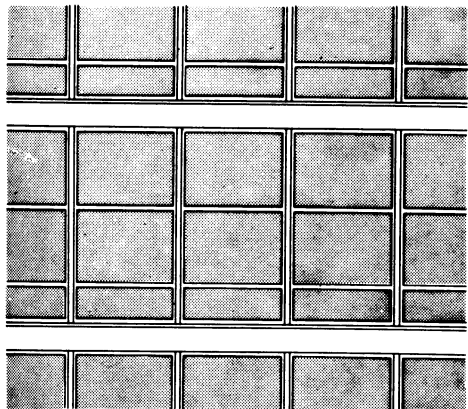
3 Неутепленные наружные стены. Внутренние плиты из дюризола пролетом до 7,5 м подвешены к консолям колонн и примыкают к плитам перекрытия. Окна крепятся к анкерным направляющим. Снаружи панели облицованы анодированными алюминиевыми лентами (высотный дом SFB, Западный Берлин. Архитекторы: Тепец, Цандер)



4 Подоконные стены и перемычки из легкого бетона крепятся к стальным конструкциям на болтах.

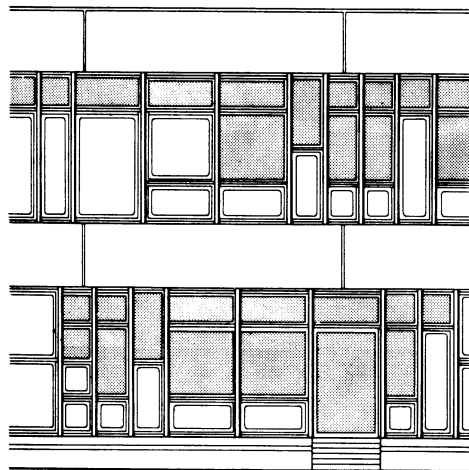
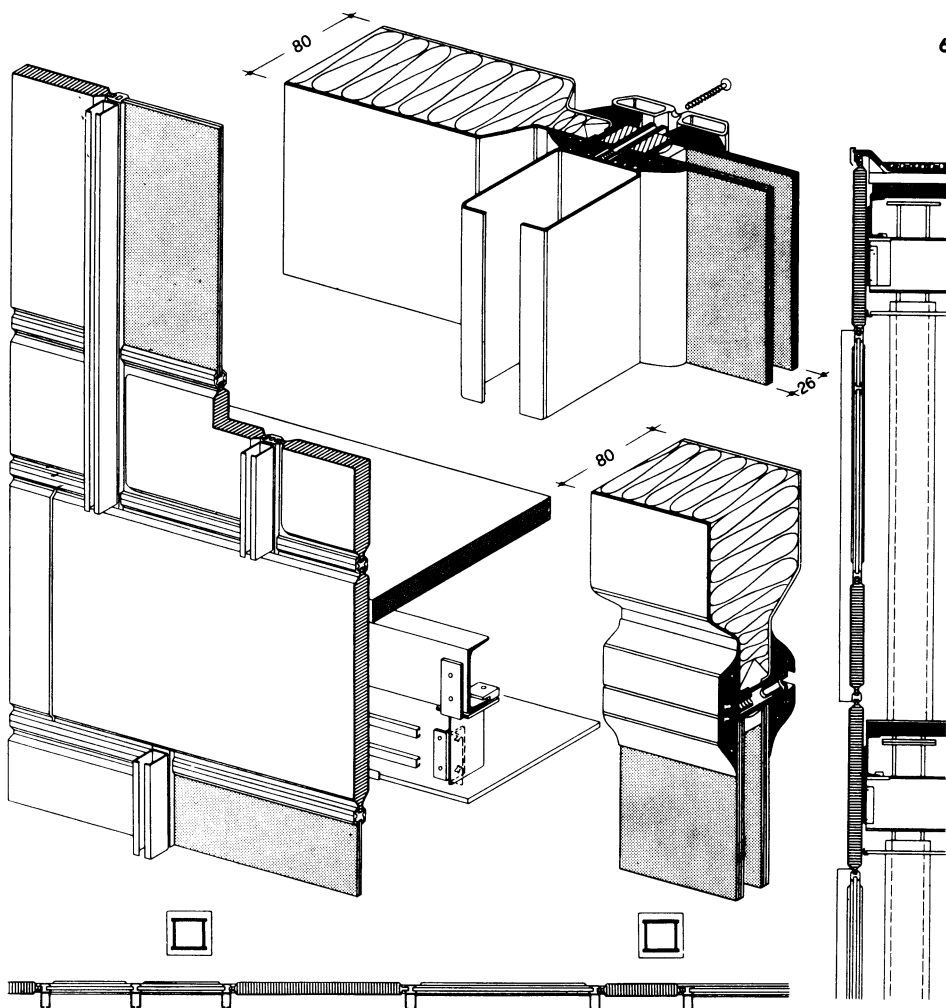


5 Утепленные наружные стены с большой поверхностью остекления. Узкие несущие пояса наружных стен, закрывающие перекрытия, приболчиваются на консолях, приваренных к основным колоннам или к перфорированным балкам прогонов. Снаружи поясные панели прикрыты рамками с алюминиевыми жалюзи. В верхних этажах сплошное остекление на всю высоту помещения, в первом этаже раздвижные окна.



6 Фасад из стальных панелей. Несущие пояса в уровне перекрытий крепятся к балкам стальных конструкций (см. с. 211, рис. 12). Между этими лентами расположены элементы ограждающих конструкций наружных стен: сплошные панели, глухое остекление или открывающиеся окна. Наружная оболочка состоит из атмосферостойкой стали. Несущий пояс огнестоек благодаря теплоизоляции из минераловатных матов. Глухие панели ограждающих конструкций утеплены пенополиуретаном.

Стыки закрыты неопреновым профилем, идущим вокруг панели или остекленного элемента. Внутренняя перекрывающая планка прямоугольных стыков соответствует примыканиям перегородок (новые корпуса университета в Западном Берлине. Архитекторы: Кандилис, Жозик, Вудс, Шидхельм. Фасады решены по идее Жана Пруве).



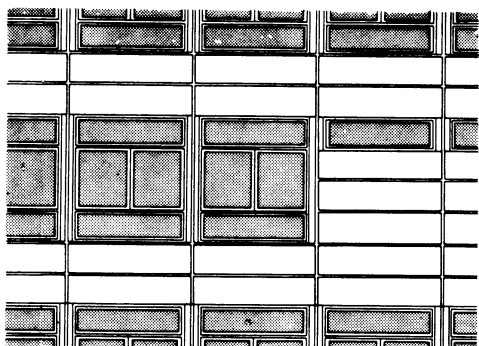
Конструктивно различаются:

1.1 Видимые снаружи самонесущие гладкие пилястры или

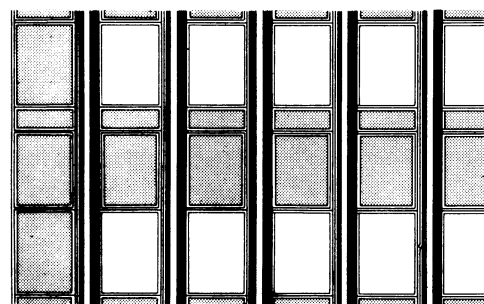
1.2 Несущие стойки, стоящие как особые элементы в плоскости наружных стен или позади них.

Наружные колонны, используемые как несущие стойки наружных стен, размещаются за наружной стеной (рис. 2.1), в ее плоскости (2.2) или перед (2.3) наружной стеной (см. с. 199).

6 Между наружными колоннами здания установлены рамы из гнутых листовых профилей, несущие внутреннюю стеновую оболочку: снаружи профилированные алюминиевые листы, покрытые сверху битумом, затем 30-мм изоляционные маты из минерального волокна, внутри перед 60-мм воздушной прослойкой гипсоволокнистая оболочка 55 мм. Наружная оболочка состоит из асбестоцементных плит (система школьного строительства Homburger Stahlbau).



7 Окрашенные белой эмалью наружные колонны являются доминирующим элементом фасада с частичной противопожарной облицовкой (см. с. 214, рис. 4). Профилированные элементы фасада, размещенные за колоннами, имеют плиты из вермикулита как внутреннюю и боковую противопожарную защиту колонн. Между этими элементами размещены окна и парапетные панели с опаловым стеклом в качестве наружного покрытия (ветеринарный факультет университета в Западном Берлине. Архитекторы: Люкхардт и Вандельт).

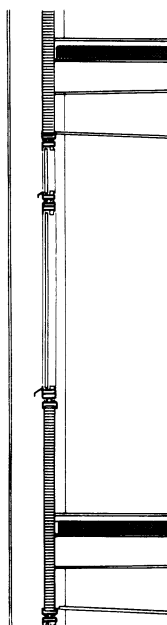
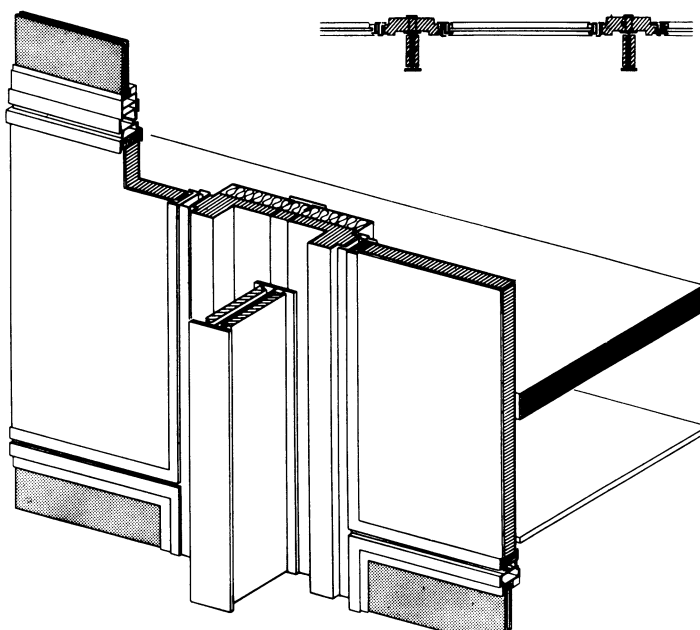
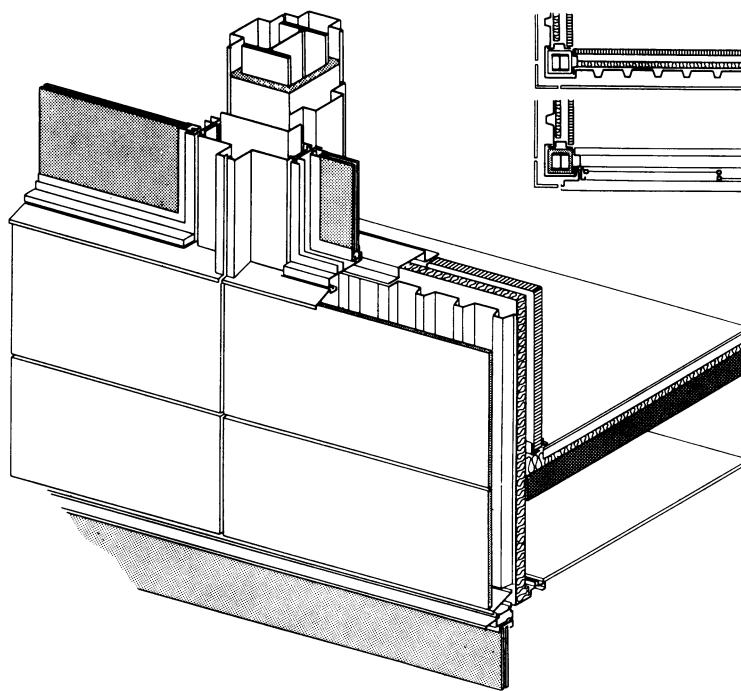
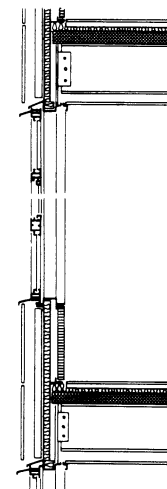
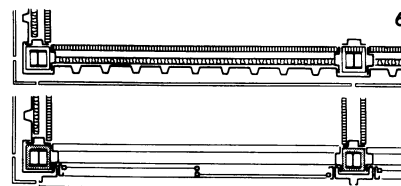
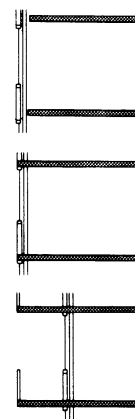
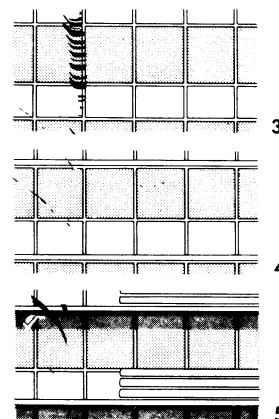
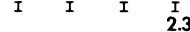
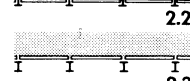
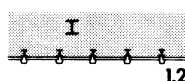
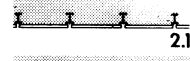
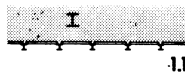


В конструкции наружных стен нет значительного различия, будут ли они:

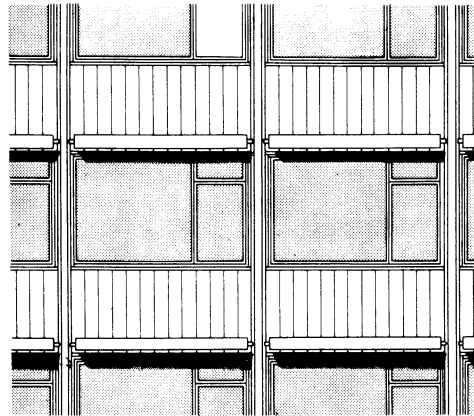
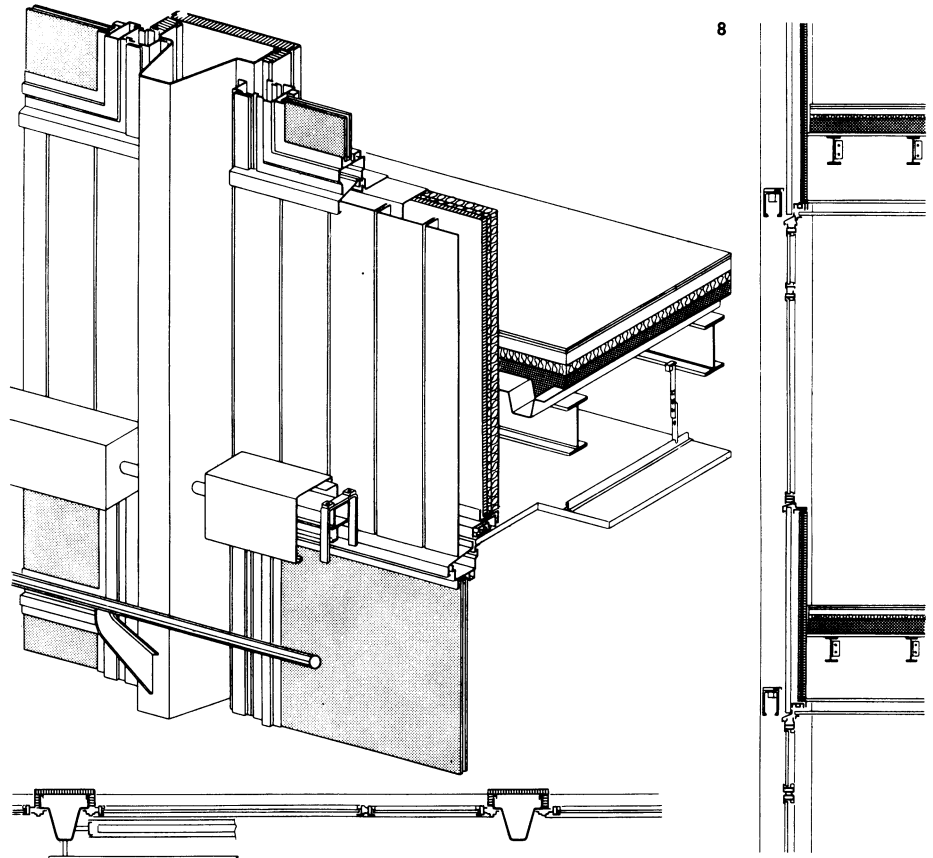
3 примыкать к перекрытиям;

4 расположены между перекрытиями (конструкция перекрытия остается видимой снаружи);

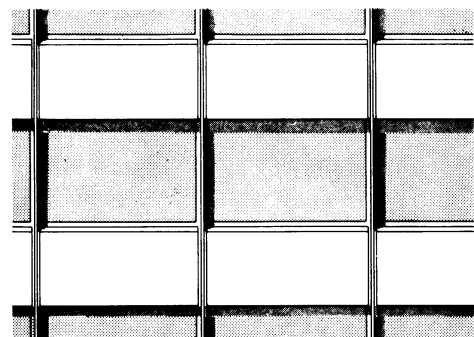
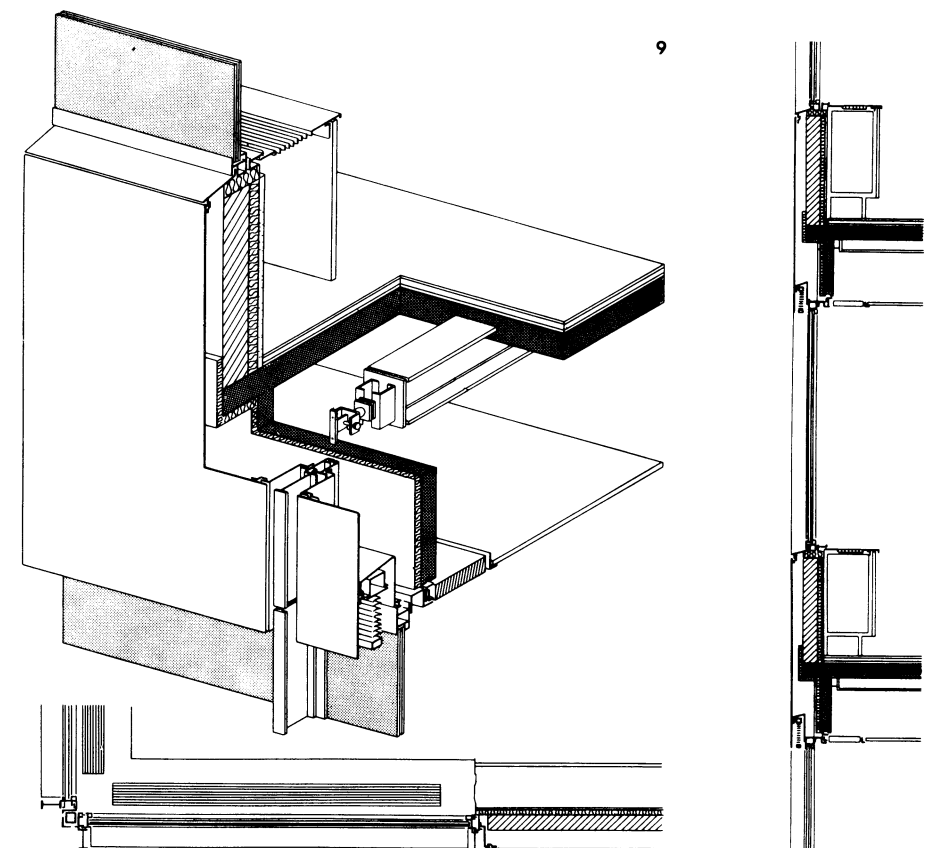
5 отодвинуты в глубь здания (плиты перекрытия выступают консольно как навесы или аварийные балконы).



8 Наружные колонны из листовых гнутых профилей внутри защищены от огня с помощью силановых моноблоков. Конструкция подоконной панели (изнутри наружи): лист с декоративным покрытием, изоляция из пенопласта, огнестойкие плиты, воздушная прослойка, листовая облицовка (административное здание в Гевельсберге. Архитекторы: Дженеке и Самуэльсон).

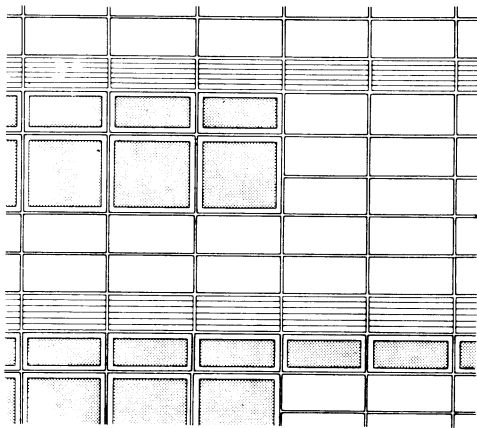
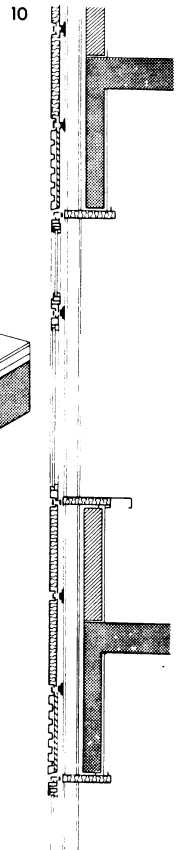
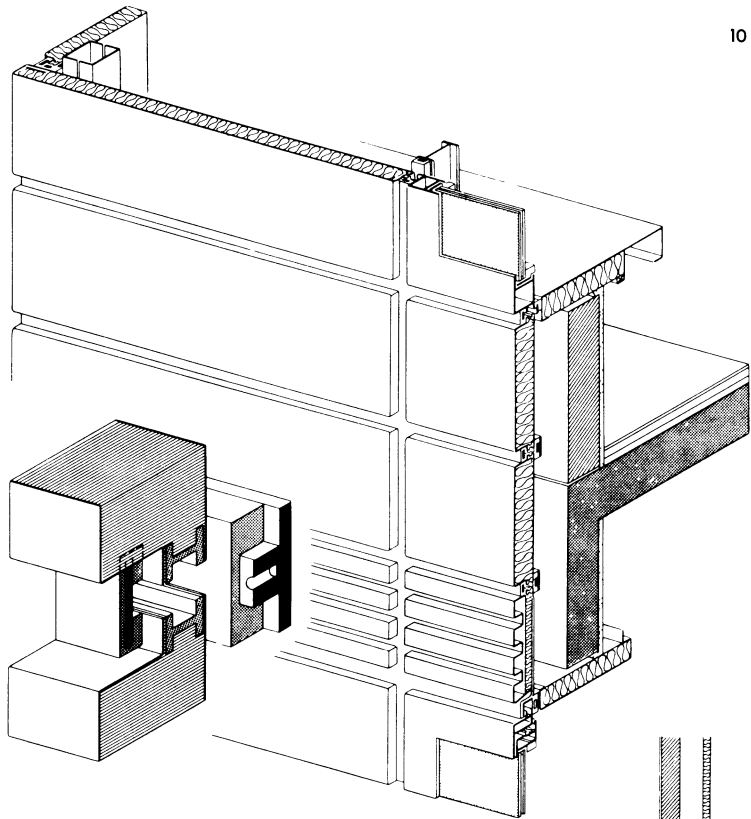


9 Аллюминиевые стойки и ригели, аллюминиевые панели толщиной 8 мм в качестве защиты от атмосферных осадков и ветра со строгаными краями. Элементы анкеровки защищены горячим цинкованием. Мелкие детали из нержавеющей стали. Глухое термопановое остекление. Уплотнение стекла неопреновыми лентами, а металлических деталей бутиловыми лентами. Размер элемента в осях 3,33 м; длина стоек равна высоте этажа 3,65 м. Шарнирное опирание стоек на консольные балки регулируется в трех направлениях. Стыки стоек находятся на высоте оконных перемычек. Обеспечивается изменение формы в горизонтальных стыках и в вертикальных соединенных профилях расчлененных стоек. Огнезащита с одновременной теплоизоляцией обеспечивается кирпичной кладкой подоконных стен и идущим вокруг железобетонным прогоном (административное здание фирмы «Деккель», Мюнхен. Архит. Хенн).

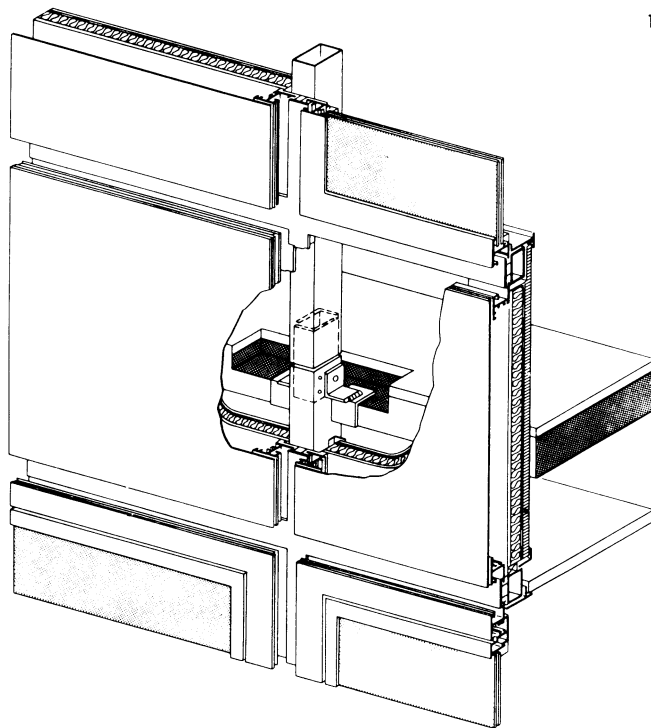


10 Подвесная наружная стена вентилируется изнутри. Проникающая из помещения влага отводится наружу, а теплоизоляция обеспечивается конструкцией панели системы «Гартнер». Вертикальные стойки из двутаврового профиля РЕ 100 с приваренными планками, имеющими отверстия с резьбой, и приклеенными неопреновыми профилями. Шаг стоек 2,5 м; по высоте этажа они разделены деформационными швами.

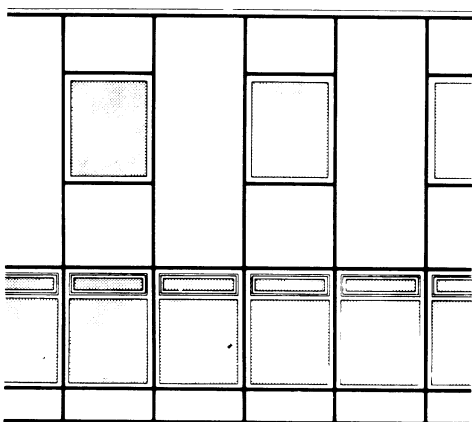
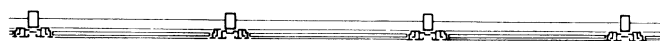
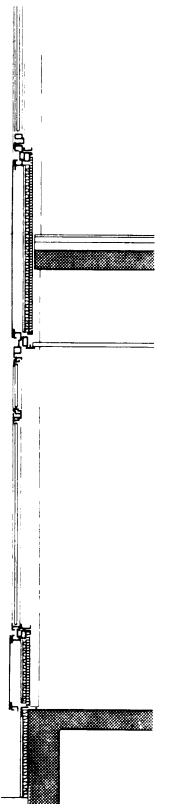
Панели 2500×750 мм общей толщиной 53 мм с алюминиевой облицовкой из листов толщиной 1,5 мм. Листы покрыты белой эмалью. Горизонтальное членение с помощью алюминиевых профилей (торговое здание акционерного общества, Кёльн. Архит. Шпильген).



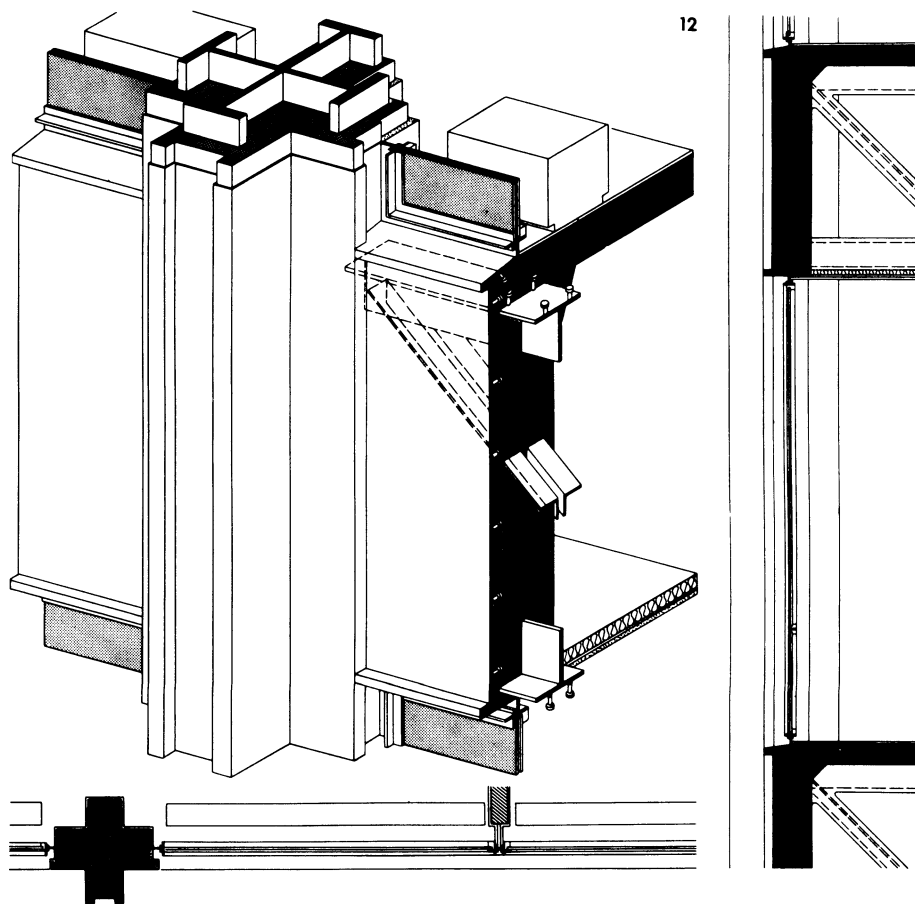
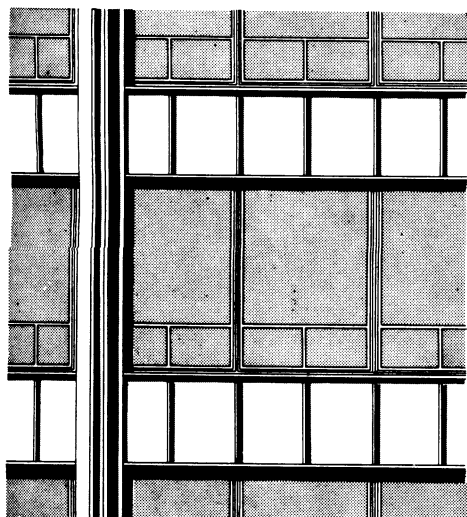
11 Висячие вертикальные стойки из стальных прямоугольных труб с горячим оцинкованием. Панели из 4-мм алюминиевых плит, воздушной прослойки, асбестоцементной плиты 3,6 мм, пенополиуретана 35 мм, алюминиевой фольги 0,4 мм и асбестоцементных плит 4 мм (здание фирмы «Роллей», Брауншвейг. Архит. Хенн).



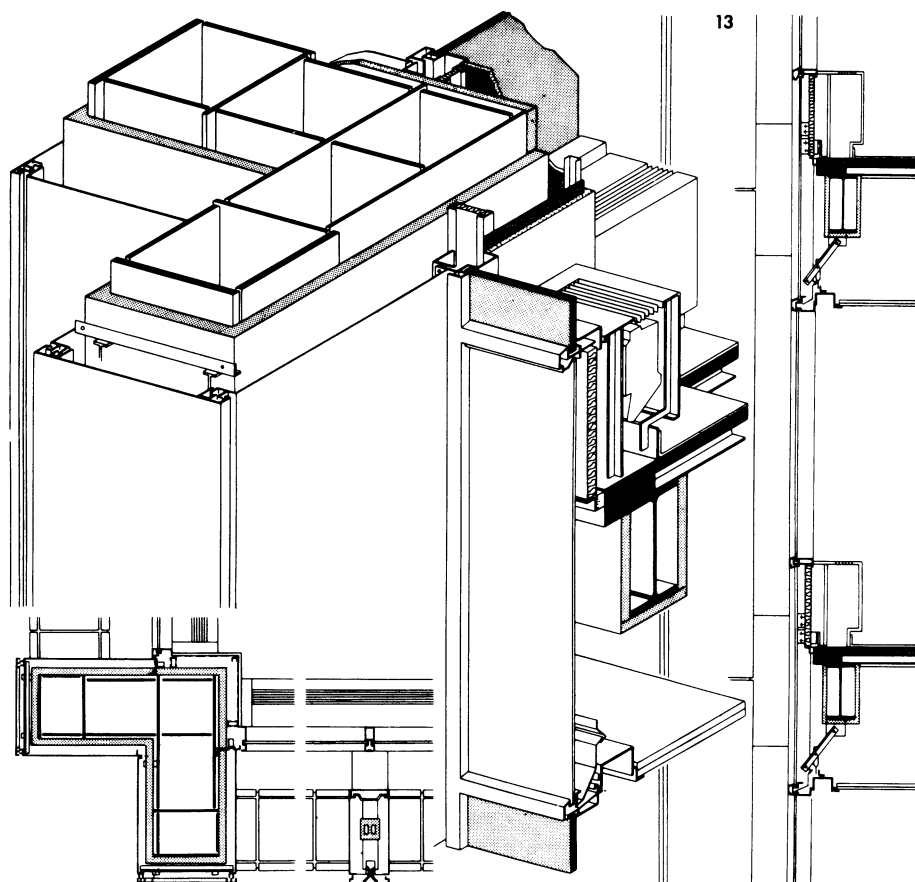
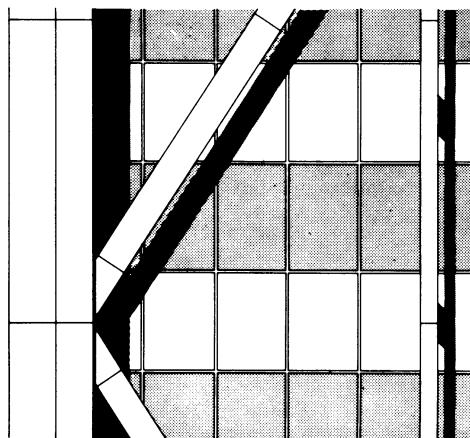
11



12 Фасад из атмосферостойкой стали кор-тен. Пространство между облицовкой и колоннами заполнено бетоном в качестве огнезащиты. Листы облицовки подоконной стены имеют на внутренней стороне болтовые шпонки, с помощью которых они соединены с бетоном и рандбалками. Оконное стекло в верхних этажах увеличивается из-за более высокого ветрового давления (общественный центр, Чикаго, США. Архитекторы: Мерфи, Скидмор, Оуингс и Меррил).

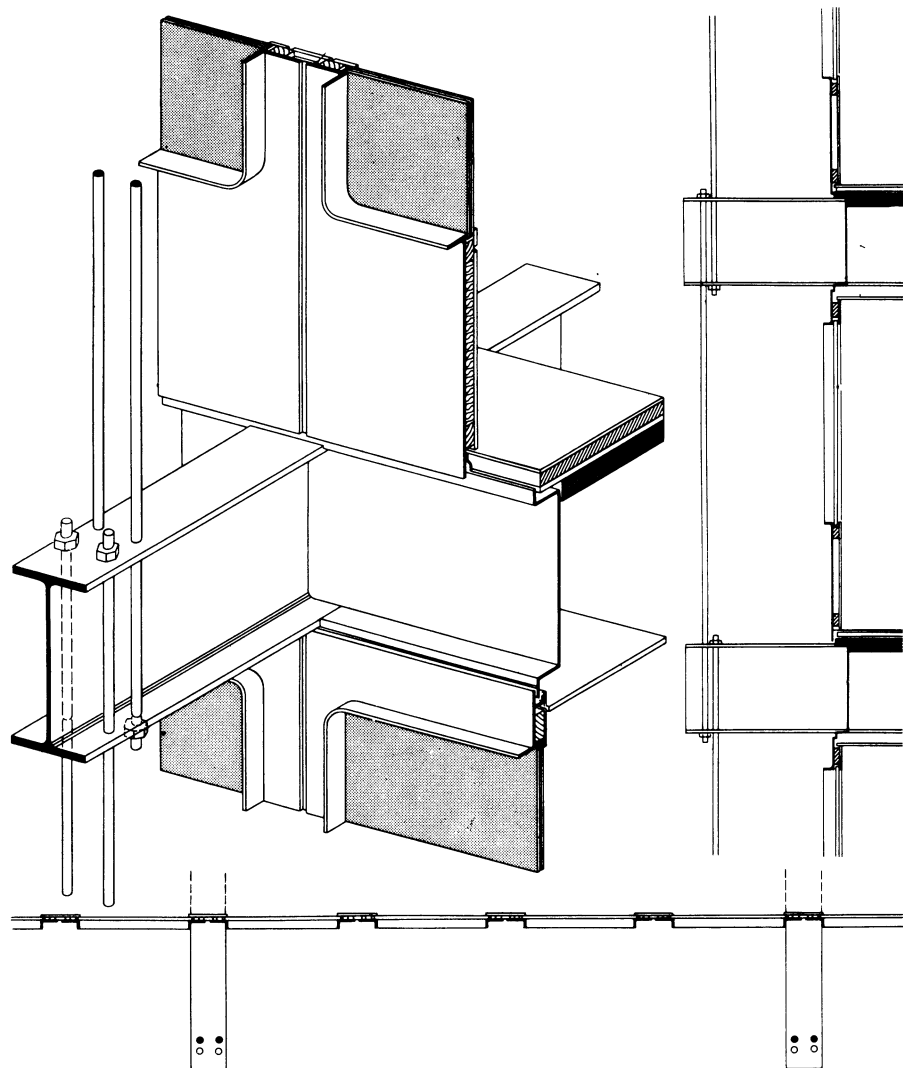
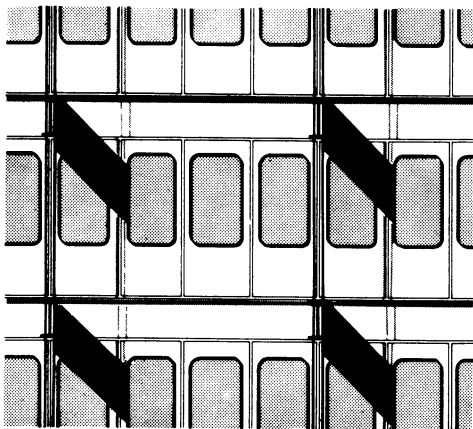


13 Угловая колонна 26-этажного здания. Стальные колонны и раскосы имеют огнезащитное покрытие и облицованы алюминиевыми листами цвета темной бронзы. В некоторых панелях остекление с безопасным стеклом, которое следует разбить в случае пожара для удаления дыма. См. с. 216, рис. 9 (административное здание компании «Алкоа», Сан-Франциско, США. Архитекторы: Скидмор, Оуингс и Меррил).



К междуэтажным перекрытиями подвешиваются сборные элементы высотой на этаж и шириной, равной ширине окна. В сооружениях со стальным каркасом применяются почти исключительно металлические панели. Железобетонные плиты такого размера из-за высокого веса нецелесообразны. Сборные элементы наружных стен в большинстве случаев доставляются к месту строительства в готовом виде.

1 Наружные стеновые элементы из алюминиевых листов с пенополиуретановой теплоизоляцией 30 мм и пароизоляцией. См. также с. 144 (административное здание «Сименс» в Париже. Архит. Зерфус).



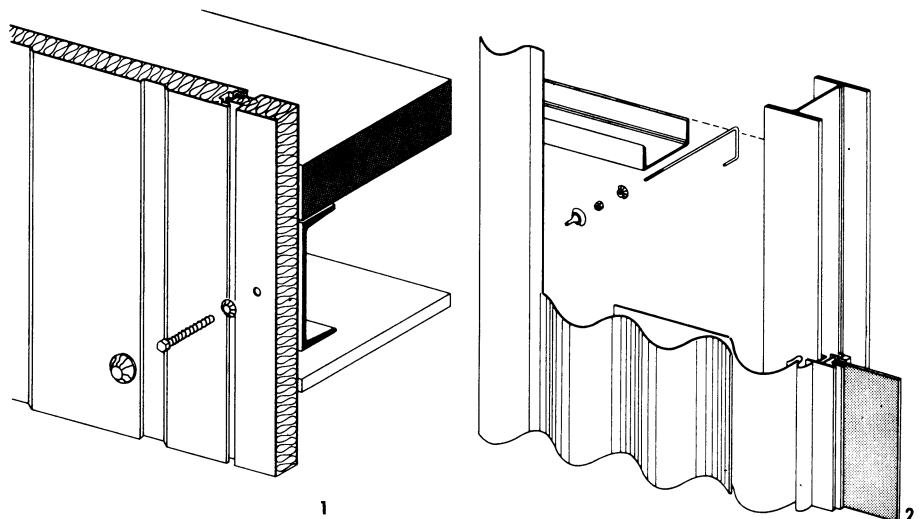
Облицовка

Техника облицовки больших поверхностей стен сильно развита. Наружная оболочка состоит, как правило, из профилированных панелей. Чаще всего применяются: покрытые изоляционным слоем стальные листы трапецидального сечения, алюминиевые профилированные листы и волнистые асбестоцементные листы.

Слой теплоизоляции и внутренняя облицовка стен либо непосредственно соединяются с наружной оболочкой (составные панели), либо крепятся независимо от наружной оболочки.

1 Панели из алюминиевых листов с жестким поропластом прикрепляются к стальному каркасу с помощью болтов, головки которых прикрываются пластиковыми крышками. Длина плит от 12 до 15 м (система фирмы «Хош»).

2 Волнистая асбестоцементная плита, изоляция и внутренние панели разделены. Подвеска похожа на крепление кровли. См. с. 303, рис. 2.

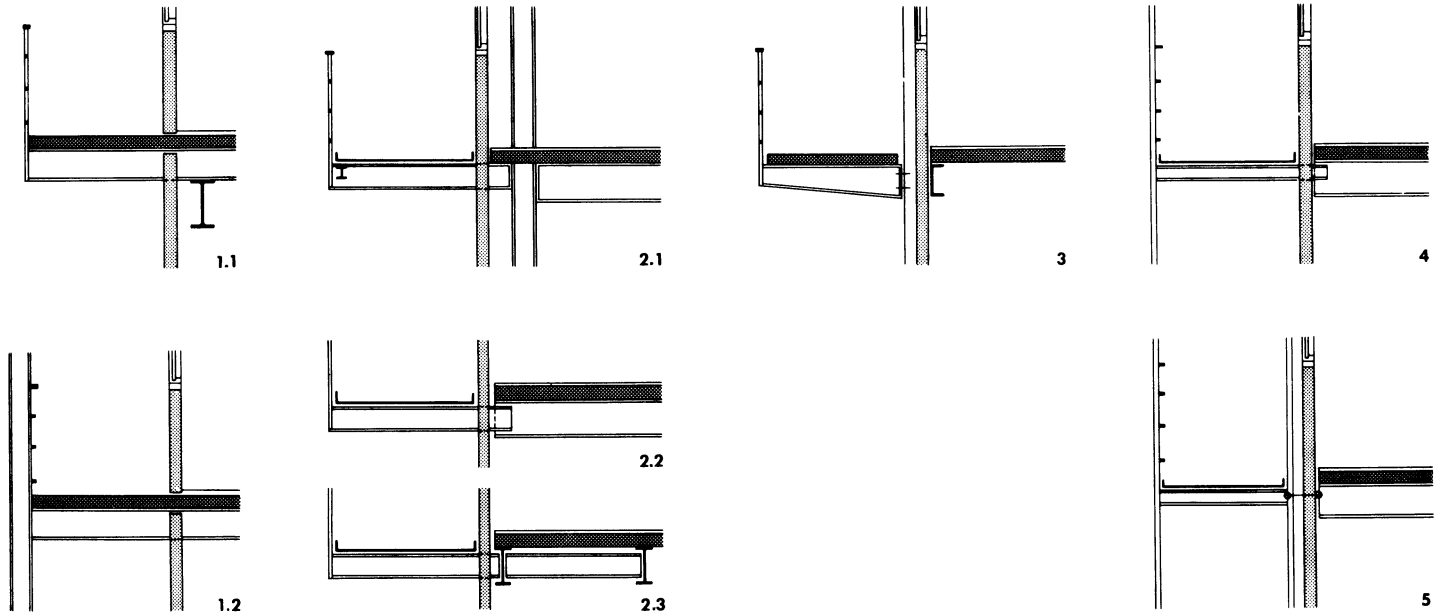


Эвакуационные балконы

Конструкция открытых балконов, размещаемых перед наружными стенами, зависит от их назначения: постоянно эксплуатируемые пути сообщения для связи между помещениями;

эвакуационные аварийные пути; служебные проходы для протирки окон; противосолнечная защита, в исключительных случаях допускающая проход людей; экраны для удлинения пути перехода огня между этажами. В соответствии с этими назначениями раз-

работаны требования строительных норм как к огнестойким, огнезадерживающим или только негорючим, или не пропускающим дыма конструкциям. Для устройства несущих конструкций проходных балконов имеются следующие возможности:



1 Наружная стена отодвинута вглубь здания; несущая конструкция перекрытия (плиты перекрытия или балки) выходит наружу, создавая мостики холода.

1.1 Балки перекрытия и плиты перекрытия консольно выступают наружу.

1.2 Колонны стоят снаружи.

2 Балкон расположен на консольной балке, которая присоединена к стальному каркасу. Настил балконов

Здесь также возникает проблема теплоизоляции консоли.

2.1 Консольная балка примыкает к колонне. При редко поставленных наружных колоннах консольные балки имеют большой шаг, а потому необходимы наружные усиливающие продольные балки.

2.2 Балки перекрытий идут перпендикулярно наружной стене. Продолжение их составляет консоль балкона.

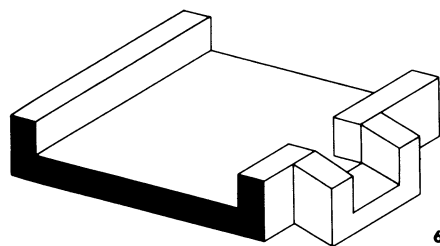
2.3 Примыкание консолей к балкам перекрытий, идущим параллельно наружной стене.

3 Консольная балка крепится к фахверковым стойкам стены. Проблема теплопроводности смягчена, но в стойках фасада дополнительно возникают напряжения от изгиба.

4 Балкон висит на подвесках, которые прикреплены к консольным балкам покрытия. В плоскости стены балкон под-

держивается фасадными стойками.

5 Конструкция балкона похожа на конструкцию в примере 4, но оба конца балконных балок висят на консольно выступающих кровельных балках независимо от наружной стены. Соединение с плоскостью этажа только через горизонтальные элементы жесткости.

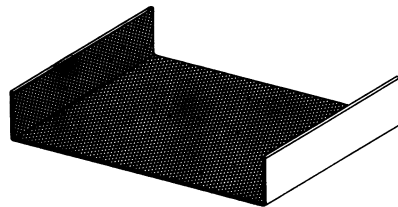


6

6 Огнестойкие железобетонные плиты с отформованными рандбалками и водоотводами.

7 Стальной лист с отогнутыми сверху краями, рифленый или покрытый слоем синтетического материала или песка, дымо-непроницаемый.

8 Решетка самонесущая или укрепленная стальным профилем. Перекрытие опирается на балки из легких стальных профилей,



7

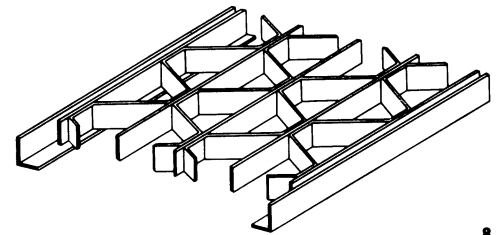
если не требуется огнестойкость или дымо-непроницаемость.

Перила

Балконы должны иметь легкие стальные перила. Тяжелые бетонные парапеты не годятся.

Крытые галереи

Для ремонта и чистки фасада в высоких зданиях предусматриваются передвижные



8

устройства, которые обслуживаются с крыши. Большинство таких устройств опирается на специальные выступы в фасадах. В ленточных фасадах и фасадах из панелей такие выступы особенно необходимы. Воспринимаемые ими нагрузки незначительны, а потому крепление выступов не представляет трудностей.

В зависимости от назначения к внутренним стенам предъявляются различные требования. При выборе типа стен большое значение придается их экономичности.

1. Расчетные требования

По назначению различают несущие и не несущие внутренние стены, что обуславливает способ строительства.

Несущие внутренние стены

В каркасных зданиях стены обычно не предназначены для передачи вертикальных нагрузок, однако часто стены используются для обеспечения горизонтальной жесткости здания (см. с. 219 и 267). При этом они воспринимают, как правило, дополнительно вертикальные нагрузки. В большинстве случаев эти стены служат одновременно противопожарными преградами.

Несущие внутренние стены

Несущие стены должны быть рассчитаны на нагрузки от собственного веса и веса подвешенного к ним оборудования, а также на случайные временные нагрузки и горизонтальные усилия.

2. Зрительная изоляция

Несущие внутренние стены по своему назначению должны обеспечивать зрительную изоляцию помещений, а иногда, наоборот, — просматриваемость. Материалы, структура и цвет поверхности стены играют решающую роль для внутреннего оформления помещения. От этого зависит стоимость, способ изготовления и часто степень сборности.

3. Звукоизоляция

Звукоизоляция помещений от воздушного шума — одна из важнейших (после требований пожарной безопасности) функций внутренней стены. Требуемая степень защиты от воздушного шума достигается в однослойных стенах благодаря их весу, в многослойных стенах благодаря толщине и материалу наружных оболочек и изолирующего материала, а также способу их соединения друг с другом. Расчетных методов для оценки звукоизоляционных параметров слоистых стен не существует, их можно получить только опытным путем.

Стальные профили, включенные в перегородки, могут оказывать отрицательное влияние на звукоизоляцию (см. с. 321, рис. 7 и с. 322, рис. 3 и 4).

Окна и двери играют значительную роль в звукоизоляции.

Самые надежные с акустической точки зрения стены бесполезны, если не будет предотвращено прохождение звука окольными путями: через полы, перекрытия

или наружные стены из соседних помещений.

Строгое соблюдение акустических требований значительно влияет на стоимость стен.

4. Внутренняя стена как опора для инженерных коммуникаций

Во внутренних стенах часто бывают расположены проводки для санитарно-технического и электротехнического оборудования. В сборных перегородках предусматриваются каналы для оборудования санитарных помещений. В переносных сборно-разборных перегородках необходимо избегать встройки технических линий и прокладки электросетей, а также устройства выключателей.

К перегородкам часто подвешивают полки и различные устройства, например в лабораториях; для этих целей они должны быть соответствующим образом сконструированы и рассчитаны.

5. Противопожарная защита

Внутренняя стена в некоторых случаях является противопожарной стеной для разделения помещений или огнестойкой, или огнезадерживающей стеной для обеспечения безопасности эвакуационных путей.

Поэтому в большинстве строительных правил формулируются следующие требования:

предел огнестойкости 90 мин и высокая прочность для противопожарных стен между пожарными отсеками (см. с. 320) и для ограждения лестничных клеток (см. с. 293);

предел огнестойкости 90 мин для межквартирных стен и особенно стен между огнеопасными и другими помещениями;

огнезадерживающая конструкция стен (предел огнестойкости 30 мин) вдоль путей эвакуации, например коридоров;

отказ от применения материалов, которые при пожаре образуют токсичные или разъедающие газы. Например, полиуретан образует синильную кислоту и поэтому не может применяться в качестве изолирующего материала в огнестойких стенах и перегородках. Полихлорвинил при пожаре выделяет хлористый газ, который может действовать разъедающе и повредить стальные элементы.

Часто двухслойные стены и перегородки могут обеспечить одновременно противопожарную защиту элементов несущих стальных конструкций, например балок перекрытия. Стены доходят до плит перекрытия. Подвесной потолок в данном случае не обязателен. Наружные и внутренние колонны также могут быть скрыты в двойных стенах и перегородках.

Связи во внутренних стенах всегда закрыты облицовкой. Нужна незначительная ширина стены, чтобы скрыть фахверк, со-

стоящий из растянутых раскосов, выполненных из полосовой или круглой стали.

6. Перемещаемость

Для повышения срока службы здания иногда бывает необходимо изменять планировку помещений. По степени изменчивости различают:

стены, изменение которых невозможно по расчетным соображениям (несущие стены, которые воспринимают нагрузку от перекрытий или служат для обеспечения жесткости), на основании строительных правил (противопожарные стены и ограждающие конструкции лестничных клеток) или технически невыполнимо (перегородки из кирпичной кладки, бетонных блоков и монолитных гипсовых плит).

Если изменения маловероятны, но в перспективе не должны быть исключены, то в большинстве случаев экономичнее стены, которые дешевле в изготовлении и при изменениях будут разрушены и выстроены заново, чем дорогие переставные перегородки;

стены, большая часть материала которых при разрушении может быть использована повторно, — демонтируемые стены. К ним относятся каркасные стены, собираемые на гвоздях или болтах;

передвижные стены — в большинстве случаев глухие стеновые системы каркасной или панельной конструкции — часто значительно дороже, чем другие виды внутренних стен.

передвижные стены для регулярного открывания и закрывания, например складывающиеся и раздвижные стены или ширмы, разделяющие помещения.

7. Заводское изготовление

Возможно заводское изготовление следующих типов перегородок;

железобетонные панели для противопожарных стен и стен лестничных клеток; гипсовые плиты большого размера, часто высотой на этаж;

элементы каркасных стен, которые либо раскраиваются на месте (например, гипсокартон по деревянному каркасу), либо доставляются уже обработанными (например, стальные и алюминиевые каркасы и готовые панели);

переставляемые и передвижные стены, имеющие самую высокую степень сборности.

Сборные перегородки имеют жесткую модульную систему, как правило, на базе модулей 10, 30, 60 см. Ширина элементов сборных стен обычно 120 см. Стены почти всегда имеют торцовые планки сверху и снизу. Стеновые панели могут быть со стойками и без них. Классификацию стен и конструкций узлов — см. с. 174.

Отклонения от заданных размеров в стенах возникают из-за неточности их изготовления в пределах допусков, а также вследствие деформаций строительных элементов во время монтажа и эксплуатации.

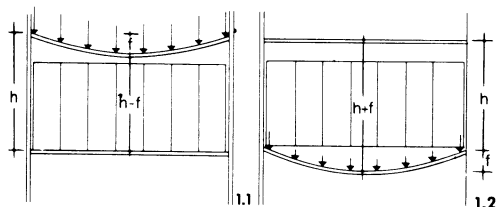
Изготавливаемые или раскраиваемые на месте элементы стен могут быть подогнаны к сравнительно крупным допускам основного каркаса. В сборных перегородках для выравнивания размеров существуют допуски.

О влиянии допусков и деформаций на конструкции противопожарных стен см. с. 320; на стены, обеспечивающие жесткость, см. с. 267.

Влияние прогиба перекрытия

В конструкциях несущих перегородок следует учитывать деформации здания, особенно прогибы перекрытий под действием вертикальной нагрузки. Это имеет двойные последствия:

1.1 Чтобы перегородки не воспринимали непредвиденных нагрузок, на которые они не рассчитаны, нагруженная балка перекрытия, находящаяся над перегородкой, должна иметь достаточный зазор для прогиба; тогда при полной нагрузке она не будет касаться перегородки. Поэтому между перегородкой и перекрытием требуется свободное пространство с мягкими упругими прокладками.



1.2 Если балка, на которой стоит перегородка, нагружена и прогибается, то изменяются условия опирания этой перегородки. Так как стены являются жесткими дисками, которые практически не могут деформироваться в своей плоскости, то они должны иметь и для основания упругие прокладки достаточной деформативности. Особенно хорошо могут повторять прогибы перекрытия перегородки, состоящие из отдельных панелей или плит с упругими стыками.

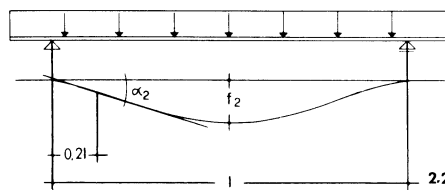
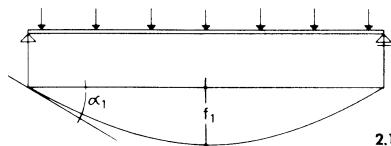
Эти основные положения часто нарушаются, что служит причиной разрушения перегородок.

Прогиб перекрытия

Деформации внутренних стен в многоэтажном здании со стальным каркасом подчиняются тем же законам, что и деформации наружных стен (см. с. 307). Стальные балки перекрытий при полном использовании несущей способности, как правило, более гибки, чем массивные перекрытия. Неполное использование напряжений при-

водит к уменьшению прогибов, но удорожает несущую систему. Для размера прогибов не имеется официальных ограничений¹. В значительной степени должны приниматься в расчет экономические соображения. Иногда бывает дешевле применять передвижные перегородки, чем увеличивать жесткость несущей системы.

Прогиб f_1 или f_2 в середине пролета балки является определяющим для назначения размера зазора между перегородкой и лежащим над ней перекрытием (рис. 3).



Максимальное смещение отдельных панелей несущей стены Δf_1 получается вблизи опоры плиты и равняется наклону касательной к упругой кривой плиты α , в интервале ширины панели b , т. е.

$$\Delta f_1 = b \operatorname{tg} \alpha$$

Значение наклона касательной получается как в балке на двух опорах (рис. 2.1) или как в защемленной или неразрезной балке (2.2) как функция максимального прогиба f :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{16}{5} \cdot \frac{f}{l} = 3,2 \frac{f}{l}$$

Максимальный наклон в балках на двух опорах находится на опоре, в защемленной балке — в 0,2 пролета, в неразрезной балке — около 0,1 пролета.

Фактически только треть временной нагрузки составляет действительно переменная нагрузка (см. с. 242).

Для различных размеров прогибов при 2/3 временной нагрузки даются значения Δf_1 и прогиба f в миллиметрах для ширины плиты 1,2 м и наиболее часто встречающихся пролетов:

$\frac{f}{l}$	$\frac{1}{3} \frac{f}{l}$	13 М.	l=6				
			7,2	8,4	9,6	12	
1/200	1/600	6,4	10,0	12,0	14,0	16,0	20,0
1/300	1/900	4,3	6,7	8,0	9,3	10,7	13,4
1/500	1/1500	2,6	4,0	4,8	5,4	6,4	8,0
1/800	1/2400	1,6	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0
1/1000	1/3000	1,3	2,0	2,4	2,8	3,2	4,0

¹ В СССР прогибы конструкций разного назначения строго ограничены Строительными нормами и правилами. (Примеч. науч. ред.)

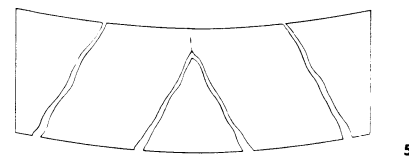
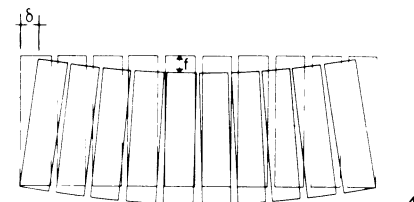
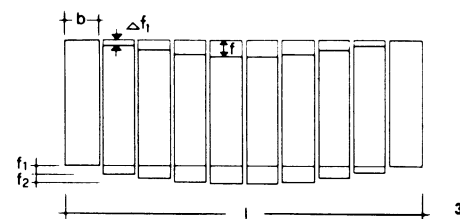
Изменение ширины швов

В вертикальных швах между элементами перегородок возникают деформации, изображенные на рис. 4. При ширине $b=1,2$ м, пролете 12 м, высоте этажа $h=3$ м и $f/l = 1.3 \cdot 1/500$ максимальный наклон перекрытия $\operatorname{tg} \alpha = 3,2 \frac{f}{l} = 3,2 \cdot 1/500$. Деформация перегородки в месте максимального наклона перекрытия

$$\delta = h \operatorname{tg} \alpha = \frac{3000 \cdot 3,2}{1500} = 6,4 \text{ мм}$$

а для всей длины стены $2\delta=12,8$ мм. При делении на девять швов на каждый шов приходится приблизительно $\frac{12,8}{9} = 1,4$ мм.

Примерно 13 временных нагрузок на перегородки составляют нагрузки от оборудования помещений. К начальной деформации добавляются деформации от нагрузок, которые появляются после установки перегородок, отделки, настилки полов, устройства подвесных потолков, прокладки оборудования и инженерных коммуникаций.



Жесткие перегородки

Жесткие стены, например из кирпичной кладки, при большепролетных перекрытиях могут иметь трещины, направление которых показано на рис. 5. Разделение стен на звенья с мягкими соединениями — лучшее решение, позволяющее не допустить образования трещин, которые нарушают не только внешний вид, но и звукоизоляцию.

Противопожарные стены (брандмауэры) должны препятствовать распространению пожара на другие здания (наружные противопожарные стены) или на другие участки

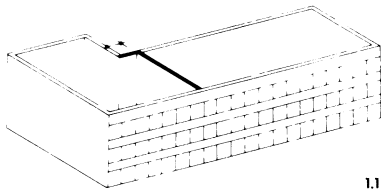
здания (внутренние противопожарные стены). Поэтому они должны иметь предел огнестойкости не менее 90 мин.

Прочность и устойчивость стен в случае пожара от непредвиденных нагрузок проверяют в специальных экспериментах путем горизонтальных воздействий и внецентренного приложения нагрузки. Для противопожарных стен в ФРГ установлены следующие толщины при различных материалах:

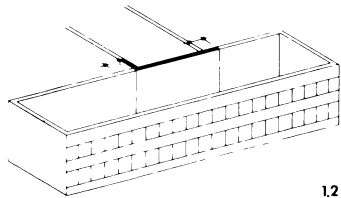
- легкий бетон ($g \leq 1800 \text{ кг/м}^3$) $\geq 25 \text{ см}$
- кирпичная кладка $\geq 24 \text{ см}$
- стена из тяжелого бетона свободно стоящая ($g > 1800 \text{ кг/м}^3$) $\geq 20 \text{ см}$
- то же, раскрепленная по контуру $\geq 14 \text{ см}$

Максимальные расстояния между противопожарными стенами по строительным нормам ФРГ: $l \leq 50 \dots 60 \text{ м}$.

Во внутренних углах зданий путь возможной переброски огня должен быть более 5 м; для этого прилегающие к ним участки наружных стен (рис. 1.1 и 1.2) возводятся на такую ширину, как противопожарная стена.



1.1



1.2

Наружные противопожарные стены

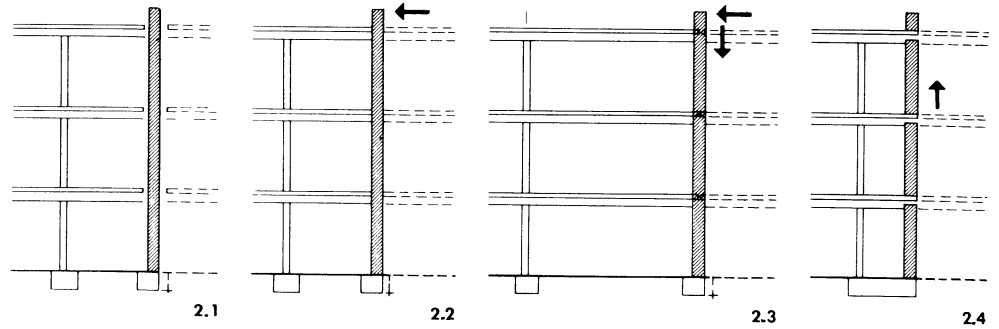
Наружные противопожарные стены устанавливаются при строительстве зданий на границе участка, а также при пристройке к соседним зданиям. По нормам ФРГ требуются противопожарные стены, если расстояние до соседнего здания меньше 5 м. Наружные противопожарные стены должны быть, как и все наружные стены, водонепроницаемы и иметь теплоизоляцию.

Внутренние противопожарные стены

Внутренние противопожарные стены часто устанавливаются у температурных швов здания. Инженерные коммуникации могут быть проведены сквозь внутренние пожарные стены, если они изготовлены из негорючего вещества и не допускают переноса огня. Особая осторожность требуется при прокладке кабелей, которые в случае загорания могут передавать огонь по линии проводки.

В дверных проемах должны быть предусмотрены огнестойкие самозакрывающиеся двери или ворота.

С расчетной точки зрения возможны следующие связи между зданием и противопожарной стеной:



2.1 Противопожарная стена устойчива только сама по себе, т. е. в расчете на собственный вес.

2.2 Противопожарная стена опирается на здание в горизонтальном направлении и может быть использована для обеспечения жесткости здания в качестве диафрагмы.

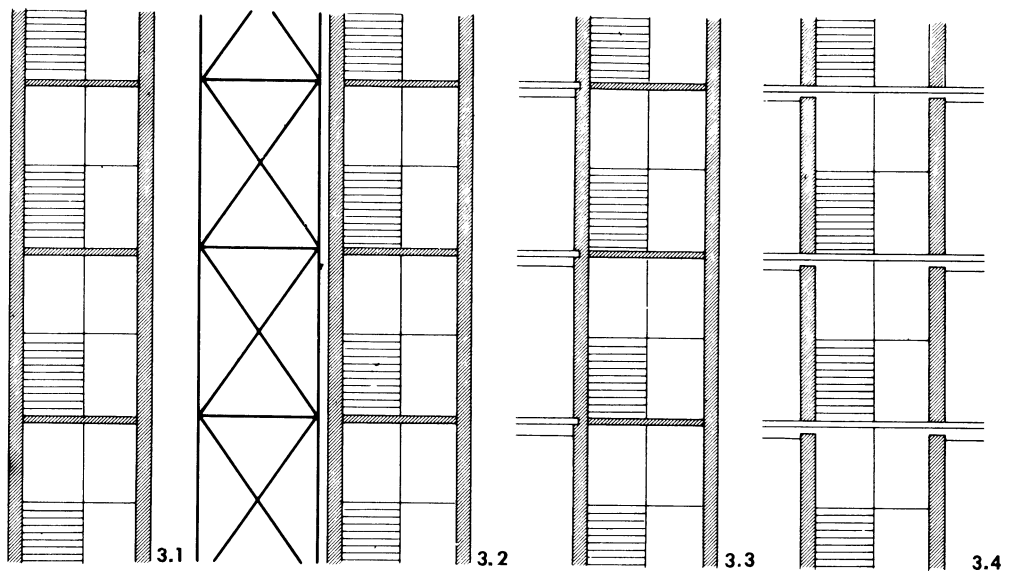
2.3 Противопожарная стена воспринимает нагрузки от перекрытия, но поддерживается зданием в поперечном направлении, обеспечивая жесткость здания в продольном направлении.

2.4 Противопожарная стена поддерживается конструкциями перекрытия. Она опирается на перекрытия поэтажно, сверху же она должна иметь только направляющие, обеспечивающие ее устойчивость. Остающуюся щель необходимо закрыть эластич-

ным огнестойким изолирующим веществом, например минеральным волокном или асбестовым шнуром. Стыковое соединение должно быть также и дымонепроницаемым.

При производстве строительных работ свободно стоящие противопожарные стены часто осложняют монтаж стального каркаса. Противопожарные стены по рис. 2.1—2.3 и 3.1—3.3 могут быть установлены до высоты двух—трех этажей ранее окончания монтажа каркаса. В высоких зданиях противопожарные стены следует возводить по мере монтажа каркаса или после его окончания.

Противопожарные стены из сборных железобетонных плит по рис. 2.2—2.4 и 3.2—3.4 могут монтироваться вместе со стальными конструкциями.



Лестничные клетки

К стенам лестничных клеток высоких зданий в большинстве случаев предъявляются такие же требования, как к противопожарным стенам. Статически различаются следующие случаи:

3.1 устойчивость обеспечена собственной конструкцией лестничной клетки;

3.2 устойчивость обеспечивается конструкцией здания;

3.3 лестничная клетка участвует в восприятии нагрузки на здание;

3.4 жесткость огнестойкой стены в пределах каждого этажа обеспечивается самостоятельно с опиранием на междуэтажные перекрытия (подробнее см. с. 294).

Типы перегородок

1 Массивные перегородки, которые обычно возводятся вместе с основными конструкциями:

кирпичная кладка всех видов, толщиной в кирпич, 1/2 кирпича или 1/4 кирпича со штукатуркой или облицовкой или без нее; штукатурные стены с нанесением штукатурки по провололочной сетке;

стены из гипсовых плит, установленных с перевязкой или имеющих высоту на этаж, со сплошными замоноличенными швами, однослойные или двухслойные, также со штукатуркой или облицовкой.

2 Сборно-разборные каркасные стены состоят из:

каркаса (верхние и нижние окантовки, стойки, ригели) из дерева, алюминиевых или стальных профилей;

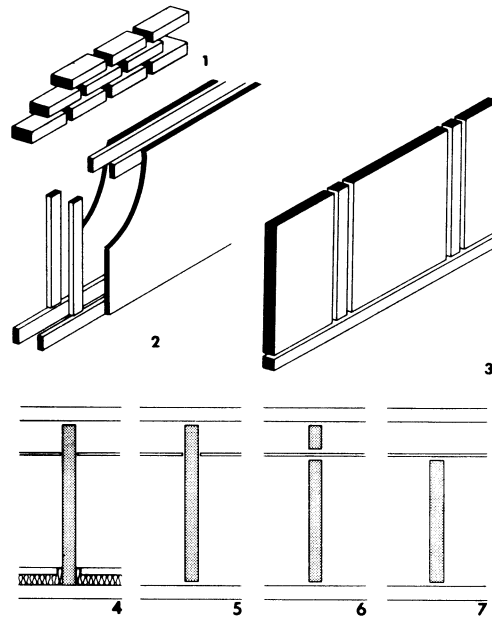
оболочек, поставленных на болтах или гвоздях, асбестоцементных или древесностружечных плит или из огнестойких гипсоволокнистых, асбестоцементных или вермикулитовых плит;

изолирующих матов, например из минерального волокна.

3 Переносные перегородки.

Примыкание перегородок

Перегородка может устанавливаться между двумя перекрытиями и плотно примыкать к ним сверху и снизу, полностью



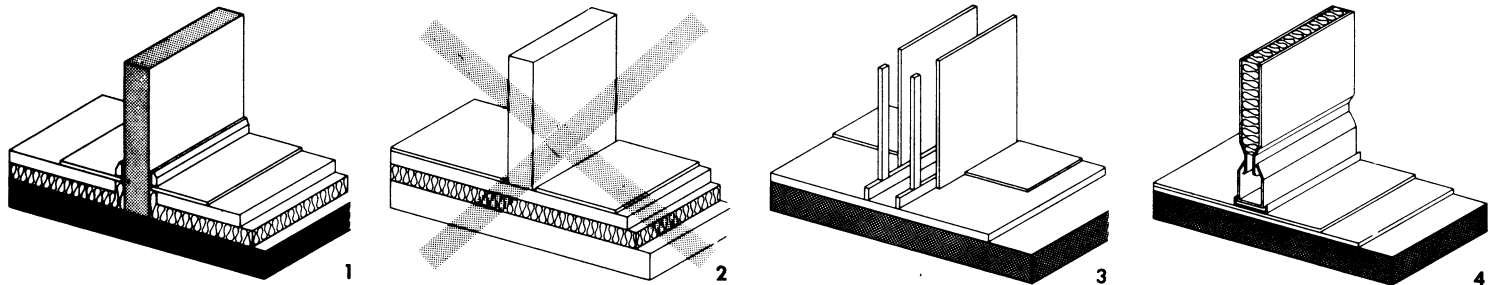
воспринимая возникающие вертикальные и горизонтальные силы и обеспечивая требуемую звукоизоляцию.

4 Перегородка стоит между основными перекрытиями, прорезая конструкцию пола и подвесной потолок. Это решение дает хорошую звукоизоляцию, но при этом увеличиваются расходы при перестановке. Такое решение применяется в жилых домах, главным образом между помещениями с высокими требованиями к звукоизоляции.

5 Перегородка стоит на готовом перекрытии и перерезает подвесной потолок. Перестановка такой перегородки возможна, технические линии в зоне перекрытия проходят сквозь стену.

6 Перегородка на готовом перекрытии или на половом настиле доходит до подвесного потолка. Свободное пространство в перекрытии закрыто для обеспечения звукоизоляции. Стену можно переставлять, если инженерные коммуникации уложены в перекрытии. После перестановки перегородки оно восстанавливается заново.

7 Перегородка по типу 6, но свободное пространство в перекрытии открыто. Потолок должен иметь хорошую звукоизоляцию и усиливать жесткость перегородок.



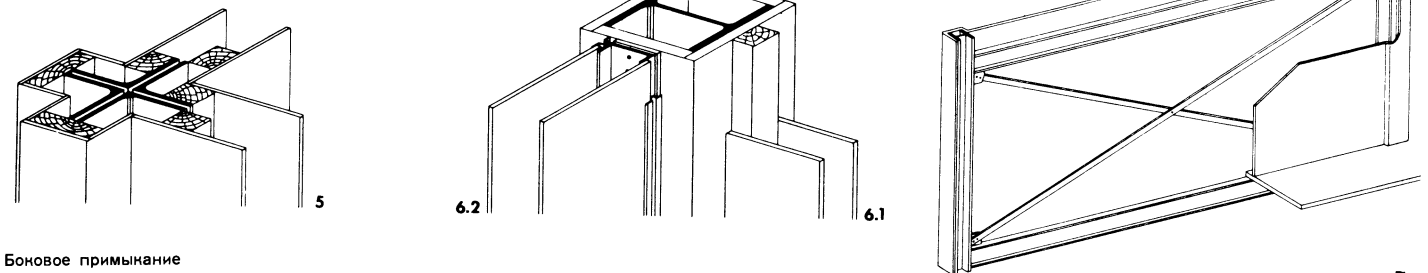
Нижнее примыкание

1 Конструкция перекрытия подходит к перегородке, но настил пола не прилегает к ней. Это препятствует распространению звуковых волн от пола в оболочку стен и обратно и передаче звука в другие помещения.

2 С акустической точки зрения перегородку целесообразно ставить на пол, так как его настил от звука легко колеблется и звук под стеной передается в соседнее помещение. Этот недостаток уменьшается, если настил пола будет прерван узкой прорезью под перегородкой.

3 Передвигаемые перегородки устанавливаются на поверхность пола или, если она достаточно ровная, на плиту перекрытия.

4 Если ожидается частая перестановка перегородок, то их устанавливают на настил пола.



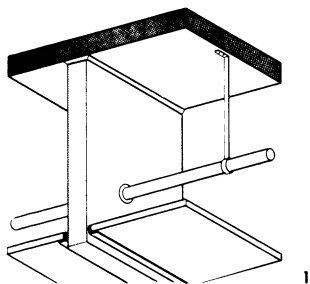
Боковое примыкание

5 Боковое примыкание перегородок к крестообразной стальной колонне с закреплением гипсоволокнистых плит к деревянному каркасу. Стена при соответствующем исполнении может служить противопожарной защитой для колонн.

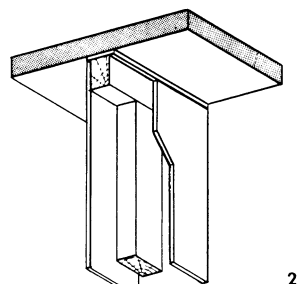
6 Примыкание к облицованной колонне коробчатого профиля перегородок: **6.1** — с деревянным каркасом, **6.2** — со стальным каркасом. Колонна может создавать звуковой мостик. Улучшение звукоизоляции достигается с помощью мягкого промежуточного слоя в облицовке колонны.

7 Противопожарная защита вертикальных связей с помощью двухслойной огнестойкой перегородки. Если раскосы выполнены из стальных листов или стержней, то толщина стены получается незначительная (примыкание — см. с. 265).

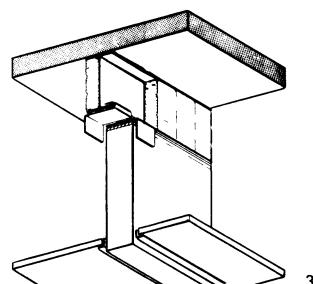
Верхнее примыкание перегородок должно иметь такую же звукоизоляцию, как и сама перегородка. Это осуществляется наиболее просто, если перегородка примыкает к несущему перекрытию как 1, 2, а также 3, 4 и 7. Примыкание получается более сложным, если оборудование 1 или балки 5, 6, 7, или ребра перекрытия 8, 9 пересекаются с перегородкой. В таких случаях функции звукоизоляции выполняет подвесной потолок, который проходит над перегородкой 11, однако это решение нерентабельно. Разделение междуэтажного пространства 10 возможно только при небольшом количестве инженерных коммуникаций. В насыщенных оборудованием и коммуникациями сооружениях возможно только решение 11.



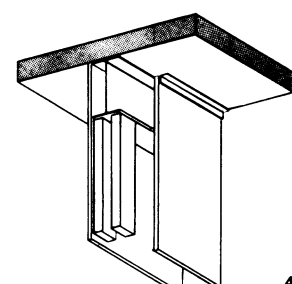
1 Массивная перегородка примыкает к железобетонному перекрытию с упругой прокладкой, потолок крепится к перегородке, обеспечивая хорошую звукоизоляцию.
2 Стена с деревянным каркасом и эластичной прокладкой



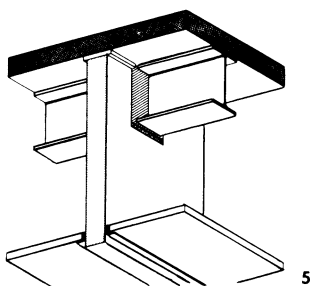
примыкает к массивному перекрытию, обеспечивая хорошую звукоизоляцию. Технические коммуникации прорезают оболочку стены, поэтому звукоизоляция должна быть выполнена с большой тщательностью.



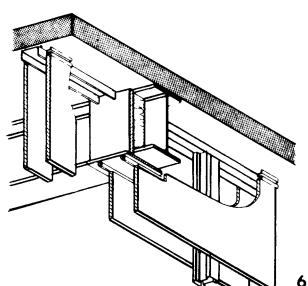
3 Примыкание перегородки к балке перекрытия с упругими прокладками. Балка звукоизолирована матами из минерального волокна.



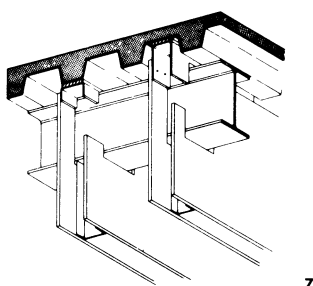
обеспечивают огнезащиту. Подвесной потолок излишен. Для защиты от прохождения звука через балки применяются звукоизолирующие прокладки.



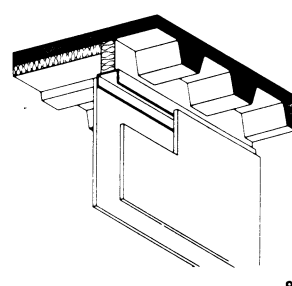
5 Балка прорезает массивную перегородку. Под балкой необходима упругая прокладка, дающая возможность перемещения балки.



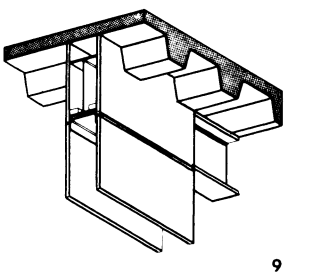
6 Облицованная со всех сторон балка проходит сквозь каркасную стену. В месте прохождения перегородки под балкой сделана эластичная прокладка. Пространство между полками балки заполнено минеральным волокном.



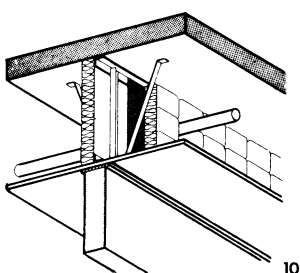
7 Перекрытие из профилированного настила трапециевидного сечения, перегородка расположена параллельно волнам и примыкает к ним с упругой прокладкой. Обработка отверстия как в примере 6.



8 Перегородка идет перпендикулярно профилям перекрытия из профилированного настила. Волны закрываются особыми вставными элементами для выравнивания плоскости примыкания.

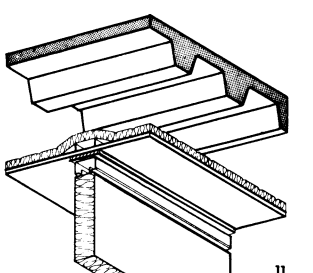


9 Решение, как в примере 8, но балка и пространство под профилем настила ограничиваются зигзагообразной облицовкой, которая крепится к балке.

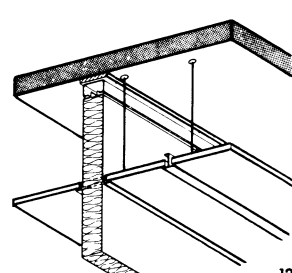


10 Перегородка упирается в потолок. Пространство в пере-

крытии заполняется матами из минерального волокна, которые крепятся на проволоочной сетке. Перегородка имеет наклонные стержни для восприятия горизонтальных усилий.

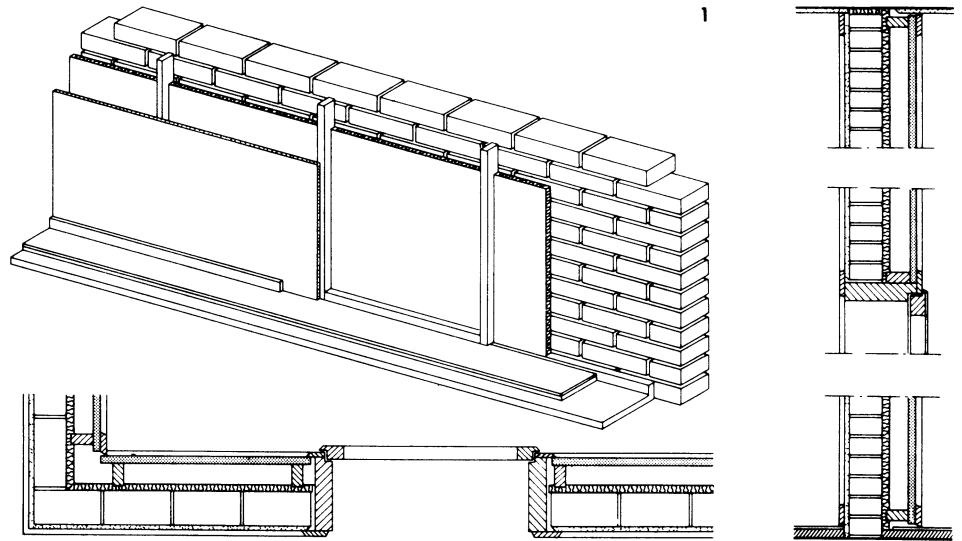


11 Перегородка упирается в потолок, каркас которого обеспечивает ее горизонтальную жесткость. Маты из минерального волокна усиливают звукоизоляцию потолка.

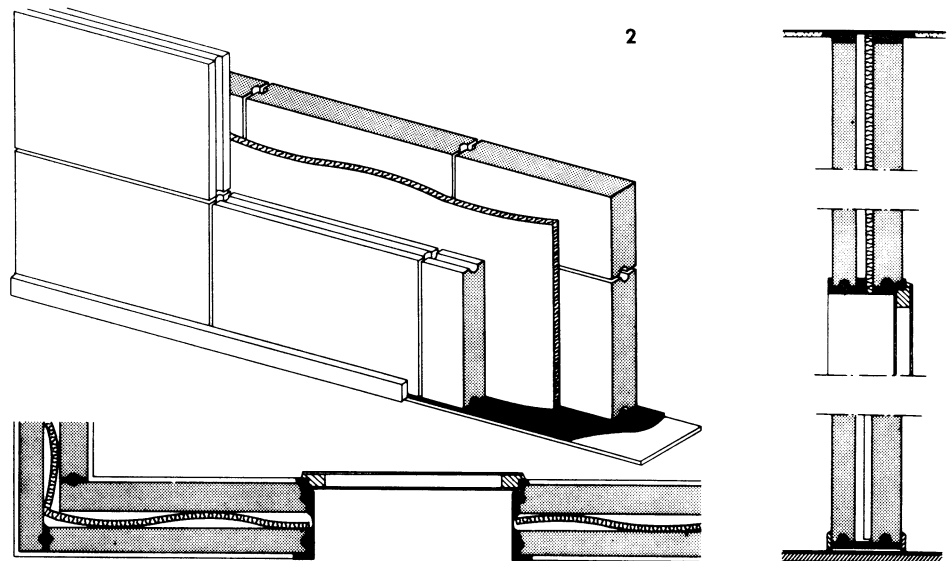


12 Перегородка, продолжающаяся до несущего перекрытия, может быть переставлена благодаря предусмотренным для этого лентам в потолке без его повреждения. Проводка коммуникационных линий в перекрытии ограничена.

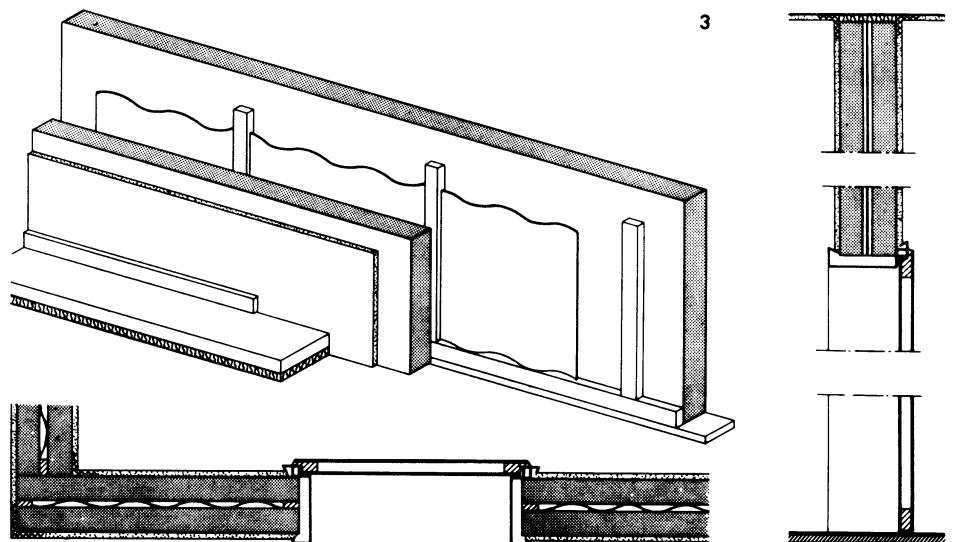
1 Двухслойная кирпичная перегородка с облицовкой из гипсоволокнистых плит и звукоизоляцией (минераловатные маты или легкие плиты из тонкой древесной стружки) на каркасе из реек. Массивы кирпичной кладки не могут обеспечивать перемещений, а потому верхнее примыкание должно быть подвижным. Перегородка недемонтируема.



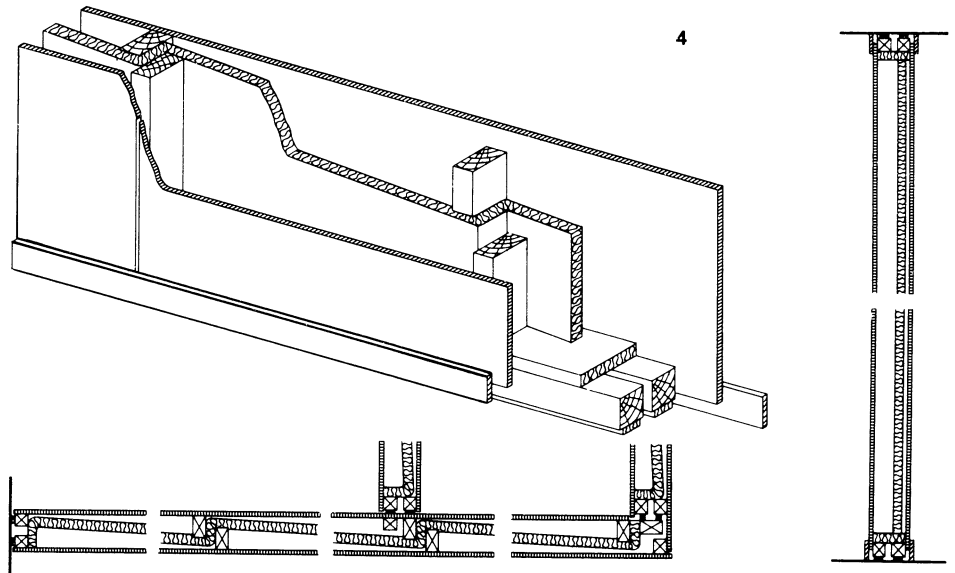
2 Двухслойная перегородка из сборных гипсовых плит с звукоизолирующим материалом между ними. Стена доведена до основного перекрытия. Плиты установлены с заполнением стыков и образуют замкнутые стеновые диски. С помощью шпаклевки и затирки стыков получается сплошная поверхность, которую можно оклеивать обоями или окрашивать. Верхние и нижние примыкания должны быть выполнены упругими с помощью минераловатных прокладок. Перегородка недемонтируема.



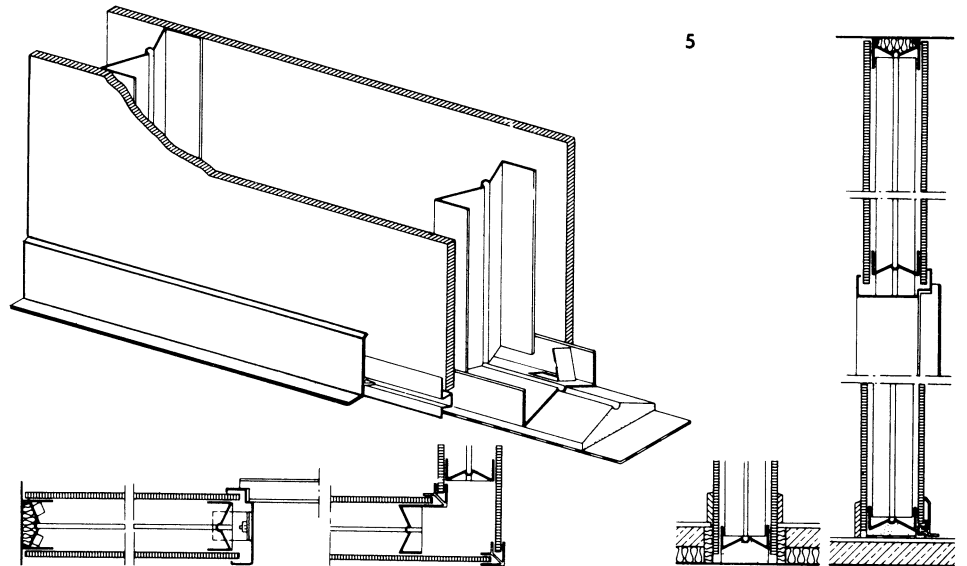
3 Оштукатуренная двухслойная стена из фибролитовых плит. Стена доводится до основного перекрытия. Между плитами изоляция из картонных или минераловатных прокладок. Перед оштукатуриванием швы между плитами перекрывают полосами проволочной сетки. Фибролитовые плиты могут воспринять перемещения, но штукатурное покрытие все же хрупко. Поэтому в месте примыканий между штукатуркой и стенами должны быть оставлены рабочие швы, которые покрывают долговечными пластичными материалами. Перегородки относительно демонтируемы после отбивания штукатурки.



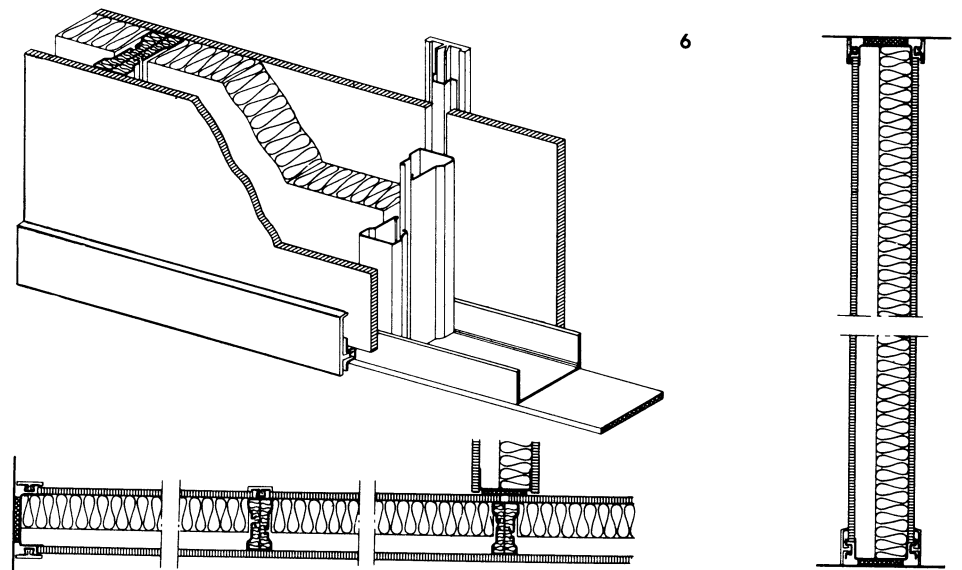
4 Деревянный каркас с матами из изолирующего вещества и двухслойная облицовка из гипсоволокнистых плит толщиной по 12,5 см, установленных на гвоздях. Возможно примыкание к подвесному потолку. В качестве изоляции применяются стеганные минераловатные маты. Деформации воспринимаются профилями в местах примыкания. Стены не могут быть переставлены без демонтажа.



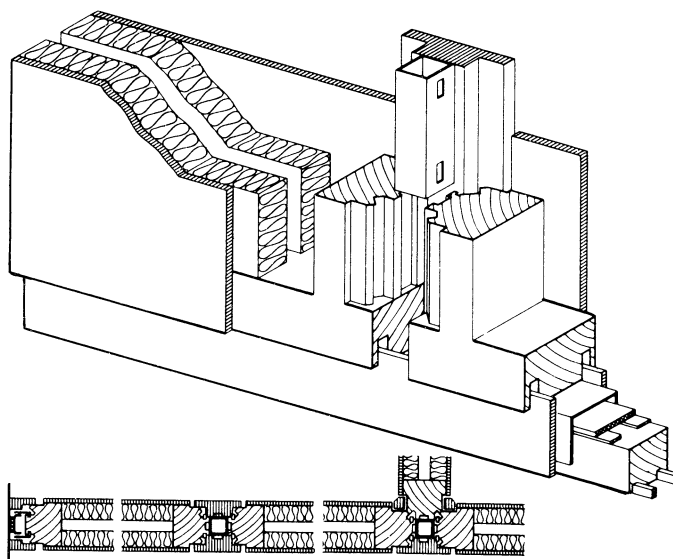
5 Каркас из стальных профилей с двухслойной облицовкой из гипсоволокнистых плит. Стойки из стальных плоских профилей вставляются в прокладочный профиль на потолке и в полу и облицовываются гипсоволокнистыми плитами. Стойки и направляющие воспринимают деформации благодаря упругости материала. Перегородка полностью переставляема, если швы открыты или прикрыты планками, в противном случае только демонтируема.



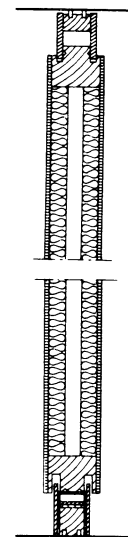
6 Каркас из стоек, выполненных из коробчатых профилей с изоляцией и двусторонней облицовкой из гипсоволокнистых плит. Стойки отдельные, из двух частей. Профили примыкания к перекрытию и полу изготовлены из листовых швеллеров. Шаг опор 500 или 625 мм. В качестве изоляции применяется минеральный войлок толщиной 40 или 60 мм. Прокладки из битумного войлока воспринимают деформации. Кроме того, имеется возможность сдвига между облицовкой перегородки и конструкцией перекрытия благодаря окаймляющему профилю. Если применяются слоистые плиты, то перегородка может быть переставлена, в противном случае только демонтируема.



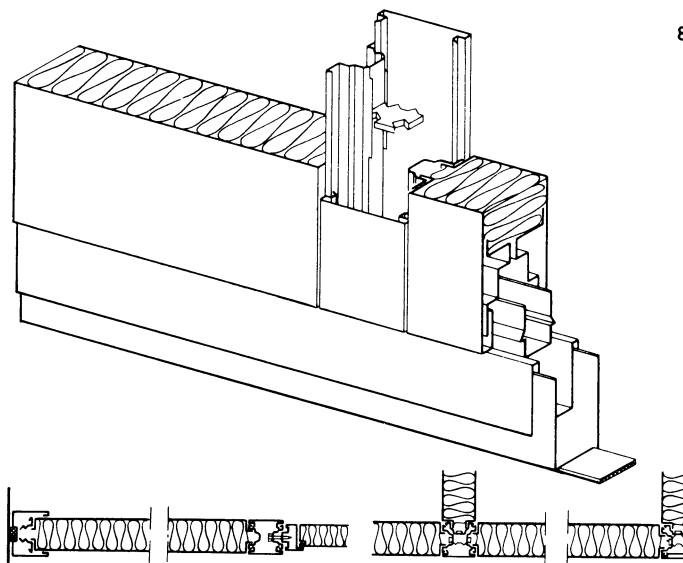
7 Двухслойная перегородка из легких плит. Перегородка может быть смонтирована на готовом полу. Возможно примыкание к подвесному потолку. Стеновые элементы из деревянных рамных элементов с наклеенными фанерными или пенопластовыми плитами, оклеенными с внутренней стороны минераловатными матами толщиной 30 мм для звукоизоляции. Соединение рам на распорках из трубчатого профиля. Резиновые прокладочные профили и конструкция профилей примыкания воспринимают сдвиги. Плотные накладки перекрывают швы.



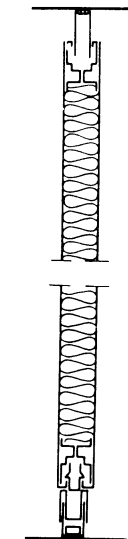
7



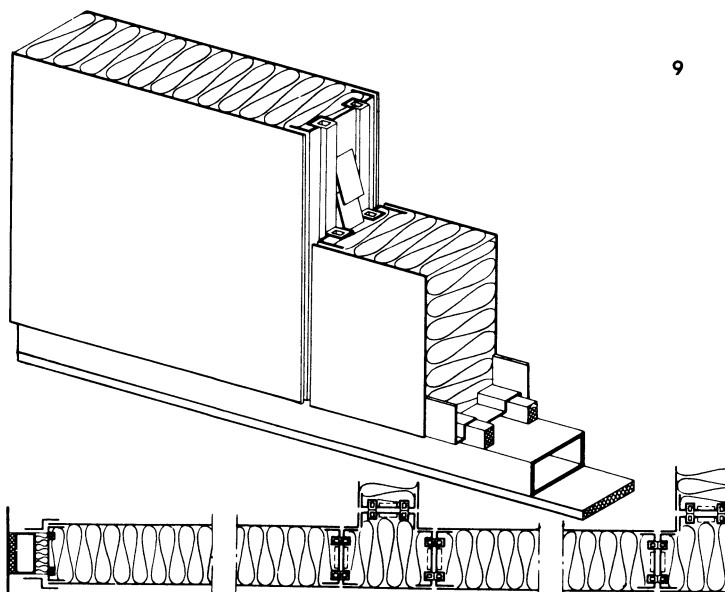
8 Двухслойные элементы из стальных листовых слоистых плит соединены друг с другом без стоек. Перегородка может быть смонтирована на готовом полу. Стеновые элементы заводского изготовления выполнены из стальных листов со свободно уложенной минеральной ватой, которая зафиксирована против проседания закрепляющими рейками. Соединения на запирающихся зажимах. Швы щитов закрыты плотно прилегающими накладками из стальных листов. Примыкание к перекрытию дает возможность сдвига до 6 см.



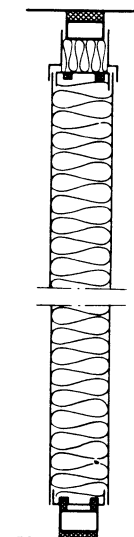
8

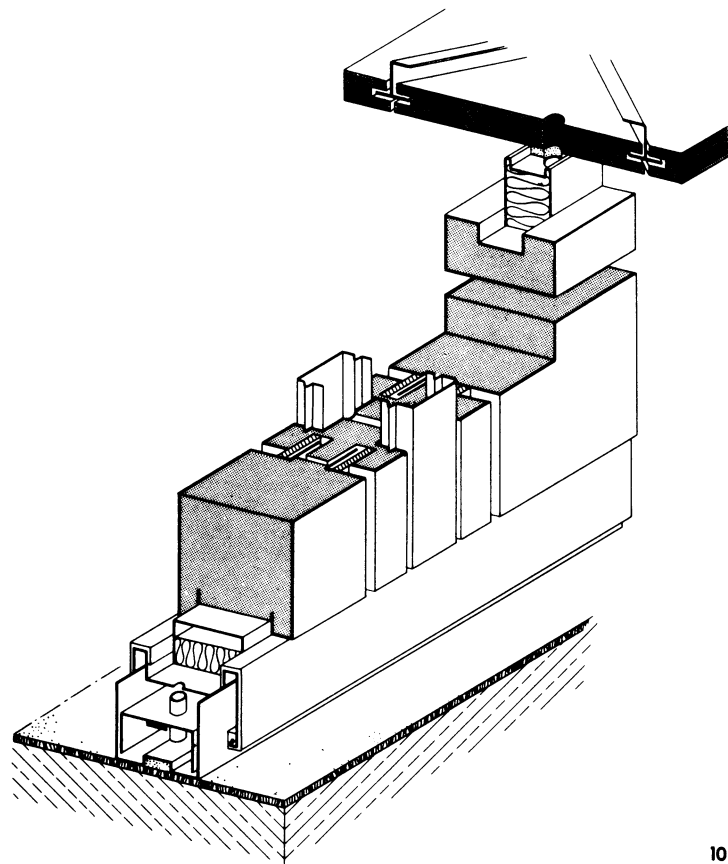


9 Двухслойные элементы из стальных листов без стоек. Перегородки могут быть установлены на готовом полу. Возможно примыкание к подвесным потолкам. Элементы высотой на весь этаж выполнены из стальных листов и состоят из рам с двусторонней облицовкой стальными листами. Изоляционный материал — минеральная вата. Соединение элементов с помощью выступающих пластинок из плоской стали. Губчаторезиновые обжатые профили и свободное опирание перегородок воспринимают возможные перемещения.



9





10 Стойки из коробчатых стальных профилей, между ними панельные элементы, облицованные с обеих сторон листами, покрытыми печным лаком. Изоляционный материал — минеральный войлок. Перегородки стоят на настиле пола и упираются в потолок. Прогобы междуэтажных перекрытий воспринимаются опорными прокладками. Перегородки полностью переставляемые.

Воздействие огня при пожаре	327	Классы огнестойкости элементов	332
Меры противопожарной защиты		Выбор класса огнестойкости	333
Устойчивость зданий	328	Противопожарная защита стальных элементов	
Пути эвакуации	329		
Противопожарные отсеки	329	Поведение незащищенных стальных элементов при пожаре	334
Оборудование	329	Защита стальных элементов	335
Устойчивость сооружений при пожаре		Тезисы противопожарной безопасности сооружений со стальными конструкциями	336
Расчетные нормы для определения нагрузок от пожара	330	Литература	336
Нагрузки, возникающие при пожаре	331		
Классы противопожарной защиты зданий	332		

Воздействие огня при пожаре

Огонь относится к такой же категории воздействий на сооружение, как нагрузки, ветер, сейсмические воздействия, колебание температуры, химические и электрические воздействия и др., которым может подвергаться здание в течение всего периода эксплуатации. Здания и их части могут противостоять действию огня в течение пожара. Однако огонь может уничтожить как отдельные части конструкций, так и материалы, находящиеся в помещении. Сгораемые вещества могут быть:

1. Прочно соединены с конструкцией здания, как, например:
 - несущие строительные элементы;
 - элементы ограждающих конструкций;
 - элементы инженерных коммуникаций и технического оборудования.
2. Не связаны с конструкцией здания, как-то:
 - оборудование;
 - материалы чистых полов;
 - мебель;
 - материалы и изделия.
 Действие пожара сопровождается:
 - разрушением горючих материалов;
 - выделением больших количеств тепла;
 - образованием пожарного газа.

Разрушения

Несущие строительные элементы из горючих материалов (например, дерева) претерпевают прогрессирующее уменьшение поперечного сечения, которое может продолжаться до полной потери несущей способности.

Частичным разрушением можно уничтожить взаимосвязь строительных деталей. В этом случае действие огня проявляется

в обрушении элементов конструкций, проникании огня в соседние помещения.

Тепло

Тепло распространяется путем излучения или конвекции (горячие газы). Тепло вызывает расширение конструкций и уменьшение их прочности.

Расширение материала в конструкциях приводит к удлинению или при неравномерном нагреве к изгибу частей сооружения. Вследствие этого могут возникать дополнительные напряжения, которые разрушают несущие элементы сооружения и в зависимости от обстоятельств могут вызвать даже обрушение, а потому должны быть предусмотрены расчетом.

Усилия от заземления элементов прежде всего проявляются в рамных конструкциях при нагревании ригелей. В результате этого стойки рам могут быть сдвинуты со своих опор и разрушиться. Расширение плит перекрытий может нарушить прочность других частей здания. Это следует учитывать при назначении температурных швов (см. с. 223). Некоторые строительные материалы, например металл и бетон, теряют прочность при высоких температурах. Свойства стали — см. с. 334, 335.

Пожарные газы

Пожарные газы оказывают следующее отрицательное действие:

- затрудняют видимость;
- вызывают удушье;
- могут привести к отравлению людей;
- оказывают химическое воздействие на разные материалы.

 Затруднение видимости осложняет

эвакуацию при пожаре, спасение людей и работы по гашению огня.

Люди задыхаются от недостатка кислорода в воздухе. Причиной отравления служит содержание в воздухе СО и других отравляющих газов, например синильной кислоты, так как она выделяется при горении некоторых синтетических материалов.

Химическое воздействие проявляется, например, в виде соляной кислоты, которая образуется при горении ПВХ и образует на элементах сооружения конденсат. Соляная кислота проникает в бетон и может вызвать коррозию арматуры.

«Указания для применения горючих строительных материалов в высотном строительстве» в ФРГ упорядочивают применение этих материалов в качестве облицовки и изолирующих слоев.

Противопожарная защита включает все мероприятия по предотвращению и подавлению пожарной опасности. Предотвращение служит пассивной или профилактической противопожарной защитой. Меры противопожарной защиты устанавливаются официальными положениями. Строительные нормы определяют, какие меры должны выполняться, чтобы возникновение и распространение огня могло быть предотвращено и чтобы при пожаре были возможны эффективные работы по тушению и спасению людей и животных.

Меры противопожарной защиты

Возникновение пожара

Возникновение разрушительного огня предупреждается соответствующими мерами безопасности при устройстве возможных источников зажигания (отопительные

устройства, электроустановки). Интенсивность пожара можно уменьшить сокращением пожарной нагрузки, т. е. ограничением использования горючих материалов в помещении.

Величину пожарной нагрузки, зависящей от количества горючих материалов в помещениях, можно упорядочить нормативными требованиями (см. с. 331 и 332).

Распространение пожара

Различают меры, которые препятствуют переброске огня на другие здания и распространению огня внутри здания.

Чтобы помешать распространению огня от одного здания к соседним, последние должны либо находиться на определенном расстоянии друг от друга либо разделяться наружными противопожарными стенами.

Распространению огня внутри здания препятствуют огнестойкие стены, перекрытия и перегородки, разделяющие здание на противопожарные отсеки. Распространение пожаров может быть предотвращено также автоматическими противопожарными устройствами.

Тушение пожара

Для пожарных автомашин требуется подъездной путь определенной ширины с необходимой высотой проезда. Пожарные команды должны иметь безопасный проход к очагу пожара внутри здания.

Должно быть предусмотрено подсоединение противопожарного водопровода определенной мощности.

Эвакуация

Для защиты людей требуются безопасные пути эвакуации. Пути эвакуации по возможности должны быть всегда свободными от пожарных газов. В зданиях, в которых находится много людей, требуются сигнальные установки для оповещения о пожаре.

Строительно-производственная противопожарная защита

В профилактической противопожарной защите различают меры строительной противопожарной защиты и производственной противопожарной защиты. Они дополняют друг друга и частично могут взаимно заменяться.

Для строительной противопожарной защиты особенно характерны:

- меры для сохранения устойчивости здания;
- разделение здания на противопожарные отсеки;
- безопасность путей эвакуации.

Производственной противопожарной защите служат:

- сигнальные устройства, например дымовые сигналы и огневые сигналы;
- автоматические противопожарные установки.

Объем предупреждающей противопожарной защиты

Меры профилактической защиты служат: защите людей; предотвращению материальных повреждений.

Защита людей (основная противопожарная защита)

Защита людей имеет преимущественное значение во всех требуемых мерах. Масштаб этих мер измеряется не экономическими соображениями, а только степенью возможной опасности. Если люди не подвергаются опасности совсем или только в ограниченной степени, то необходимы только незначительные меры для защиты людей или даже они совсем не требуются.

Предотвращение материальных потерь

Основное внимание обращается на мероприятия, которые препятствуют распространению пожаров и обвалу высоких зданий.

Материальные убытки от повреждения самого здания, а также находящихся в нем материалов и оборудования можно оценить экономически. Размеры убытков в случае пожара зависят от принятых мер строительной защиты, которые учитываются страховыми компаниями в страховых премиях. Вследствие этого появляется экономическая взаимосвязь между возможными убытками (или страховочными премиями) и расходами на меры противопожарной защиты. Из экономических соображений сумма возможных убытков (или страховочных платежей) и расходов на противопожарную защиту должна быть минимальной.

Продолжительность действия мер противопожарной защиты

Противопожарная защита в некоторых случаях должна действовать только ограниченное время, например:

- пути эвакуации на то время, пока все люди не будут находиться в безопасности;
- защита важных несущих частей здания на время горения огня;
- защита несущих элементов сооружения на период эвакуации и тушения огня.

Полная противопожарная защита требуется всегда только в определенном пространстве или на ограниченный период времени. Если эти требования будут очень

высокими, то они экономически нецелесообразны. При оценке необходимых в отдельных случаях мер большинство строительных правил имеет разнообразные варианты решений.

Критерии для оценки мер по противопожарной защите

Требования по профилактической противопожарной защите и оценка конкретных мер защиты зависят от многих факторов. За основу приняты правила: «Где нечему гореть, нечего и защищать», «Где нет людей, некого и спасать». На масштабы противопожарных мероприятий влияние оказывают:

число людей, которые находятся в здании. Например, для помещений коллективного посещения или магазинов требования высокие, а для складов или гаражей — низкие;

возможность быстрого перемещения людей в здании. Например, для больниц, пансионатов для престарелых, детских садов установлены высокие требования, а для школ (см. с. 190) или спортплощадок — низкие;

пожарная нагрузка зданий: высокие требования для магазинов и жилых зданий, более низкие для школ и гаражей;

размеры и планировка зданий;

высота зданий; особенно жесткие требования предъявляются к высотным домам, т. е. к зданиям, верхние этажи которых лежат выше стандартных пожарных лестниц (в ФРГ — 22 м); ограниченные требования установлены для одно-двухэтажных зданий;

время до прибытия пожарной команды; например для промышленных предприятий с собственной заводской пожарной командой и постами безопасности или для театров и выставочных залов при наличии пожарной охраны предоставляются льготные условия.

Устойчивость зданий

Требуемая устойчивость здания при пожаре должна дать возможность осуществить все меры по спасению людей и тушению пожара и ограничить материальные убытки.

Высокие здания

В многоэтажных зданиях несущая система должна выдержать загорание одного или нескольких пожарных отсеков.

Низкие здания

В одноэтажных зданиях для защиты людей достаточно, чтобы устойчивость была обеспечена только относительно короткое время (например, 30 мин).

Если за это время пожар не потушен, то в конструкциях покрытий обычно появляются такие большие разрушения, что бесполезно делать особые затраты, обеспечивающие более высокую огнестойкость несущей системы по сравнению с огнестойкостью ограждающих конструкций.

Различные требования

Для устойчивости здания во время пожара отнюдь не всегда требуется, чтобы несущие части здания были огнестойкими. Зачастую эти основные требования строительных правил воспринимаются не критически, хотя необходимость взаимосвязи между пожарной нагрузкой и огнестойкостью строительных элементов достаточно известна.

Части здания следует рассматривать дифференцированно. К частям зданий, которые по своим функциям имеют неодинаковое значение для прочности здания, предъявляются различные требования по огнестойкости. Было бы, например, неправильным распространять требование высокой огнестойкости на все несущие элементы здания, в том числе на колонны, покрытия, перекрытия и кровлю. Способы теоретической оценки расчетных нагрузок на строительные детали в случае пожара — см. с. 331.

Стоимость противопожарной защиты стальных элементов

Защита несущих конструкций — только небольшая часть мероприятий, необходимых для профилактической противопожарной защиты. В этом отношении сооружения из стали не отличаются от сооружений, несущие конструкции которых изготовлены из других материалов. Стоимость защиты стальных частей здания составляет только очень малую часть общей стоимости здания.

Пути эвакуации

Эвакуация людей и защита спасателей и пожарников требуют прежде всего безопасности путей их передвижения. Установлено, что смерть людей при пожарах почти никогда не бывает вызвана обрушением несущих элементов сооружения, а почти исключительно тем, что пути для эвакуации недостаточны или непроходимы. Люди погибают от воздействия пламени, удушья дымом или ядовитых газов.

Из высотных домов не всегда возможно полностью эвакуировать людей при пожаре. Поэтому в здании должны быть предусмотрены безопасные зоны.

Предупредительные устройства

Чтобы посетители здания при возникновении пожара могли вовремя оказаться в

безопасности, они должны максимально быстро получить сведения о пожаре. Крупные здания с большим числом людей должны иметь предупреждающие по возможности громкоговорительные устройства.

Обозначение путей эвакуации

Пути эвакуации должны быть четко обозначены. Эти обозначения должны быть помещены так, чтобы бросились в глаза при эвакуации.

Коридоры

Эвакуационные коридоры должны оставаться в эксплуатационном состоянии во время пожара, а их стены должны иметь определенную степень огнестойкости. Коридоры должны всегда оставаться свободными, в них запрещается хранить горючие материалы или предметы, загромождающие проход. Применение в ограждающих конструкциях коридоров сгораемых материалов должно быть тщательно обосновано.

Противопожарные стены

Если противопожарные стены лежат на пути к эвакуационным проходам, то они должны быть оборудованы дверями, самозакрывающимися и открываемыми в сторону коридора, с определенной степенью огнестойкости.

Лестницы

Во всех этажах лестницы должны находиться в определенном удалении от каждого помещения. В строительных нормах ФРГ предписано, что наибольшее расстояние до ближайшей лестницы составляет 35 м и что лестницы должны располагаться в лестничных клетках со стенами определенной огнестойкости и соответствующими дверями. Лежащие снаружи аварийные лестницы должны быть дополнены галереями или эвакуационными балконами.

Отвод дыма

Большое значение имеет отвод дыма. Лестничные клетки должны иметь в верхнем этаже вытяжные отверстия для выпуска дыма, которые должны открываться автоматически при появлении дыма.

Запасные выходы

Необходимо устройство достаточного числа выходов, которые могут быть открыты в случае опасности.

Требования о расположении необходимых лестниц по строительным нормам ФРГ: в зданиях до трех полных этажей применяют внутрилежащие лестницы;

в зданиях выше трех полных этажей лестничные клетки должны быть около наружной стены с окнами и в наружной стене

высотные дома должны иметь не менее двух лестниц, из которых одна должна быть около наружной стены;

из двух лестниц высотного здания одна лестница необязательно должна быть доведена до земли, если ее нижний выход находится в такой части здания, которая имеет высоту не более 22 м;

в высотном доме достаточно одной запасной или аварийной лестничной клетки, если она устроена как незадымляемая и имеет непосредственный выход наружу;

в некоторых видах зданий могут быть только наружные запасные лестницы, доступ к которым обеспечен по лежащим снаружи здания открытым проходам из огнестойких конструкций.

Противопожарные отсеки

Пожарные отсеки внутри здания перекрываются противопожарными внутренними стенами и перекрытиями. При этом несколько этажей могут быть объединены в один пожарный отсек.

Противопожарные стены

Требования — см. с. 333, конструкции — см. с. 320. Двери в противопожарных стенах в случае пожара должны автоматически закрываться и иметь соответствующую защиту.

Перекрытия

Требования — см. с. 333, конструкции — см. с. 279 и следующие.

Наружные стены

Один из путей, по которому огонь может передаваться от этажа к этажу, — через наружные стены. Если заполнение оконных проемов повреждено, то пламя может выбиться из окна и перекинуться на лежащий выше этаж. Эта опасность может быть предупреждена, если путь переброски огня будет иметь определенную длину. Требования к огнестойкости наружных стен — см. с. 333, а к конструкциям — см. с. 279 и 305.

Шахты

Вертикальные шахты сообщения — шахты лифтов, лестничных клеток, шахты для оборудования и инженерных сетей — расцениваются в большинстве случаев как обособленные пожарные отсеки. Опасность распространения огня по вертикальным шахтам, особенно по шахтам для инженерного оборудования, очень велика. Прокладка технических линий через противопожарные перекрытия от одного пожарного отсека к другому требует особого внимания. Воздуховоды кондиционерных и вентиля-

ционных установок должны иметь самостоятельно закрывающиеся затворы (пожарные клапаны). Линии, отводящие воздух, которые одновременно должны служить для отсасывания дыма, должны быть непроницаемыми и огнестойкими.

Противопожарное оборудование

Автоматические противопожарные устройства предотвращают развитие огня. Применение их позволяет облегчить строительные требования по противопожарной защите зданий, в частности:

путем увеличения пожарных отсеков, что может дать большие преимущества для планировки зданий в многоэтажном строительстве — в магазинах, залах для собраний и в административных зданиях с крупными зальными помещениями;

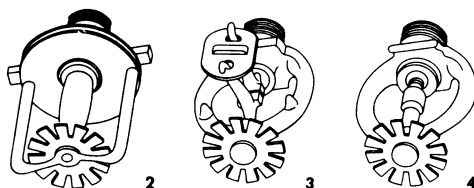
путем снижения требований к огнестойкости частей сооружения.

Обычно применяются:

ручное включение устройства, разбрызгивающего воду (дренчер);

автоматические устройства гашения огня путем разбрызгивания воды (спринклерные установки).

Спринклерные установки наиболее эффективны из автоматических противопожарных устройств. В большинстве случаев они соединены с сигнализацией. Установки начинают действовать при повышении температуры в помещении до 70° С и одновременно подают сигналы о пожаре в начале его появления. Спринклер вступает в действие при высоте этажа 5 м в течение 3—5 мин после начала пожара, при высоте помещения 10 м приблизительно в течение 5—7 мин. Форсунки открываются только над очагом пожара, поэтому вода падает на ограниченную площадь. Один спринклер орошает поверхность пола площадью примерно около 12 м². По статистическим данным при пожаре в большинстве



случаев открывается одновременно 5, реже до 25 форсунок.

Расходы на спринклерную установку невысоки и с избытком окупаются снижением платежей при страховании от пожара.

Устройство спринклерных установок

1 Спринклерная установка состоит из разбрызгивающих форсунок, сети трубопроводов, сигнализирующего устройства и системы обеспечения водой. Оповещающие и обеспечивающие устройства объединены в спринклерном центре.

Мокрые и сухие системы автоматического пожаротушения

Различают мокрые и сухие системы. В мокрых системах трубопроводы до самых форсунок наполнены водой. В сухих системах трубопроводы, которые могут замерзать, наполнены воздухом. После удаления воды из системы воздух заполняет сеть. Время включения спринклера при сухой системе несколько больше, чем при мокрой системе.

Разбрызгивающие форсунки состоят из корпуса, затвора и разбрызгивающего диска. Затвор перекрывает выход и открывается при нагревании. Распространены три типа:

2 Со стеклянным сосудом. Тонкостенный стеклянный резервуар, перекрывающий кран, заполнен легкокипящей жидкостью, которая при определенной температуре разбивает сосуд и освобождает ток воды.

3 С плавким припоем. Пара рычагов соединена пластинкой с легкоплавкой спайкой, которая плавится при предусмотренной температуре.

4 С плавящимся кристаллом. При достижении определенной температуры солевой кристалл превращается в жидкость, освобождая выходное отверстие для воды.

Замыкающие устройства тарируются на различные стандартные температуры срабатывания между 70° и 200° С и различаются по цвету.

Сеть трубопроводов делится на секции, обеспечивающие до 500 (в исключительных случаях 1000) спринклеров.

Оповещающее устройство включается действием струящейся воды. В каждом отрезке трубопровода есть оповещающее устройство. Оно должно быть связано

с сигнализационным устройством и с пожарной охраной.

При тушении огня спринклеру необходимо около 60—100 л/мин воды. Спринклерная установка должна иметь по возможности два не зависящих друг от друга источника обеспечения водой, из которых один действует автоматически, а другой включается принудительно и должен иметь неограниченный запас воды. В обычном исполнении необходимо обеспечить на каждый участок сети расход 3 м³/мин воды в течение часа. Вода должна иметь достаточный напор. В качестве источников обеспечения водой применяются: общие или смешанные сети водоснабжения для технических нужд; напорные резервуары; открытые глубинные резервуары с центробежными насосами; водяные резервуары с подачей воды сжатым воздухом.

Большой частью применяются напорные резервуары или резервуары с подачей воды сжатым воздухом с объемом 180 м³ как первоочередная доставка воды и общие сети как вторичная подача воды. Они рассчитываются как имеющие неограниченный запас только в том случае, когда объем резервуара более 500 м³.

Устойчивость сооружений при пожаре

Предписания большинства стран содержат более или менее жесткие требования для расчета и возведения сооружений и их частей с учетом возникновения пожара. Эти предписания основываются на опыте, поскольку условия пожара до сих пор не поддаются расчету.

Новые исследования дали возможность расчетной оценки действия пожара, вызывающего различные дополнительные нагрузки на части зданий. Соответствующие методы расчета приняты в нормах Швейцарии, Нидерландов и Швеции. В ФРГ находятся в подготовительной работе методы противопожарной защиты в промышленном строительстве (DIN № 18 230).

Расчетные нормы для определения нагрузок от пожара

Чтобы учесть при расчете влияние пожара на несущие части сооружения, необходимы следующие исходные данные: определенная тепловая нагрузка при пожаре; выявление характера сгорания материалов; выявление теплопередачи на другие части сооружения; расчет температур в элементах сооружений; расчет элементов здания на действие дополнительных усилий от действия огня.

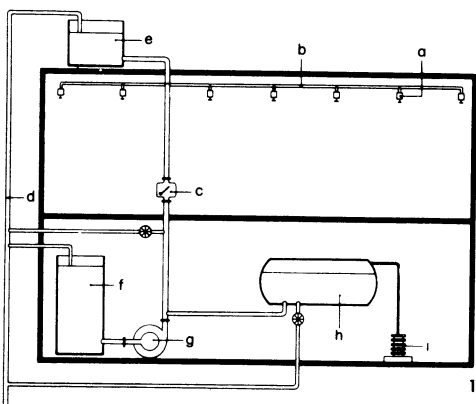


Схема спринклерной установки

- a спринклер
- b трубопроводная сеть
- c оповещающее устройство
- d подводная сеть
- e напорный бак
- f нижний резервуар
- g центробежный насос
- h резервуар с подачей воды сжатым воздухом
- i воздушный компрессор

Тепловая нагрузка при пожаре может быть вычислена на основании массы находящихся в помещении горючих материалов и количества тепла, выделяемого ими при сгорании. Значение теоретической тепловой нагрузки от ограждающих конструкций может быть установлено при проектировании, а действительная тепловая нагрузка может быть определена только статистическими данными.

Интенсивность пожара можно определить по кривой температуры в помещении за время пожара. Шведские нормы дают способ вычисления этой кривой по пожарной нагрузке и соотношению между размерами оконных проемов и площадью поверхности всех наружных ограждающих конструкций горящего помещения.

По этой кривой можно определить параметры пожара в реальных условиях по эквивалентной продолжительности нормативного пожара.

По температуре горячих газов, обтекающих элементы здания, можно вычислить количество тепла, которое воспринимается строительными деталями. Температура вычисляется для каждого строительного элемента отдельно с учетом его теплоизоляции или облицовки.

Если изоляция или облицовка препятствует повышению температур в несущей части здания выше критической температуры T_1 , при которой обычная расчетная нагрузка еще может быть воспринята элементом, то расчет конструкций производится без учета пожара. Если же расчет ведется на условия повышения температуры элемента выше T_1 , то в расчетные формулы вводится коэффициент понижения расчетных сопротивлений для стали (см. с. 334).

При этом методика расчета не изменяется по сравнению с расчетом конструкций в обычных условиях.

Методы DIN 18 230 (строительная противопожарная защита в промышленном строительстве), проект Проект DIN 18 230 упрощает метод, по которому определяется класс противопожарной защиты здания по его тепловой нагрузке при пожаре. Вместо детального расчета, как это, например, требуется по шведским нормам, требуемый класс огнестойкости строительных элементов определяется по классу общей противопожарной защиты здания. Строительные элементы на основании пожарных испытаний классифицированы по классам огнестойкости, которые определяют стандартные параметры кривых температуры за время пожара (стандартная температурная кривая при пожаре).

Интенсивность пожара

Пожарная нагрузка определяется количеством тепла $\sum Q_i$, получаемым при сгорании всех горючих материалов в пожарном отсеке.

При этом количество тепла, выделяющегося при сгорании вещества, Мкал:

$$Q_i = G_i H_u$$

где G_i — масса материала (вещества), кг, H_u — теплотворная способность материала при нормальной влажности, Мкал/кг. Иногда H_u определяется по сравнению с эквивалентом дерева, имеющего теплотворную способность 4 Мкал/кг. Теплопроизводительность некоторых материалов на 1 кг массы и 1 дм³ объема дана в табл. 1.

Интенсивность пожара $q = \frac{\sum Q_i}{A}$ определяется количеством тепла, Мкал/м², при пожаре на 1 м² площади пола, где A — площадь основания пожарного отсека, м².

Если пожарная нагрузка в какой-нибудь части пожарного отсека отклоняется от средней интенсивности пожара то по DIN 18 230 для этой части пожарного отсека расчет следует производить на повышенную пожарную нагрузку.

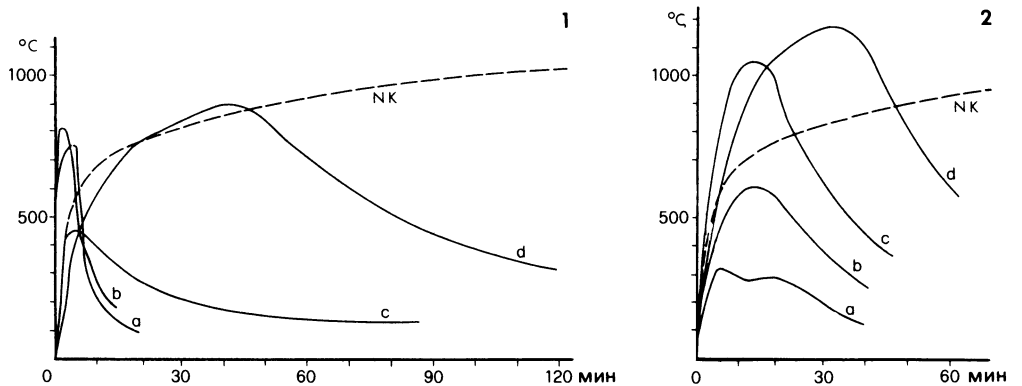
Характер сгорания материала определяется по температурной кривой, увязанной с международной нормированной кри-

Таблица 1
Теплота сгорания строительных материалов

Материал	Масса, кг/дм ³	Теплота сгорания	
		Мкал/кг	Мкал/дм ³
Древесина лиственных пород, бумага	0,800	4	3,2
Древесина хвойных пород	0,600	4,5	2,7
Древесноволокнистые легкие строительные плиты	0,500	1,5	0,75
Поливинилхлорид	—	5	—
Фенольная смола	—	6	—
Полиуретан	—	5,5	—
Бензин	0,8	10,5	8,4
Мазут	1	10,5	10,5
Битумизированный картон	1	4	4
Резина	1,2	8	9,6
Линолеум	1,3	5	6,5

вой стандартных температур, по которой определяется степень огнестойкости строительного элемента. При этом тепловая нагрузка при пожаре умножается на оценочный коэффициент m (см. с. 332), определяемый на основании пожарных испытаний. На рис. 1 приведены кривые сгорания некоторых материалов в сравнении с нормальной температурной кривой (см. с. 332, рис. 1). Рис. 2 поясняет быстроту горения при испытаниях с одинаковым материалом (деревом).

Температура реальных пожаров лежит в большинстве случаев значительно ниже нормальной температурной кривой, если даже в начальной фазе пожара на короткий срок развиваются высокие температуры.



1 Характеристика сгорания различных веществ (см. п. 3 списка литературы на с. 336):

- a — горящее масло в открытой ванне, 30 Мкал/м²;
- b — плиты из жесткого пенопласта, 30 Мкал/м²;
- c — бумага, 200 Мкал/м²;
- d — дерево в брусках 45/45 мм, 200 Мкал/м²;
- NK — стандартная температура при пожаре.

2 Тепловая нагрузка при разной интенсивности сгорания дерева в брусках 45/45 мм (см. п. 3 списка литературы на с. 336):

- a — 7,5 кг/м² = 30 Мкал/м²;
- b — 15 кг/м² = 60 Мкал/м²;
- c — 30 кг/м² = 120 Мкал/м²;
- d — 60 кг/м² = 240 Мкал/м²;

Степень разрыхленности

Степень разрыхленности, т. е. удельная поверхность на единицу объема, выражается в зависимости от толщины материала d в сантиметрах по проекту DIN 18230 через оценочный коэффициент m .

Оценочный коэффициент m Таблица 2

Горючее вещество	Размеры, см	m
Древесная стружка, рыхлая бумага	$d < 1$	1,3
Доски, мебель	$1 < d < 4$	1,1
Толстые доски, брусья	$4 < d < 10$	0,9
Балки	$10 < d < 20$	0,7
Стволовая древесина, бумажные рулоны	$d > 20$	0,3
Бензин	-	1,3
Мазут	-	1,2

В строительную практику введено понятие «нормальная пожарная нагрузка»

$$Q'_1 = Q_1 m_1$$

которая устанавливается для каждого материала в пожарном отсеке Мкал:

$$Q'_1 = G_1 H_u m_1$$

Тогда нормальная нагрузка при пожаре в Мкал/м²:

$$q' = \frac{\sum Q'_i}{A}$$

Оценочный коэффициент пожарного отсека

$$m = \frac{\sum Q'_i}{\sum Q_i}$$

причем $q' = qm$ (см. п. 4 списка литературы на с. 336).

Величина пожарных нагрузок

Для оценки пожарных нагрузок, фактически встречающихся в многоэтажных сооружениях, приведены результаты многочисленных исследований для школ, контор и больниц с деревянной мебелью, с параметрами $q = 80 \dots 100$ Мкал/м².

Для примера вычислена пожарная нагрузка для школьного помещения по DIN 18230 (табл. 3).

Таблица 3

Материал	G_i , кг/м ²	H_{u_i} , Мкал/кг	q_i , Мкал/м ²	m	q'_i , Мкал/м ²
Линолеум	6,5	5	32,5	1	32,5
Мебель (дерево)	10	4,5	45	1,1	49,5
Бумага	2	4	8	1,3	10,5
Остальные материалы	-	-	-	-	5
			85,5		97,4

$$m = \frac{q'}{q} = \frac{97,4}{85,5} = 1,13$$

На основании статистических данных, полученных в результате обследования 480 помещений в административных зданиях со

стальным каркасом, установлено среднее значение эксплуатационной пожарной нагрузки $q = 92$ Мкал/м².

Классы противопожарной защиты зданий

Проект DIN 18230 предлагает пять классов противопожарной защиты (табл. 5) в зависимости от расчетной нагрузки при пожаре, Мкал/м²:

$$Q_p = q' f$$

f — характеристика здания, составляемая из нескольких показателей, учитывающих площадь пожарных отсеков и число этажей, применяется при проектировании промышленных зданий. Наиболее характерные значения f для многоэтажных зданий приведены в табл. 4.

Низкие значения f получаются, если имеются многочисленные вентиляционные отверстия, удаляющие избыточное тепло; к ним же относятся окна с одинарным остеклением.

По расчетной нагрузке при пожаре $Q_p = q' f$ в табл. 5 установлены классы противопожарной защиты для каждого пожарного отсека.

Характеристика здания f Таблица 4

Площадь пожарного отсека A , м ²	f при числе этажей					
	1	2	3	4	5	≥6
<1600	1	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60
1600-3000	1,2	1,44	1,56	1,68	1,80	1,92
3000-5000	1,4	1,68	1,82	1,96	2,10	2,24
5000-7000	1,6	1,92	2,08	2,24	2,40	2,56
7000-10000	1,8	2,16	2,34	2,52	2,70	2,88
>10000	2	2,40	2,60	2,80	3,00	3,20

Классы противопожарной защиты Таблица 5

Расчетная нагрузка при пожаре Q_p , Мкал/м ²	Классы противопожарной защиты
<75	I
75-150	II
150-300	III
300-450	IV
450-600	V
>600	V [*]

*1) Возможно только при обеспечении особых мер противопожарной защиты.

Классы огнестойкости конструкций

Длительность сопротивления действию огня, мин	Класс огнестойкости	Строительные элементы		Класс огнестойкости	Наименование строительных элементов	Класс огнестойкости	Наименование строительных элементов	Обозначение
		Несущие	Трудногораемые					
≥30	F30	Несущие	Трудногораемые	W30		T30		Перекрытие, сдерживающее огонь
≥60	F60	Ненесущие Противопожарные стены	Огнестойкие	W60	Наружные стены	T60	Огнезащитные перекрытия	Огнестойкое перекрытие
≥90	F90							
≥120	F120			W90		T120		
≥180	F180	Ограждающие элементы здания	Высокоогнестойкие			T180		Высокоогнестойкое перекрытие

Классы огнестойкости строительных элементов

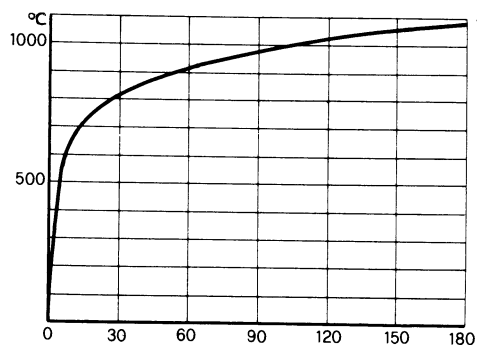
Элементы сооружения распределяются по классам огнестойкости в зависимости от времени, в течение которого элементы оказывают сопротивление температуре во время пожарного испытания. Стандартная пожарная кривая устанавливает температуру опытного пожара в зависимости от времени (рис. 1). Степени огнестойкости распределяются по категориям с интервалом 30 мин.

Во всех странах принята единая стандартная температурная кривая при пожаре. В ФРГ установлены классы огнестойкости элементов зданий по DIN 4102, приведенные в табл. 7.

Строительные материалы по степени возгораемости делятся на классы (табл. 6).

Классы огнестойкости строительных материалов Таблица 6

Класс огнестойкости строительного материала	Свойство строительного материала
A	Негорючий материал
A ₁	
A ₂	
B	Горючий материал
B ₁	
B ₂	
B ₃	Легко возгораемый



Стандартная пожарная кривая степени огнестойкости

Важнейшие положения норм для отдельных строительных элементов:

Несущие элементы сооружения

Несущие строительные элементы должны испытываться при расчетной пожарной нагрузке. Допустимая средняя температура стальных колонн не должна превышать 400°С, температура в отдельных точках должна быть не более 500°С.

Начиная с класса огнестойкости F90, колонны должны выдерживать испытания на тушение водой без нарушения огнестойкой защиты стальных профилей. Элементы конструкций зданий должны иметь класс огнестойкости F90 и выше; для класса F180 все строительные элементы должны быть выполнены из строительных материалов класса А.

Ненесущие элементы сооружения

Ненесущие элементы сооружения при пожаре не должны обрушиваться под действием собственного веса.

Ограждающие элементы здания

Ограждающие элементы здания должны защищать помещения от проникания огня наружу или в соседние помещения. На охваченной огнем стороне не должны образовываться горючие газы, температура стены на обратной стороне не должна превышать 140°С, а в отдельных местах — 180°С. При классе огнестойкости элементов зданий F90 после этого срока огонь может беспрепятственно проникнуть дальше. В зданиях класса огнестойкости F180 все составные части должны состоять из строительных материалов класса А.

Перекрытия при классах огнестойкости, начиная с F90, должны иметь сплошной слой с толщиной 50 мм из строительного материала класса А. Ограждающие стены должны противостоять после пожара ударной нагрузке 2 кгс.м.

Противопожарные стены

Противопожарные стены должны выполняться, как и наружные стены класса F90, из строительного материала класса А; в них не должно быть пустот и они должны либо сохранять свою устойчивость под действием усредненной внешней нагрузки и ударной нагрузки 300 кгс.м, либо иметь в зависимости от огнестойкости строительного материала соответствующую минимальную толщину.

Наружные стены

Наружные стены должны затруднять переброску огня на соседние этажи. Требуемая степень сопротивляемости огню распространяется также на опоры, крепления и стыковые зазоры. Под действием собст-

венного веса стены не должны терять своей прочности. Они испытываются путем нагревания с внутренней стороны в соответствии со стандартной температурной кривой, а с наружной стороны только до 650°С (которая может быть достигнута после первых 10 мин пожара). При пожаре снаружи внутри здания не должны образовываться горючие газы, а температура стен на внутренней стороне должна составлять в среднем не более 140°С, в отдельных точках не более 180°С.

Огнезащитная изоляция

Огнезащитная изоляция применяется также при устройстве дверей и других перекрывающих устройств в стенах и потолках с огнестойкостью от F30 до F180, а также в противопожарных стенах.

Следующие определения касаются дверей лифтовых шахт, остекления, перекрытий кровли и вентиляционных каналов.

Общим является следующее основное положение: облицовка или огнезащитное покрытие, которые применены для улучшения огнестойкости строительных элементов, образуют с ними общую конструкцию.

Они должны испытываться только совместно с конструкцией. Так, потолок сам по себе может быть неогнестоек, но несущее перекрытие образует вместе с потолком огнестойкую конструкцию. То же относится и к облицовке колонн, которые вместе с облицовкой являются огнестойкими, а без нее не обладают этим свойством.

Выбор класса огнестойкости

Классы огнестойкости строительных элементов сооружений установлены в ФРГ строительными нормами. В основу оценки положены различные критерии, например назначение и число этажей, но без учета пожарной нагрузки (см. левую часть табл. 8). Это является серьезным недостатком.

В правой стороне табл. 8 нормы земли Северный Рейн — Вестфалия сопоставляются с требованиями классов противопожарной защиты проекта DIN 18230. В зависимости от пожарной нагрузки через установление класса противопожарной защиты здания определяется класс огнестойкости строительных элементов.

Требования противопожарной защиты

Таблица 8

Функция	Элемент здания	Строительные нормы земли Северный Рейн-Вестфалия для зданий с числом этажей				Проект DIN 18230 от 1968 г. Классы противопожарной защиты				
		≤2	3.5	>5	высотные дома	I	II	III	IV	V
Несущие элементы здания	Колонны, стены, прогоны	F30	F90	F90	F90	F30	F60	F90	F120	
	Перекрытия	F30 trT=A	F30 trT=A	F90	F90	F30	F30	F60	F90	
	Несущие конструкции покрытия						F30	F30	F30	
Элементы здания для ограждения противопожарных отсеков	Стены		F90 Br	F90 Br	F90 Br	F60	F90	F90	F90 Br	F120 Br
	Перекрытия		F90	F90	F90	F30	F30	F60	F90	F120
Ограждающие элементы здания	Изоляция проемов		T90	T90		T30	T30	T90 (2×T30)	T90 (2×T30)	T90 (2×T30)
	Перегородки в квартирах	F90	F90	F90	F90	Условные обозначения:				
	Стены коридоров		F30	F30	F30	Br — прочность противопожарной стены.				
	Стены лестничных клеток	d=Br	F90 d=Br	F90 d=Br	F90 d=Br	d=Br — толщина, равная толщине противопожарной стены при одинаковом материале;				
	Лестницы	trT=A		F90 trT=A	F90 trT=A	A — из негорючих строительных материалов.				
	Наружные стены	W30	W30 или =A	W30 или =A	W30 или =A	trT=A — несущая часть негорючая				

Критическая температура нагрева стали
 Сталь — негорючий строительный материал, однако ее механические свойства (предел текучести, прочность на растяжение и модуль упругости) зависят от температуры. Предел текучести при разной температуре часто ошибочно рассматривается как критерий для оценки несущих качеств при пожаре. Так как пожар является катастрофическим случаем, то предел текучести может быть использован как резерв несущей способности до окончательного разрушения строительного элемента, оцениваемого достигнутой в это время температурой, так называемой критической температурой. Она в значительной мере зависит от степени напряженности строительного элемента. При полном использовании допускаемых напряжений критическая температура составляет: 560°С для стали St37, 580°С для стали St52. В связи с тем что при пожаре обычно не достигаются полные расчетные значения временных нагрузок, критическая температура практически еще выше, например при 50% допускаемого напряжения: 650°С для St37, 670°С для St52.

В равной степени на критическую температуру влияют резервы несущей способности статически неопределимых систем, если их расчет выполнен по упругой стадии. Многопролетная неразрезная балка имеет в этом случае такую же критическую температуру, как статически определимая опорная балка, расчетное сопротивление которой используется только на 75%. Полученные значения относятся к защищенным стальным профилям. В необлицованных стальных элементах расчетные критические температуры на наружной поверхности принимаются по крайней мере на 50°С ниже из-за большой скорости нагревания.

Влияние расчетной системы.

Достижение критической температуры в одном поперечном сечении не всегда влечет за собой разрушение строительного элемента. Статически неопределимые системы имеют резервы. Неразрезные балки образуют пластический шарнир в том месте, которое прежде всего достигает критической температуры, но вся система при этом еще сохраняет несущую способность. Многопролетные неразрезные балки при образовании пластических шарниров во всех пролетах образуют цепь, в которой вместо изгиба возникает преимущественно растяжение. Когда благодаря целесообразному выбору статической схемы прочность системы не теряется при нарушении прочности конструкции в одной точке, критическая температура может быть более высокой. При учете этой связи возможна

экономия на огнезащитной облицовке путем снижения требований к ней.

Влияние формы поперечного сечения

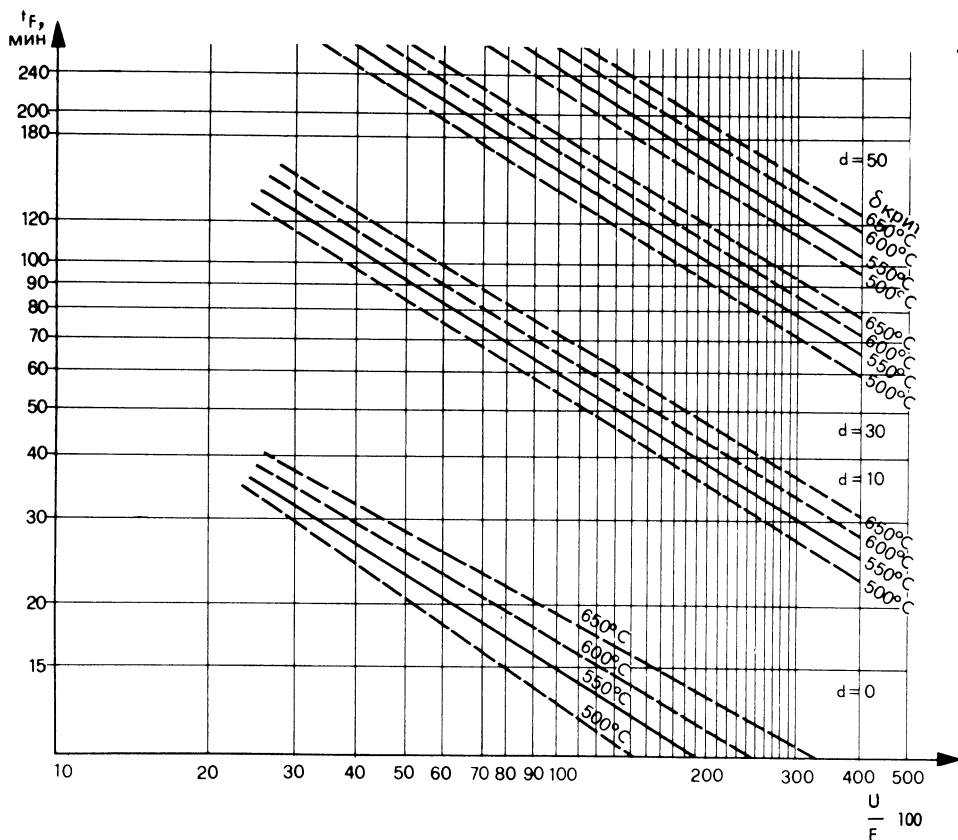
Время, за которое будет достигнута критическая температура, зависит от скорости восприятия количества тепла, вызывающего повышение температуры. Это количество тепла больше для профиля с большим поперечным сечением, чем для профиля небольшого поперечного сечения. Восприятие тепла происходит быстрее, когда профиль имеет большую наружную поверхность, например в сильно расчлененном тонкостенном профиле. Оно медленнее в замкнутых коробчатых или трубчатых профилях, поскольку тепло имеет доступ к материалу только с одной стороны. Зависимость, определяющая это значение, называется удельной поверхностью, т.е. U/F 1/см, где U — периметр профиля, см, F — поперечное сечение, см².

График на рис. 1 показывает (кривая $d=0$) степень огнестойкости незащищенно-

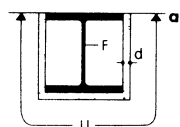
го стального профиля в минутах. Так, незащищенный профиль с удельной поверхностью $U/F=0,33$ при критической температуре 550°С имеет степень огнестойкости 30 мин, т.е. относится к классу огнестойкости F30 (огнезадерживающий).

Такая же степень огнестойкости достигается, например, для листовой стали толщиной 60,5 мм при $U=2$ см и $F=6,05$ см² на 1 см ширины, откуда $U/F=2/6,05=0,33$ 1/см, или для коробчатого профиля с толщиной листа 30,3 мм: $U/F=1:3,03=0,33$ 1/см. Коробчатому профилю равноценен открытый двутавровый профиль I600 с заполнением бетоном углублений между полками. Двутавровый широкополочный профиль 300 без облицовки при 75%-ном использовании допускаемого напряжения также достигает класса огнестойкости F30.

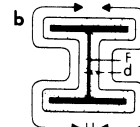
График на рис. 1 показывает зависимость толщины защитного покрытия от удельной поверхности U/F . При малых значениях этого фактора уменьшается требуемая толщина облицовки.



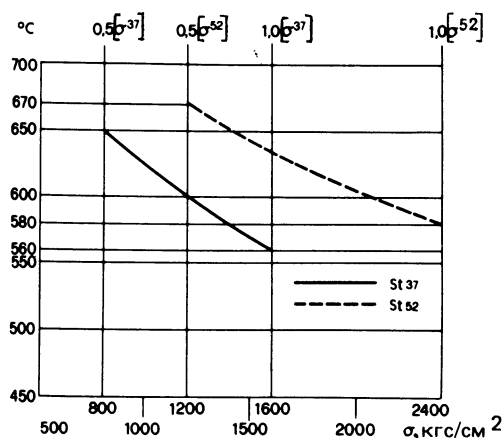
Взаимосвязь между степенью огнестойкости, видом профиля и толщиной облицовки. Здесь — плиты из вермикулита.



IPB 300
 $F = 149$ см²
 $U = 90$ см
 $U/F = 0,6/$ см



IPB 300
 $F = 149$ см²
 $U = 173$ см
 $U/F = 1,16/$ см



2 Критические температуры для строительных сталей St37 и St52

Отведение тепла

Увеличение степени огнестойкости происходит также в том случае, когда часть получаемого стальным профилем тепла будет воспринята другой составной частью сооружения. Так, например, наполненные бетоном полые стальные колонны имеют более высокую степень огнестойкости, чем пустые, причем бетон не должен учитываться как несущий, потому что он тоже нагревается. Такой же перенос тепла наблюдается в составных сталежелезобетонных балках, верхний пояс которых охлаждается благодаря теплоотдаче в бетонную плиту.

Деформация

Строительные стали при достижении предела текучести начинают пластически деформироваться. Разрушению предшествуют большие деформации, например прогибы балок. Эти же положения относятся и к разрушению стальных элементов при пожаре, только с той разницей, что напряжения, при которых исчерпывается несущая способность, при вторичном нагревании становятся меньше. Внезапного обрушения во время пожара в сооружениях со стальным каркасом не наблюдается. Обрушению предшествуют значительные, отчетливо видимые деформации.

Повторное использование стальных элементов

После остывания стальные элементы восстанавливают первоначальную прочность. Деформированные конструкции остаются способными нести нагрузку. Это важно для работ по восстановлению зданий. Оставшиеся неискривленными стальные профили могут быть использованы без всяких сомнений. Погнутые строительные элементы легко исправить, т. е. можно следовать правилу: «Если конструкция прогнулась, выправь ее, если она прямая, покрась ее».

Защита стальных элементов

Стальным профилям можно придать любую требуемую степень огнестойкости. Меры защиты: обетонирование, оштукатуривание, облицовка, изоляционное покрытие, наполнение водой, экранирование.

Обетонирование и оштукатуривание

Бетон или штукатурка наносится на поверхность профиля и покрывает его слоями, толщина которых зависит от материала и достигаемой степени огнестойкости. Чаще всего встречаемые методы исполнения — это цементная штукатурка с вермикулитом или асбестом, которая наносится путем многослойного набрызга на стальную конструкцию по проволочной сетке, которая в большинстве случаев при высокостенных профилях крепится коротышами. Штукатурка для лучшего приставания к металлу должна быть нанесена на непокрашенные, очищенные от ржавчины и окалины стальные поверхности. Небольшой налет ржавчины, который появляется в промежутки времени между изготовлением на заводе и нанесением штукатурки после монтажа, безвреден. Нанесение штукатурки приводит к загрязнению конструкций на строительной площадке. Поэтому штукатурка наносится, как правило, перед монтажом фасадных панелей. Свеженабрызганные поверхности должны быть защищены от намокания. В холодное время года могут потребоваться меры по утеплению облицовываемых элементов.

В качестве материала для защитных покрытий также применяется бетон. Способы его применения:

обетонирование балок перекрытий одновременно с бетонированием монолитного перекрытия;

разбрызгивание бетона торкретным способом, в большинстве случаев по проволочной сетке;

обетонирование стальных элементов в формах на строительной площадке или на заводе, также по проволочной сетке. Этот метод производится как для балок, так и для колонн.

Облицовка

Облицовка стальных элементов имеет в большинстве случаев коробчатую форму. Она выполняется на стройке в виде штукатурки или состоит из сборных элементов. В этом случае стальные элементы нуждаются в коррозионной защите. В большинстве случаев достаточно грунтовочной покраски (см. с. 350). Штукатурка из вермикулита, перлита или асбеста или их смесь, известковый, цементный или гипсовый растворы многослойно наносятся на сетку, образуя замкнутую коробку.

При сборном способе строительства применяются плиты из вермикулита, перлита, асбеста, гипса, гипсокартона или асбестоцемента или фасонные детали из гипса, асбестоцемента или бетона. Плиты крепятся к стальным профилям на клею, гвоздями, болтами или фасонными деталями.

Изоляционные покрытия

Изоляционные покрытия наносятся в виде окраски или пленки. В законченном виде они не заметны и проявляют свои защитные свойства только при пожаре от действия тепла. При наличии такого покрытия стальные профили имеют степень огнестойкости F30, толстостенные профили — F60 и больше. Испытания проводятся на сопротивление покрытия старению. Эти покрытия весьма гигроскопичны и поэтому применяются только внутри здания. Покрытия, которые могли бы применяться на открытом воздухе, находятся в разработке. Под покрытие нужно нанести слой, защищающий от коррозии.

Наполнение водой

Наполнение водой полых стальных труб — самый эффективный из известных способов противопожарной защиты, при этом профили остаются полностью пригодными к эксплуатации при любой продолжительности пожара. Вода циркулирует в замкнутой системе. Нагретая вода охлаждается или заменяется холодной из сети. Детальное описание — см. с. 240. Возможны также системы охлаждения водой горизонтальных стальных элементов.

Экранирование

Под экранированием понимают включение не защищенных другим способом стальных профилей в полые элементы сооружения, ограждающие составные части которых образуют вместе с несущими стальными профилями огнезащитную систему. Этой возможностью часто пользуются в перекрытиях и стенах. В большинстве случаев это наиболее экономичный способ противопожарной защиты, поскольку ограждающие элементы выполняют и другие функции и с незначительными дополнительными расходами или без них могут быть изготовлены так, чтобы вся система имела требуемую огнестойкость.

Системы перекрытий состоят из стальных балок, лежащих над ними плит перекрытия, потолка под ними и соответствующих боковых ограждений на наружных стенах и отверстиях (см. с. 293).

В стеновых системах двойные стеновые оболочки защищают стоящие между ними

стальные части сооружения — колонны, балки перекрытия и элементы вертикальных решетчатых связей (см. с. 321).

Требования

Требования к строительной противопожарной защите должны определяться по пожароопасности элементов сооружения.

К каждому виду зданий предъявляются определенные требования, которые должны быть решены комплексно.

Меры противопожарной защиты не требуются, если элементы сооружения не подвергаются опасности возгорания при эксплуатации или если сознательно не применяют противопожарную защиту.

Защита людей и имущества

Защита людей и имущества должна быть обеспечена независимо.

Защита людей обеспечивается в первую очередь; на этом должны быть акцентированы строительные требования.

Защита имущества определяется экономическими соображениями и общественными интересами.

Риск разрушений и суммы страхования

Нарушение общей целостности здания происходит значительно позже, чем разрушение отдельных его элементов и сгорание находящихся в здании материалов и другого имущества. Поэтому целесообразно производить страхование всего здания и находящегося в нем имущества раздельно.

Строительные и производственные меры, которые повышают пожарную безопасность, и опыт, доказывающий, что стальные конструкции могут быть использованы после пожара, должны учитываться при назначении страховых платежей.

Поведение стальных конструкций во время пожара

Сталь относится к несгораемым материалам. Стальные элементы сооружения остаются несущими, пока не будет достигнута их критическая температура; последняя в зависимости от условий лежит между 500° и 750° С.

Если в случае пожара высокая температура не ожидается, то противопожарные меры не требуются.

Несущая способность материалов при температуре выше критической может быть исчерпана, о чем свидетельствуют появившиеся деформации.

Стальные части сооружения могут быть доведены соответствующими мерами до любой требуемой степени огнестойкости.

Разрушения стальных конструкций при пожаре легко определяются и сравнительно просто исправляются или восстанавливаются.

Литература

- 1 Schubert, Feuerlosch- und Wärmeabzugsanlagen, Bauwelt 1972, S. 1356
- 2 Locher und Sprung, Einwirkung von salzsäurehaltigen PVC-Brandgasen auf Beton, beton Nr 70, S 63 ff.
- 3 Law, Fire loads, Planning and Design of Tall Buildings, Technical Committee 8
- 4 Sneider, Bewertung des unterschiedlichen Brandverhaltens von Stoffen bei natürlichen Branden, Zentralblatt für Industriebau 72, S. 230 ff.

- 5 Ehm, Structural Behaviour, Planning and Design of Tall Buildings, Technical Committee 8.
- 6 Bongard und Portmann, Brandschutz im Stahlbau, S. 25, Deutscher Stahlbau-Verband, Köln.
- 7 Automatischen Brandschutzverband der Sachversicherer e. V., Köln 1970.
- 8 Bongard, Wann kann auf den Brandschutz von Stahlbauteilen ganz oder teilweise verzichtet werden? Nicht veröffentlichter Entwurf.

Изготовление	
Оборудование полностью механизированного цеха	338
Монтаж	
Организация монтажа	339

Способы монтажа	340
Подъемные механизмы	342
Оборудование строительной площадки, подмости, меры безопасности	344

Изготовление стальных конструкций. Монтаж

Изучение процессов заводского изготовления стальных конструкций способствует лучшему пониманию вопросов конструирования сооружений из стали.

Завод по изготовлению стальных конструкций состоит из следующих зон:

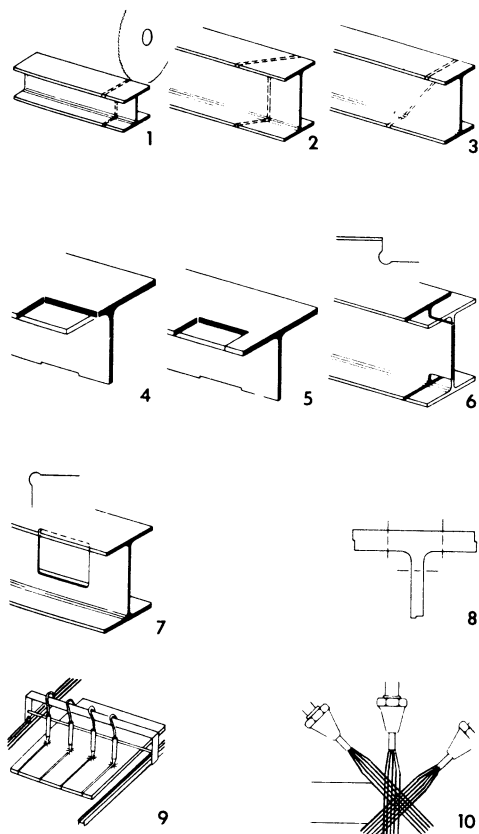
- склада прокатного металла;
- обработки поверхности стального проката;
- изготовления элементов конструкций;
- соединения отдельных элементов в монтажные единицы;
- склада готовой продукции.

Склад прокатного металла

Склад рассчитан только на некоторую часть общего необходимого запаса материала, преимущественно для изготовления данного заказа. Склад имеет мостовой кран для укладки и выгрузки проката, часто с электромагнитом.

Обработка поверхности проката

Прокатная окалина и ржавчина перед обработкой отдельных элементов удаляются в большинстве случаев на автоматических установках путем очистки стальной дробью



или проволочными щетками, реже — песком. О степени удаления ржавчины см. с. 350. На стальные элементы наносятся перед обработкой тонкое покрытие (допускающее сварку) и после изготовления конструкции — дополнительные антикоррозионные покрытия.

Изготовление элементов конструкций

Процессы резки проката и сверления отверстий в прокатных профилях различны для фасонной, круглой и листовой стали.

Поперечная резка профилированной стали в большинстве случаев производится дисковой пилой 1. Современные заводы стальных конструкций имеют полуавтоматические или полностью автоматические установки для распиловки проката. Косые разрезы (2 и 3) распиливаются на других установках. Более сложные резы выполняются с помощью автогенной резки, например вырезы 4 или 5, вырез полки 6 или отверстия 7. Линия разреза при автоматической резке должна лежать за пределами закругления 8. Внутренние углы заранее обсверливаются, чтобы уменьшить опасность надлома, которые образуются при запилах.

Оси отверстий размечаются чертилкой и центр отверстия намечается керном.

На современных предприятиях отверстия образуются автоматически в электронных управляемых поточных линиях.

Резка стержневой и квадратной стали выполняется пилами или автогеном, а большей частью сортовыми ножницами. Отверстия просверливаются или при незначительной толщине материала пробиваются пуансоном.

Листовую сталь разрезают плоскими ножницами или автогеном. Машина портального типа для кислородной резки 9 может выполнять одновременно несколько параллельных или при резке по кривой криволинейных разрезов. Три кислородных резака, действующих под различными углами на одно сечение, изготавливают кромку сложной формы 10, требуемую для сварки. Небольшие элементы из листовой стали выжигаются либо от руки, либо полуавтоматически или полностью автоматически по шаблону в соответствии с чертежами или с помощью электронного координатного управления. Листы просверливаются отдельно по разметке или в автоматических координатно-сверлильных установках.

После изготовления отдельных элементов последние в зависимости от веса и

величины доставляются отдельно или в пакетах на сборку.

Сборка

При сборке элементы соединяются на болтах или точечной сваркой. При изготовлении серийных элементов можно уменьшить затраты времени благодаря применению сборочных приспособлений (кондукторов), одновременно повышающих точность сборки. Заводские соединения в большинстве случаев сварные, монтажные соединения для ускорения монтажа возможно делать болтовыми (см. с. 348).

Сварка

Сварка производится ручным или машинным способом. Для изготовления листовых балок или коробчатых профилей служат полуавтоматические сварные линии, которые выполняют одновременно два или четыре шва. Стальные элементы могут коробиться вследствие неравномерного нагревания и должны быть выправлены. Некоторые элементы имеют запланированные прогибы, например балки со строительным подъемом. Правка производится с помощью выправляющих прессов или путем подогрева.

Прочие машины

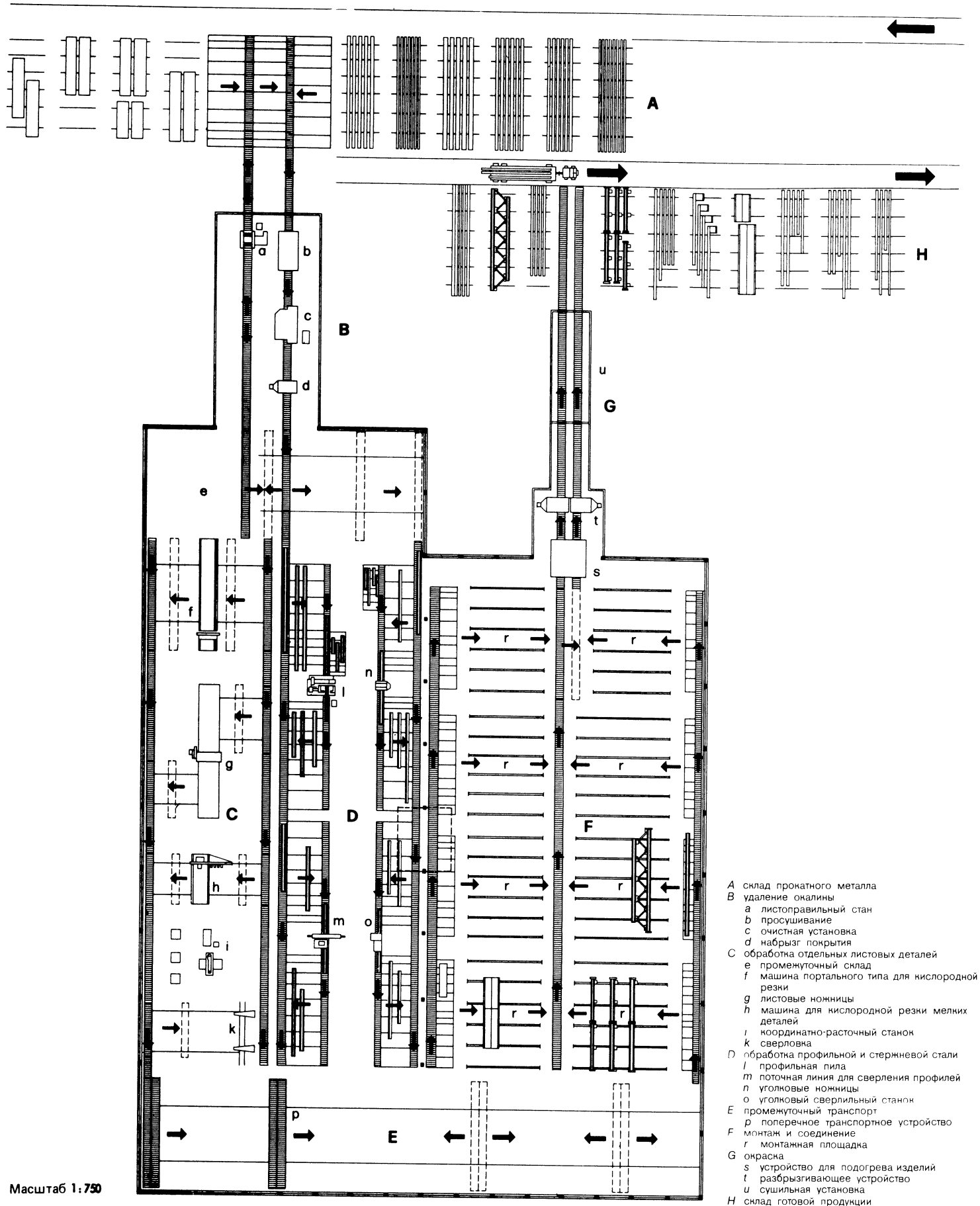
Машинный парк многих заводов стальных конструкций дополняется слесарными верстаками, фрезерными станками, листогибочными прессами и станами и др.

Транспорт

Большое влияние на экономичность производства стальных конструкций оказывает способ внутривозовского транспорта. В качестве средств напольного транспорта используются транспортеры и поперечные самотаски для транспортировки больших заготовок. Небольшие детали транспортируются мостовыми кранами в штабелях или автопогрузчиком, громоздкие детали — также мостовыми кранами, которые часто применяются с магнитными траверсами, что позволяет сэкономить на такелаже. Вагонетки служат для транспортировки деталей между цехами.

Склад готовой продукции

Готовые элементы складываются до отправки на складе готовой продукции. В больших складских помещениях должно быть продумано техническое оснащение.



- A склад прокатного металла
- B удаление окалины
 - a листопрямительный стан
 - b просушивание
 - c очистная установка
 - d набрызг покрытия
- C обработка отдельных листовых деталей
 - e промежуточный склад
 - f машина портального типа для кислородной резки
 - g листовые ножницы
 - h машина для кислородной резки мелких деталей
 - i координатно-расточный станок
 - k сверловка
- D обработка профильной и стержневой стали
 - l профильная пила
 - t поточная линия для сверления профилей
 - p уголковые ножницы
 - o угольный сверлильный станок
- E промежуточный транспорт
 - p поперечное транспортное устройство
- F монтаж и соединение
- G окраска
 - s устройство для подогрева изделий
 - t разбрызгивающее устройство
 - u сушильная установка
- H склад готовой продукции

Масштаб 1:750

Для строительства многоэтажного сооружения со стальным каркасом очень важно увязать ход монтажа во времени с другими строительными работами. Быстрота монтажа здания из стали делает необходимым тщательное планирование его. Независимость от времени года и погодных условий — см. с. 340. Вместе со стальными конструкциями монтируются (как правило, теми же приспособлениями) и другие сборные элементы, например сборные железобетонные элементы — плиты перекрытий, листовые перекрытия и кровли, элементы стен и лестниц, детали фасада. Монтажу стальных конструкций предшествует изготовление фундаментов и железобетонных конструкций, которые служат для обеспечения жесткости здания. При коротких периодах строительства рекомендуется выполнять эти строительные детали по возможности также сборными.

Предпосылкой для непрерывного монтажа является хорошее состояние при любой погоде подъездных путей, а также проезжей части и площадок для стоянки передвижных кранов (см. с. 343).

Время монтажа

Скорость монтажа зависит от числа подъемных механизмов и числа подъемов за рабочую смену. Число подъемов тем меньше, чем больше высота подъема и чем сложнее соединения элементов. Зависит число подъемов и от погодных условий. Подъемное устройство может сделать за одну смену продолжительностью 8—10 ч в тяжелых условиях от 10 до 20, в обычных условиях от 20 до 40 подъемов. За один месяц одним механизмом при работе его в одну смену можно смонтировать в среднем от 200 до 300 т стальных конструкций, включая элементы перекрытий.

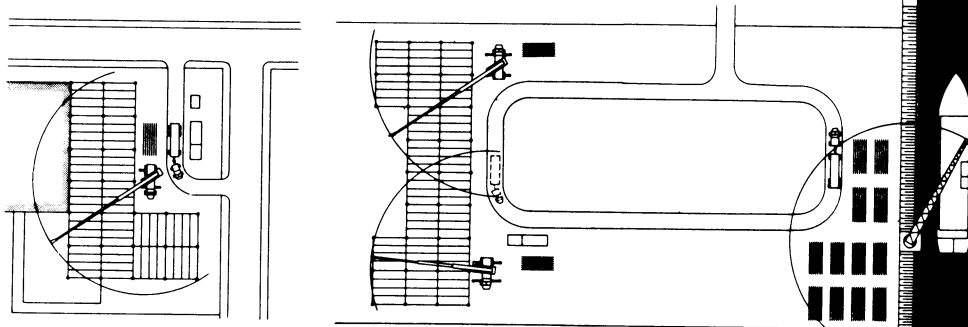
Время подъема складывается из времени для строповки детали на земле, чистого подъема, времени на развороты, установку или крепление детали, снятие строп и времени на спуск пустого крюка.

Иногда одновременно поднимаются несколько строительных элементов, связанных или установленных на поддон, которые устанавливаются на перекрытие и далее монтируются с короткими монтажными подъемами. Отдельные детали предварительно укрупняются на земле особыми подъемными механизмами в крупные блоки и устанавливаются вместе одним монтажным подъемом. Примеры на с. 340 и следующих.

Последовательность работ при монтаже:
разгрузка строительных деталей;
подъем сборных элементов к месту монтажа;
монтаж и закрепление элемента;
выверка установленной детали;

окончательное соединение элемента с помощью болтов или сварки, заливка бетоном или проклейка стыков ограждающих конструкций;

установка и демонтаж вспомогательных лесов для временного укрепления строительных деталей.



1 Монтаж без промежуточного складирования. Стальной каркас можно монтировать без промежуточного складирования прямо с колес. Если размеры строительной площадки ограничены, например в центре города, то это вынужденная мера. Для этого необходима хорошая организация доставки материала по часовому графику. Для непрерывного монтажа можно расположить небольшой запас стальных деталей в радиусе действия монтажного крана. Крупные стальные и железобетонные детали устанавливаются прямо с колес.

2 Монтаж с промежуточным складированием. Создание промежуточного склада на строительной площадке требует большой площади и специальных подъемных механизмов для разгрузки и погрузки деталей, а также транспортных средств на самой строительной площадке для дополнительной транспортировки деталей к месту монтажа. Это связано с дополнительными расходами. Такой способ работы применяется в том случае, когда подвоз не может быть точно урегулирован или когда большие партии элементов доставляются одним видом транспорта, например пароходом.

Организация монтажных работ

При планировании монтажных работ ход монтажа разбивается на монтажные операции с учетом места стоянки и длины вылета стрелы, а также высоты крана. Предварительно выясняется число необходимых подъемов. Поэтому при монтаже сооружений из стальных конструкций возможно точное расписание с учетом следующих данных:

потребности материала по количеству и времени;

последовательности монтажа элементов.

Заранее составляются планы доставки деталей и, если известна грузоподъемность транспортных средств, — планы перевозок. Благодаря детальным графикам изготовления, складирования и монтажа могут быть достигнуты короткие периоды монтажа и сэкономлены средства.

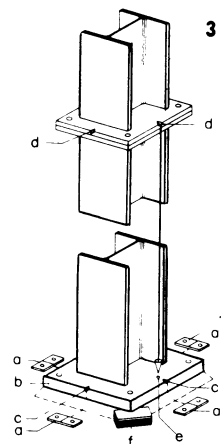
Разметка площадки

Точное соблюдение размеров зданий требует тщательной разметки площади перед монтажом и во время монтажа. Основу составляет система треугольных опорных точек и реперов по высоте.

Точность при установке колонн облегчает монтаж междуэтажных перекрытий.

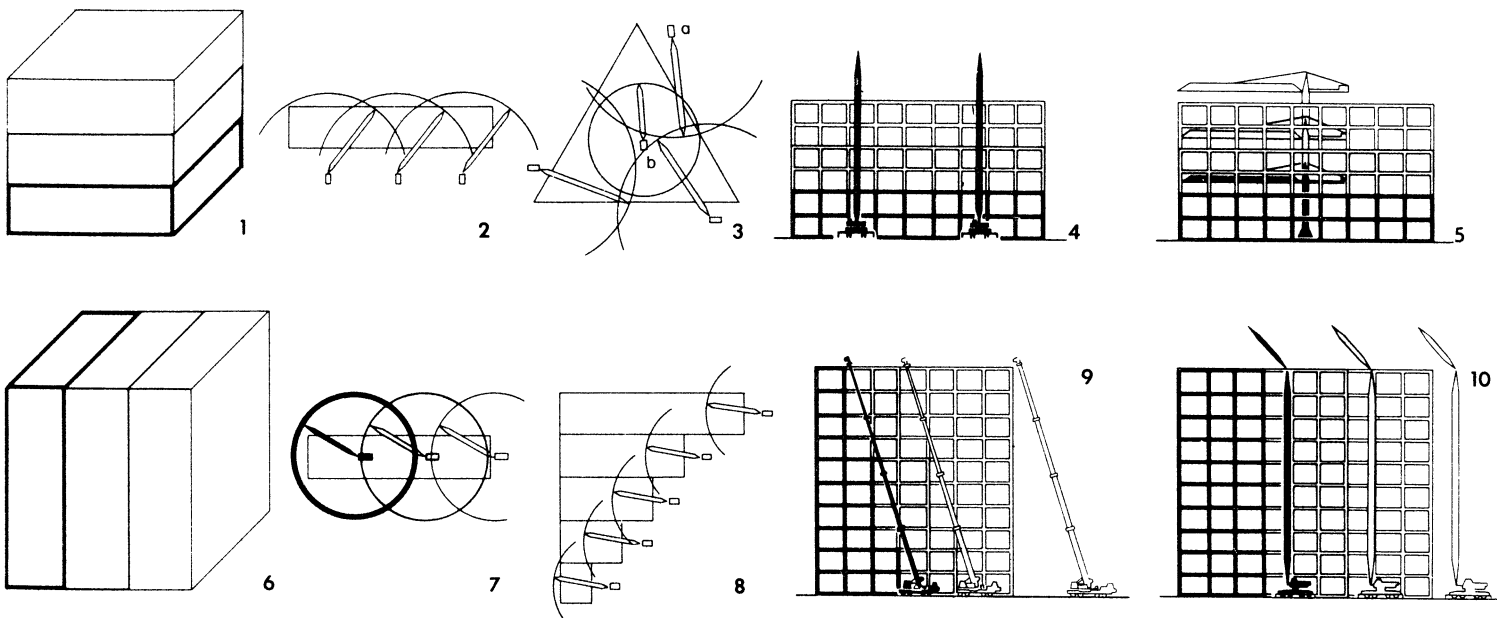
3 Вспомогательные средства для разметки колонн.

a оси на стальной пластинке
b опорная плита колонны
c риски на опорной плите
d насечка резцом на торцевой пластинке
e наметка керном для выверки отвесом
f выравнивающие подкладки при нивелировке на месте



Каждый этаж должен быть еще раз дополнительно отрихтован перед окончательным закреплением монтажных узлов. В высоких зданиях механический отвес заменяется оптическими измерительными приборами.

Прогиб составных сталежелезобетонных балок часто компенсируется перед бетонированием железобетонных плит установкой вспомогательных колонн, высоту которых устанавливают с помощью нивелира (см. с. 257).



Многоэтажные сооружения со стальным каркасом можно монтировать по этажам (рис. 1) или по осям (рис. 6). Часто комбинация обоих способов монтажа является лучшим решением.

Позэтажный монтаж

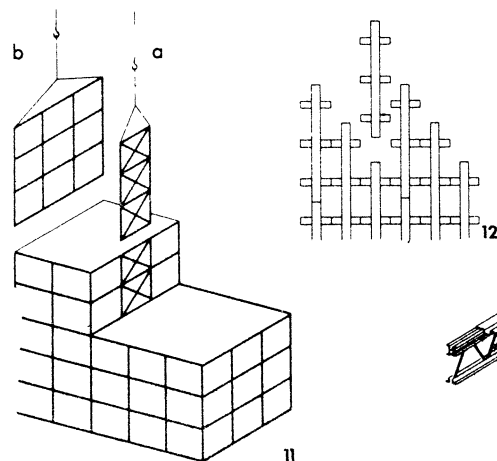
При поэтажном монтаже монтируется полностью весь этаж, включая, по возможности, перекрытия. Этот способ монтажа всегда применяется в башнеобразных высотных домах. При вытянутых в длину (2) или имеющих большую площадь (3) зданиях монтажный кран должен в каждом этаже

либо совершать требующие много времени передвижения, либо должно быть установлено так много механизмов, чтобы они могли обслужить весь план здания сплошь, т. е. чтобы их зоны действия перекрещивались. Автокраны или передвигающиеся по рельсам башенные краны должны стоять снаружи здания (2, 3а, 4). Стационарные башенные краны могут находиться внутри здания (3в, 5) или подниматься вместе с ним. Поэтажный монтаж имеет то преимущество, что по мере монтажа этажей можно начинать внутренние работы на большой площади, например настил пола, прокладку инженерных коммуникаций и т. д. Так как промежуточные этажи не имеют гидроизоляции, то применять элементы, чувствительные к влажности, можно только в том случае, если отдельные междуэтажные перекрытия, а также лестничные, лифтовые и

технические шахты будут временно изолированы от атмосферных осадков.

Монтаж по осям

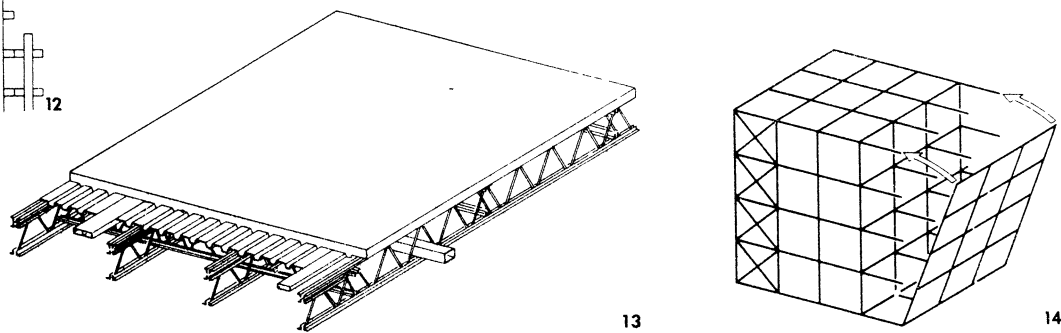
При осевом монтаже производится монтаж по одной оси здания с одной стоянки крана до кровли (6). Подъемный механизм может стоять перед зданием (2) или по его продольной оси и переезжать после монтажа одного сектора на один пролет дальше. Обычный способ монтажа здания с большими площадями и разными пролетами изображен на схеме 8. Автокраны с наклонными стрелами монтируют высокие здания ступенями 9. Краны с вертикальными опорными мачтами производят монтаж части здания по одной оси. Крыша каждой части может быть закончена отдельно, так что под ней могут полностью производиться внутренние работы.



Укрупнительная сборка

Укрупнительная сборка монтажных блоков ускоряет монтаж здания. Если строительные блоки транспортабельны, то они могут изготавливаться на заводе, в противном случае — на строительной площадке на специальных стендах или в зоне поворота монтажного крана. В каркасе многоэтажного здания укрупнительной сборке подвергаются:

решетчатые связи 11а; каркас наружных стен, состоящий из колонн и прогонов 11; рамы из колонн и балок; наружные колонны с элементами ригелей (на рис. 12 показаны рамы фасада высотного дома «Стандарт Ойл» в Чикаго; см. также с. 212, рис. 17);



участки перекрытий (на рисунке показаны фермы с балками перекрытий и перекрытия из профилированных листов в Международном торговом центре в Нью-Йорке) 13;

рамы на всю высоту и ширину этажа, собираемые на земле и поднимаемые кверху несколькими тягами (применено в жилой постройке в Париже) 14.

Монтаж висячих домов

Монтаж висячих домов начинается с устройства внутренней башни (ядра жесткости). Затем следует установка верхних консольных балок. Междуэтажные перекрытия монтируются сверху вниз. При этом следует учесть, что под действием нагрузки от здания ядро жесткости укорачивается, в то время как подвески удлиняются, поэтому возможно большое относительное смещение концов балок перекрытия.

15 Балки и элементы перекрытия подняты порознь или в виде предварительно собранных монтажных блоков и установлены на место.

16 Междуэтажное перекрытие полностью собрано на земле и поднято как единое целое.

Монтаж высотных домов

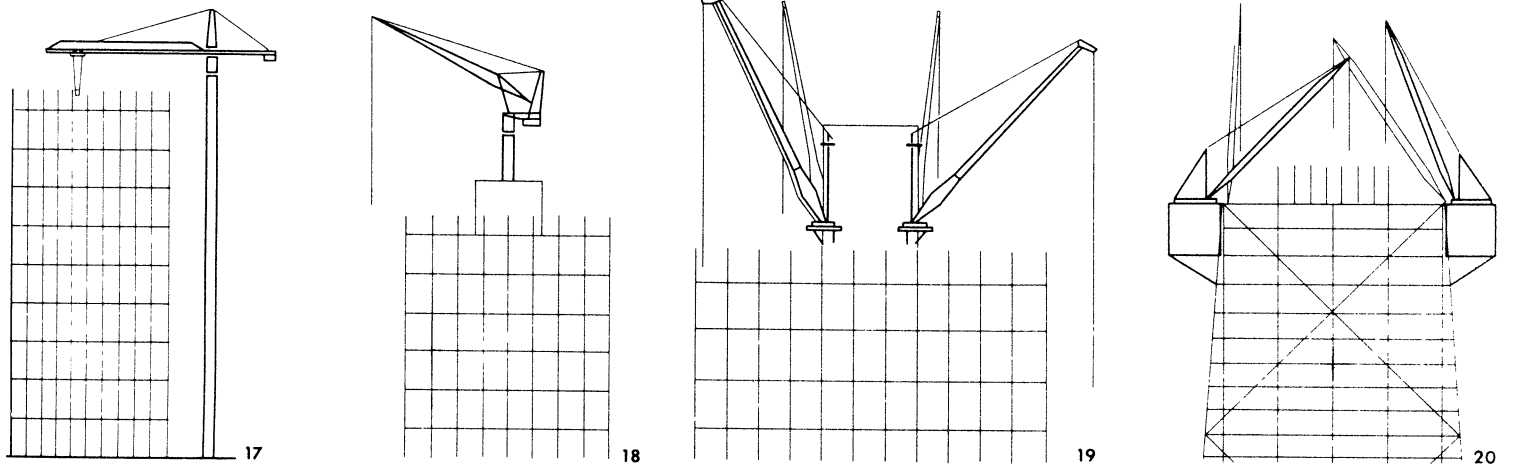
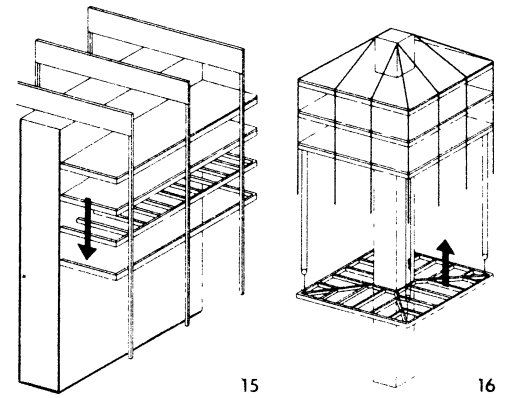
Подъемные механизмы имеют скоростные лебедки для сокращения времени подъема. Надстраиваемые по этажам строительные лифты для транспортировки персонала и небольших деталей должны следовать за наивысшей точкой монтируемого здания. Важно, чтобы одновременно монтировались и необходимые лестницы. Они увеличивают возможности вертикального транспорта и избавляют от устройства стремянок.

17 Башенный кран — стационарный или передвижной — перед высотным зданием.

18 Башенный кран в высотном здании над лифтовой шахтой.

19 Стрелы на заранее возведенном бетонном ядре жесткости.

20 Ползучие краны.



Метод подъема этажей

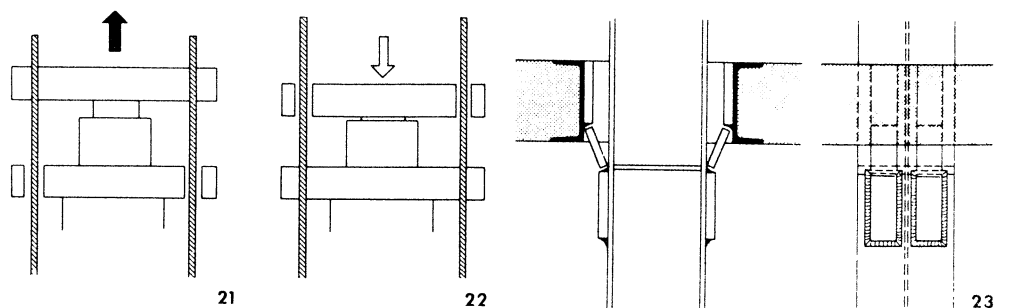
Предварительно собранные на земле междуэтажные перекрытия подтягиваются на колоннах здания. Перекрытия имеют отверстия для пропуска колонн. Подъемные механизмы установлены на колоннах. Они работают синхронно через гидравлическое управление. Высота каждого подъема очень мала, так что подъем часто приходится останавливать для перекрепления тяг. При

подъеме конструкция тщательно раскрепляется в горизонтальном направлении. Процесс подъема нескольких перекрытий, изготовленных на земле, — см. с. 190 (1).

21 Выдвинутый плунжер гидравлического домкрата: нагрузка через две штанги передается на верхний поперечный ригель, нижние захваты открыты.

22 Опущенный плунжер домкрата: нагрузка на нижнем поперечном ригеле, верхние захваты открыты.

23 Фиксирование поднятого перекрытия на колонне косыми подпорками.



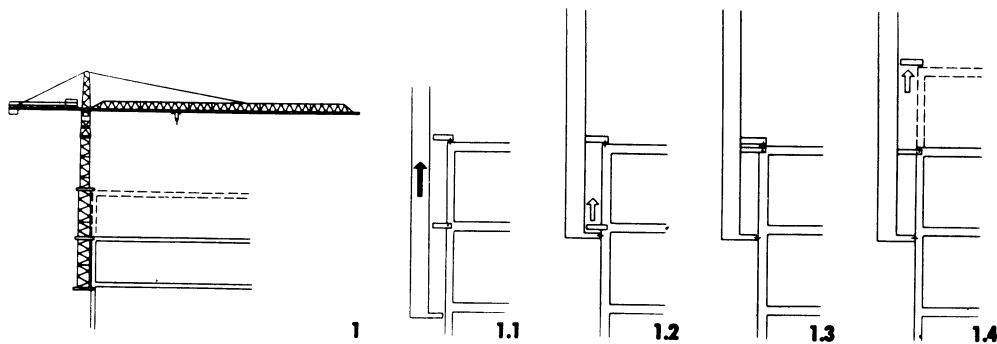
Литература

Nussbaumer/Lindorfer, Lift-Slabverfahren
Der Bauinge
Hubdeckenverfahren Hochtief AG, bba 3/72, S. 37.

Подъемные механизмы поднимают грузы и перемещают их в горизонтальном направлении. Они могут быть установлены стационарно или быть передвижными на рельсах или по автодороге. Подъемное оборудование устанавливается на нужной высоте, расстелется вместе со зданием или поднимается по

зданию. Время работы механизма состоит из времени использования и времени на подготовку, на привозку и отвозку, установку и демонтаж. Подготовительное время растет с увеличением веса механизма. Монтажные механизмы должны совершать быстрые и точные движения, чтобы про-

цесс подъема был ускорен и облегчена установка детали. Несущая способность подъемного механизма определяется через допустимый момент нагрузки (произведение нагрузки на вылет стрелы). Для большинства механизмов монтаж возможен при силе ветра до 6 баллов.

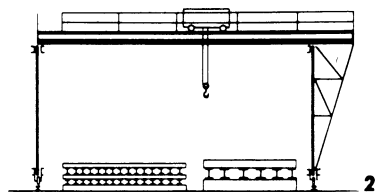


Ползучие краны

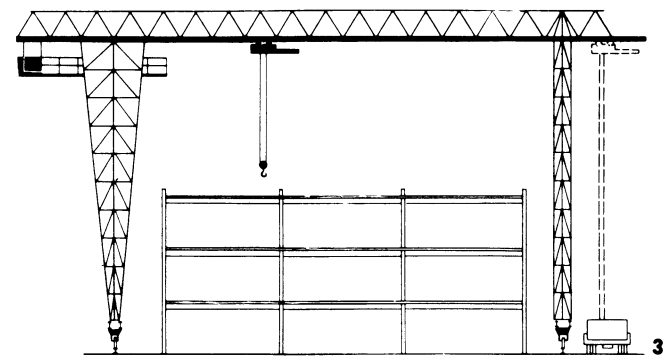
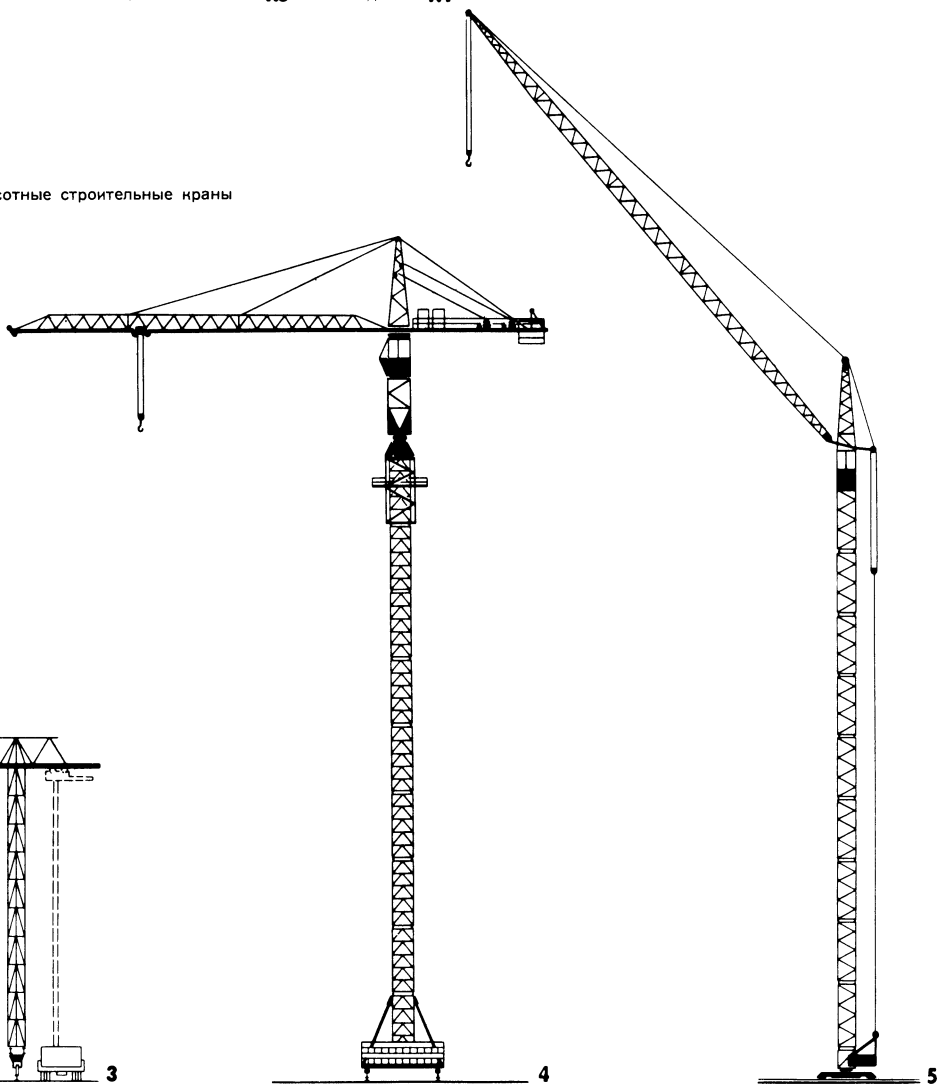
1 Ползучий кран с вертикальным самоподъемом на колонне здания может сам себя поднимать. Колонны имеют заготовленные заранее крепежные приспособления.

Высотные строительные краны

Портальные краны



2 Портальный кран на площадке склада, где важно быстрое передвижение. Нагрузка зацепляется крюком, который передвигается по ригелю портала.

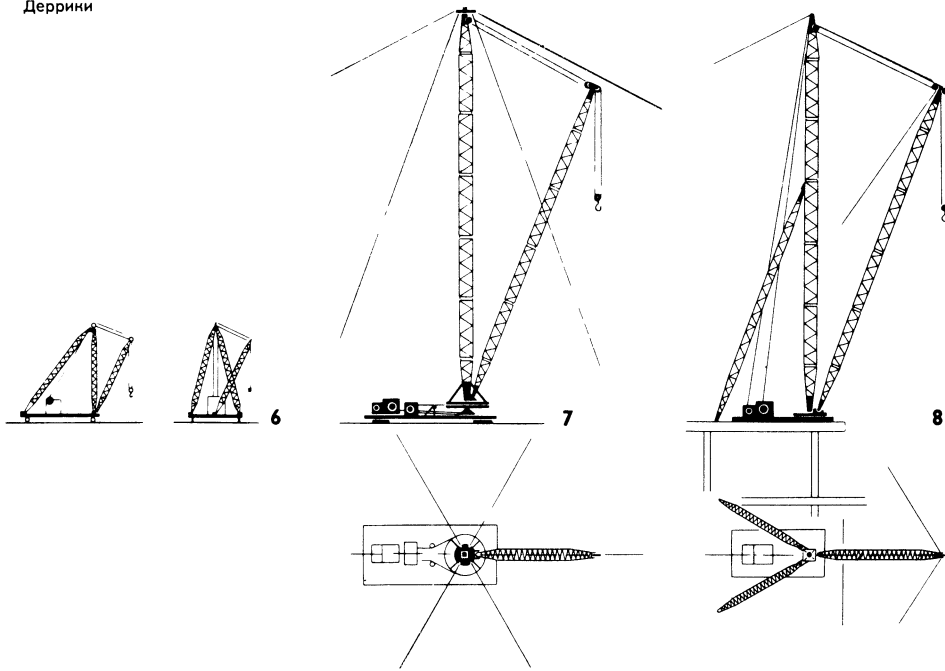


3 Большепролетный высокий порталный кран для монтажа вытянутых строительных объектов, дающий возможность осуществлять поэтажный или поосевой монтаж.

4 Кран с передвижным крюком на горизонтальной стреле. В период работы регулируется по высоте путем вставок в опорную мачту.

5 Кран для монтажа стальных конструкций с максимальной нагрузкой на крюк 4,3 тс при моменте от нагрузки 90;120 тс.м и длине стрелы 40 м закрепляется на месте или передвигается по рельсам.

Дerrickи



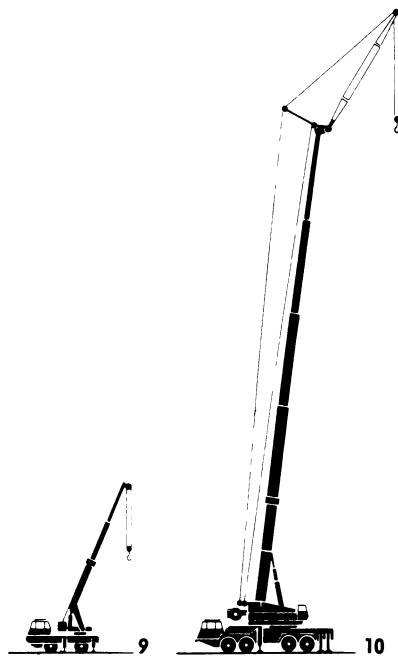
6 Маленький деррик, передвигаемый на полозьях или колесах, для монтажа легких элементов. Такие механизмы передвигаются по междуэтажному перекрытию при установке внутренних деталей.

7 Тяжелый деррик, закрепленный тросами, с центрально управляемыми электрическими лебедками пригоден для длительного монтажного периода на одном месте и при тяжелых нагрузках. Платформа и стрела при малом наклоне раскрепляющих тросов могут совершать полный круг.

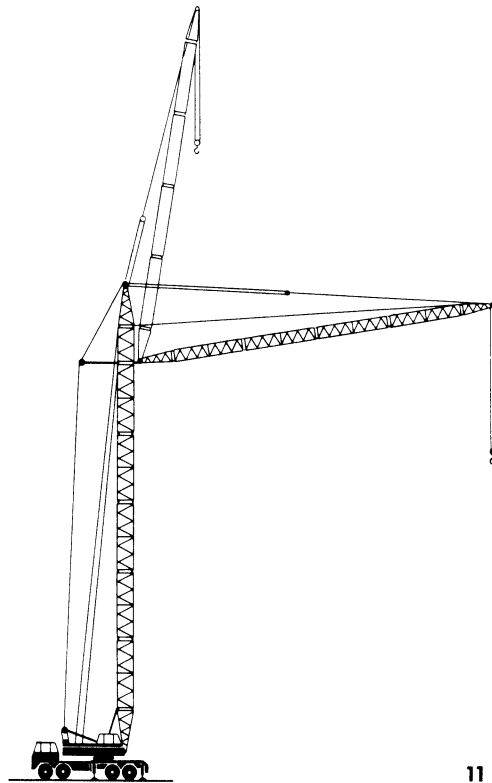
8 Деррик с опорной неподвижной мачтой, стоящий на здании и скрепленный с ним; движения стрелы осуществляются подвижным тросом. Два механизма на высотном здании расположены на разных уровнях напротив друг друга.

Автокраны

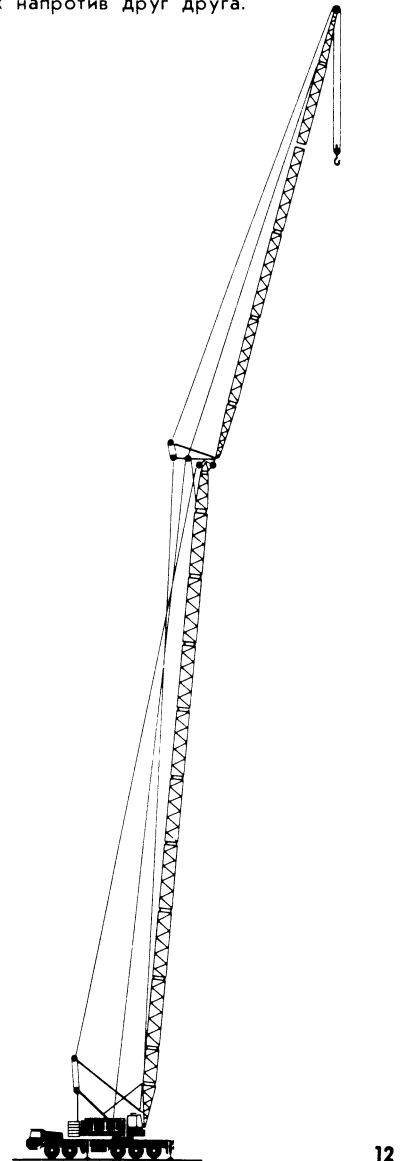
9 Легкий автокран с телескопической стрелой грузоподъемностью от 7 до 15 тс и длиной стрелы 13 м служит для разгрузки, предварительной сборки и вспомогательных работ.



10 Средний автокран с решетчатой мачтой или телескопической стрелой грузоподъемностью от 40 до 80 тс и длиной стрелы 40 м применяется как монтажный кран для сооружений до 15 этажей.



11 Автокран с башней и стрелой для монтажа высоких зданий (ср. рис. 9 и 10 на с. 340).



12 Тяжелый автокран грузоподъемностью от 100 до 500 тс с длиной стрелы до 160 м для больших нагрузок, высоких зданий или для больших вылетов.

Оборудование строительной площадки

Для монтажа стального каркаса и конструкций ограждения, а также для внутренних работ на строительной площадке нужна небольшая площадь.

Ограждение строительной площадки — по местным условиям и предписаниям.

Подъездные пути должны быть устроены от уличных сетей до зоны действия крана и иметь ширину 3-4 м, так чтобы они могли быть проезжими для тяжело нагруженного транспорта при любой погоде. Технически совершенные подъездные пути — необходимое условие для любого монтажа стальных конструкций. Дорога должна быть так размечена, чтобы она могла быть легко найдена даже не знающим местности водителем. Должно быть предусмотрено место для разворота. Основные магистрали должны быть покрыты защитным настилом.

Подъемные механизмы передвигаются по дорогам (автокраны) или по рельсам (башенные краны). Если подъемные устройства должны стоять на перекрытии подвала, то оно проверяется расчетом и подкрепляется в случае необходимости. Часто усиление подвального перекрытия дешевле, чем временное подпирание. Иногда целесообразнее, чтобы кран перемещался по основанию подвала, а перекрытие подвала выполнялось впоследствии как сборное перекрытие по стальным балкам.

Промежуточный склад материалов должен быть расположен рядом с монтажной площадкой. Потребность в площади для раскладки стальных элементов составляет, включая проезжие пути на склад, при отдельном складировании от 3 до 4 м² т и при укладке в штабели от 1 до 2 м²/т. Для дополнительной транспортировки от склада к месту монтажа также необходимы прочные дорожные покрытия.

Временные здания конторы, бытовые помещения, туалеты и душевые при коротком периоде строительства размещают в строительных вагончиках, при продолжительном периоде строительства — в стационарных или временных зданиях. Потребность в площади невелика — соответственно число рабочих в смене: на кран в смену — 10-12 человек, причем до 3 человек составляет руководство стройкой. Вблизи от места монтажа устанавливаются маленькие навесы для механизмов и крепежных изделий.

Подсоединения электроток и водопровода: сильный ток большой мощности необходим для строительных кранов и сварных работ. При монтаже автокраном не требуется силовых подводок, обычно достаточно подсоединения для освещения и электрических ручных приспособлений. Вода используется только для мытья.

Подмости

Важная часть оборудования строительной площадки — подмости. Различают опорные подмости для подкрепления строительных элементов, леса для монтажников, защитные козырьки и навесы для защиты прохожих.

Опорные подмости для опирания строительных элементов, пока они не достигнут требуемой прочности, изготавливаются из стали или дерева, часто регулируемые для выравнивания конструкций.

Подмости обеспечивают проход монтажникам к месту монтажа конструкций: мостки по балкам внутри здания;

временные лестницы, стремянки и стационарные лестничные проходы;

строительные лифты для людей и легких грузов.

Если в многоэтажном строительстве перекрытия из сборных железобетонных элементов или из листов профилированного настила монтируются совместно, так что каждое смонтированное звено каркаса тотчас перекрывается, то сберегаются мостки и ускоряется монтаж. Весьма удобны предварительно изготовленные, монтируемые вместе с каркасом лестничные марши.

Трубчатые леса для наружных подмоостей применяются в стальных сооружениях не для монтажа, а для отделки наружных стен. Все подмости должны быть безопасны для работающих; необходимо предусматривать перила.

Защитные леса обеспечивают безопасность внутренних монтажных работ в нижележащих этажах. Леса не нужны, если применяются сборные перекрытия, монтируемые вместе с каркасом. Защитные ограждения предусматриваются также для защиты прохожих на открытых проезжих дорогах.

Меры зимней защиты могут быть необходимы и в сооружениях со стальным каркасом, если ведутся бетонные работы, например изготовление перекрытия из монолитного железобетона, стыковка сборных железобетонных элементов, набетонка на перекрытиях из профилированного настила, работы по настилке полов, противопожарная защита путем нанесения штукатурки. Так как эти работы не влияют на сроки монтажа, их можно отложить до теплой погоды. В противном случае этажи должны быть укрыты и утеплены. Укрытие при стальном каркасе обязательно, поскольку каркас может быть использован как подмости и только закрыт защитной пленкой.

Меры обеспечения безопасности

Монтаж стальных конструкций часто ведется на большой высоте в труднодоступных местах. Некоторые предметы мо-

гут падать вниз. Поэтому имеются строгие правила техники безопасности строительного надзора, профессионального союза и местных участков полицейской службы. Важнейшими защитными мероприятиями при монтаже стальных конструкций являются: безопасность подъездных путей; безопасность при подъеме грузов; противопожарная защита; правила охраны труда.

Подходы к месту строительства и подъездные дороги на самой стройке должны быть тщательно спланированы и содержаться в хорошем состоянии. Временные проходы и леса должны быть прочными и безопасно закреплены. Проходы должны иметь защитные поручни. Все проходные лестницы и междуэтажные перекрытия также должны иметь перила. Если монтаж наружных стен следует непосредственно за монтажом стальных конструкций, то для безопасности междуэтажного перекрытия достаточно линии с флажками по его краю. Проемы и отверстия в перекрытиях перекрываются. Так как подъездные пути по мере хода работ могут изменять свое расположение, то на больших строительных площадках необходима специальная группа рабочих для постоянного наблюдения и содержания дорог в порядке.

Пребывание под поднятым грузом или под стрелой крана запрещается. Работы, предшествующие монтажу или следующие за ним, организуются так, чтобы оставалось достаточное безопасное расстояние от поднимающихся грузов. В противном случае устраиваются защитные леса.

Для безопасной строповки грузов, испытания канатов, цепей, крюков и других подъемных механизмов имеются специальные технические условия.

Пожар может возникнуть во время сварочных работ от разлетающихся искр, поэтому следует всегда иметь наготове средства тушения.

Индивидуальная защита на площадке, где монтируется стальной каркас: защитные каски; безопасная обувь с носками из листового металла; пояс безопасности для монтажников; безопасные очки при шлифовании поверхности металла; очки для сварщиков.

На всех строительных площадках должны быть выставлены правила для предупреждения несчастных случаев, помещенные на плакатах.

Вспомогательные средства для аварийных случаев, как ящики с перевязочными средствами и носилки, должны храниться в доступных местах с четко видимым издали обозначением.

На каждой строительной площадке должны быть таблички с адресами и телефонными номерами врачей, больниц, пунктов скорой помощи, пожарной команды и полиции.

Сталь	
Обычные строительные стали	345
Специальные стали	346
Изделия из строительной стали	347
Виды соединений	348
Защита от коррозии	
Удаление ржавчины. Грунтовка.	
Покрывающий слой	350
Конструктивные мероприятия. Уход.	
Стоимость	351

Сталь

По своему химическому составу стали делятся на углеродистые (нелегированные), низколегированные и высоколегированные.

Все стали, в том числе и нелегированные, кроме углерода содержат другие элементы (легирующие добавки и примеси), количество которых в основном определяет свойства стали. В сталях для изготовления сварных конструкций особенно важно ограниченное содержание углерода.

Влияние химического состава стали и технологии производства на ее свойства хорошо изучено. Количество углерода и легирующих добавок возможно регулировать в очень узких пределах, благодаря чему однородность структуры и механические свойства стали гарантируются металлургическими заводами. Поэтому строительные правила допускают использование прочностных свойств стали при сравнительно небольшом коэффициенте безопасности против отказа.

Марки строительной стали

В строительстве применяют обычные строительные стали по DIN 17100 и некоторые другие марки. К обычным строительным сталям относятся нелегированная сталь для широкого использования в строительстве — St 37 (по Европейским нормам Fe 37) и низколегированная строительная сталь — St 52 (Fe 52).

Кроме того, в строительстве применяют атмосферостойкие стали, нержавеющие стали и высокопрочные стали (см. с. 346 и 347).
Физические свойства

Применяемые в строительстве стали разных марок обладают одинаковыми физическими свойствами:

плотность (объемный вес)

$$\gamma = 7,85 \text{ кг/дм}^3$$

коэффициент линейного расширения

$$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/^\circ\text{C}$$

модуль упругости $E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ кгс/см}^2$.
Сортамент

Строительная сталь выпускается заводами в виде горячекатаных профилей (сортовая сталь, фасонная сталь) и листов (листовая сталь, широкополосная полосовая) (см. с. 347). Некоторая продукция дополнительно подвергается холодной обработке (холоднотянутые полосы и некоторые сорта проволоки). Стальное литье и поковки применяются в основном для опорных плит.

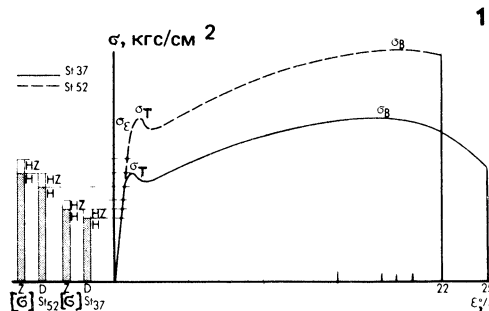
Обычные строительные стали

Для применения строительных сталей важно знать их механические и технологические свойства.

Механические свойства

О механических свойствах строительных сталей дает представление диаграмма $\delta - \varepsilon$, получаемая при испытании образца на растяжение.

Зона упругой работы: известно, что до предела упругости δ_E относительное удлинение очень мало и пропорционально напряжению δ . Модуль упругости $E = \delta/\varepsilon$ в этой зоне постоянен. До предела упругости δ_E деформации обратимы, т. е. образец



D усилия сжатия
Z усилия растяжения
H усилия от основных нагрузок

HZ усилия от основных и дополнительных нагрузок

после разгрузки вновь принимает исходную длину. Выше предела упругости к упругому удлинению добавляется еще остаточное удлинение (результат пластических деформаций).

Под пределом текучести σ_T при растяжении понимают то напряжение, при котором начинают проявляться пластические деформации. Если на диаграмме предел текучести выражен не отчетливо, что характерно для высокопрочных строительных сталей, то вместо него условно принимают напряжение, при котором остаточное относительное удлинение составляет 0,2%.

Зона пластической работы: если образец нагружать выше σ_T то в нем появляются остаточные деформации, связанные с изменением объема. После разгрузки испытанный образец имеет длину, несколько боль-

¹ Точнее — до предела пропорциональности. (Примеч. науч. ред.)

шую, чем до первого нагружения, но прочность и упругость стали при этом не изменяются. Повторные нагружения выше предела текучести позволяют расширить зону упругой работы материала. При напряжении, значительно превышающем предел текучести, деформации нарастают при незначительном увеличении усилия до момента разрушения образца².

Относительное удлинение при разрыве очень велико. Оно составляет более 20% (см. табл. 1) и служит важнейшим критерием для оценки качества стали. Это свойство стали повышает надежность стальных конструкций. Большие деформации своевременно указывают на наличие чрезмерных напряжений. Следует также отметить, что некоторая перегрузка, или дополнительное воздействие, связанное с изменением температуры (в статически неопределимых системах), не приводит к появлению напряжений, существенно превышающих предел текучести, благодаря развитию пластических деформаций в отдельных сечениях элементов конструкций.

Допускаемые напряжения $[\sigma]$ устанавливаются по величине предела текучести, т. е. напряжения, при котором возникают остаточные деформации³. Для обеспечения безопасности при эксплуатации допускаемые напряжения принимают несколько меньшими предела текучести. Коэффициент безопасности по нормам ФРГ для элементов конструкций, работающих на растяжение и изгиб:

при действии основных нагрузок

$$\frac{\delta_T}{[\delta]_H} = 1,33$$

при действии основных и дополнительных нагрузок

$$\frac{\delta_T}{[\delta]_{H+Z}}$$

Расчет на прочность: пластические свойства стали, проявляющиеся при напряжении выше предела текучести, в некоторых случаях определяют дополнительные резервы несущей способности конструкций.

Они используются при расчете на прочность. При этом разрушение несущей конструкции рассматривается как граница отказа, который наступает тогда, когда пластические деформации пронизывают всю площадь поперечного сечения в одном или нескольких се-

² Отношение разрывного усилия к первоначальной площади поперечного сечения, характеризующее прочность материала, называется пределом прочности или временным сопротивлением σ_B (Примеч. науч. ред.)

³ В СССР расчет строительных конструкций с 1955 г. производится по методу предельных состояний, при котором основной расчетной характеристикой материала служит расчетное сопротивление R (Примеч. науч. ред.)

чениях элемента (например, в неразрезных балках поперечные сечения над опорами и в середине пролетов). Чтобы избежать разрушения, необходимо соблюдать установленные нормами интервалы безопасности, величина которых для различных случаев нагрузки различна.

Технологические свойства

Технологические свойства стали выявляются путем соответствующих испытаний. Ударная вязкость и температура перехода в хрупкое состояние характеризует пригодность применения стали в сварных конструк-

циях. Качество сварки зависит не только от марки стали, но и от способа сварки и наплавляемого металла, а также от конструктивного решения свариваемого элемента.

Обозначение марок строительных сталей (табл. 1)

Основными строительными сталями по DIN 17 100 (Европейские нормы 25) являются St 37 (Fe 37) и St 52 (Fe 52). Цифры соответствуют минимальному значению предела прочности при растяжении в кгс/мм². Группа качества 1-2-3 указывается после обозначения марки стали, а впереди — состояние стали при разливке (U — кипящая, R — полуспокойная, RR — спокойная); кроме того, может быть помечено

состояние поставки (U — неотожженная, N — нормально закаленная).

Эти обозначения качества необходимы для оценки пригодности применения стали в сварных конструкциях и для элементов, работающих на динамические нагрузки. Ответственность за выбор стали лежит на инженер-проектировщике, а также на предприятии, изготовляющем стальные конструкции.

Допускаемые напряжения

Принятые в ФРГ допускаемые напряжения стали для конструкций, применяемых в высотном строительстве, приведены в табл. 1 и показаны на диаграмме 1 (с. 345).

Таблица 1

Марка стали по DIN 17 100	Состояние при разливке	Состояние по ставки	Марка стали по Европейским нормам 25	Химический состав, % Анализ плавки				Гарантированные значения механических свойств			Допускаемые напряжения по DIN 1050, кгс/см ²				
				C	P	S	N	σ_a кгс/см ²	σ_t кгс/см ²	ϵ_a %	H_t HZ	σ_D сжатие	σ_Z растяжение	сдвиг	смятие
USt37-1 RSt37-1	U R	U,N U,N	Fe37-A Fe37-A	0,20	0,070	0,050	-	3700 - 4500	2400	25	H	1400	1600	900	2800
USt37-2 RSt37-2	U R	U,N U,N	Fe37-B 3U Fe37-B 3NU	0,18 0,17	0,050	0,050	0,007				HZ	1600	1800	1050	3200
St37-3	RR	U N	Fe37-C3 Fe37-D3	0,17	0,045	0,045	0,009				H	2100	2400	1350	4200
St52-3	RR	U N	Fe52-C3 Fe52-D3	0,20	0,045	0,045	0,009	5200 - 6200	3600	22	HZ	2400	2700	1550	4800

Примечание Более подробные данные приведены в DIN

Специальные стали

Атмосферостойкие, нержавеющие и высокопрочные стали

Атмосферостойкие стали (WT-стали)

Нелегированная строительная сталь корродирует при доступе влаги. Образующийся при этом рыхлый чешуйчатый слой ржавчины не препятствует дальнейшему развитию коррозии. Если сталь в процессе выплавки легировать небольшим количеством хрома, меди, а в определенных случаях фосфором, а также никелем, то на поверхности прокатного изделия, находящегося в обычных атмосферных условиях, со временем образуется плотный слой, который защищает сталь от дальнейшего окисления на воздухе. Конструкции из таких слаболегированных атмосферостойких сталей могут эксплуатироваться во многих случаях без защитного покрытия.

Образование защитного слоя протекает в зависимости от климатических условий, в которых эксплуатируются стальные конструкции, от двух до четырех лет. Развитие ржавчины способствует смене сухости и влажности, а также и удаление окислы. В закрытых, не доступных наружному воздуху объемах этот процесс

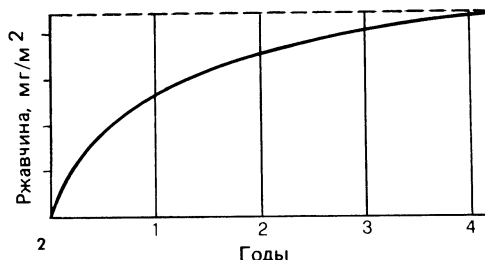
протекает медленно. Поэтому в закрытых помещениях, как правило, атмосферостойкая сталь не применяется. В очень агрессивной среде, как, например, в непосредственной близости от моря или в некоторых промышленных зонах, атмосферостойкая сталь ведет себя, как обычная сталь, и защитный слой на ней не образуется. В процессе коррозии с поверхности стали отделяются пластинки ржавчины — наиболее интенсивно в первый год, как это показывает диаграмма 2. Ржавчина смывается дождем, что может привести к окрашиванию конструкций из некоторых строительных материалов, например бетона, кирпичной кладки, естественного камня. На других материалах, например на

стекле, пластмассе, образуется крепко удерживающийся налет. С большинства строительных материалов следы ржавчины удаляют соответствующими химикатами (по указанию завода-изготовителя). Уже при конструировании следует учитывать возможность коррозии стали.

Атмосферостойкие строительные стали применяются как для несущих конструкций, так и для фасадов. Они могут быть использованы для тех же конструкций, что и обычные строительные стали. Под плотно прилегающими, пластичными или упругими искусственными материалами, такими, как шпаклевка для швов или под уплотняющими профилями, сталь не ржавеет.

Атмосферостойкие стали имеют обозначение WT 37-2, WT 37-3 и WT 52-3. Они обладают теми же прочностными свойствами, что и обычные стали соответствующих марок. Для сварки используют электроды из атмосферостойкой стали.

Разница в ценах атмосферостойкой и обычной строительной стали приблизительно равна стоимости антикоррозионной защиты с двух сторон листа толщиной 10 мм путем окраски по двум слоям грунтового покрытия. Применение WT-сталей в конструкциях из толстостенных профилей дороже, чем из тонкостенных.



Атмосферостойкие стали не требуют ухода. Повреждение защитных слоев восстанавливается само собой. Сталь в зависимости от состава легирующих элементов имеет цвета от темно-коричневого до фиолетового, что дает возможность добиться отличного цветового воздействия.

Литература

Lorenz. Wetterfester Stahl im Stahlhochbau DBZ. 1972. N 6
 Richtlinien für die Lieferung, Verarbeitung und Anwendung wetterfester Baustähle Stahlbau-Verlags-GmbH, Köln.
 Merkblatt 434. »Wetterfester Baustahl«. Beratungsstelle für Stahlverwendung Dusseldorf

Нержавеющие стали

Нержавеющие стали, применяемые в строительстве, содержат более 12% хрома и до 1% кремния и марганца. Особо высококачественные нержавеющие стали,

кроме того, легируются молибденом и никелем. Нержавеющие стали устойчивы против химически агрессивных веществ. В ФРГ эти стали определены нормами DIN 17440.

Из-за высокой стоимости нержавеющие стали находят применение в строительстве лишь в ограниченном количестве: в качестве закладных деталей в наружных стенах, в местах, недоступных для осмотра и восстановления противокоррозионной защиты, а также в виде тонких листов и профилей на фасадах, для окон, дверей, поручней перил и т. д.

Высокопрочные строительные стали (мелкозернистые строительные стали)

В некоторых случаях находят применение низколегированные высокопрочные строительные стали, имеющие гарантированный предел текучести до 70 кгс/мм² и мелкозернистую структуру. Вследствие малого содержания углерода они обла-

дают хорошей свариваемостью. Имеется также много других марок стали, прочность которых определяется легирующими добавками. В ФРГ для стальных конструкций находят применение стали марок S1E47 и S1E70. Следующее за буквой E число обозначает предел текучести в кгс/мм².

Повышенные пределы текучести этих высокопрочных сталей используются только в элементах, работающих на растяжение, или в сжатых малой длины. Во всех случаях, когда расчет на устойчивость является решающим, применение дорогой высокопрочной стали для сжатых элементов оказывается невыгодным. Поэтому при проектировании в одной конструкции иногда применяют несколько различных марок стали. В высоких зданиях, например, часто применяют для колонн нижних этажей высокопрочные стали, а для колонн верхних этажей — обычные строительные стали.

Изделия из строительной стали

Горяченатанные профили. Фасонная сталь

В табл. 2 представлен перечень двутавровых стальных профилей, прокаты-ваемых в ФРГ. Сортаменты двутавровых PE-и PV-профилей соответствуют Европейским нормам.

Двутавры PE — с параллельными гранями полок

Двутавры с уклоном внутренних граней полок все больше заменяются двутаврами типа PE, которые при равной несущей способности мало отличаются по массе и благодаря параллельности граней полок более удобны в конструктивном отношении. Этот тип используется как готовый балочный профиль, так и в комбинированных сталежелезобетонных балках. Двутавры типов PEo и PEv являются нестандартными и прокатываются по каталогам заводов-изготовителей.

Швеллеры

Сортамент швеллеров с полками, имеющими наклонные внутренние грани полок, должен быть в ближайшее время заменен на сортамент с полками, имеющими параллельные грани.

Двутавровые PV-профили

Три типа двутавров PV применяются в многоэтажном строительстве преимущественно для колонн, реже — как балки.

Определение размеров двутавров

IPB при использовании в качестве колонн — см. с. 229.

IPB и IPE при использовании в качестве балок — см. с. 245 и следующие;

IPE в комбинированных балках — см. с. 259;

IPB и IPE для изготовления перфорированных балок — см. с. 251.

Таблица 2

С уклоном внутренних граней полок I	С параллельными гранями полок						
	IPE	IPEo ¹⁾	IPEv ^{*)}	IPB I, HEA	IPB, HEB	IPBv HRM	
80	80						
100	100	100	100	100	100	100	100
120	120	120	120	120	120	120	120
140	140	140	140	140	140	140	140
160	160	160	160	160	160	160	160
180	180	180	180	180	180	180	180
200	200	200	200	200	200	200	200
220	220	220	220	220	220	220	220
240	240	240	240	240	240	240	240
260	260			260	260	260	
		270	270	270			
280	280			280	280	280	
300	300	300	300	300	300	300	300
320	320			320	320	320	
		330	330	330			
340	350			340	340	340	
360		360	360	360	360	360	
380	380						
400	400	400	400	400	400	400	
450		450	450	450	450	450	
500		500	500	500	500	500	
550		550	550	550	550	550	
600		600	600	600	600	600	
				650	650	650	
				700	700	700	
				800	800	800	
				900	900	900	
				1000	1000	1000	

^{*)} Нестандартный профиль.

Сортовая сталь

В строительстве находят применение: равнобокие уголки с шириной полок от 20 до 200 мм; неравнобокие уголки с шириной полок от 30/20 до 200/100 мм; обычные и широкополочные тавровые профили; двутавры и швеллеры высотой менее 80 мм; кроме того, круглая, квадратная и полосовая сталь.

Широкополосная универсальная сталь

Широкополосная универсальная сталь, прокатываемая между четырьмя валками, имеет ровные (прокатные) кромки. Ширина листов от 150 до 1250 мм, толщина от 5 до 60 мм.

Листовая сталь

Листовая сталь после прокатки имеет неровные края. Различают: тонколистовую сталь толщиной менее 3 мм; листовую средней толщиной 3—5 мм; толстолистовую сталь толщиной более 5 мм.

Широкополосная и листовая сталь используется для изготовления сварных балок и колонн (см., например, с. 230).

Полосовая сталь

Полосовая сталь поставляется с заводов намотанной в бухты.

Полые профили

Полые профили изготовляют методом прокатки в горячем состоянии (бесшовные) или путем сварки продольным или спиральным швом. Круглые трубы прокатываются на заказ диаметром до 622 мм. Сварные трубы могут быть и большего диаметра.

В многоэтажном строительстве круглые трубы находят применение в качестве колонн (см. с. 231).

Трубы с квадратными или прямоугольными сечениями, а также с переменной толщиной стенок применяются для изготовления самых различных элементов несущих конструкций. Размеры сечений прямоугольных труб приведены в табл. 3.

Литература

Merkblatt 387 »Rechteck-Hohlprofile« und Merkblatt 224 »Runde Hohlprofile für den Stahlbau«. Beratungsstelle für Stahlverwendung, Düsseldorf.

Специальные профили

К ним относятся профили для оконных переплетов горячекатаные или изготавливаемые вытяжкой в холодном состоянии из полых профилей. С помощью прессования из цилиндрических стальных заготовок можно получить профили самой разнообразной формы (включая полые). Применение прессованных профилей оказывается выгоднее тогда, когда прокатка его невозможна из-за сложности формы, а изготовление их связано с большим количеством резки и соединением нескольких отдельных деталей на сварке или болтах.

Путем холодного волочения горячекатаных или прессованных профилей можно улучшить состояние их поверхности и получить более точные размеры сечений.

Литература

Merkblatt 300 »Das Profilstahlrohr im Fenster und Türnbau«. Beratungsstelle für Stahlverwendung, Düsseldorf.

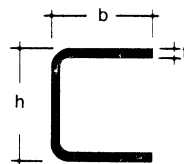
Профили, изготавливаемые холодной обработкой

Путем холодной обработки из листовой широкополосной, полосовой горячекатаной или холоднотянутой стали изготавливают профили различной формы. В зависимости от способа холодной обработки различают профили, получаемые преимущественно из полосовой стали путем прокатки на валковых профилирующих станках, и гнутые профили из стальных листов, полосовой или широкополосной стали, получаемые путем гибки или прессования.

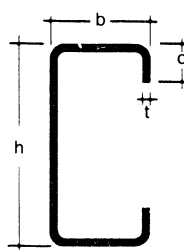
Способ холодной обработки позволяет получать профили более сложной формы поперечного сечения, чем горячекатаные. Благодаря этому открываются широкие возможности лучшего использования материала и снижения собственного веса конструкций. Получаемое при холодной обработке давлением упрочнение стали в отдельных случаях приводит к повышению несущей способности элемента.

Таблица 3

a b	
40	
50	50/ 30
60	60/ 40
70	70/ 40
80	80/ 40
90	90/ 50
100	100/ 50
	100/ 60
110	110/ 60
120	120/ 60
140	140/ 70
	140/ 80
160	160/ 90
180	180/100
200	200/120
220	220/120
260	260/140
	260/180



h = 40 200
b = 20 80
t = 3 7



h = 80 220

Для изготовления профилей способом холодной обработки пригодны все холоднокатаные стали, а также специальная (высококачественная) и атмосферостойкая сталь. Хороший внешний вид и долговечность нержавеющей стали определяют рациональность использования ее в тонкостенных (нерабочих) элементах зданий: для облицовки фасадов, порталов, дверей и окон.

Холодноштампованные стальные профили

В многоэтажных зданиях применяются редко, так как несущая способность наиболее широко распространенных профилей незначительна. Для легких кровельных конструкций используют П-образные и С-образные профили (см. табл. 3), которые изготавливаются высотой до 200—220 мм

Пример применения штампованных профилей для стропильной фермы дан на с. 253.

Литература

„Kaltprofile“. Beratungsstelle für Stahlverwendung, Düsseldorf.

Трапециевидные профилированные листы

В ФРГ несколько предприятий изготавливают листы трапециевидной формы поперечного сечения и многих, но нестандартных типов и размеров. Более легкие профили применяют для кровель и облицовки стен, более тяжелые — в качестве элементов междуэтажных перекрытий. Листы поставляются длиной до 18 м, шириной около 1 м и толщиной от 0,56 до 2 мм. Они бывают либо оцинкованы, либо оцинкованы и покрыты слоем пластмассы.

Конструктивные детали для облицовки стен см. с. 312, 316; кровельных покрытий см. с. 300—303; междуэтажных перекрытий см. с. 274—276; таблицы размеров листов для использования в качестве кровельного покрытия см. с. 303; междуэтажных перекрытий см. с. 275.

Виды соединений

Соединения стальных конструкций различаются:

по разборности — разъемные и неразъемные;

по способу изготовления — механические (соединения на заклепках или болтах) и молекулярные (сварные соединения).

Заклепки

Соединения на заклепках являются неразъемными. Горячая клепка несущих стальных деталей вышла из употребления. Для соединения листов используют заклепки с потайными головками (см. с.274).

Болты

Болты обеспечивают разборность соединения. В соединяемых деталях предварительно просверливают отверстия. Необработанные (черные) и точеные болты передают усилия с одного соединяемого элемента на другой за счет сил смятия и среза, поэтому их несущая способность зависит от диаметра стержня болта.

Черные болты имеют грубые допуски и ставятся с зазором 1 мм между болтом и отверстием. Они не требуют осо-

бой точности при изготовлении. В соединении, имеющем несколько болтов, в начале нагружения не все болты одновременно вступают в работу, поэтому несущая способность соединения на черных болтах меньше, чем на точеных.

Точеные болты ставят в отверстия без зазора (по DIN 7968 допуски h11 для стержня и H11 для отверстия), благодаря чему они обладают более высокой несущей способностью.

Болты поставляются без покрытия, оцинкованные или кадмированные.

Соединение на высокопрочных болтах основано на восприятии усилий сдвига силами трения. Болты стягивают соединяемые детали и создают между ними усилия, обеспечивающие трение. Соприкасающиеся поверхности элементов должны быть очищены от окалины, слоев ржавчины и краски. Налет ржавчины безвреден. Болты ставят в отверстия с зазорами ~ 2 мм, вследствие чего их стержни не соприкасаются со стенками отверстий. Для получения требуемых сил сжатия гайки закручивают гаечным ключом, действие которого автоматически прерывается при достижении крутящего момента заданного значения.

Сварна

Сварка выполняется с подачей дополнительного металла электрода или без него за счет оплавления соединяемых деталей. В строительстве применяют следующие виды сварки.

При газовой сварке необходимый разогрев производится газовым пламенем. В строительстве газовая сварка применяется редко.

Сварка с помощью электрической дуги — наиболее распространенный способ соединения. При расплавлении электрода в зону сварки вносится дополнительный материал. Расплавленный металл должен быть защищен от попадания кислорода из воздуха. В зависимости от применяемого оборудования и электродов различаются виды сварки:

ручная сварка с применением обмазанных электродов. Обмазка расплавляется и образующийся при этом шлак укрывает расплавленный металл;

ручная сварка в среде углекислого газа с автоматической подачей голой электродной проволоки;

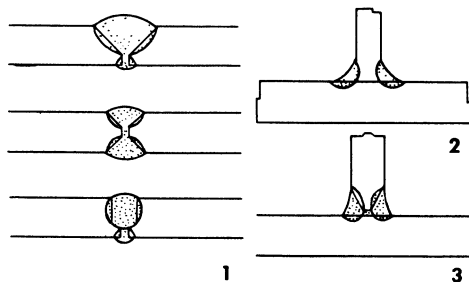
автоматическая сварка под слоем флюса голой электродной проволокой. Флюс, расплавляясь, надежно защищает расплавленный металл от соприкосновения с воздухом.

Первыми двумя способами возможно выполнять горизонтальные, вертикальные и потолочные швы; третьим способом — только горизонтальные швы в нижнем положении.

По форме различают:

- 1 стыковые швы, 2 угловые швы и
- 3 К-образные швы.

Несущие сварные швы выполняются только квалифицированными сварщиками. Они



контролируются специалистами-сварщиками или инженерами по сварке. При сварке строительных конструкций, подвергающихся динамическим нагрузкам, необходимо соблюдать особые требования. Сварные швы, предназначенные для работы в зоне высоких напряжений, проверяются рентгеном или ультразвуком.

Стыковая сварка оплавлением применяется при сварке небольших поперечных сечений. Между свариваемыми деталями возникает электродуга. Сварка производится без введения дополнительного металла. Этот способ применяется при сварке арматурных сталей и для приварки болтов, как-то:

- резьбовых шпилек (например, для крепления фасада);
- анкерных болтов;
- штыревых шпонок для комбинированных балок.

Стыковая сварка оплавлением производится вручную или автоматически.

Штыревые шпонки привариваются преимущественно на заводе, реже — на месте строительства. При этом необходимо учитывать, что стыковая сварка требует большой силы тока. Укладываемые на балки тонкие стальные листы (например, трапециевидные профилированные листы) могут быть проварены насквозь.

Точечная сварка используется при сварке тонких листов, например листов для облицовки фасада.

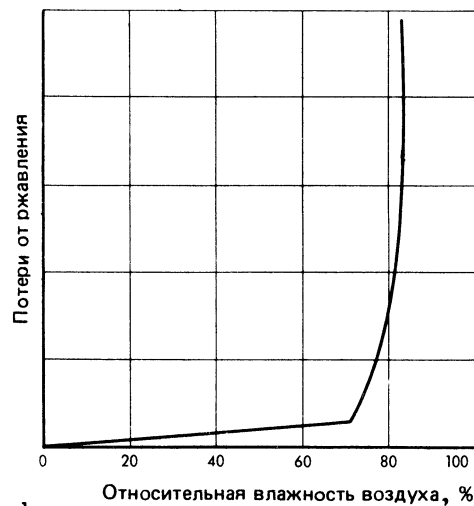
Защита от коррозии

Все стали, за исключением атмосферостойких и нержавеющей, могут корродировать и обычно нуждаются в антикоррозионной защите. Меры, используемые при строительстве многоэтажных зданий со стальными каркасами, различные способы создания и поддержания антикоррозионной защиты и их стоимость кратко освещены в следующих разделах.

Химический процесс

Образование ржавчины зависит прежде всего от относительной влажности и содержания агрессивных веществ в атмосфере. Диаграмма 1 показывает, что осязтимое образование ржавчины начинается при относительной влажности воздуха 70%. В процессе коррозии кислород вступает в реакцию с железом на поверхности стали. Это возможно и при незначительной влажности воздуха, например в субтропическом сухом климате и внутри здания в умеренном климате, но только в ограниченном объеме.

Защита от окисления при большой влажности воздуха может быть пассивной или активной. Пассивная защита заключается в



создании замкнутой оболочки, препятствующей проникновению кислорода. Уже самые маленькие поры или трещины в покрытии

дают возможность доступу кислорода и развитию ржавчины, которая быстро распространяется, так как ржавчина занимает больший объем, чем железо, и разрушает покрытие. Поэтому одна такая мера недостаточна.

Активная защита предполагает создание оболочки, содержащей металл, который связывает кислород и со своей стороны, правда, значительно медленнее, чем железо, вступает с ним в реакцию, например свинец в свинцовом сурике или цинк в цинк-хромате (нейтрализующее покрытие), или цинк или кадмий в металлических покрытиях. Процесс окисления ведет к быстрому истощению металла в защитном покрытии и делает его неработоспособным.

Поэтому действенный способ продолжительной защиты от коррозии состоит из создания одного активного основного слоя и одного защитного покрывающего слоя. Основное покрытие состоит из грунтовок с пигментами-наполнителями, содержащими нейтрализующий металл, или с металлическими пигментами. Защитный слой может быть создан окраской поверхности.

Подобная защита в условиях малой влажности воздуха может достигаться и другими мероприятиями, которые препятствуют доступу влаги к слою грунтовки, например облицовкой. В качестве пассивной защиты от коррозии используют обетонирование стальных конструкций, несмотря на то что при этом возникают определенные химические реакции.

Опасность коррозии уменьшается при правильном конструктивном решении (см. с. 351).

Удаление ржавчины

Основные грунующие покрытия только в том случае будут прочно держаться на стальной поверхности и действительно предохранять ее, когда она действительно будет очищена от загрязнений (например, масла), ржавчины и окалины. Окалина — это общее понятие для окисленных слоев, которые проявляются в процессе прокатки стали в горячем состоянии. Следует также удалить прочно приставшую окалину, так как образовавшиеся под ней продукты коррозии могут сорвать окалину вместе с окраской на большой площади.

Различают три степени очистки поверхности от ржавчины:

1-я степень: очистка от наслоений;

2-я степень: металлически чистая поверхность со следами ржавчины и старой краски в порах;

3-я степень: очистка до металлического блеска.

Удаление ржавчины, как правило, производится путем обработки стальной поверхности металлическим или кварцевым песком, который выбрасывается струей сжатого воздуха или центробежными дисками. На современных предприятиях стальные заготовки очищаются чаще всего перед обработкой, реже после нее. Механизмы очистки должны быть отрегулированы так, чтобы возникающие микронеровности очищаемой поверхности стали находились в соответствии с толщиной слоя покрытия и самые большие неровности были перекрыты. Высота микронеровностей по возможности не должна превышать 70 мкм.

Удаление ржавчины вручную проволочными щетками, скребками, молотками или другими ручными инструментами недостаточно для создания полноценной антикоррозионной защиты и в настоящее время выходит из употребления. Выполняется только при небольших ремонтных работах.

Грунтовка. Металлопокрытие

Предпосылкой для эффективного грунтового покрытия служит безукоризненная подготовка поверхности стали и безотлагательное нанесение на нее покрывающих слоев. Наиболее часто употребляемые грунто-

вые покрытия: с нейтральными пигментами — свинцовый сурик и цинк-хромат; с металлическими пигментами — цинковая пудра.

Они наносятся почти исключительно путем набрызга. Так как из-за токсичности свинца набрызг свинцового сурика требует особых мер по защите и опасен для сварщиков при выполнении сварочных работ, то в дальнейшем в возрастающем объеме будет применяться цинк-хромат. Цинковая пыль хотя и дороже, но менее чувствительна к механическим повреждениям и обладает высокой стойкостью на открытом воздухе, так что пригодна для длительного монтажного периода.

Грунтовое покрытие

Грунтовка конструкций, эксплуатируемых на открытом воздухе, должна иметь толщину 80 мкм и быть нанесена в один или в два слоя. Особое внимание следует обратить на достаточную толщину слоя по краям и на углах.

Для конструкций, находящихся внутри здания, в помещениях с нормальной влажностью воздуха достаточно в общем случае толщины грунтового слоя 40 мкм.

При очистке перед обработкой стальные детали имеют в большинстве случаев покрытие, полученное при изготовлении, толщиной от 10 до 15 мкм, допускающее сварку и которое, если оно не повреждено, входит в общую толщину слоя. По указанным выше соображениям безопасности для защиты сварных конструкций может быть применен только цинк-хромат.

На смонтированных конструкциях повреждения грунтового покрытия, полученные в процессе транспортировки и монтажа, тщательно заделываются. Кроме того, следует окрашивать болты, если они не имеют металлопокрытия.

Металлопокрытие

Для этой цели наиболее часто применяется цинк. Оцинковка производится следующими способами.

Горячее цинкование в ваннах гальваническим путем. Применимо и для длинных заготовок, так как ванны имеют длину до 20 м. Очень эффективная мера защиты прежде всего для труднодоступных строительных элементов здания, таких, как перила, мостки и т.п. Горячее цинкование — в некоторых случаях единственно надежный способ защиты от коррозии. Толщина слоя в большинстве случаев от 80 до 100 мкм. Детали, имеющие внутренние напряжения, после прокатки или сварки могут покоробиться вследствие нагрева в процессе цинкования и должны быть затем выправлены. Трапециевидные листы поставляются в большинстве случаев оцинкованными. Профили холодной

обработки могут быть изготовлены из ранее оцинкованных листов или полос.

Цинкование напылением может быть выполнено на заводах и строительных площадках, на готовых стальных конструкциях любых габаритов, толщина слоя от 80 до 150 мкм. Обязательными являются тщательная очистка наружных поверхностей перед напылением и заполняющая поры покраска, выполняемая непосредственно после оцинкования. Очистка готовых смонтированных конструкций возможна только при наличии соответствующих условий.

Окраски. Облицовки. Покрытия

Для того чтобы с помощью окраски ограничить доступ агрессивной среды к грунтовому покрытию и помешать этим его преждевременному выходу из строя, должны выполняться определенные требования. Составы грунтового и верхнего покрывающего слоев должны быть химически подходящими друг к другу. Верхнее покрытие содержит пигмент требуемого цвета. Оно наносится обычно в один или в два слоя толщиной по 30—50 мкм на смонтированные конструкции. Окраска на открытом воздухе может выполняться только в сухую погоду при температуре от 5° до 50° С.

Элементы стального каркаса, которые позднее не будут доступны, также должны быть окрашены, например верхние полки балок покрытия, на которые будут укладываться при монтаже стальные трапециевидные листы, или наружные полки колонн, которые будут закрыты стеновыми панелями.

Общая толщина слоев (грунтового основания и верхнего покрытия) должна составлять:

для открытых стальных элементов, находящихся во внутренних помещениях без особой влажности	130 мкм;
в промышленной атмосфере и атмосфере больших городов	160 мкм;
в условиях морского климата	200 мкм;
при наличии агрессивной среды	220 мкм.

Для стальных элементов, находящихся внутри здания и защищенных облицовкой от доступа влажного воздуха, достаточны незначительные защитные меры;

для стальных элементов, расположенных между стеновыми панелями или при наличии неплотно прилегающей противопожарной облицовки, достаточно иметь только грунтовый слой 40 мкм без окраски;

для стальных элементов в закрытых полостях междуэтажных перекрытий и покрытий, а также в низких помещениях технических этажей при небольшом количестве инженерных коммуникаций достаточно иметь один слой грунтового по-

крытия 40 мкм при условии, что работы по облицовке можно выполнить за короткое время. Если это неосуществимо, то предусматриваются грунтовка 40 мкм и верхнее покрытие 40 мкм;

трапециевидные стальные листы, применяемые в качестве кровли или настила междуэтажного перекрытия, поставляются оцинкованными.

Противопожарные защитные покрытия, крепко пристающие и повторяющие форму профиля, состоят обычно из набрызга цементной штукатурки или бетонных слоев.

Набрызг штукатурки производится непосредственно на очищенную стальную поверхность. Налет ржавчины, который образуется в период между изготовлением металлоконструкций и нанесением штукатурки, не считается опасным. Штукатурка набрызгом обеспечивает антикоррозионную защиту стальных элементов.

Покрытие 4-см слоем тяжелого бетона, выполненное при необходимости по проволочной сетке, служит надежной противокоррозионной защитой неокрашенных обетонированных стальных элементов. Если элементы обетонированы не полностью, то следует обратить внимание на места перехода, особенно вне помещения, так как там обычно начинается коррозия. То же самое относится к местам, в которых пол первого этажа примыкает к колоннам, находящимся на открытом воздухе (см. с. 233, рис. 6).

Стальные детали, находящиеся во внутренних помещениях с повышенной влажностью, должны быть обработаны так же, как стальные конструкции на открытом воздухе при соответствующих климатических условиях. Против применения стали никаких сомнений не возникает. В промышленном строительстве, в том числе для зданий металлургической и химической промышленности, стальные конструкции применяют даже при наличии весьма агрессивной среды.

Стальные детали в бассейнах с хлорированной водой могут быть защищены, как стальные конструкции в условиях морского климата. В лабораториях требуются, как правило, повышенные меры антикоррозионной защиты конструкций.

Конструктивные мероприятия

Особую опасность для стальных конструкций, находящихся на открытом воздухе, представляют места скопления пыли и грязи, которые при увлажнении могут служить очагами развития коррозии. Выбором правильного конструктивного решения можно избежать образования водяных мешков.

Все стальные детали, находящиеся на открытом воздухе или во влажных помещениях, должны быть доступными для нанесения первой покраски и ухода за ними. Внутренние поверхности полностью заваренных элементов, имеющих полые поперечные сечения, не требуют защиты от коррозии.

Содержание и стоимость защитных покрытий

Современные защитные покрытия от коррозии обеспечивают длительный срок службы конструкций. По данным Государственной железной дороги ФРГ, правила защиты от коррозии которой основаны на многочисленных опытах, срок службы хорошо выполненного покрытия в средних климатических условиях составляет от 10 до 15 лет, в благоприятном климате с сухим чистым воздухом — больше, а при наличии агрессивной среды, например в промышленных зонах или вблизи моря, — меньше.

По истечении установленного срока обновляют не всю антикоррозионную защиту, а лишь покрывающий слой. Необходимость через известный отрезок времени обновить защитное покрытие стальной конструкции без сомнения связана с увеличе-

нием эксплуатационных расходов, но имеет и положительную сторону, поскольку свежая окраска улучшает внешний вид сооружения.

Состояние окраски стальных конструкций рекомендуется проверять регулярно, примерно раз в год, устраняя при этом небольшие повреждения. Результаты осмотра должны быть зафиксированы в журнале антикоррозионной защиты. При надлежащем уходе за окраской расходы могут быть значительно, почти наполовину, сокращены по сравнению с расходами, связанными с восстановлением защиты после полного разрушения старого покрытия, при этом стальные конструкции должны быть полностью очищены и снова окрашены. Обновления противокоррозионных покрытий конструкций, находящихся внутри здания, обычно не требуются. В очень влажных помещениях или в помещениях с агрессивными парами стальные конструкции обрабатываются так же, как конструкции, находящиеся на открытом воздухе.

В многоэтажных зданиях со стальными каркасами расходы на антикоррозионную защиту составляют (% от общей стоимости стальных конструкций):

Удаление ржавчины,		
степень 2		около 1,8
1-я грунтовка 40 мкм		2,4
2-я грунтовка 80 мкм		4,6
1-й покрывающий слой 40 мкм		2,5
2-й покрывающий слой 80 мкм		4,9

Стоимость стальных конструкций составляет примерно от 10 до 15% общей стоимости строительства, стоимость антикоррозионной защиты для многоэтажного здания со стальным каркасом в среднем составляет приблизительно от 0,1 до 1,2% общей стоимости строительства с учетом того, что большинство элементов стальных конструкций находится внутри здания и требует лишь грунтовки, а многие элементы конструкций не нуждаются в окраске, потому что имеют противопожарную защитную облицовку.

Литература

Bierner, Handbuch für den Rostschutzanstrich. Vincentz-Verlag.
 Schutzanstrich von Stahlkonstruktionen in der Industrie; Richtlinien und technische Vorschriften des VDEh, der AGI und des DNA. Verlag Stahleisen mbH, Düsseldorf, Curt R. Vincentz Verlag, Hannover. 1971.
 DIN 55928 — Schutzanstrich von Stahlbauwerken, Richtlinien Ausg. 6.59.
 Technische Vorschriften für den Rostschutz von Stahlbauwerken (RoSt). Deutsche Bundes DV 807, Ausgabe 1963.
 Vorläufige Richtlinien für die Auswahl von Fertigung-

sanstrichen FA bei der Walzstahlkonservierung im Stahlbau, DAST, Ausg. 6.68.
 AGI-Arbeitsblatt K 20, Blatt 1: Schutz von Stahlkonstruktionen; Oberflächenbehandlung, Anstriche, Metallbezüge.
 van Oeteren: Konstruktion und Korrosionsschutz Curt R. Vincentz Verlag, Hannover, 1967.
 Sonderdrucke 593, 534, 588, 587 der Fachabteilung Feuerverzinken im Fachverband Stahlblechverarbeitung e. V., Hagen.
 Merkblätter 101, 179, 269, 325, 329, 359, 400 der Beratungsstelle für Stahlverwendung. Düsseldorf.

ФРАНЦ ХАРТ, ВАЛЬТЕР ХЕНН, ХАНСЮРГЕН ЗОНТАГ

**АТЛАС СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.
МНОГОЭТАЖНЫЕ ЗДАНИЯ**

Редакция литературы по строительным материалам и конструкциям
Зав. редакцией И. А. Рабинович
Редактор И. С. Бородина
Мл. редактор Л. А. Козий
Внешнее оформление художника А. А. Бекназарова
Технический редактор Н. В. Высотина
Корректоры Л. С. Леягина, Н. П. Чугунова

Сдано в набор 15/IV 1977 г. Подписано в печать 24/XI 1977 г.
Формат 60×90 1/8 д. л. Бумага офсетная № 2
44 п Печ. л. (уч-изд. 53,84 л.). Тираж 8000 экз. Изд. № А VI—6136
Зак. 781 Цена 4 р. 60 к.

Стройиздат 103006, Москва, Каляевская ул. д. 23а
Можайский полиграфкомбинат «Союзполиграфпрома» при Государственном
комитете совета Министров СССР, по делам издательств, полиграфии и
книжной торговли. г. Можайск, ул. Мира, 93.