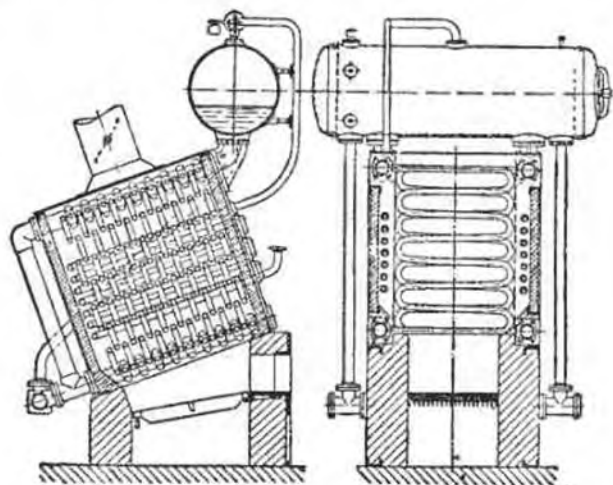


осв со скоростью около 300 об/мин. Центробежной силой вода при этом отбрасывается к стенкам труб, а пар собирается в центральной части последних. Опытный котел этой системы для рабочего давления в 100—125 ат работает в г. Гёттебурге¹⁾.

По поводу указанных на фиг. 665, 666 и 670 конструкций надо сказать, что таковые предназначены для очень высоких давлений. Далее могут быть отмечены следующие конструкции котла завода Petru Deger и J. Dilgen, имеющей один нижний и три верхних барабана (подобный указан на фиг. 667); задний верхний барабан левый, однако, ниже уровня стояния воды в двух передних, что сделано в расчете на наблюдаемое всегда в работе понижение уровня в заднем барабане.

Конструкция завода Hirth & Co., Hannover, имеет не поперечный, а продольный барабан, и потому в ней избегается понижение уровня воды спереди назад, что способствует получению более сухого пара.



Фиг. 672. Котел Ллментали зав. Hugo Eulitz, Бурлин.

3. Котлы без камер и без барабанов. Находят применение только в исключительных случаях, в отличие от котлов других систем. При диаметре труб не более 100 мм допускается постановка при любом давлении под жилыми помещениями. Благодаря отсутствию верхнего барабана, имеют малую строительную высоту, но зато обладают и меньшей паропроизводительностью поверхности нагрева. Из-за малых размеров парового пространства даже при малом напряжении котла, пар получается довольно сырой. Постановкой пароперегревателя упомянутый недостаток в значительной мере устраняется. Содержание котлов обходится сравнительно дорого.

Главной особенностью описанной системы является водотрубный котел Ллментали (фиг. 672). Змеевидно согнутые трубы соединяются посредством приваренных или развальцованных фланцев со сборными трубами. При небольших установках, нижние, горизонтальные змеевидные змеевики одновременно играют роль колосниковой решетки. Котел отличается быстрым паробразованием, занимает мало места и при условии отсутствия верхнего барабана, установка его, при любом давлении, производится и под жилыми помещениями (с барабанами—только до 6 ат). Уход требует большого внимания. Отсюда от малых настоящих сложна, что сильно загрязненные или износившиеся батареи лучше прямо заменить новыми. Неудобство, связанное с малыми водными и паровыми пространствами, до некоторой степени устраняется постановкой сверху барабана паросборника или присоединением к котлу пароперегревателя.

Котел с предельным давлением.

За последнее время производятся опыты с котлом системы Беняио¹⁾, рассчитанным на давление в 224 ат (критическое давление) (условия в Симонсгайте). При критическом давлении удельные объемы пара и воды—одинаковы, и потому поверхность испарения в таком случае равна нулю. Плавательная вода прокачивается по трубам, обогретым горячими газами, под давлением свыше 225 ат и превращается там в водяной газ с температурой в 273°. Таким образом, котел Benzon'a, главным образом, состоит из труб малого диаметра.

Котлы без огневого обогрева поверхности нагрева.

В связи со стремлением к повышению рабочего давления в котлах, за последнее время появились опыты получения пара без непосредственного обогрева котла продуктами горения топлива. Нагревание воды в котле производится при этом при помощи какого-либо вспомогательного рабочего тела, воды или газа, которое, будучи нагрето в особом нагревательном устройстве до нужной температуры, проводится по трубам через пространство испарения в котле. Охлажденное, рабочее тело снова возвращается в нагревательный прибор за помощью тепла. По способу Loeffler'a подобный процесс осуществляется следующим образом: насыщенный пар или вода забирается из котла, служащего основным паропроизводителем, насосом и прогоняется по замкнутому трубопроводу, помещенному в огневое пространство (перегреватель). После соответствующего нагрева пар или вода снова возвращается в котел и отдает заключенный в последнем воде свой избыток тепла. Таким путем в котле происходит паробразование, с получением насыщенного пара желаемого давления. Опытная установка подобного рода имеется в Вене на паростроительном заводе Florisdorf. (См. Z. d. V. d. I. 1925, стр. 1149, а также Feuerungstechnik, год изд. 14-й, выпуск 8, стр. 88).

В. Пароперегреватели. Подогреватели.

1. Пароперегреватели. Пароперегреватели имеют своим назначением повышать температуру пара без изменения давления, что и достигается при правильном устройстве перегревателя. Перегревом пара достигаются следующие преимущества: 1) испарение воды, увлеченной из котла паром; 2) сокращение или даже полное устранение потерь от конденсации пара в трубопроводе, т.-е. приход пара к месту его потребления в сухом состоянии; 3) более экономичное использование перегретого пара паровыми двигателями вообще; 4) устранение или сокращение конденсации пара в процессе его работы в паровых турбинах (устранение разьедания лопаток).

При расчете поверхности нагрева перегревателей, кроме количества пара подлежащего перегреву, следует иметь в виду и качества последнего, а именно: количество воды, увлеченной паром (влажность пара), а также конечную температуру перегрева и температуру продуктов горения, обогривающих пароперегреватель. Последний находится в зависимости от размеров поверхности нагрева, омываемой продуктами горения до их

¹⁾ Z. d. V. d. I. 1924, стр. 139.

¹⁾ Z. d. V. d. I. 193, стр. 1167.

поступлении в пароперегреватель (первый ход котла), а также и от сорта топлива.

Коэффициент теплопередачи железного пароперегревателя составляет в среднем $K = 20$ до $30 \text{ kcal/m}^2/\text{h}/1^\circ$, нередко более, в зависимости от влияния лучеиспускания окружающей перегреватель обмуровки. Для перегрева 1 кг сухого пара на 1° потребно $\approx 0,54 \text{ kcal}$ (см. том I, в разделе Теплоот, стр. 523).

Во избежание потери давления перегревателя следует выполнять с достаточно большим живым сечением. Однако, чрезмерно малая скорость пара ведет к перегреву и перегоранию труб. Обычная скорость пара в перегревателе ≈ 10 до 15 m/sec ; скорость в паропроводящей трубе: для перегретого пара $\approx 50 \text{ m/sec}$, для насыщенного — $\approx 20 \text{ m/sec}$.

Потери температуры пара в паропроводе, в зависимости от совершенства изоляции, составляет от $0,5$ до 1° на 1 м длины паропровода. Вентили и фланцы, при перегретом паре, необходимо тщательно изолировать. Поверхности нагрева перегревателя составляют обычно от $0,25$ до $0,4$ полной поверхности нагрева котла (со стороны воды); до перегревателя же обычно включается от $0,3$ до $0,4$ последней.

Типы пароперегревателей. С независимой топкой применяются весьма редко и не дают хороших результатов (малый коэффициент полезного действия, трудное регулирование). Преимущество—независимость котлов от перегревателя.

В комбинации с котлом—устанавливаются в той части газохода, где температура продуктов горения не выше $500-600^\circ$ или самое большее $700-800^\circ$. При температуре газов ниже 400° пароперегреватель не достигает своего назначения. В зависимости от условий потребления перегрев пара доводит иногда до $\approx 450^\circ$. Более высокая температура при современном состоянии машиностроения недопустима. Неправильность перегревателя ведет за собой необходимость вывода котла из строя.

Пароперегреватели следует устраивать таким образом, чтобы в случае необходимости их можно было выключать из сферы действия горячих газов (фиг. 651 и 653); для этой цели применяют рычагающиеся заслонки или еще лучше опускаемые задвижки. Таким путем: 1) при расстонке котла, или в случае каких-либо повреждений в пароперегревателе, требующих его выключения со стороны пара, таковой предохраняется от возможного перегорания; 2) соответствующей установкой задвижки получается возможность регулирования температуры перегрева пара и предотвращение чрезмерного повышения этой температуры.

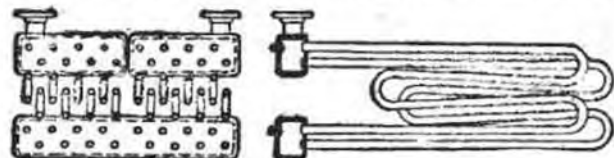
В горизонтально-водотрубных котлах перегреватель помещают в пространстве между верхним рядом труб и барабаном, а в вертикально-водотрубных котлах—за передним пучком труб. Однако, задвижки целесообразно ставить лишь в местах с невысокой температурой газов (не перед, а после перегревателя), иначе они коробятся и плотно не закрываются. На практике задвижки работают обычно плохо, поэтому за последнее время предпочитают их вовсе не ставить. Тогда при расстонке котла приходится заливать перегреватель водой из верхнего барабана и одновременно соединять его с парным пространством, или охладить перегреватель током воздуха. Регулирование температуры перегрева путем добавки к перегретому пару насыщенного возможно лишь в узких преде-

лах. Чрезмерно высокий перегрев устраняется сокращением поверхности перегревателя (выключением соответствующего количества труб). В установках с сильным перегревом и резкими колебаниями в потреблении пара обязательно нужно принимать меры к поддержанию на постоянном уровне температуры пара, питающего паровые машины. Регуляторы перегрева.

За последнее время в Америке получают распространение пароперегреватели, нагреваемые лучистой теплотой; перегреватель в таких случаях помещается в топочное пространство. При выведенном топливе такие перегреватели служат одновременно предохранительным средством от разрушения стенок топки ¹⁾.

Выполнение и установка перегревателей. Для изготовления пароперегревателей применяются почти исключительно зигзагообразно или спирально-изогнутые, цельно-тянутые (Маннесмановские) трубы с внутренним диаметром от 25 до 40 мм. Для коробок, служащих коллекторами для отдельных витков, применяют также цельно-тянутые или сваренные трубы круглого и квадратного сечения, от 120 до 180 мм в свету; коробки выполняют также нередко стальные-литые. Употребление меди при перегретом паре не допускается, даже на трубопроводе. В коробках трубы развальцовываются или соединяются с ними при помощи навальцованных фланцев. Доступ к месту развальцовки труб получается через отверстия на противоположной стенке коробки, закрываемые особыми крышками или нарезными пробками. Фланцевые соединения должны лежать вне потока горячих газов. Необходима прочная, не препятствующая удлинению труб, установка. Следует избегать чрезмерно больших скоростей газов в перегревателе, так как это вызывает ухудшение тяги, а также водяных мешков в змеевиках и образовании скопления сажи и летучей золы на змеевиках, для чего трубы расширяют не слишком плотно одну к другой. Необходимо предусматривать свободный доступ к перегревателю для осмотра труб и наружной чистки их, путем обдувания струей перегретого пара или сжатого воздуха.

Конструкция: 1) с параллельно-включенными витками и труб (фиг. 673). Для более равномерного распределения пара по отдельным виткам, последние в большинстве случаев делятся на две группы



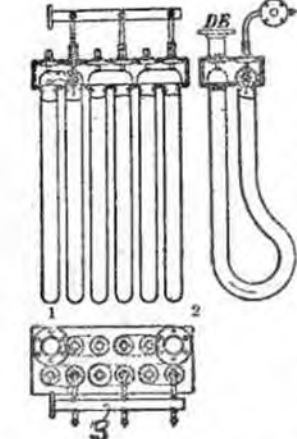
Фиг. 673.

2) с последовательным включением витков труб (фиг. 674). Перегреватель состоит из цельной камеры, без швов, в которую вальцовываются концы всех труб. Путем нагруженных направляющих колпачков трубы эти соединяются между собой таким образом, что пар в последовательном порядке проходит через каждую из них. Во выбо-

¹⁾ См. Müllinger, Das Dampfkesselwesen in den V. St. Amerika, стр. 12.

жание падения давления пар в перегревателе вводится в нескольких местах через особые сопла.

3) В виде змеевика. Состоит из изогнутой по спирали трубы без сборной коробки. Пар и горючие газы направляются по принципу противотока.



Фиг. 674. Пароперегреватель завода Hugo Szamatolski в Берлине; 1—вход; 2—выход; 3—дополнительный пар.

сод этот, однако, не получал большого распространения, так как вредным образом отражался на сроке службы как колосников, так и футеровки топок. Однако, современные требования экономии паро-силовых установок заставляют идти по пути использования для подогревания питательной воды отработанного пара из паровых двигателей (регенеративный процесс). При таком положении для использования тепла отходящих из котлов газов остается только один путь—подогревание воздуха. Практика последнего времени показала, что таким путем могут быть получены сбережения примерно на 3% больше, чем при применении водяных экономайзеров. Точных данных в этом отношении однако еще не имеется¹⁾.

Повышение температуры в слое топлива и в топочной камере должно быть предусмотрено конструкцией решетки и повышением качества строительных материалов, так как в противном случае неизбежен быстрый износ топки. Из этих соображений при вышедшем сжигании топлива стенки топочной камеры ограждаются рядом труб, по которым протекает пар или вода²⁾.

¹⁾ Л о с б г е установил, что путем подогревания воздуха можно улучшить коэффициент полезного действия котла на 3—4% и более. Arch. f. Warmew. 1920, стр. 23.

²⁾ См. напр. Bleibtreu, St. u. E. 1925, выпуск 37 в Z. d. V. d. I. 1925, стр. 1144.

Можно предполагать, что изыскания в этом направлении поведут к созданию новых типов паровых котлов, в которых будет избегнута надобность в приставлении к котлу внешней топки, и последняя будет образовываться теплоемкими поверхностями самого котла (прототип: котел Беттингтона).

Конструкция и установка подогревателей воздуха. Пластинчатые (R. O. Meyer в Гамбурге, Rotator в Берлине, зав. „Парострой“ в Москве).

Трубчатые, из ребристых или гладких труб, в большинстве случаев с применением искусственного тяга. Особая конструкция Льювистрема¹⁾.

Установка: по возможности ближе к котлу, лучше в виде одного целого с последним.

С. Построение паровых котлов.

При выборе материалов и при расчете паровых котлов на прочность следует руководствоваться техническими условиями, утвержденными 3-м Всесоюзным Тепло-техническим Съездом (см. ниже стр. 488 и далее).

1. Общие замечания. Соединение отдельных частей котла между собой²⁾ может быть выполнено путем склеивания, сваривания, развальцовки и соединения болтами. Барабаны для очень высоких давлений выковываются из целых кусков металла. См. отдел Детали машины стр. 24 и далее.

Клепка. Склепка тонких листов котельного железа производится ручную. Ручная клепка применяется также в местах мало доступных для машинной клепки. Толстые листы, толщиной приблизительно в 30 мм, обычно склеиваются машинным способом, хотя теперь, при такой и большей толщине листов, клепка вообще заменяется сваркой в нахлестку. При механической клепке давление не должно быть чрезмерно велико. (Ошаты Баха и Баумана,³⁾ При несоблюдении этого условия может иметь место разрушение зерен металла, что впоследствии поведет быстро к появлению признаков „усталости“ последнего.

Правила клепки см. стр. 501.

Выбор типа заклепочного соединения в каждом отдельном случае производится из соображений экономического характера; так например, швы в стык с накладками, более дорогие по сравнению со швами в напуск, дают возможность применения более тонкого железа. При толщине железа свыше 12 мм одностороннюю склепку следует применять только для поперечных швов. При высоком давлении пара и большом диаметре котла, швам в напуск, при которых как заделки, так и листы подвергаются значительному напряжению на изгиб, следует предпочесть соединение в стык с накладками. В поперечных швах, напряженные σ_x , развивающиеся в листе, толщиной s , в направлении оси цилиндрического

¹⁾ Schmoeller. Archiv f. Warmew. 1925, стр. 153; Gutz, Feuerungstechnik от 15 июля 1925, стр. 217.

²⁾ Так как в этой области теперь производится широкое использование, то опубликованные результаты газовых в современной технической литературе было бы весьма желательным.

³⁾ См. L o s b g e, Z. d. V. d. I. 1924, стр. 194; там же описание клепки по способу Schuch'a. Кроме того см. Schlesinger'a в журн. Werkst.-Technik. 1913, стр. 357.

котла, с диаметром D , при избыточном давлении внутри котла в p кг/см², определяется из приближенного уравнения $\frac{1}{4} \pi D^2 p = \pi D s \sigma'_e$ в виде $\sigma'_e = Dp : 4s$, в то время, как напряжение σ_e по направлению перпендикулярному к предыдущему, т.-е. направленное по радиусу котла, получается из уравнения $Dp = 2s \sigma_e$ в виде $\sigma_e = Dp : 2s$, т.-е. превышает в два раза величину σ'_e . На этом основании котлы, имеющие двойные продольные швы, снабжаются одинарными поперечными—только до тех пор, пока σ'_e не примет таких размеров, которые потребуют двойных поперечных швов.

При определении напряжений в котле в продольном направлении, не следует упускать из виду, что горизонтальные котлы работают как балки, в большей или меньшей степени, на изгиб, а что односторонний при этом нагрев способствует увеличению вышесказанного напряжения. Эти соображения должны приниматься во внимание при устройстве опор для таких котлов. (См. стр. 440).

Расчетное напряжение на разрыв свыше 36 кг/мм² для корузовых листов может быть допущено лишь в случае, если обработка листов производится в холодном состоянии или при красном калении, если, кроме того, кромки строганы, обточены или фрезерованы, или в крайнем случае, за отсутствием соответствующего оборудования, обрублены вручную, если при этом продольные швы делаются в стык с двойной накладкой и, если, наконец, клепка выполняется механическим способом. Ходер¹⁾ предлагает руководствоваться следующими соображениями: мерой напряжения допустимого в заклепочном соединении, должно быть $= \Sigma$ кг на 1 см ширины листа $= w = n \frac{\pi d^2}{4} k_n : t = \frac{Dp}{2}$.

В этой формуле приняты следующие обозначения:

- D — диаметр котла в см,
- p — давление (сверх ат) в ат,
- n — число заклепок,
- d — диаметр заклепок в см,
- k_n — сопротивление срыванию в кг/см², по Баху,
- t — шаг заклепок в см.

Подо подсчитать w и затем выбрать тип заклепочного соединения согласно приводимой ниже таблицы.

Таблица 4. Заклепочные соединения.

$\frac{Dp}{2} = w =$	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400
Продольный шов	Однорядный в нахлестку		Двурядный в нахлестку		Трехрядный в нахлестку		Двурядный с двойной накладкой				
Поперечный шов	Однорядный в нахлестку						Двурядный в нахлестку				

¹⁾ Павелер, Паровые котлы, 7-е издание, 1923.

Продолж. табл. 4.

$\frac{Dp}{2} = w =$	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800
Продольный шов	Трехрядный с двойной накладкой			Четырехрядный с двойной накладкой				
Поперечный шов	Дву- и трехрядный в нахлестку							

Типы заклепочных соединений см. отдел Деталей машин, стр. 26.

Толщина стенок котла определяется по формуле:

$$s = \frac{Dp\alpha}{200 K_{\Sigma} z} + 1$$

$$\text{или } p = \frac{200 K_{\Sigma} z (s - 1)}{D\alpha} \text{ в мм}^3.$$

Величину z , которая дает отношение сопротивления листа в заклепочном шве к сопротивлению целого листа, определяют для каждого отдельного ряда заклепок, начиная с внешнего.

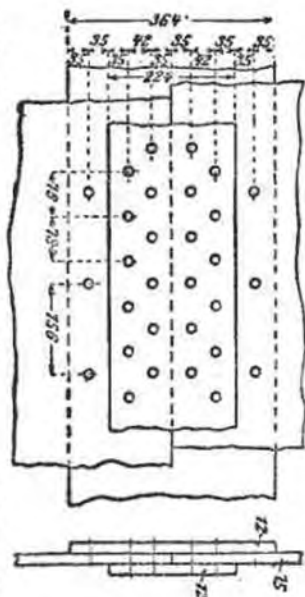
Пример — фиг. 675.

$$1. \text{ Внешний ряд: } z = \frac{15(156 - 24)}{15 \cdot 156} = 0,846.$$

2. Второй ряд: если бы лист разорвался по второму ряду, то вместе с тем должны были бы быть срезаны и заклепки внешнего ряда. Следовательно, сопротивление заклепок 1-го ряда на срез должно быть добавлено к сопротивлению листа во втором ряду на разрыв. Наибольшее допустимое напряжение заклепки на срез 7 кг/мм² (см. стр. 507).

Допускаемое напряжение листа $\frac{K_{\Sigma}}{\alpha} = \frac{36}{4}$, так что:

$$z = \frac{\left(\frac{36}{4}\right) 15(156 - 2 \cdot 24) + 1 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 23^2}{4}\right) 7}{\left(\frac{35}{4}\right) 15 \cdot 156} = 0,83.$$



Фиг. 675. Диаметр заклепок—23 мм; диаметр дыр—24 мм.

¹⁾ Значения для K_{Σ} (сопротивление на разрыв в кг/мм²) и z (коэффициент, зависящий от типа шва—от 4 до 4,5) см. стр. 508.

3. Первый ряд: здесь могли бы подвергнуться срезу пять заклепок, следовательно,

$$n = \left(\frac{36}{4}\right) 15 (156 - 2 \cdot 24) + 5 \left(\frac{\pi \cdot 23^2}{4}\right) 7 = 1,38.$$

$$\left(\frac{36}{4}\right) 15 \cdot 156.$$

Таким образом, шов должен быть рассчитан с $\lambda = 0,83$.

В составленной Е. Ргопшани'ом таблице (таблица 5) собраны данные, относящиеся к хорошим конструкциям, поэтому этими данными можно руководствоваться при проектировании всякого рода заклепочных соединений.

Сварка 1). В прежние время производилась в горне и применялась для изготовления частей, подверженных наружному давлению, как то: жаровых труб, огневых коробов, дымовых труб, а также и для таких деталей котла, подверженных внутреннему давлению, как сухопарники, водяные камеры, кинитильные трубы и соединительные штуцера. С введением сварки на водяном газе, в напуск, получалась возможность производить достаточно надежно сварку листов даже значительной толщины. Благодаря этому, теперь сварка на водяном газе широко применяется даже и при изготовлении корпуса котлов. Барабаны для вертикальных котлов, с давлением до 50 ат, изготавливаются теперь почти исключительно со сварными швами. Днища при этом делаются также цельно-литыми (оттяжкой концов барабана). Таким образом совершенно устраняются швы на заклепках. Чтобы быть уверенным в достаточной надежности сварки, барабаны со сварными швами испытываются давлением в 3—4 раза превышающим рабочее и затем отжигаются, для устранения внутренних напряжений в металле; благодаря такой обработке, значительно увеличивается срок службы котлов, так как в металле дольше не появляется признаков усталости. (Способ завода August Thyssen-Hütte, Мюльгейм, Рур).

Автогенная водородная сварка тоже иногда применяется в котельном деле, хотя и не так широко, как сварка на водяном газе. Автогенную сварку следует допускать лишь при условии выполнения: ее каким либо солидным заводом. Без последующей проковки сваренного места (осадки или обжимки молотом при белом калении) не должна допускаться. Отжиг после сварки для устранения внутренних напряжений необходим. При содержании в железе фосфора в серы автогенная сварка не дает удовлетворительных результатов. Большое значение имеет качество присадочного материала.

Ковка, вследствие большой ее стоимости, применяется только для изготовления барабанов для котлов самого высокого давления. При таком способе изготовления барабан не имеет никаких ни заклепочных, ни сварочных швов. Цельно-литые барабаны готовятся на гидравлических прессах из цельных болванок в виде полых цилиндров, которые затем подвергаются вальцовке для придания стенкам равномерной толщины. Концы

У См. П 5 в н, "Автогенная и электрическая сварка котлов и резервуаров". З. д. V. д. I. 1926, в конце стр. 117 и 194 (Национальный Швейцарского Союза владельцев котлов Подробное о сварке см. в Отделе 3, машина-орудия: F: сварочные машины.

Таблица 5. Заклепочные соединения.

t — толщина листа железа в мм; d — диаметр заклепки в мм;
 t — шаг заклепок в мм; λ — отношение сопротивления листа в заклепочном шве к сопротивлению листа в цельном месте.

Толщина листового железа	Односерый шов (в шахматку и в стык с одной накладкой)						Двухсерый шов (в стык с двумя накладками)					
	Заклепки и листы из литого железа			Заклепки из сварочного железа в листах из литого железа			Заклепки и листы из литого железа			Заклепки из сварочного железа в листах из литого железа		
	d	t	λ	d	t	λ	d	t	λ	d	t	λ
	Однорядный шов						Однорядный шов					
7	17	44	0,61	17	41	0,59	15	53	0,72	15	48	0,69
8	18	45	0,60	18	42	0,57	16	54	0,70	16	49	0,68
9	19	46	0,59	19	43	0,56	17	55	0,69	17	50	0,66
10	20	47	0,57	20	44	0,55	18	56	0,68	18	51	0,65
11	21	48	0,56	21	45	0,53	19	58	0,67	19	53	0,64
12	22	49	0,55	22	46	0,52	20	59	0,66	20	54	0,63
13	23	50	0,54	23	47	0,51	21	61	0,65	21	55	0,62
14	24	51	0,53	24	48	0,50	22	63	0,65	22	57	0,61
15	25	53	0,52	25	49	0,49	23	65	0,65	23	59	0,61
16	26	54	0,52	26	51	0,48	24	66	0,64	24	61	0,61
17	27	55	0,51	27	52	0,48	25	68	0,63	25	63	0,60
18	28	57	0,51	28	53	0,47	26	70	0,63	26	64	0,59
	Двойной шов						Двойной шов					
8	16	58	0,72	16	54	0,70	14	72	0,81	14	65	0,78
9	17	60	0,71	17	55	0,69	15	74	0,80	15	66	0,77
10	18	61	0,70	18	56	0,68	16	76	0,79	16	68	0,76
11	19	63	0,69	19	58	0,67	17	78	0,78	17	71	0,76
12	20	65	0,69	20	59	0,66	18	82	0,78	18	73	0,75
13	21	66	0,68	21	61	0,66	19	85	0,77	19	76	0,75
14	22	68	0,68	22	63	0,65	20	87	0,77	20	78	0,74
15	23	70	0,67	23	65	0,65	21	90	0,76	21	81	0,74
16	24	72	0,67	24	66	0,64	22	93	0,76	22	84	0,74
17	25	74	0,67	25	68	0,63	23	96	0,76	23	86	0,73
18	26	76	0,67	26	70	0,63	24	99	0,76	24	89	0,73
19	27	78	0,66	27	72	0,63	25	102	0,75	25	92	0,73
20	28	80	0,66	28	74	0,62	26	106	0,75	26	95	0,73
	Тройной шов						Тройной шов					
12	18	72	0,75	18	65	0,73	16	92	0,83	16	82	0,81
13	19	74	0,74	19	68	0,72	17	96	0,82	17	85	0,80
14	20	77	0,74	20	70	0,71	18	100	0,82	18	89	0,80
15	21	80	0,74	21	73	0,71	19	104	0,82	19	93	0,80
16	22	82	0,74	22	75	0,71	20	108	0,81	20	97	0,80
17	23	85	0,73	23	78	0,71	21	113	0,81	21	100	0,79
18	24	88	0,73	24	80	0,70	22	117	0,81	22	104	0,79
19	25	91	0,73	25	83	0,70	23	121	0,81	23	108	0,79
20	26	94	0,72	26	86	0,70	24	126	0,81	24	112	0,79
21	27	97	0,72	27	89	0,69	25	130	0,81	25	116	0,78
22	28	99	0,72	28	91	0,69	26	134	0,81	26	120	0,78
23	29	102	0,72	29	94	0,69	27	138	0,80	27	124	0,78
24	30	105	0,72	30	96	0,69	28	141	0,80	28	128	0,78
25	31	108	0,71	31	99	0,69	29	145	0,80	29	132	0,78
26	32	112	0,71	32	101	0,68	30	149	0,80	30	136	0,78
27	33	114	0,71	33	104	0,68	31	154	0,80	31	140	0,78
28	34	117	0,71	34	106	0,68	32	158	0,80	32	144	0,78

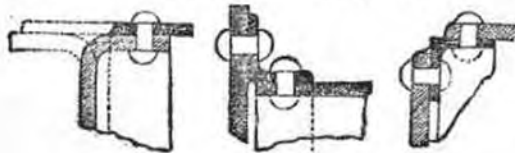
барабанов обжимаются до полусферической формы, причем оставляются лишь дыры для лазов. Таким образом, барабан с обоими днищами представляет одно целое без каких-либо швов. Большое преимущество такого способа изготовления заключается еще и в полной независимости от качества материала, — можно употребить сплавы любого состава, наиболее стойкие, например, при высоком нагреве.

Цельно-штамповые барабаны зав. Акт. О-ва Крупн доставляются или в виде цилиндрических обечай, к которым затем приклеиваются штампованные днища, или в виде цельнокованых барабанов с полусферическими днищами.

Развальцовка применяется только для уплотнения труб в трубных решетках. Подробности см. стр. 410.

Болтовое соединение применяется, главным образом, в котлах с выдвижной жаровой частью для соединения последней с корпусом котла и в стоячих котлах с разъемным корпусом, для соединения частей корпуса между собой. О расчете болтов см. стр. 514.

2. Детали. Соединение барабана с днищем. 1. посредством отогнутого, обычно внутрь, реже наружу, борта днища (фиг. 676).



Фиг. 676.

Фиг. 677.

Фиг. 678.

2. При помощи кольца из углового железа, расположенного внутри или снаружи (фиг. 677 и 678).

Соединение днищ с жаровой трубой. 1. Выпуклые, машинным способом изготовленные, днища

имеют всегда горловину для укрепления жаровой трубы, при чем в периодиче днище горловина большей частью отогнута наружу, а в ваднем всегда внутрь (фиг. 679 и 680).

То же самое относится к плоским днищам (фиг. 681).



Фиг. 679.

Фиг. 680.

Фиг. 681.



Фиг. 682.

Фиг. 683.

Фиг. 684.

Фиг. 685.

Фиг. 686.

2. посредством снаружи или изнутри расположенных колец из углового железа (фиг. 682, 683, 684).

Соединение корпуса с огневой коробкой в стоячих котлах.

1. посредством толстого железного кольца (фиг. 685).

2. посредством кольца П-образного сечения (фиг. 686).

3. посредством раструба в нижней части огневой коробки (фиг. 687).

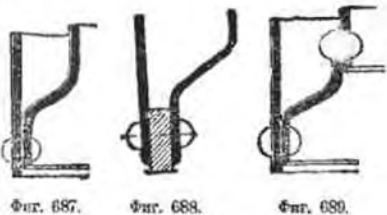
4. То же, с прокладкой кольца из плоского железа (фиг. 688), что по сравнению с фиг. 689 облегчает чистку котла.

5. посредством двубортного кольца; мало употребительно (фиг. 689).

Соединение барабанов расположенных рядом или один над другим.

В большинстве случаев посредством приклепанных штуцеров со сваренными продольными швами (фиг. 652 и 653).

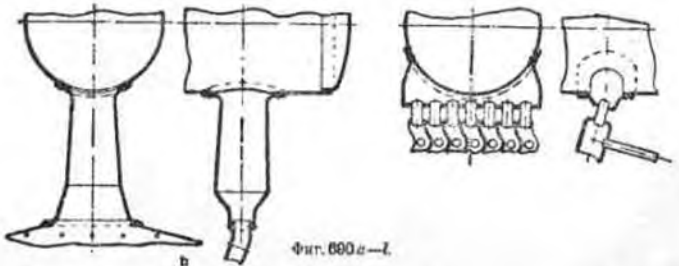
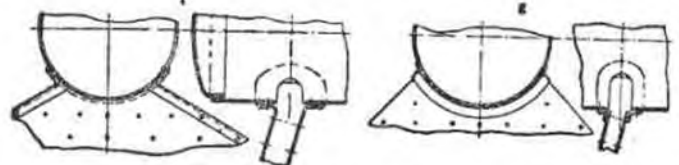
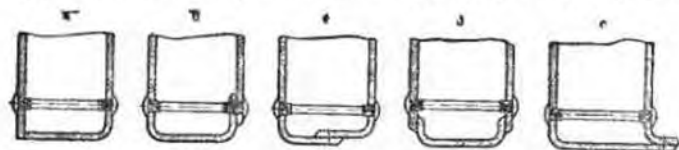
Изготовление штуцеров: 1) лучше из целого листа; 2) из двух частей, с соединением на фланцах; если фланцы свертываются на болтах, то между ними закладывается уплотнительная прокладка; если фланцы склепы-



Фиг. 687.

Фиг. 688.

Фиг. 689.

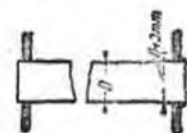


Фиг. 690а—г.

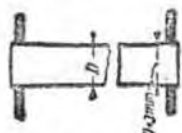
ваются, то между ними закладывается кольцо из мягкого литого железа для возможности подчеканки шва; последний способ предпочтительнее перед другим.

Соединение стенок водяных камер между собой и горловин камер с верхними барабанами (фиг. 690 а—д).

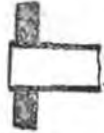
Трубные соединения. Дымогарные трубы развальцовываются в гнездах трубной решетки вальцовкой с гладкими валиками; концы, обращенные в толку, кроме того отбортовываются (фиг. 691 и 692). Анкерные трубы (примерно 10% общего числа труб), служащие для укрепления противоположных плоских стенок, более толстостенные (толщиной стенок 4—6 мм), вводятся в гнезда на резьбе и ватем развальцовываются.



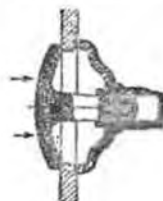
Фиг. 691.



Фиг. 692.



Фиг. 693.



Фиг. 694.

Водяные трубы: цельно-тянутые трубы вставляются в гнезда без нарезки и развальцовываются без отбортовки, но по концам раздаются на конус (фиг. 693).

Развальцовывается и чистятся трубы через круглые отверстия, расположенные против каждой трубы в противоположной стенке камеры. Отверстия эти закрываются крышками (грибками), которые ставятся так, чтобы давлением в котле они прижимались к стенке камеры. Испытанную конструкцию такого затвора дает фиг. 694.

Крепления.

1. Крепление жаровых труб. При гладких трубах — соединением отдельных обечайки по способу Адамсона (фиг. 695). При склеиве фланцев между последними вводится плоское кольцо толщиной около 10 мм; с огневой стороны кольцо утоплено между фланцами, а с водяной выступает за кромку фланцев ~ на 10 мм.



Фиг. 695.



Фиг. 696.

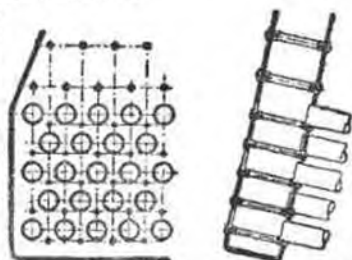
При волнистых трубах особого укрепления трубы не требуется, так как волны сами по себе придают трубе, составленной из обечайки длиной около 6 м, достаточную жесткость, при удовлетворительной эластичности. Отдельные обечайки склеиваются в закрой (фиг. 696).

2. Крепление плоских стенок. Распорными болтами. Если расстояние между стенками не велико (стенки огневых коробок и водяных камер), то стенки соединяются между собой распорными болтами, которые вводятся в соответствующие гнезда в стенках на резьбе и по концам обычно расклиниваются. Оба гнезда имеют противоположную нарезку и служат как бы гайками для болта, поэтому при ввертывании болта стягивает стенки (фиг. 697). Распорные болты лучше делать со сквозным свер-

лением, небольшого диаметра, по оси, так как в таком случае разрыв болта во время работы котла сейчас же обнаружится появлением течи или парением через образовавшийся открытый канал.

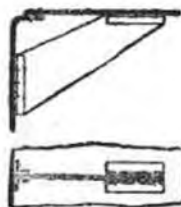
Продольными связями из круглого железа или анкерными трубами. Для укрепления противоположных дна или трубных решеток коротких котлов (локомотивные, паровозные и парходные котлы, а также котлы с дымогарными трубами).

Угловыми связями, связующими дна с корпусом, укрепляются плоские лобовые днища. Угловые анкера делаются цельными и должны иметь возможно большую длину. К днищам и корпусу котла прикрепляются при помощи накладок из углового железа (фиг. 698).



Фиг. 697.

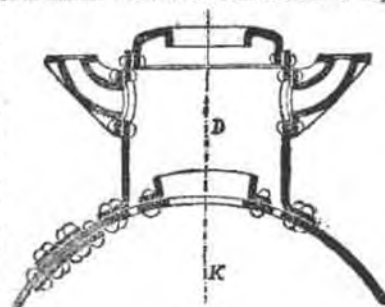
Скобами или анкерными балками укрепляют потолок или небо огневых коробок. При потолках из волнистого железа необходимость особых креплений отпадает.



Фиг. 698.

3. Укрепление вырезов в корпусе. Всякого рода отверстия (лазы, ручные люки для удаления грязи, отверстия для соединительных патрубков, вырезки в верхних барабанах для соединения таковых с водяными коробками в водотрубных котлах и т. д.) должны иметь вообще минимальные размеры. Особенно это относится к отверстию в корпусе котла для соединения последнего с сухопаром (фиг. 699). Край отверстий должны обязательно укрепляться, если такое укрепление не обуславливается самим способом выположения отверстий (например, штамповкой с отгибом борта). Обычным способом укрепления вырезов является наложение колец из плоского или углового железа. Укрепительные кольца для лавов обычного типа делаются шириной от 80 до 100 мм при толщине от 12 до 18 мм.

Сухопар следует прикреплять к корпусу котла, по возможности, двухрядным швом. Двухрядное соединение в этом случае обязательно, если произведение из диаметра сухопара, в мм, на давление пара составляет более 6000.

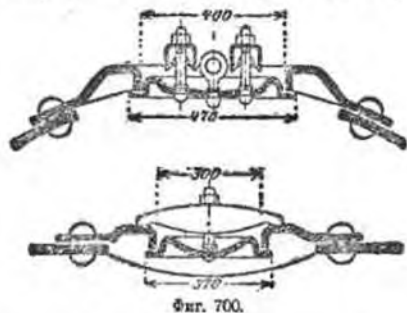


Фиг. 699.

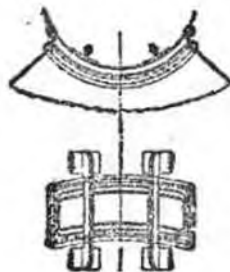
Так как напряжение материала в котле в осевом направлении всегда значительно меньше, чем в радиальном (см. стр. 406), то, при располо-

женни вырезов эллиптической формы, большая ось эллипса должна быть перпендикулярна оси котла.

Крышки лазов заводятся обычно внутри для того, чтобы давлением пара они прижимались к поверхности прилегания, и притягиваются болтами с диаметром около 30 мм к скобам, опирающимся на край выреза. Для лазов в корпусе котла можно рекомендовать, как удовлетворяющую требованиям хорошего уплотнения, конструкцию штампованных из литого железа кольца, крышки и скоб, изображенную на фиг. 700. Особого внимания тре-



Фиг. 700.



Фиг. 701.

бует к себе вырезы в верхних барабанах водотрубных котлов для присоединения к последним водяных камер. Вырезы эти, в целях получения интенсивной циркуляции воды, должны иметь возможно большие размеры, в связи с чем укрепление их должно быть в особенности прочно. На фиг. 701 изображено подобное крепление завода Борсия.

Д. Повреждения и ремонт паровых котлов.

Недостатки в качестве материалов. Хрупкость в ломкость железа, обусловленная большим содержанием фосфора и серы, ведут к появлению трещины не только в местах, ослабленных заклепочными дырами, но и в целом месте, к изломам в местах отгиба бортов, к разрывам в трубах. Устранение перечисленных недостатков производится путем замены поврежденных частей котла — новыми. Появление пленок и вадутий, как с огневой, так и с водной стороны, является следствием дефектов прокатки — шлаковые прослойки, пузырьки газа. При незначительной толщине пленок и при небольших размерах пораженного участка опасности не представляет, и никаких особых мероприятий не требуется (пленки срубать), в противном случае поврежденное место нужно вырубить и на его место положить заплату. Не одинаковая толщина стенок чаще всего встречается в цельнотянутых трубах. Устранение возможно только путем замены негодных труб новыми.

Недостатки конструкции и выполнения. Неточная сборка и пригонка отдельных частей котла перед их склеиванием; обработка при сильном накале; неудовлетворительная сварка, приправка в холодном состоянии, в особенности при отбортовке и загибе или отгибе горловины; неправильный способ продырявливания листов при заклепочных соединениях

(пробивание вместо сверления) или применение чрезмерно большого давления при клевке (холодная клевка); неточная пригонка дюр при склеивании. Указанные недостатки ведут за собой неплотность швов, разрыв или неплотность сваренных швов, трещины в местах отгиба бортов, между заклепочными дырами и по кромке. Трещины и разрывы в сварных швах устраняются автогенным или электрической сваркой, а трещины по бортам наложенным заплат или обрубкой поврежденного борта и заменой его кольцом из углового железа. Последнее допустимо только при котлах с низким рабочим давлением. Трещины на кромках заклепочных швов обычно завариваются автогенным или электрическим способом.

На неукрепленных анкерами сферических днищах (верхних барабанов водотрубных котлов, бестопочных локомотивов, паровых аккумуляторов и т. п.) при малой выпуклости и при слишком круто отогнутых бортах, часто появляются трещины вдоль отгиба борта, вследствие чрезмерно больших напряжений материала в этом месте. Способ устранения — замена поврежденных днищ более выпуклыми с более плавно отогнутыми бортами (эллиптические днища типа Пичча). При недостаточной разводке на конус концов труб, укрепляемых вышкой в гнездах трубной решетки, трубы могут в работе выскочивать из гнезд. Способ устранения — поврежденные трубы необходимо вынуть и развести должным образом концы у них на оправке или вальцовкой. Трубы вытасываются иногда из гнезд и вследствие того, что перед развальцовкой были плохо отожжены.

Неправильная установка распорных болтов (не перпендикулярно к стенке, с плохой варкой по концам) влечет за собой неплотность и даже поломку болтов. Способ устранения — смена болтов. Небрежная установка арматуры на котлах связана с появлением течей и, следовательно, с разрушением котла от ржавления железа. Недостаток устраняется уплотнением или сменой арматуры, если последняя уже окончательно испорчена. Протравления ржавчиной завариваются автогенным или электрическим способом (см. ниже стр. 414 внизу и 415 сверху).

Недостатки ухода. Упуск воды вызывает перегрев и деформацию стенок котла (выпучины) в местах, где стенки омываются газами с высокой температурой (жаровая труба, подоконник огневой коробки). Выпучины на жаровых трубах появляются обычно в верхней части трубы; однако, при большом диаметре трубы, могут появляться и сбоку, на высоте огневой линии. Способ устранения — небольшие по размерам и не глубокие выпучины могут быть исправлены, при нагреве до ярко-красного накала, при помощи специальных оправок, форма которых должна соответствовать размерам трубы в каждом частном случае. При большой выпучине требуется смена всей поврежденной части, напр., обечайки жаровой трубы.

В трубчатых котлах упуск воды влечет за собой неизбежно течь в местах развальцовки труб, а в котлах с огневыми коробками, помимо выпучин в леве огневых коробок, также и разрыв распорных болтов, укрепляющих боковые стенки огневых коробок. Способ ремонта — выправка выпучин, развальцовка или смена труб, смена поврежденных распорных болтов.

Загрязнение котла накипью и плом в жаротрубных котлах редко вызывает образование выпучин, но в цилиндрических котлах (батареиные, котлы с кипятильниками), с внешней тонкой, появлением выпучина, вследствие указанной причины, вполне возможно. В последнем

случае выщипаны получают на огневых листах барабанов, расположенных в пределах топки и первого газохода. В котлах с дымогарными трубами загрязнение накипью ведет к течи в местах развальцовки труб, а также к появлению трещин в трубных решетках. Устранить эти дефекты приходится повторной развальцовкой или сменой труб, засверливанием или заваркой трещин в трубных решетках или даже сменой последних. Повторной развальцовкой концы труб настолько ослабляются, что это в свою очередь может потребовать смены труб. Также и трещины в трубных решетках могут появляться, как следствие повторных развальцовок, так как при вальцовке труб в трубных решетках появляются значительные напряжения материала.

В горизонтально-водотрубных котлах загрязнение накипью вызывает появление отдулин, главным образом на трубах нижнего ряда; прогиб труб и течь в местах развальцовки труб — явление сравнительное редкое. Трубы с небольшими отдулинами обычно остаются в работе без всякого ремонта. При больших отдулинах, грозящих разрывом трубы, и при прогибах труб требуется смена последних.

Содержание масла в питательной воде в большинстве случаев ведет к перегреву и к выщипам в частях котла, подверженных прямому действию огня. В жаровых трубах выщипаны такого происхождения обычно появляются по бокам трубы. Ремонт — как указано выше.

Присутствие воздуха в питательной воде вызывает протравления стенок котла с внутренней стороны, в особенности когда котла устроено не правильно. Необходимо принимать меры к удалению воздуха из питательной воды. Подлежит также смазка стенок котла веществами, препятствующими ржавлению. Ввод питательной воды в котел нужно располагать в зоне наименьших температур. Разъединение стенок котла наблюдается также и при наличии в воде других примесей (углекислоты, хлора, гумусовой кислоты и ее солей). Способ предупреждения — постановка водоочистителя. Предположении о том, что трещины в листах по заклепочным дырам обуславливаются целостностью содержимого котла (содовая болезнь), не нашли себе пока полного подтверждения.

Длительные перерывы в работе часто связаны с появлением протравлений на внутренней стороне стенок, если котлы остаются после остановки не опорожненными, или если в опорожненном, но в них не открываются лапы, и внутренность котлов, таким образом, не вентилируется. Протравления появляются, главным образом, на уровне стония воды и под слоем шла. Опорожнение котлов, хорошее вентилирование их изнутри и целесообразно выполненная смазка веществами, предупреждающими ржавление, — вот средства предупреждения появления протравлений во время длительных перерывов в работе.

Ремонтировать части котла, пострадавшие от ржавчины и протравлений нужно только в том случае, если эти протравления настолько велики, что лишают котел требуемой по закону надежности. Поэтому в первую очередь нужно обращать внимание на разделение в заклепочных и сваренных швах, а также в связях в анкерах. Ослабления в листах по целому месту становятся опасными лишь в том случае, когда благодаря этим ослаблениям крепость целого листа делается меньше, чем крепость по заклепочному шву. За последнее время для ремонта котлов широко

применяется автогенная и электрическая сварка. Однако, сварка в этом случае является надежным средством только лишь тогда, когда она производится умело и когда есть возможность сваренные части хорошо отжечь после сварки (сравни стр. 406). Особенно следует быть осторожным со сваркой в тех случаях, когда сваренное место должно работать на разрыв или нагиб.

Обобщенно можно рекомендовать способы ремонта каждый раз выбирать по соглашению с Инспекцией по надзору за котлами.

Е. Топки.

а) Теория.

1. Расчет топок для твердого кускового топлива.

Площадь решетки. Исходными данными для расчета площади решетки служат: 1) часовой расход топлива — B , определяемый в свою очередь по заданному расходу пара — D определенного давления и температуры перегрева ($P_{к1}$, $t_{к1}$), рабочей теплопроизводительности топлива Q_{II}^P и выбранному коэффициенту полезного действия котла (см. ниже о балансе тепла) — $\eta_{к}$ и 2) напряжении решетки — $\frac{B}{R}$.

при чем: $B = \frac{D \cdot (Q - t_b)}{Q_{II}^P \cdot \eta_{к}}$. . . (1) тогда: $R = B : \frac{B}{R}$. . . (2)

Практикой установлены следующие средние нормы для напряжений решетки, вернее зеркала горения, для различных видов топлива:

Донецкий каменный уголь . . .	Марка Д	—	150 kg м ² /ч.
	Г	—	120 "
	ПЖ	—	110 "
	МС	—	110 "
	Т	—	100 "
Антрацит кусковой:			
в топках жаротрубных котлов		95—	100 "
" " водотрубных котлов с нормальным точным прострелом		100—	110 "
" " водотрубных котлов с большим точным прострелом		140—	150 "
" " шаровых		540—	600 "
Подмосковный бурый уголь сортиров:			
на ступенчатой решетке		350—	400 "
" плоской наклонной решетки с холодным вентил. дутьем		до	450 "
" плоских решетках с горячим вентил. дутьем		350—	380 "
Торф:			
в шахтных топках с наклонным зеркалом горения		350—	400 "
на плоских решетках с наклонными предтопками		до	600 "
Дрова:			
на простой решетке		350—	400 "
в шахтных топках с наклонным зеркалом горения		500—	600 "
в шахтных топках с вертикальным зеркалом горения		800—	1000 "

Тонна под водогрубыми котлами:

на вращающ.	$\sigma = 0,39 - 0,0008 \frac{B}{R}$				
и пламенном топливе при					
$\frac{B}{R} = 20$	40	60	80	100	kg/m ² /h
$\sigma = 0,50$	0,37	0,31	0,27	0,25.	

Шахтные топки (при параллельной комбинации с котлом) на сухих дровах и торф. при жаротрубных котлах $\sigma = 0,10$ до 0,15
 " горизонт. водогруб. котлах $\sigma =$ ок. 0,25
 " вертикал. " " $\sigma = 0,30$ до 0,35.

Коэффициент полезного действия топки может быть выражен следующим уравнением:

$$\eta_{\text{ит}} = 1 - \left(\frac{q_2 + q_4 + q_5}{100} \right) \quad (5)$$

ГДЕ: q_2 — потеря от химической испарности горения, зависит от конструкции топки и выхода легучих $\frac{Q}{V}$. Практические средние значения для q_2 :

ручная топка на пламенном топливе	2—5%
" " " вращающ.	0—2%
механич. " с вертикальным забросом	1—3%
" " тонкими ватками	0—1%
шахтные топки	0—1%
ступенчатые и шахт. решетки	0—3%

Для определения потерь опытным путем необходим элементарный анализ состава дымовых газов, по которому может быть подсчитана теплопроизводительность топки.

q_4 — потеря от механической испарности горения (привал, унос и потеря пригнание) зависит от конструкции решетки (живое сечение), от свойств топлива (воляность, спелость, прочность), от содержания мелочи в топливе и от величины $\frac{B}{K}$. Средние практические нормы для q_4 :

ручная топка на крупном топливе	1—4%
" " " мелком	3—5% и более
механическая топка	1—3%
шахтная топка на дровах	ок. 1%
" " торфе	3—5%

См. таблицу стр. 1436.

Потери q_5 при опыте может быть определена путем учета количества привала, уноса и выгара. Если затем будет установлено, путем исследования средних проб, содержащих горючего ($C^{\text{пр}} + C^{\text{ун}} + C^{\text{выгар}}$) в вкл, то соответствующая потеря в % будет:

$$q_5 = Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot C^{\text{пр}} + \text{ун} + \text{вг} \quad (6)$$

v — потеря в окружающую среду самой топки:

внутр. топки жаротрубных котлов	0,5—3%
внешн. топки водогрубых и др. котлов	2—4%
шахтные топки	4—6%

2. Расчет топок для порошкообразного топлива. Горение порошка иначе в принципе не отличается от горения кускового топлива. Основное условие успешности сжигания порошкообразного топлива заключается в том, чтобы процесс горения каждой пылинки закончился в период времени пребывания пылинки в пределах топки.

Преимуществами порошкообразного сжигания являются:

- возможность сжигания низкосортных топлив с высоким коэффициентом полезного действия;
- удобное и быстрое регулирование топки;

- полная механизация процесса подачи топлива в топку;
 - сокращение рабочей силы по обслуживанию котельной.
- Недостатками же пылеводного сжигания топлива являются:
- дороговизна оборудования;
 - повышенные требования к квалификации обслуживающего персонала.

Поэтому порошкообразное сжигание применимо, главным образом, в установках крупного масштаба.

Стандарты для стенок помола. В Америке и Германии выработаны следующие нормы для определения стенки помола, которыми устанавливается, какая часть общего веса пробы молотого угля должна проходить сквозь сита различных №№.

Американские нормы:			
Сито № 1—100	отверстий на 1" длиной		
" № 2—110	" " " 1" "		
" № 3—200	" " " 1" "		

Стандартный помол—75% прохода сквозь сито с 200 отверстиями

Германские нормы:			
Сито № 1—	500 отв. на 1 см ² при толщ. пров. 0,1300 мм		
" № 2—2 500	" " " 1 " " " " 0,080 "		
" № 3—4 500	" " " 1 " " " " 0,055 "		
" № 4—6 400	" " " 1 " " " " 0,050 "		

Стандартный помол—70% прохода сквозь сито № 4 (сито № 4 германских норм достаточно точно совпадает с ситом № 3 американских норм).

Процесс горения порошка. По данным Dr. Ing. Müllinger'a скорость горения угольного горючка равна приблизительно 1—2 секундам.

Dr. Ing. Rosin рекомендует следующую формулу для определения времени сгорания угольной пылинки.

$$Z = \frac{1000}{(f \cdot g)^{1,8}} \quad (7)$$

ГДЕ: Z — время сгорания в сек.,
 f — поверхность пылинки в мм²,
 g — в-е пылинки в мг.

Точное пространство может быть рассчитано по формуле Dr. Ing. Rosin'a.

$$Q_{\text{max}} = \frac{Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot 3600}{V \cdot Z} \quad (8)$$

ГДЕ: Q_{max} — максимальная допустимая тепловая нагрузка точного пространства в kcal/m²/h;

$Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ — низшая рабочая теплопроизводительность топлива в kcal/kg;

V — объем газов в м³/kg, получаемых при сжигании 1 kg топлива при топочной температуре;

Z — скорость горения по уравнению (7).

Практически предпочитают придавать топочному пространству большие размеры, чем какие получаются по уравнению (8), именно, не доводя $Q : V$ более чем до 220 000 kcal/m²/h при скорости газов в топке 4—5 m/sec.

Топочным пространством следует считать ту часть топочной камеры, которая заполнена факелом горючего топлива.
 Прямая отдача (по формуле Dr. Ing. Rosin² a).

$$\sigma = 1 - \frac{T_r \cdot V_r \cdot C_r}{\eta_r \cdot Q_{II}^P} \dots \dots \dots (9)$$

ГДЕ: T_r — температура в топке;
 V_r — объем продуктов горения при топочной температуре, в м³/кг;
 C_r — теплоемкость продуктов горения;
 η_r — коэффициент полезного действия топки (0,9 до 0,94);
 Q_{II}^P — рабочая тепловыработка топлива в kcal/кг.

Избыток воздуха около 10%; $\alpha = 1,1$.
 Температура в топке должна быть выше температуры размягчения огнеупорного кирпича, из которого сделана футеровка топки. В целях возможности безболезненно увеличивать температуру в топке, следует принимать меры к охлаждению футеровки или облицовывать топку с внутренней стороны поверхностями, полезно воспринимающими лучистую теплоту (трубы, с циркуляцией по ним воды или пара).

Применяется также так называемая "шлаковая защита" стенок, которая заключается в том, чтобы стенки топки покрыть глазурью из шлака, предварительно доведенного до степени плавления и затем затвердевшего.

3. Расчет топок для жидкого топлива. При сжигании нефтяных остатков нормальным нужно считать избыток воздуха во все же 20% при паровом распыливании, и 10% — при беспарвом. Прямая отдача в топке может быть принята следующей:

при сжигании в жаровых трубах:
 жаротрубных котлов $\sigma = 0,55 - 0,001 \cdot (B : d)$,
 где: d — диаметр жаровой трубы в метрах;

при сжигании под горизонтальными водотрубными котлами:
 $B : F = \begin{matrix} 20 & 40 & 60 & 80 & 100 \\ \sigma = 0,50 & 0,37 & 0,31 & 0,27 & 0,25 \end{matrix}$ kg/m²/h

где: $F = a \cdot b$ — пропиедение ширины топки на ее длину.
 Допустимыми тепловыми нагрузками топочного пространства будут следующие:

при паровом распыливании $Q : V = 250$ kcal/m³/h
 механич. " " $Q : V = 300$ " "

Сопротивление нефтяной топки обычно не превосходит 2 — 3 мм водял столба.

4. Расчет топок для газообразного топлива. Газообразное топливо может сжигаться с избытком воздуха не более 5—10%. Тепловую нагрузку топочного пространства берут 250—300 kcal/m³/h.

5. Процесс горения. Относительно химической стороны процесса горения см. т. I — Теплога.

Протекающий в топках обычного типа процесс горения топлива является сложным процессом, с одной стороны, газификация топлива в летучей его части, смешения продуктов этой газификации с воздухом

и стороны этой смеси в виде пламени, а с другой стороны, стороны путем лишь поверхностного окисления твердого остатка (кокса), остающегося на решетке после выхода летучих.

Практически процесс горения нельзя вести с теоретически необходимым количеством воздуха; всегда бывает необходим, но избежание химической неполноты горения, большой или меньшей избыток последнего. См. вышеприведенные данные о нормах избытка воздуха, стр. 417 и 420.

С уменьшением избытка воздуха уменьшается потеря с отходящими газами и улучшаются условия работы топки. С другой стороны неизбежные химической неполноты горения влечет за собой большие потерл. Так, 1% CO в отходящих газах дает, в среднем, потерю в 5%. Поэтому для получения наилучших результатов необходимо стремиться не к минимуму каждой из потерь, с отходящими газами и от химической неполноты в отдельности, а к минимуму суммы этих потерл.

При соприкосновении продуктов химически неполного горения со стенками котла происходят разложение углеводов с выделением углерода (сажа), окрашивающего газы в черный цвет. При дальнейшем охлаждении этих продуктов происходит конденсация смол, присутствие которых в газах сказывается резким запахом.

Средствами к уничтожению дыма являются: употребление беспламенных топлив (антрацит, кокс), а при пламенных топливах — соответствующее устройство топки: сильно развитое топочное пространство, ввод вторичного воздуха, забрасывание топлива в топку небольшими порциями, при соответствующем регулировании подвода воздуха. При сжигании жирных углей в ручных топках, свежие порции угля следует забрасывать на переднюю часть решетки для того, чтобы выделяющиеся летучие горючие, пролетая над раскаленной поверхностью горящего на решетке топлива, успели нагреться и загореться в пределах топки. Почти бездымного горения пламенных топлив можно добиться в топках с непрерывным процессом (цепные решетки, полутепловативные шахтные топки, сжигание газа или пыли).

Причинами появления дыма являются обычно: сильная форсировка котлов, недостаточная тяга и неумелое обслуживание топок. Появления дыма следует избегать, так как: 1) дым свидетельствует о химически неполном горении топлива, 2) сажей загрязняется поверхность нагрева котла и, следовательно, ухудшается использование топлива и, наконец, 3) присутствие дыма ухудшает условия жизни людей в окружающей местности, что особенно важно в случае нахождения котельной установки в пределах большого города.

6. Потери тепла в паровом котле. (См. также т. I — Теплога).

1. Потери происходящая вследствие того, что дымовые газы уходят из котла с температурой (T_k) более высокой, чем температура входящего в топку воздуха (t_1), могут быть определена по количеству газов, их теплоемкости и разности температур $T_k - t_1$.

Количество дымовых газов определяется по составу сжигаемого топлива и по содержанию в них углекислоты, следующим образом:

Если C — содержание углерода в топливе в % веса, а CO_2 — содержание углекислоты в газах в % объема последних, то 1 кг

топлива дает сухих продуктов горения (без паров воды) при 0° и 760 мм рт.:

$$\text{при полном горении} \dots \dots \dots \frac{C}{0,536 CO_2} \text{ м}^3$$

$$\text{в неполном горении} \dots \dots \dots \frac{C - C^{\text{пот}}}{0,536 (CO_2 + CO)} \text{ м}^3$$

если условно отнести всю химическую неполноту горения к понижению одной окиси углерода.

Вес водяных паров на 1 кг топлива будет равен $\frac{9H + W}{100}$ kg, где H и W — содержание водорода, соответственно воды в топливе в % веса.

Объем этих паров при 0° и 760 мм рт. будет:

$$\frac{9H + W}{100} \cdot \frac{1}{0,804} \text{ м}^3.$$

Тогда общий объем продуктов при полном горении будет:

$$\frac{C}{0,536 CO_2} + \frac{9H + W}{100 \cdot 0,804} \text{ м}^3$$

при 0° и 760 мм рт.

Если принять среднюю теплоемкость сухих продуктов горения в 0,32 kcal/m³, а водяного пара в 0,48 kcal/kg, то потери тепла в отходящих газах будет (фиг. 702).

$$Q = \left(\frac{C}{0,536 \cdot CO_2} \cdot 0,32 + \frac{9H + W}{100} \cdot 0,48 \right) (T_k - t_r) \text{ kcal/kg. (10)}$$

Количество воздуха, потребное для сжигания 1 kg топлива, подсчитывается следующим образом:

$$L = \left(\frac{8}{3} C + 8H + S - O \right) \frac{100}{23} \text{ kg} \dots \dots (11)$$

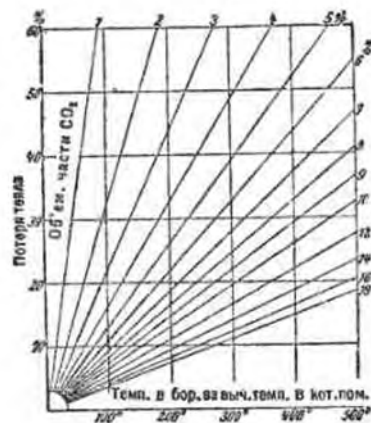
или:

$$L = \left(\frac{8}{3} C + 8H + S - O \right) \frac{100}{23} \cdot \frac{1}{1,29} \text{ м}^3 \dots \dots (12)$$

где: C, H, S и O — составные части топлива в % веса.

Если в дымовых газах анализом обнаружено кроме CO₂% углекислоты еще O% кислорода и, следовательно, в газах (при полном горении) имеется еще 100 - CO₂ - O = N% азота, то избыток воздуха будет:

$$L = \frac{21}{21 - 79(O : N)} \dots \dots \dots (13)$$



Фиг. 702. Разница между t° отходящих газов и t° воздуха.

2. Потери тепла в окружающую среду через наружную поверхность обмуровки котла (и пароперегревателя) обычно держится в следующих пределах:

Таблица 6.

Типы котлов	Потери котлом в %/о		Потери пароперегревателей в %/о	Примечание
	Рыночная обмуров.	Хорошая обмуров.		
Жаротруба. и комбин.	7—8	3—4	0,5—2	Не зависит от N_k и $\frac{D}{H_k}$.
Батар. и цилиндрическ.	7—10	4—5	0—2	Зависит от размера котла и $\frac{D}{H_k}$.
Гориз. водотр.	4—8	2—5	0—0,5	
Вертик. "	4—7	2—4	0—0,5	

7. Испарительность топлива выражает количество воды, испаренной в котле за счет 1 kg топлива. Термин этот дает лишь очень поверхностную характеристику тому полезному эффекту, который получается от сжигания топлива. Более определенную характеристику в этом отношении дает коэффициент полезного действия, который представляет собой отношение тепла использованного в котле к теплопроизводительности израсходованного топлива:

$$\eta_k = \frac{D}{B} \cdot \frac{\lambda - t_b}{Q_H^P} \dots \dots \dots (14)$$

где:

- $\frac{D}{B}$ — испарительность топлива,
- λ — полное теплоемкость пара от 0° в kcal/kg,
- t_b — температура питательной воды,
- Q_H^P — рабочая теплопроизводительность топлива.

Для возможности сопоставлять цифры испарительности, полученные при различных условиях, приводят полученную опытным путем испарительность, так называемую видимую испарительность, к нормальным условиям парообразования. Такими нормальными условиями условно принято считать парообразование при 100° из воды в 0°, что даст теплоемкость пара около 640 kcal/kg.

Пример: Пар 10 атм. мб.; т-ра пит. воды 80°; видим. испарительность 7,5; напряжение пов. нагрева котла 20 kg/m²/h.

Пересчет на нормальные условия:

Напряжение котла по нормальному пару:

$$20 \cdot \left(\frac{867 - 80}{640} \right) = 18,3 \text{ kg/m}^2/\text{h}$$

Приведенная испарительность

$$7,5 \cdot \frac{867 - 80}{640} = 6,87.$$

8. **Баланс тепла.** Балансом тепла контролируется правильность определения отдельных слагаемых расхода тепла: использования тепла и потерь. Разница между 100 и суммой, установленных опытным путем относительных величин использования тепла и потерь, составит так называемый „остаточный член“ баланса, который обычно включает в себе всю потерю в окружающую среду, не определяемую опытом. Часто, однако, в остаточном члене заключается и не поддающаяся также учету затрата тепла на нагрев обмуровки котла. Это получается в том случае, когда испытание котла вачато при неустановившемся тепловом состоянии. Испытание в таком случае не дает достаточно показательных результатов, и потому всегда следует начинать испытание лишь после того, как кладка котла хорошо прогреется.

При испытаниях надлежит придерживаться правил и норм испытаний установленных Всесоюзными Тепло-техническими Съездами.

9. **Пример обработки результатов испытания парового котла.** Общий объем наблюдений, необходимых для подсчета баланса тепла и самую форму такого подсчета дает пример, представленный на стр. 425.

10. **Стоимость пара** дается за 1000 кг или 1 т. Составляется из стоимости топлива франко-котельная и из эксплуатационных расходов: зарплата персонала, стоимости ремонта, чистки котлов, вспомогательных материалов, электро-энергии, воды, вывоза отбросов, начислений на амортизацию, страховки, налогов и т. д. Стоимость топлива франко-котельная составляется из цены топлива франко место отправки и накладных расходов по транспорту, хранению и т. п. Последние в хозяйствах центрального района СССР, держатся примерно в следующих нормах:

Таблица 7.

СТАТЬИ НАКЛАДНЫХ РАСХОДОВ	Нормы на 1 пуд паров. веса							
	Манут	Допешей уголь	Антрацит АК	Полесковский уголь 0	Дрова			Торф
					Метровой рукавной доставки	Ж.-д. до- ставки до 150 в.	Ж.-д. до- ставки до 300 в. или склад	
Ж.-д. тариф (средн. норма) . . .	—	15,2	15,8	2,0	—	2,75	4,18	—
Прочие ж.-д. сборы	—	1,6	1,6	1,3	—	2,0	2,0	—
Угрюк-уценка	0,75	0,6	0,6	0,13	—	0,2	0,2	0,45
% на оборотный капитал при заготовках топлива (10%) . . .	1,30	0,65	0,71	0,34	0,32	0,33	0,37	—
Подача по ветке на склад . . .	0,50	0,40	0,40	0,40	—	0,50	0,50	—
Выгузок, укладка	0,25	0,35	0,35	0,35	0,40	0,30	0,30	0,20
Подача в котельную	0,20	1,0	1,0	1,00	1,0	1,0	1,0	1,0
Расценка по дворю	0,34	0,40	0,45	0,2	0,17	0,17	0,17	0,18
Содержан. и амортизация скла- дового оборудования	0,32	0,20	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Эксплуатационные расходы составляют обычно от 40 до 60% от стоимости топлива.

Сводная таблица результатов испытания котлов.

Тип и размер котла: вертикал. водотр. Горбе: $H_k = 730 \text{ м}^2$; $H_n = 275 \text{ м}^2$; $H_p = 375 \text{ м}^2$; $R = 13,4 \text{ м}^2$.

Конструкция топки: механическая топка с цепной решеткой и шахтными предтопками с наклонными колосниками без дутья.

Топливо: машинный торф $w = 22,2\%$; $A = 2,8\%$; $Q_{II}^P = 3852 \text{ kcal}$.

I. Данные измерений.

1	Продолжительность испытания	Час.	6,92
2	Ср. часовой расход торфа	кг/ч	6740
3	Количество воды и шлаков в % веса топлива	$\frac{\text{кг}}{\text{кг}}$	2,4
4	Остаток горючего в сгарках	$\frac{\text{кг}}{\text{кг}}$	9,7
5	Ср. час. расход питат. воды	кг/ч	25500
6	Т-ра питат. воды перед котлом	°C	58
7	Давление в котле по манометру	кг/см	17
8	Давление в котле по манометру	кг/см	11,7
9	Т-ра пара после перегревателя	°C	307
10	Сообщенное пару теплоемкостное	kcal/kg	717
11	Содержание CO ₂ в газах за котлом	$\frac{\text{кг}}{\text{кг}}$	14,7
12	CO ₂ в газах за котлом	$\frac{\text{кг}}{\text{кг}}$	13,5
13	CO ₂ + O ₂ в газах за котлом	$\frac{\text{кг}}{\text{кг}}$	19,8
14	CO ₂ + O ₂ в газах за котлом	$\frac{\text{кг}}{\text{кг}}$	19,9
15	Ср. т-ра газов за котлом	°C	—
16	Ср. т-ра воздуха за котлом	°C	273
17	Ср. т-ра воздуха в котельной	°C	34
18	Разрежение в топке	мм вод. столба	8,1
19	Разрежение за котлом	мм вод. столба	29,6
20	Разрежение за котлом	мм вод. столба	55,1

II. Выводы из наблюдаемых величин.

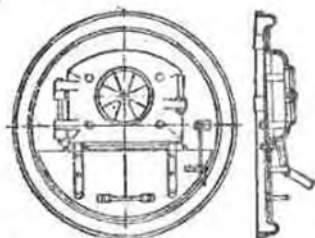
1	Ср. напряжение зеркала горения $\frac{B}{R}$	кг/м ² /ч	494
2	Ср. напряж. пов. нагр. по норм. пару $\frac{D}{H_k}$	"	37
3	Ср. напряж. пов. нагр. по норм. пару $\frac{D}{H_k}$	kcal/м ² /ч	23800
4	Коэффициент избытка воздуха за котлом	"	1,41
5	Испарительность торфа в котле	кг/кг	4,23
6	Испарительность торфа в котле	"	4,74
7	Испарительность торфа в котле	"	—

III. Баланс тепла.

Использовано тепла:		$\frac{\text{кг}}{\text{кг}}$	kcal/kg
1	В котле	66,7	2583
2	в перегревателе	7,2	279
3	в экономизаторе	4,4	173
4	Коэффициент пол. дейст. установки	78,3	3035
Потеря тепла:			
5	С отходящим газом	13,9	538
6	От химической неполн. горения	1,3	50
7	механической	0,5	19
8	В окружающую среду и валами обода	0,0	234
Теплопроизводительность торфа		100	3852

b) Детали тонок.

Толочный фронт предназначается для укрепления шуровочных и поддувальных дверок. Выполняется обычно из чугуна с толщиной стенки от 15 до 20 мм. У жаротрубных котлов каждая жаровая труба имеет отдельную фронтонную плиту. Если горловина у динца отбортована наружу, то фронт или крепится к ней болтами, или вставляется свободно. Если же горловина отбортована во-внутрь, то фронт или крепится к выходящей чаружу части жаровой трубы, или подвешивается к динцу. У котлов с огневой коробкой особой фронтонной плиты не делается, и шуровочные дверки прикрепляются непосредственно к котлу. У водотрубных котлов фронтонная плита крепится к лицевой стенке обмуровки при помощи



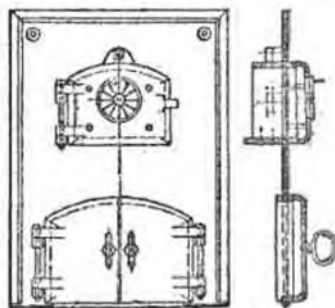
Фиг. 703.

вертикальных болтов, при этом, если фронт имеет большие размеры и на нем должны быть расположены две или более шуровочные дверки, то он делается составным из двух или более отдельных плит так, чтобы в каждой плите было по одной шуровочной и поддувальной дверке (фиг. 703 и 704).

Шуровочному отверстию обычно придают размеры: 400 мм в ширину и 350 мм в высоту.

Шуровочные дверки чаще всего делают одностворчатыми, с вертикальной осью вращения. При ограниченности места перед фронтом котла (пароходные котлы, паровозы) приходится делать дверки открывающимися во-внутрь, с горизонтальной осью вращения. Последняя конструкция имеет то преимущество, что на дверках не требуется устраивать специальные заноры для предохранения котла от осколов на случай выбрасывания пламени. Для защиты дверок от прямого действия лучистой теплоты, их делают либо с двойными стенками, либо ставят на них особый железный защитный щиток, на расстоянии 80—100 мм. В дверках делают отверстие для прохода воздуха, назначение которого охлаждать дверку. Если в защитном щитке сделать отверстие против отверстия в дверке, то при этом можно будет наблюдать за огнем в топке. Отверстия в топочной дверке перекрываются решетками для возможности регулирования притока воздуха.

Поддувальные дверки необходимы для регулирования доступа воздуха под решетку. Дверки большей частью одностворчатые с вращением около горизонтальной оси, с приспособлением для установки в любом положении. Иногда вместо дверок поддувальные отверстия закрывают приставными заслонками.



Фиг. 704.

Шуровочная плита располагается на высоте 750—800 мм от уровня пола и не выше горизонтального диаметра жаровой трубы в жаротрубных котлах и служит опорой для шуровочного инструмента при шуровках. Делается из чугуна толщиной около 20 мм и крепится на болтах к фронтонному щиту. Чтобы иметь опору для кирпичной кладки вокруг шуровочного отверстия, на шуровочной плите устанавливается чугунная рамка. К шуровочной плите крепятся опорные балки для укладки колосников.

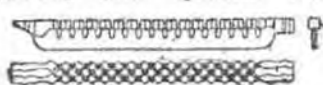
Решетка составляется из колосников, опирающихся на опорные балки. Колосники обыкновенно чугунные (серый чугун), реже железные. Форма и размеры колосников должны удовлетворять условиям: расположение центра тяжести—ниже опорной плоскости, достаточное живое сечение, хорошее распределение воздуха, интенсивное охлаждение воздухом и, в силу этого, хорошее подогревание воздуха, доступность проворов между колосниками для чистки сиву.

Таблица 8. Употребительные размеры колосников.

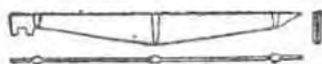
Вид топлива	Толщина колосника	Ширина прозора
Мелочь	5 до 6 мм	3 до 6 мм
Расплаивающиеся	8 - 10 "	5 - 8 "
Смешанное	10 - 13 "	8 - 10 "
Сильно шлакующиеся	13 - 20 "	10 - 15 "

Длина $1000 > l > 300$ мм в среднем $l \approx 60d$, где d —толщина колосника; при длине более 60 см необходимо укрепляющее ребро по середине. Высота $1/5$ до $1/6$ от длины, толщина от 5 до 20 мм; книзу уменьшается. Ширина прозора в зависимости от рода топлива.

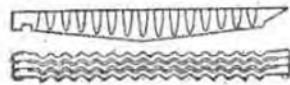
Наиболее употребительная форма—простой, плоский колосник (фиг. 705). Полнотелые, ребристые или извилистые колосники (фиг. 706 и 707) для шлакующегося топлива мало подходящи, так как затрудняют чистку решетки; более пригодны для низкосортных малоазольных топлив.



Фиг. 706.



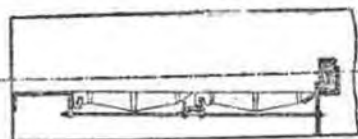
Фиг. 705.



Фиг. 707.

Плитные колосники употребляются для топок с нижним дутьем (для антрацита и подмосковного угля) при живом сечении 8—12%; щелеобразные отверстия предпочтительнее, чем круглые, так как дают лучшее распределение воздуха. Для сильно шлакующихся углей употребляются пустотелые колосники с охлаждением водой.

Колосниковые опорные балки служат опорами для колосников. Передняя балка часто составляет одно целое с шуровочной плитой, а задняя — с опорой порога. Колосники укладываются в зазор между рядами в $1/50$ от длины в расчете на расширение. С этой же целью колосники с опорными балками соединяются только одним концом, оставляя другой конец свободным. Опорные балки соединяются между собой тягами (фиг. 708) и кладутся в свою очередь на особые железные балки,



Фиг. 708.

которые крепятся к шуровочной плите и к опоре порога. Средние балки делаются с прозорами для прохода воздуха, дабы не уменьшать живого сечения решетки на опорах.

Порог ограничивает решетку, образуя заднюю и в задней части последней, и предотвращает переваливание топлива за решетку, позволяет держать более толстый слой топлива на задней части решетки, и таким путем уменьшает избыток воздуха, проваивает некоторое завихрение потока газов, выгодное с точки зрения лучшего перемешивания газов с воздухом. У толку внутри жаровых труб порог выкладывается на чугунной опоре, состоящей из горизонтальной плиты и прилитой к ней вертикальной стенки, замыкающей топочное поддувало.

Регуляторы подвода воздуха. Для регулирования подвода воздуха в толку служат поддувальные дверки на фронте толки и шибера, опускаемые или поворачиваемые, в борове за котлом. Опускаемые шибера должны выходить в направляющую их раму с возможно малым зазором, дабы не было прорыва в боров холодного воздуха, ухудшающего тягу. Опускаемые шибера подвешиваются с противовесами (фиг. 652).

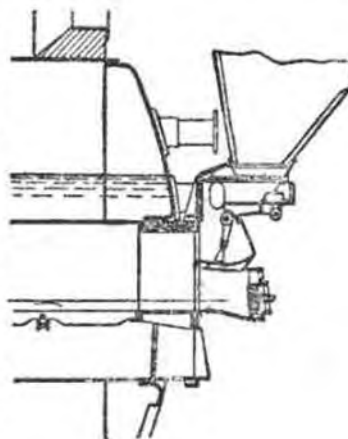
с) Конструкции толков.

1. Толки для твердого топлива. Внутренние толки. В котлах с жаровыми трубами или огневыми коробками обычно сплошная колосниковая решетка. Топочное пространство ограничивается стенками котла, омываемыми водой, что с одной стороны обуславливает интенсивную теплопередачу, а с другой — низкую температуру в топочном пространстве. Последнее обстоятельство может быть причиной химически не полного горения топлива. Преимущественно годны для сжигания высококалорийного топлива, так как размеры решетки ограничены (не длиннее 2 м) (фиг. 648, 652, 655 и др.). Обслуживание удобное, всю решетку хорошо видно; чистится легко и просто, ремонт несложный и дешевый. Живое сечение выбирается в зависимости от сорта топлива (таблица 8, стр. 427). Толщина слоя топлива на решетке держится не более 15 см; при более толстом слое увеличивается сопротивление решетки; тяги может не хватать для подачи воздуха в толку в нужном количестве, следствием чего явится химически не полное горение топлива и появление дыма. Избежать дымообразования при сжигании жирных углей можно путем ввода в толку через полый порог или как-нибудь иначе так называемого вторичного воздуха. Существуют приспособления для автоматического ввода в толку вторичного воздуха и регулирования тяги, в зависимости от количества зашурованного угля и содержания летучих в последнем. Более простым и более надежным, однако, путем является возможно более равномерное забрасывание угля на решетку. В этом отношении хорошие результаты дают автоматические самозабрасыватели (фиг. 709). Однако, применение последних, в особенности в соединении с механизированной подачей топлива в котельную, оправдывается лишь при наличии топлива с устойчивыми качествами и при равномерной работе, т. е. при отсутствии резких колебаний в нагрузке котлов. Если же качества топлива в отношении размера кусков, теплопроводности, зольности и свойства зольности постоянно меняются, то применение автоматических самозабрасывателей не рекомендуется. В мелких и средних котельных такие устройства применяются также редко. При необходимости сжигания низкосортного топлива приходится увеличивать размеры толки путем пристройки выносной части (фиг. 709).

Наружные толки. Топочное пространство ограничено лишь сверху поверхностью нагрева котла, с боков же — кирпичной кладкой и может быть сделано любых размеров. При недостаточных размерах топочного пространства пламя заходит в промежутки между трубами котла, где неизбежно загущает, вследствие сильного понижения температуры. Последствием является большая потеря от химической не полноты горения. О размерах топочного пространства см. стр. 419—420.

Расход на ремонт огнеупорной кладки значительный. При открытом поддувале последнее рекомендуется заливать водой, для чего нижняя часть поддувала должна быть сделана из цемента водонепроницаемой. Пар, образующийся от испарения воды в поддувале от падающих туда частиц раскаленного угля, охлаждает решетку, предупреждает зашлаковывание и облегчает, следовательно, чистку последней.

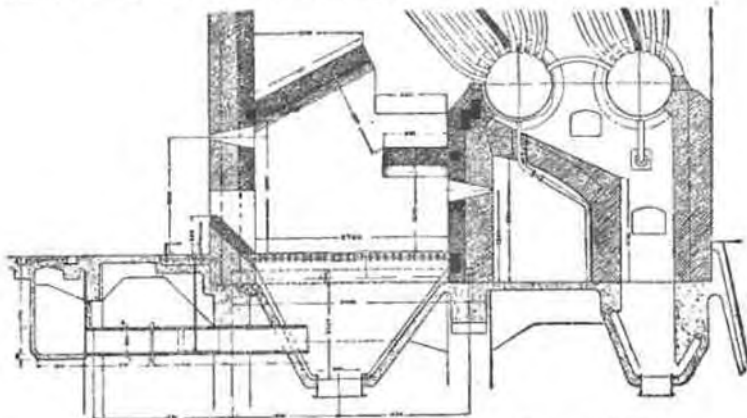
При сжигании антрацита таким путем, однако, предохранить решетку от перегорания нельзя. Решетка в этом случае делается с малым живым сечением (8—10%), в воздух искусственно нагнетается с давлением 20—30 мм вод. столба в закрытое поддувало. Благодаря малому живому сечению решетки и соответствующей форме отверстий (фиг. 715—717), зольная завихренная температура в слое удаляется от решетки и последняя таким образом предохраняется от сильного нагревания. При тугоплавком шлаке антрацит можно сжигать с „сухим“ вентиляционным дутьем.



Фиг. 709.

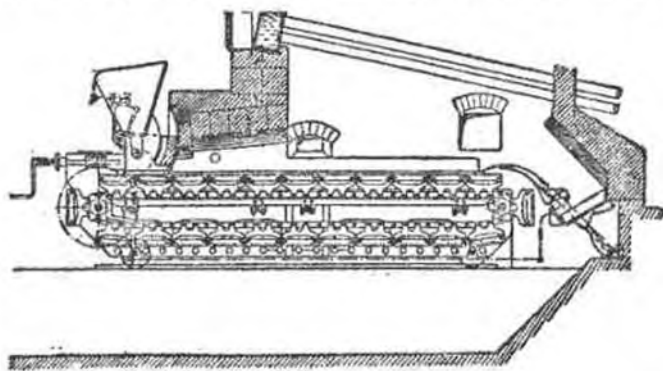
Если же шлак легкоплавкий, то приходится прибегать к менее выгодному паровому дутью.

При сжигании подмосковного угля (фиг. 709 а) решетка тоже выполняется с малым живым сочеппем (12—14%) и располагается на 350—



Фиг. 709 а. Топка для подмосковного угля в котлу „Стерлинг“ 329 м².

400 мм ниже шуровочного отверстия. Сжигание ведется на толстой золовой подушке, способствующей хорошему распределению воз-



Фиг. 710.

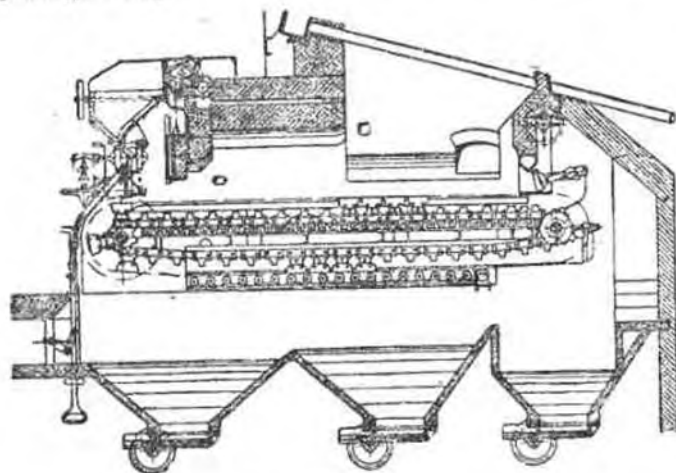
духа и полной изоляции решетки от раскаленного слоя топлива. Дутье исключительно сухое с давлением до 80 мм вод. столба. Для удаления воды из точки некоторые элементы решетки делаются поворачивающимися на шарнирах. Через образующееся таким образом отверстие зола

сбрасывается в поддувало, откуда удаляется по особым рукавам в зольный подвал, устройство которого является обязательным в таких случаях.

При дутье давление в точке держится близким к 0° (уравновешенная тяга). Расход энергии на дутье вентилятором 1½—2%. При паровом дутье этот расход обычно держится в пределах 6—8%.

В крупных установках с большими котлами применяются механические точки в соединении с механической же подачей топлива.

Цена и эа решетка (фиг. 710) с регулировкой скорости движения цепи, в зависимости от нагрузки котла и начальной толщины слоя топлива на решетке, в зависимости от качества топлива, дает хорошие результаты при соответствующем уходе. Прорыв воздуха в задней части точки предупреждается установкой особых шлакооснимателей и подвижных порогов (фиг. 711).



Фиг. 711.

Конструкция цепи должна позволять легкую и быструю смену отдельных колосников. Скорость движения цепи в начальной толщине слоя устанавливается так, чтобы получалась возможно меньшая механическая потеря горючего. При колебаниях нагрузки регулировка точки сложна и требует большого навыка.

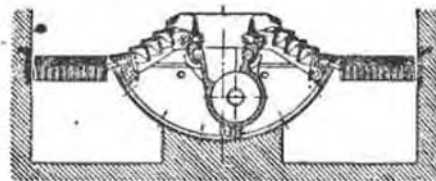
Цепные решетки строятся без дутья и с дутьем. Последнее, в особенности с предварительным подогревом воздуха, дает очень хорошие результаты за последнее время при сжигании высортных, сильно влажных топлив, как, например, подмосковный уголь, торф и т. п. (фиг. 711 а и 711 б).

Расход силы на движение цепи от 0,2 до 0,3 Р. С. на 1 м² площади решетки, в зависимости от величины решетки и ее конструкции.

Преимуществами цепных решеток являются высокий коэффициент полезного действия и значительное сокращение штата прислуги у котлов,

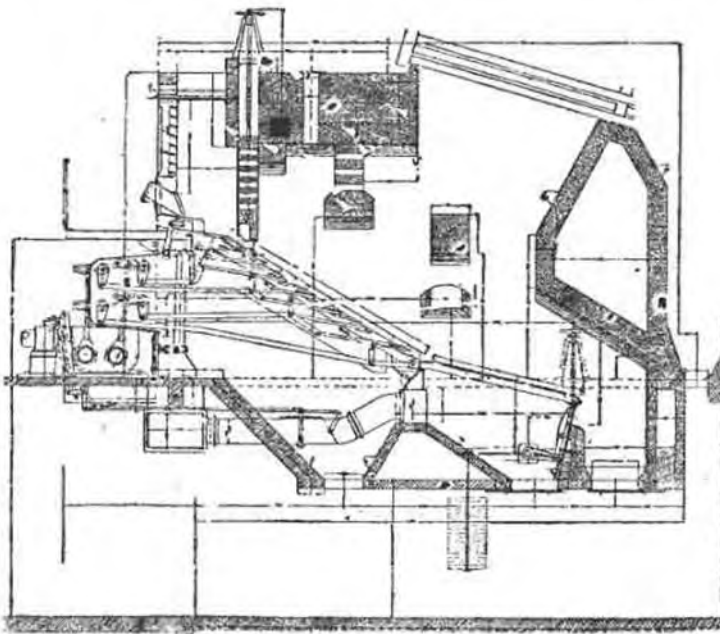
однако, установка таких топков связана с большими капитальными затратами, и кроме того, топки эти, в большинстве случаев, требуют частого, дорого стоящего ремонта.

Решетки с подачей топлива снизу (фиг. 712) применяются и для внутренних топков. В большинстве случаев с дутьем. Топливо выталкивается на решетку механически снизу на корыта, расположенного под решеткой, по середине последней. Выделяющиеся из свежих порций топлива летучие горючие проходят через сверхлажащие раскаленные слои этого топлива, благодаря чему достигается полное их сжигание. Такие топки работают почти бездымно с хорошим коэффициентом полез-



Фиг. 712.

действия и большим напряженным решеткам. В современной, главным образом американской, практике решетки с нижней подачей полу-

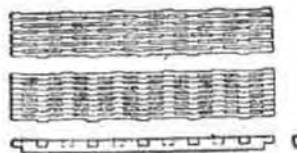


Фиг. 713. Топка для бурых углей сист. Зейбел и К° для котлов большой мощности; (до 1000 кв. м. пов. нагрева).

ного действия и большим напряженным решеткам. В современной, главным образом американской, практике решетки с нижней подачей полу-



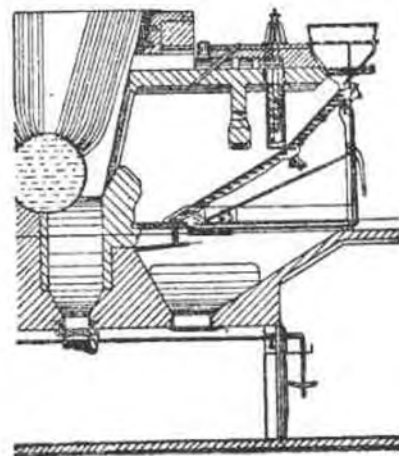
Фиг. 714.



Фиг. 715.



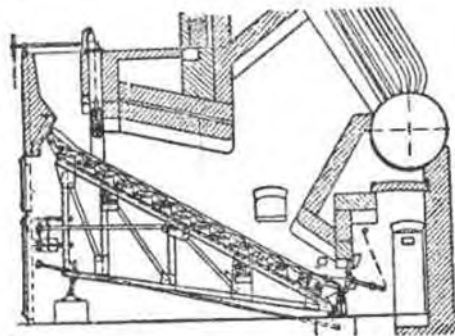
Фиг. 716.



Фиг. 717.

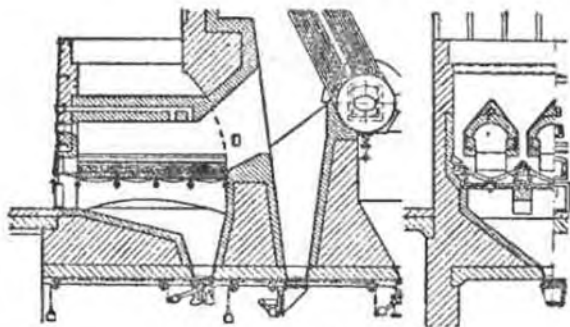
чаем широкое распространение. Описание таких топков можно найти в книге проф. Münzinger'a, „Amerikanische und deutsche Gross dampfkessel“.

Ступенчатые решетки применяются для сжигания мелкого низкосортового топлива, например: подмосковного курного угля (фиг. 713), опилки, торфа и т. п. Обычно требуют устройства выносной топки (фиг. 717, 718 и 720). Позволяют легко осуществлять необходимую площадь решетки. Ступенчатая решетка обычно оканчивается внизу короткой горизонтальной колесничкой плитой (длиной около 500 мм), которая может или выдвигаться, или откидываться на шарнирах. На горизонтальной решетке собираются зола и шлаки, которые периодически и удаляются. Угол наклона ступенчатой решетки выбирается в зависимости от сорта топлива. Может быть установлен только опытно, поэтому всегда предусматривается



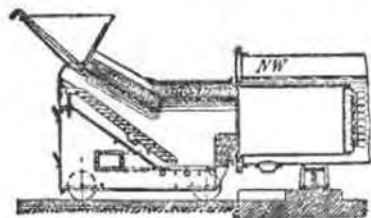
Фиг. 718.

возможность изменения этого угла так же, как и изменение толщины слоя, путем регулирующего шибера. Решетки выносятся с ручным обслуживанием для небольших котлов, и с механическим — для крупных установок (фиг. 718). Требуется сильная тяга — 8—10 мм вод. столба в топке, дабы иметь возможность работать с достаточно толстым слоем топлива на решетке. В противном случае неизбежны прогары и чрезмерно большой избыток воздуха.

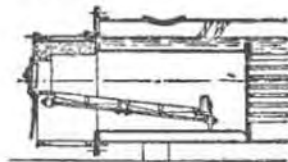


Фиг. 718.

Двухскатные решетки (фиг. 719) целесообразны, главным образом, для сырого малозольного топлива. Топливо должно быть достаточно однородное (куски не более кулака), так как в противном случае оно застревает в горловинах. Загрузочную воронку поэтому целесообразно перекрывать ре-



Фиг. 720.

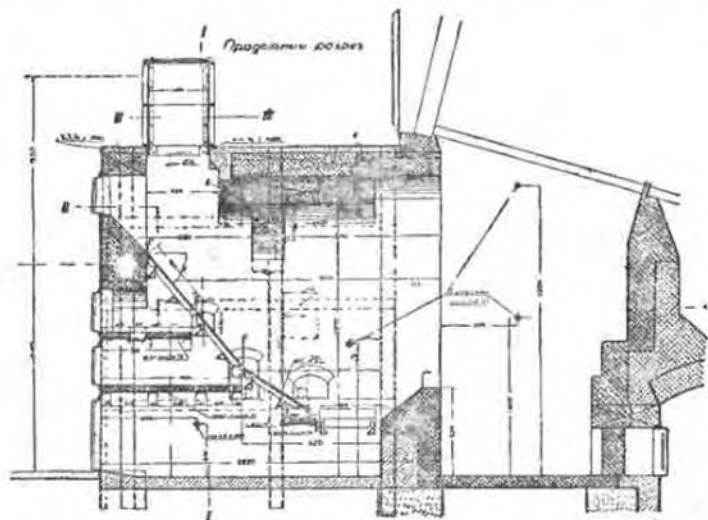


Фиг. 721.

шеткой (100 × 100 мм). У котлов для сжигания обрезков дерева и опилок топка увеличена надстройкой предтопки (фиг. 720 и 721).

Шахтные полугенеративные топки применяются для сжигания дров и торфа (фиг. 721а). Делятся в комбинации с наклонными решетками, со ступенчатыми решетками и без решеток. Преимущества: подсушка топлива в шахте, непрерывный ввод топлива в топку,

автоматическое движение топлива в топке. Дают полное бездымное сжигание топлива с небольшим избытком воздуха ($\alpha = 1,2-1,3$) и высокую производительность котлов даже на таких низкосортных видах топлива, как сырые дрова и торф. Недостатки: значительная добавочная потеря в окружающую среду, в особенности в комбинации с жаротрубными котлами; большая теплоемкость, что исключает возможность быстрого приспособления к изменяющимся условиям отбора пара; затруднительность удаления шлаков и большой износ при сжигании зольного топлива (торф).



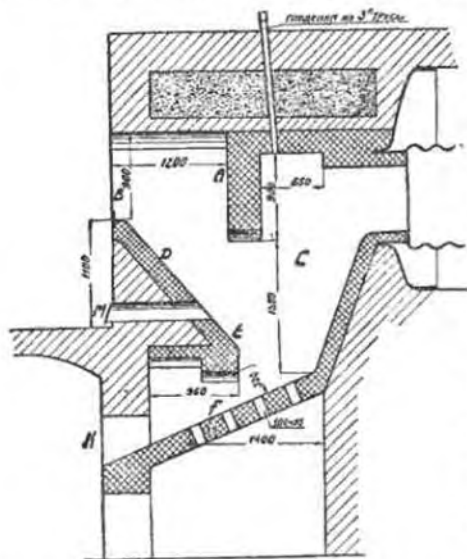
Фиг. 721а. Шахтная торфяная топка (проект Теплотехнического Института).

Топки с обращенным зеркалом горения (фиг. 721б). Принцип работы заключается в том, что воздух, потребный для горения топлива, подводится не снизу в зону горения, а сверху слой свежезагруженного топлива. Благодаря этому продукты перегонки топлива выходят не прямо в топочное пространство, а проходят, будучи предварительно хорошо перемешаны с воздухом, через раскаленный слой горящего кокса, нагреваются при этом до температуры, необходимой для воспламенения, и быстро и полно сгорают в пределах топки. Топки применимы к сжиганию дров и торфа. Дают высокий коэффициент полезного действия. Иногда более удобны по местным условиям, чем шахтные топки, так как не требуют углубления.

Генеративные топки применяются в том случае, когда свойства данного топлива не допускают удовлетворительного его сжигания в топках обычного типа, например, вследствие очень большой

зольности и легконлаивкости золь. Тонки работают на принципе предварительной газификации топлива и последующего сжигания продуктов этой газификации.

2. Тонки для пылевидного топлива¹⁾ (фиг. 721с). Применяются, главным образом, для сжигания выжесортного минерального топлива,



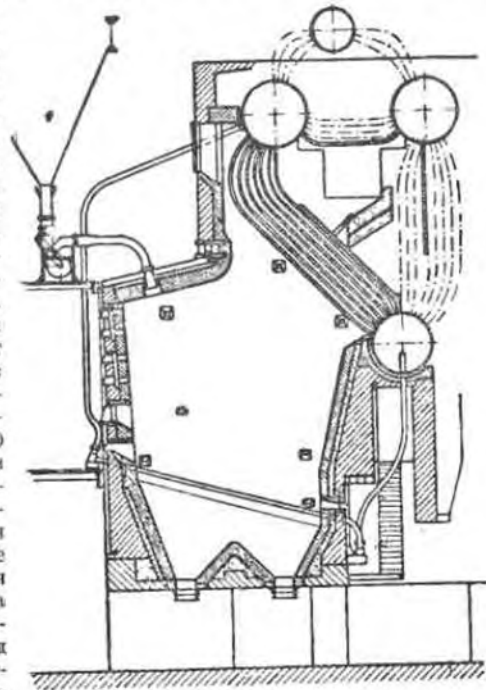
Фиг. 721b). Тонка для золь с обращенным зеркалом горения к котлу Ферберга в 200 м² (проект проф. П. Соловьева).

многозольных углей с легконлаивкой золой, штыбов, отсевов и т. д., т. е. таких топлив, которые не могут быть целесообразно сожжены в тонках, предназначенных для кускового топлива, тем более под котлами большой мощности, где трудно в таком случае разместить решетку необходимых размеров. За последнее время этот способ сжигания топлива получает все более и более широкое распространение, в связи с возрастающими требованиями к паропроизводительности котлов и стремлением к возможно лучшему использованию топлива. Коэффициент полезного действия котла при пылевидном сжигании даже малоценного топлива достигает 80—85%. Легкое обслуживание, быстрая растопка, удобное регулирование, быстрое приспособление работы тонки к переменным условиям нагрузки котельной, высокое содержание CO₂ в газах, полная автоматичность удаления шлаков из тонки, полная бездымность и отсутствие потери в шлаках, наконец, необходимость лишь очень незначительной тяги, являются преимуществами пылевидного сжигания. Существующие котлы приспособлять к пылевидному сжиганию обычно невозможно без подъема и переобмуровки; к жаротрубным котлам для этой цели пристраиваются выносные предтопки. Преимущества пылевидного сжигания делаются, однако, вполне ощутительными лишь при больших котлах (более 400 м² поверхности нагрева).

¹⁾ Z. d. V. d. I. 1923—1924 г.—Münzinger, Dampfkesselwesen in den V. Staaten v. A., Berlin 1925, изд. V. D. I.; там же Даниель о приготовлении пыли.—Bleibtreu, Kohlenstaubfeuerung, Berlin 1922. Изд. Springer; то же техр. № 74. Mitt. der Wärmerstelle Düsseldorf.—Rosen, Die thermodynamischen und wirtschaftlichen Grundlagen der Kohlenstaubfeuerung, журн. „Braunkohle“ 1925, техр. № 11.

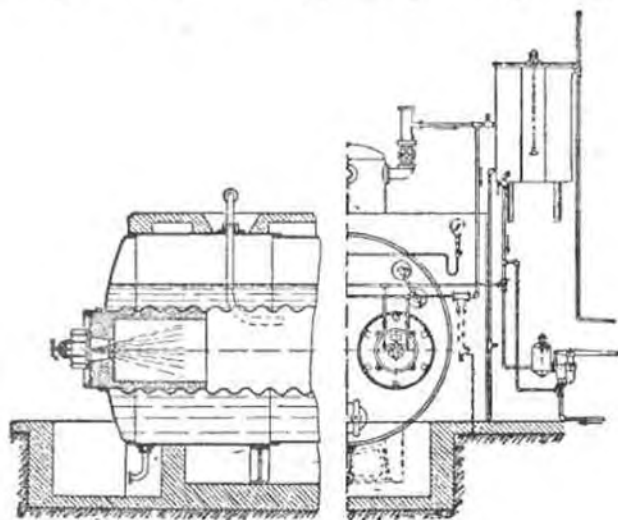
Приготовление пыли. Кусковое топливо подвергается предварительному измельчению в дробилке до размера кусков 35 мм и направляется затем через магнитный сепаратор в быстроходную мельницу ударного действия. Вальцовые мельницы не употребительны, вследствие большого расхода энергии, а для сырого топлива они вообще не применимы. При продувании в мельницу подогретого воздуха можно молоть уголь с влажностью до 10% без предварительной подсушки. Централизация подготовительных операций становится выгодной лишь при расходе более 150 тонн пыли в час; в противном случае более выгодными оказываются индивидуальные установки. Удельный расход силы на помол зависит от масштаба установки: в больших установках — меньше, в малых — больше, в среднем 15—20 кВт/1 т. Необходимая точность помола зависит от содержания летучих и от зольности угля. Тощие и зольные угли должны молотись тоньше. Пыль не должна содержать частиц крупнее 0,2 мм и проход через сито в 4500 отверстий на 1 см² должен быть не менее 85%.

Транспортируется пыль, обычно, пневматически по трубам. Давление воздуха при транспортировке на длину не более 200 м нужно в 4—5 ат и расход силы 5 кВт/1 т. Пыль вводится в тонку в смеси с воздухом через горелку особой конструкции, при давлении воздуха в 60—70 мм вод. столба и скорости пылевоздушной смеси в 35—40 м/сек; последнее необходимо для хорошего смешивания пыли с воздухом. Точечному пространству придают размеры в 40—50 м³/ч в зависимости от точности помола, длины пламени и степени воспламеняемости пылевоздушной смеси. Пламя не должно касаться футеровки тонки. Тонка футеруется огнеупорным кирпичом самого высшего качества, так как температура в тонке достигает иногда 1600°.



Фиг. 721с).

Футеровка тонки не должна иметь никаких выступов и по возможности должна быть устроена без сводов. Срок службы футеровки в значительной степени зависит от состава золы, конструкции тонки, качества выполнения и ухода за тонкой. Футеровку стремятся тем или иным способом охлаждать при помощи воздуха или воды, в последнем случае в футеровку в качестве карнаса вводят водные трубы¹⁾. Иногда футеровку из огнеупорного материала заменяют облицовкой из железных труб с приваренными продольными ребрами. Трубы эти соединяются с одной стороны с водяным, а с другой стороны с паровым простран-



Фиг. 722.

ством котла. Задняя стенка топочной камеры иногда защищается постановкой пароперегревателя, воспринимающего на себя лучистую теплоту от факела.

Применяют также, так называемую, шлаковую защиту стенок тонки. Заключается она в том, что тонку ведут сначала с возможно малым избытком воздуха, т. е. с очень высокой температурой. При этом осаждающийся на стенках тонки зола начинает плавиться и стекает вниз. После того, как стенки покроются такой жидкой глазурью, тонку охлаждают. Застывшая шлаковая глазурь прекрасно предохраняет в дальнейшем футеровку тонки от разрушения. Шлаки можно по желанию получать или в жидком виде, или в виде порошка. В последнем случае в нижнюю часть тонки помещают водный экран.

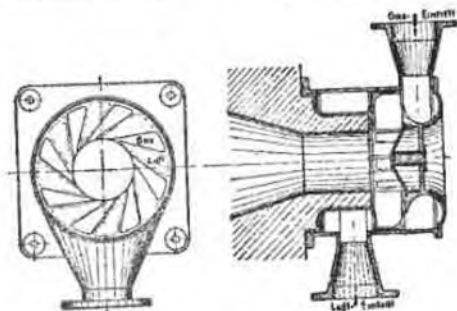
¹⁾ Bieblre n. Wichtige Neuerungen im Bau amerikanischer Dampfkesselfeuerogen, St. u. E. 1925 г. стр. 37. См. также Z. d. V. d. I. 1925 г., стр. 1144.

3. Топки для жидкого топлива (фиг. 722). В качестве жидкого топлива в СССР употребляются, главным образом, нефтяные остатки (мазут). Топливо вводится в тонку в мелко распыленном виде. Распыливание производится: при помощи пара, сжатым воздухом или чисто механически, при помощи насадок (форсунок) соответствующей конструкции. Топка футеруется огнеупорным кирпичом, в целях увеличения ее теплоемкости и обеспечения, таким образом, загорания нефти после кратковременных, умышленных или случайных, перебоев в работе форсунки. Необходимо всеми мерами избегать скопления жидкого мазута в тонке, вследствие, например, подтекания форсунки, так как пары мазута в смеси с воздухом образуют взрывчатую смесь. Как правило, перед запуском форсунки необходимо каждый раз хорошо провентилировать тонку и газоходы, открывая заблаговременно регистр.

Запасы мазута должны храниться вне котельной. Для перекачки по трубам требуется подогревание мазута до 50° и выше, при том тем больше, чем больше в мазуте парафина.

Преимущества жидкого топлива: простейшее обслуживание топок, возможность полного сжигания с малым избытком воздуха, следовательно, с высоким коэффициентом полезного действия, возможность бездымного сжигания и, наконец, отсутствие отбросов в виде золы и шлаков.

4. Топки для газообразного топлива. В качестве газообразного топлива применяется или генераторный газ, получаемый из каменного топлива в специальном устройстве, называемом „газогенератор“, или промышленный газ, являющийся отбросом таких, например, процес-



Фиг. 722а.

сов, как доменный и коксовальный. Специальные газогенераторы применяются редко, так как преимущество сжигания топлива в газообразном виде встречается здесь как с значительными добавочными потерями, так и с значительными добавочными расходами, как в отношении стоимости установки, так и в отношении содержания таковой. Между тем, современная техника

позволяет достаточно экономно сжигать в натуральном виде даже очень низкосортное топливо. Газовые топки устраиваются в большинстве случаев на принципе Гунзеновской горелки (Топка Акд. О-ва Густав Мооля и К^о, фиг. 722а).

Воздух обычно подсапывается газом, выходящим из сопла со скоростью не менее 50 м/сек и только при меньших скоростях выхода газа приходится воздух подавать под давлением. Газ и воздух, до вступления в тонку, проходит через насадку, где происходит их сме-

плавание. Соответствующим устройством количество воздуха, поступающего в горелку, может регулироваться. При сжигании газа в жаровых трубах жаротрубных котлов последние на некоторой длине футеруются огнеупорным кирпичем для того, чтобы создать топочное пространство с достаточно высокой температурой, обеспечивающей быстрое и полное сгорание горючей смеси. Кроме того, футеровка топки служит аккумулятором тепла, предупреждающим проход несгоревшего горючего газа в газоходы, после кратковременных перерывов в подаче газа в топку. Конструкция горелки должна допускать ее удобную очистку, так как „промышленные“ газы часто сильно загрязнены пылью, сажей и тяжелыми, легко конденсирующимися углеводородами.

5. **Беспламенное поверхностное горение**¹⁾. Смесь газа с воздухом заставляют сгорать в пористой огнеупорной массе без образования пламени. Практического значения способ пока не получил, так как трубы, наполненные шамотной массой и служащие пространством горения, очень быстро засоряются.

6. **Использование горячих газов**. В целом ряде производств термической обработки материалов (металлургическое, керамическое) из печей выходят газы с температурой 600—800°. Такие газы с выгодой могут быть использованы для получения пара. Для этой цели непосредственно за печами ставятся котлы, большей частью трубчатые²⁾.

7. **Котлы, отапливаемые электрическим током**. (См. Z. d. V. d. I. 1923, стр. 7. Zeilmann). Производство пара при помощи электричества имеет значение для стран, лишенных топлива, но обладающих большими запасами дешевой водяной силы, или же как средство использования избытков энергии. 1 киловатт час дает 1,25 кг пара. Высокий коэффициент полезного действия (93 до 97%), так как при хорошей изоляции котла потеря тепла от излучения весьма невелика (см. главу XI, Электротехника, отдел Электротехника).

Г. Установка паровых котлов.

а) Опоры.

Цилиндрические котлы устанавливаются на чугунных подставках (стульях). Пользоваться кирпичной кладкой, как опорой для котла, не следует, так как она не представляет собой достаточно прочной опоры. Лучше всего опирать котел на два стула, так как в таком случае установка получается статически определенной. Расстояние между опорами следует брать возможно малым, чтобы получить наименьший момент изгиба. Это достигается при условии $a = 0,586 l$ (a — расстояние между опорами, l — длина котла). В таком случае сближающие моменты по обе стороны каждой опоры будут равны (см. том I, Изгиб: балки с постоянным поперечным сечением, консольные балки). Допускаемая нагрузка чугунной опоры равна 6—8 кг/см². Если ограничиться двумя стульями, то последним следует придавать достаточно прочные размеры и устанавливать таким образом, чтобы они не затрудняли прохождение по дымоходам во время чистки; один из стульев рекомендуется ставить на роликах (фиг.

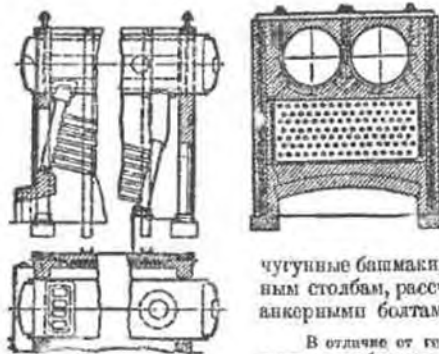
¹⁾ Feuerungstechnik, 1-й год изд., стр. 39, 62, 116 и 259.

²⁾ F. Peter, Die Abhitzkessel.

723). Прикрепленные к котлу лапы или сержки для подвеса допускаются только в исключительных случаях при котлах с внешней топкой, так как в первом дымоходе стулья ставить нельзя. Установка котлов более чем на двух опорах встречается довольно часто, но равномерного распределения нагрузки по всем опорам в этом случае достигнуть трудно, вследствие неопределенности температурных деформаций котла и неравномерной осадки фундамента (см. Z. d. V. d. I. 1918, стр. 14).

Бараны комбинированных котлов опираются обычно также на чугунные подставки; реже, из-за дороговизны устройства, подшиваются.

Водотрубные котлы. Водяная камера должна иметь подвижную опору на



Фиг. 723.

роликах или на шарнирах. Верхние бараны больших размеров, в целях разгрузки обмуровки, подвешиваются на комутах из круглого железа, реже подпираются сзади и сзади балками \square или Γ сечения. Вес котла передается от опор на фундамент не обмуровкой, а посредством стоек; под последние ставятся

чугунные башмаки, прикрепляемые к фундаментным столбам, рассчитанным с хорошим запасом, анкерными болтами (фиг. 724).

В отличие от германских, американские установки имеют ту особенность, что в них карнасы котлов нередко используются, как строительные опоры здания котельной.

в) Обмуровка¹⁾.

Материалы. Раствор: слабый цементный раствор, при небольших установках — глина. Для огнеупорной кладки шамот; последний должен быть не менее огнеупорен, чем кирпич им связываемый; хороший раствор получается из смеси: 50—75% дробленого старого шамотного кирпича (зерна $1\frac{1}{2}$ —2 шт в диаметре) и 50—25% жирной шамотной глины. Кирпич обыкновенный, хорошо обожженный красный кирпич, а еще лучше белый гжельский; там, где температура продуктов горения превышает $\approx 500^\circ$, т. е. приблизительно вплоть до второго дымохода включительно, кладку облицовывают внутри огнеупорным (шамотным) кирпичом, при чем облицовку

¹⁾ В американской технике предпочитают заменить кирпичными стенками огневых камер (топок) поверхности нагрева, образуемыми трубами с водой, которые включаются в обдувку системы с котлом. Благодаря такому приему, нередко удается обойти большие затруднения, связанные с устройством огнестойкой обмуровки и топках. См. Müllinger, Dampfesselwesen in d. V. St. Amerika стр. 12.

цовку их нужно прочно перевязывать с наружной кладкой. К огнеупорному кирпичу следует предъявлять следующие требования: он не должен в условиях топочной температуры «рости», растрескиваться, размигаться и вообще разрушаться. Одной огнеупорности и химического состава кирпича еще не достаточно для обеспечения хорошей стойкости кладки из него.

Выполнение. Толщина стен: обычно не менее $1\frac{1}{2}$ кирпича, лучше 2 и даже до $2\frac{1}{2}$ при высоких котлах. При парных котлах среднюю стенку делают толщиной не менее $1\frac{1}{2}$ кирпича. Между обмуровкой и стеной здания должно быть расстояние, по меньшей мере, в 8 см. Внутренние стенки, разделяющие отдельные дымоходы (фиг. 648) не тоньше $\frac{1}{2}$ кирпича. Прокладка листового железа между поверхностью котла и прилегающими стенками — желательна; в сырых местностях эта мера необходима. Там, где та или иная часть котла выступает из кладки, последней не должен закрываться шов, которым выступающая часть прикрепляется к котлу. Плотного прилегания кладки к котлу следует вообще избегать; вокруг выступающей из обмуровки передней части котла лучше выкладывать кольцевой свод с расстоянием от корпуса котла около 30 мм. Зазор заполняют асбестовым жгутом.

Обмуровка топок внешних (фиг. 661) и выносных (фиг. 717 до 721).

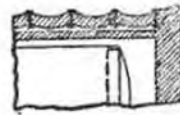
Внутреннюю облицовку топочной камеры и порог выполняют из огнеупорного кирпича, избегая острых выступающих углов и кромок. Закладочные швы, приходящиеся в топочном пространстве, нужно защищать обмуровкой, для предохранения от прямого действия пламени.

Дымоходы, примыкающие к котлу, перекрывают не сводами, а напуском последовательных рядов кладки (фиг. 725). Свод над боровым следует на 400—500 мм продолжать под котлом для того, чтобы при удлинении котла продукты горения из жаровой трубы не прорывались в боры. Спуск задней стены обмуровки, перекрывающей дымоход, опирают на достаточно широкий угольник, прикрепленный к дну котла. Особенно это необходимо при наличии дымохода по верху котла во избежание прорыва туда горячих газов, помимо боковых ходов. Сверху котла обмазываются глиной и засыпаются песком или шлаками; по засыпке делается выстилка из кирпича в плашку. Перед пуском котла в работу обмуровку следует основательно просушить на легком огне при открытых лазах в котле.

Связи. Обмуровку, для предотвращения растрескивания, в особенности в местах, подверженных высокой температуре, укрепляют связями. Для этого вдоль боковых стенок, с двух сторон обмуровки, на расстоянии 2—3 м, а также по углам, справа и слева от котла как спереди, так и сзади, ставят стойки из \square железа, которые закладываются нижними

концами в фундамент, а по верху стягиваются тугами из круглого 1° железа (фиг. 724 и 725). Проводить связи через дымоходы не следует. Высокие, длинные стенки обмуровки водотрубных котлов полезно укрепить кроме того накладками из полосового железа, стягиваемыми круглыми связями. По углам кладку полезно обвязывать угольниками.

Обмуровку внешних и выносных топок рекомендуется особо прочно укреплять вышеуказанным способом, при помощи стоек Γ или \sim образного сечения.



Фиг. 726.

Хорошая конструкция боковых стен обмуровки показана на фиг. 726. Внутренняя стенка в 1 кирпич и, на расстоянии около 50 мм от нее, наружная в $1\frac{1}{2}$ кирпича, сводчатая. Противоположные друг другу стойки парно соединяются тугами из круглого железа.

с) Дымоходы и боры.

Верхняя грань всякого дымохода должна лежать, по меньшей мере, на 100 мм ниже нижнего уровня воды в котле. Обогрев продуктами горения стенок парового пространства котла может быть допущен лишь в том случае, когда продуктами горения предварительно омыленного негорючей нагрета, при естественной тяге в 20, а при искусственной — в 40 раз превосходящая площадь колосниковой решетки. Дымоходы должны иметь такое устройство, чтобы: 1) продукты горения возможно теснее и возможно дольше соприкасались бы с поверхностью нагрева котла и 2) сохранялась бы возможность свободного осмотра и чистки стенок котла. Последнее достигается в том случае, если в поперечное сечение дымохода может быть вписан квадрат, сторона которого равна 400 мм. В водотрубных котлах течение продуктов горения направляется тонкими переборками из фасонного огнеупорного кирпича или плит, которые кладутся на трубы и соответствующим образом укрепляются против смещения (фиг. 661). Вертикальные переборки выполняются чаще всего в виде металлических рам, облицованных шамотной глиной, реже, в виде стенок из фасонного кирпича.

Поперечное сечение дымоходов следует брать с таким расчетом, чтобы скорость течения газов по ним, при естественной тяге, составляла от 3 до 5 м/сек; условие, чтобы скорость эта, по всей длине дымоходов, была одинакова, не является обязательным. На этом основании, а также, принимая во внимание то обстоятельство, что объем продуктов горения, в связи с падением температуры, уменьшается, для котлов с тремя дымоходами приняты следующие размеры поперечных сечений дымоходов: в последнем дымоходе $\approx 0,25 R$, во втором $\approx 0,33 R$ и в первом $\approx 0,4$ до $0,5 R$, где R площадь колосниковой решетки. Исключения представляют собой короткие участки, где допускается некоторое сужение дымохода, как, например, над огневыми портами — до $0,125 R$ и даже до $0,1 R$, и в жаровых трубах — до $0,2 R$. В соответствующих местах обмуровки устраивают лазы или люки, размером 300×450 мм, которые или закладываются надухо кирпичом, или снабжают рамками с задвижками или вывесными дверцами из рифленого железа. Для наблюдения за состоянием пламени, в топке всегда нужно

так как, в противном случае, будет неизбежно иметь место выбрасывание дыма из топки в помещение котельной, а также и выбрасывание пламени из топки при загрузках топлива.

Расчет естественной тяги ¹⁾.

В дальнейшем обозначает:

F_0 — площадь верхнего сечения трубы в свету в m^2 ,

d_0 — вн. диам. (при квадратной трубе — сторона квадрата, при восьмиугольной — диаметр вписанной окружности) верхнего сечения трубы, в m .

d_n — то же, при основании трубы, в m ,

H_r — высота трубы над колосниковой решеткой, в m ,

R — обвал площади колосниковых решеток всех котлов, имевшихся в котельной, в m^2 ,

B — общий расход топлива, в kg/h ,

G — количество продуктов горения, образующиеся при сгорании 1 kg топлива, в kg ,

$\alpha = \frac{1}{273}$ — коэффициент расширения газов,

γ — вес 1 m^3 воздуха, средней сухости, при 0° и среднем давлении барометра, в kg ,

δ — отношение к воздуху при 0° плотности продуктов горения,

T_0 — температура газов у основания трубы,

v_n — скорость газов при выходе из трубы, в m/sec ,

при 3 котлах $v_n = 5 m/sec$, при 7 котлах $v_n = 6 m/sec$, при 12 котлах

$v_n = 7 m/sec$ в вообще, при $12 + x$ котлах $v_n = 7 + \frac{x}{20} m/sec$.

По Г. Лангу $F_0 = \frac{BG(1 + \alpha T_0)}{\gamma \delta \cdot 3600 v_n}$.

Для средних условий, при

$v_n = 4 m/sec$, $T_0 = 235^\circ$, $1 + \alpha T_0 = 1,86$, $\delta = 1$ и $\gamma = 1,29 kg/m^3$.

$$F_0 = \frac{BG}{10000};$$

для хорошего каменного угля и хорошего состояния топки принимают $G = 19 kg$; в таком случае, $F_0 = 0,0019 B$ и диаметр верхнего сечения в свету $d_0 = \sqrt{4 F_0} : \pi$.

В этой формуле π при круглом сечении = 3,1416

„ восьмиугольном сечении = 3,3137

„ квадратном = 4,0000.

Обозначая далее через:

l — полную длину дымоходов и борозд в m ,

$tg_i = \frac{d_n - d_0}{2 H_r}$ (обычно, от 0,008 до 0,010) средний внутренний уклон трубы,

a — опытный коэффициент, зависящий от формы и ширины поперечного сечения дымоходов в борозд (колеблется в пределах от 0,03 до 0,15, но большей части = 0,04),

T_{cp} — среднюю температуру газов,

получаем необходимую высоту трубы над колосниковой решеткой

$$H_r = (15 d_0 + 2,5 v_n + a l - 160 tg_i) \frac{(700 - T_{cp})}{(200 + T_{cp})}$$

¹⁾ G. Lang Anleitung zum Entwerfen u. zur statischen Berechnung gemauerter Schornsteine. Hannover, 1898, изд. Helwing's. Z. d. V. d. I. 1896, стр. 1125; 1897, стр. 292; 1898, стр. 180; 1899, стр. 894 и 919. J. a. h. r. Anleitung zum Entwerfen u. zur Berechnung der Standfestigkeit v. Fabrik-schornsteinen aus Mauerwerk, Eisen u. Eisenbeton. 7-е изд. Hagen I. W. 1920, изд. Otto Hammerschmidt. Удобные таблицы для расчета дымоходных труб высылает книжный магазин изд-ва Otto Hammerschmidt, в Hagen и. W.

При средних условиях, когда

$$v_n = 4 m/sec, l = 25 m, a = 0,04, tg_i = 0,006 \text{ и } T_{cp} = 250^\circ,$$

$$H_r = 15 d_0 + 10 m.$$

Пример по Лангу. Предположим, что кирпичная котельная установка расходует $B = 3000 kg$ хорошего каменного угля в час. Принимая во внимание возможную опасность отсальных котлов, получим для полного хода производства $v_n = 7 m/sec$: $\gamma = 1,29 kg/m^3$; $\delta = 1$; $G = 19 kg$.

Устанавливаясь на простой кирпичной трубе с огнеупорной футеровкой только в дымоле, принимая $T_0 = 210^\circ$, $T_{cp} = 228^\circ$, $1 + \alpha T_0 = 1,752$, l (в среднем) = 50 m , $tg_i = 0,008$, и задаваясь достаточной шириной дымоходов и борозд с правильными закруглениями всех поворотов, при которой, несмотря на сравнительно большую скорость газов, можно ограничиться $a = 0,05$, получим:

$$F_0 = (3000 \cdot 19 \cdot 1,752) (1,29 \cdot 3600 - 1) = 3,14 m^2,$$

что для круглой трубы дает

$$d_0 = \sqrt{4 \cdot 3,14 : \pi} = 2,00 m.$$

$$H_r = (15 \cdot 2,0 + 2,5 \cdot 7 + 0,05 \cdot 50 - 160 \cdot 0,008) \frac{(700 - 228)}{(200 + 228)} = 53,6 \text{ или } \approx 54 m.$$

Примечание. Если бы тепло продуктов горения было использовано для предварительного подогревания топочного воздуха, причем l могло возрасти до 60 m , а a до 0,07 m , и, наоборот, T_0 , $1 + \alpha T_0$ и T_{cp} упасть: T_0 до 150° , $1 + \alpha T_0$ до 1,66 и T_{cp} до 192° , то получилось бы:

$$F_0 = \frac{3000 \cdot 19 \cdot 1,66}{(1,29 \cdot 3600 - 1)} = 2,91 m^2, d_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,91}{3,14}} = 1,93 m,$$

$$H_r = (15 \cdot 1,93 + 17,5 + 0,07 \cdot 60 - 1,28) \frac{(700 - 192)}{(200 + 192)} = \frac{45,59 \cdot 508}{392} = 59 m.$$

Следует обратить внимание на важное влияние уклоненного охлаждения; при $T_{cp} = 250^\circ$, можно было бы ограничиться 46 m высоты.

По Е. Н. Б. и h — высота трубы (не принимая во внимание небольшие потери) ¹⁾ определяется по формуле:

$$H_r = z (273 + T) (1,29 T - 16) \text{ при } 760 \text{ мм.}$$

и $H_r = z \cdot (273 + T) \cdot (1,22 T - 16)$ при 720 mm давления барометра, причем сила тяги принимается равной $z = 7 + \sqrt{VB} : 7$ mm водяного столба. Температура газов T и сила тяги (по барометрическому давлению) измеряются у основания трубы.

Во избежание образования окрестности дымоходом, верхнее устье трубы, должно, по меньшей мере, на 3 m превышать крыши самых высоких жилых зданий в 250 m в окружности. Опытным путем установлена наименьшая допускаемая высота дымоходных труб в 16 m .

Для кирпичных труб ²⁾ принимают нижний диаметр в свету

$$d_n = d_0 + 0,016 H_r \text{ до } d_0 + 0,02 H_r;$$

если устойчивости ³⁾ трубы при этом окажется недостаточной, то d_0 следует соответственно увеличить, сохраняя ту же толщину стенок.

Для труб, повводимых без лесов (изнутри), верхний диаметр в свету берется не менее $d_0 = 0,6 m$.

Толщину стенок вверху принимают = 15 cm при $d_0 = 0,1$ до 1,5 m , 20 cm при $d_0 = 0,15$ до 2 m и 25 cm при $d_0 > 2 m$. При кладке из декоративного кирпича, толщину стен следует увеличивать

¹⁾ Е. Н. Б. и. „Дымоходные трубы“ 1923, издательство Швейцарского Союза Котловладельцев.


²⁾ О. Ж. А. К. е. г. Прочность кладки и устойчивость дымоходных труб — доклад из практики парового котельного и паромашинного дела.

³⁾ О. Ж. А. К. е. г. Устойчивость дымоходных труб, жур. Вяз. О-ва нава. за котл. 1920.

на 5 см на каждые 5 м, но направленно сверху вниз; при нормальном кирпиче ($25 \times 12 \times 6,5$ см) высоту отдельных обечайек трубы принимают равной от 5 до 8 м и стенки каждой следующей обечайки кверху утолщают на $\frac{1}{2}$ кирпича. Для круглых труб, наиболее подходящим является дырчатый радиальный непористый кирпич, толщиной в 9 см (при $K \geq 400 \text{ kg/cm}^2$) на смешанном или вязком цементном растворе (1 объем цемента, 2 объема известки и 6—8 объемов песка). Раствор, проникающий в отверстия кирпичей и затвердевающий в них, служит хорошей сцепкой для всей кладки трубы; число швов на $\frac{1}{3}$ меньше, чем при простом кирпиче. Вследствие высокой температуры преобладающей в дымоходе и в нижних обечайках трубы, следует делать лишь небольшую добавку цемента в раствор; по мере возрастания трубы, эту добавку можно увеличивать. Постройку труб большой высоты следует поручать специальным строительным конторам.

Форма поперечного сечения дымовых труб. Круглые трубы представляют собою наименьшее сопротивление давлению ветра, вращательное (клубящееся) движение дыма встречает в них наименьшие препятствия, внешняя потеря тепла невелика, благодаря наименьшей поверхности, и кроме того, для постройки круглых труб требуется меньшее количество кирпича; единственным неудобством при возведении круглых труб является большое число различных сортов декоративного кирпича. Восьмигранные трубы не уступают круглым и могут быть сложены из меньшего числа сортов прямого кирпича. Квадратное сечение для труб не рекомендуется.

Вверху, не доходя приблизительно на 0,5 м до устья, труба получает небольшую распушку, а самые края ее, под легким уклоном, покрываются глиняными, чугунными или свинцовыми пантами. Вверху трубы устанавливается громоотвод.

Диаметр трубы опускают на 0,6—0,8 м ниже пола боров, благодаря чему получается приямок, в котором оседает вода; удаление воды отсюда происходит через особую дверь, устраиваемую в дымоходе, в обычное время закладываемую кирпичом, или через плотно закрываемый чугушкой или каменной плитой люк в борове, располагаемый у самого входа боров в трубу. Для подъема к этому люку и по всей трубе, через каждые 3—5 рядов, в кладку вводят скобы -образной формы из круглого железа, ок. 20 мм в диаметре. Высокие и широкие трубы, ради экономии кирпича, делают с двойными стенками, т. е. пустотелыми. Внутри стенки трубы, таким образом, получается кольцевая пустая пазуха, через каждые 50—80 см перекрываемая рядами кирпича, соединяющими наружную и внутреннюю стенки. Упомянутая воздушная прослойка понижает потерю тепла трубой в окружающую среду и, следовательно, повышает тягу, вызываемую последней. Если в трубу вводится не один, а несколько боровов то все они отделяются один от другого особыми дыморезными стенками (язычками), таким образом, что продукты горения из разных боровов, взаимно соприкасаются не иначе, как протекая в одном и том же направлении.

Цоколь делают четырех-, или лучше, восьмигранным. При высоте цоколя, равной $\frac{1}{6}$ или $\frac{1}{5} H_r$, получаются наиболее удобные его размеры. Наружная ширина цоколя = $D_n + 0,5$ м или $D_n + 0,1$ м. Толщина стенок цоколя устанавливается одной из последних формул, в связи с тем соображением, что внутренний диаметр d_i ствола трубы должен быть доведен до самого низа ее. Основание самой трубы, т. е. ее стола, закладывается в массиве цоколя; если это условие не соблюдено, то цоколь может или совершенно отсутствовать, или же его выполиняют гораздо меньшей высоты, равной $\frac{1}{20}$ до $\frac{1}{30} H_r$. Внутреннюю поверхность цоколя облицовывают огнеупорным кирпичем, или еще лучше, в нем устраивают самостоятельную футеровочную стенку из такого же кирпича, толщиной от 5 до 15 см. Между футеровкой, которая кладется на глине, и стенками цоколя должен быть оставлен зазор для возможности бесприветственного ее расширения при нагревании. Этот зазор сверху перекрывается кирпичем, во избежание засорения его золой и пеплом, уносимыми в продуктах горения.

Фундамент дымовой трубы представляет собой массив квадратного сечения, упирающийся кверху в виде пирамиды, или уступами. Глубина этого массива обуславливается положением боровов и свойствами грунта. Точные размеры его определяются путем статического расчета (см. том III, Надземные сооружения). Высоту отдельных уступов фундамента делают от 1 до 1,5 м и обрезают их, каждый раз, на $\frac{1}{2}$ кирпича, а при бутовой плите — на 15 см, так что в продольном разрезе линии, соединяющей вершины уступов, получает уклон около $\frac{1}{6}$ к горизонту. Наименьшая допустимая толщина фундамента 1,0 до 1,5 м. При плохом грунте фундамент устраивают на плотно утрамбованном бетонном основании, толщиной от 0,75 до 1,25 м или же прибегают к устройству бетонного ростверка по сваям (Том III, Фундаменты).

Выпрямление, с течением времени искривившихся труб, производят следующим образом: с той стороны, в которую труба поддается, в швы ее на различной высоте вбивают клинья, и в то же время на другой ее стороне делают ряд глубоких канавок. Швы, выпрямленной таким образом, трубы вновь промазывают цементным раствором.

Статический расчет дымовых труб. На сжатие (собственным весом) и на изгиб (под напором ветра) производит в нескольких ее сечениях, после того, как общие размеры трубы будут предварительно установлены, указанным выше, способом. Основание и нижнее сечение ствола трубы рекомендуется рассмотреть в первую очередь, так как после этого можно будет видеть, стоит ли продолжать расчет по отношению к ряду других сечений. Устанавливаемые иногда на трубах водонепроницаемые баки следует принимать в расчет как в пустом, так и в наполненном виде. Расчет отдельных поперечных сечений трубы имеет назначением определение наибольшего сжатия крайних волокон кирпичной кладки; ограничиться расчетом трубы только на одно опрокидывание — нельзя. \odot — давление ветра, при расчете кладки на сжатие, следует принимать равным 150, а при определении величины расхождения швов, 125 kg/cm^2 .

поверхности трубы (при очень лагониравном положении и большой высоте трубы — 200 кг/м²). Действие острых кромок и ребер в этих цифрах уже учтено. Подлежащее умножению на F давление ветра Δ изменяется в зависимости от строительных форм трубы:

$$\begin{array}{l} \text{при круглом} \quad \text{стволе} = 0,67 \Delta F \quad \text{при шестигранном} \quad \text{стволе} = 0,75 \Delta F \\ \text{„ восьмугранном} \quad \text{„} = 0,71 \Delta F \quad \text{„ прямоугольном} \quad \text{„} = 1,00 \Delta F. \end{array}$$

При этом надо заметить, что F представляет собой площадь вертикального сечения трубы, которое в случае восьми- и шестигранных труб, берется по диагонали поперечного сечения, а при квадратном стволе — параллельно одной из сторон его.

Принимают следующие обозначения:

f — площадь, рассчитываемого поперечного сечения трубы, в см²,
 G — вес части ствола, выходящего сечения, в кг,
 h — высота части ствола выходящего сечения, в м,
 s — высота центра тяжести части ствола, расположенной выше рассчитываемого поперечного сечения, в м,
 P — полное давление ветра = F за ту же часть ствола, в кг,
 R — наружный радиус сечения, в м | при многоугольных сечениях
 r — внутренний „ „ „ | радиусы вписанных окружностей }
 k — наименьшая ширина ядра поперечного сечения, в м,
 W — момент сопротивления сечения, в см³.

$S_0 = \frac{G}{f}$ — самая большая нагрузка поперечного сечения, в кг/см².

S — напряжение сечения на изгиб, в кг/см²,

S^+ — напряжение на ободу с надветренной стороны, в кг/см²,

S^- — напряжение на ободу с подветренной стороны, в кг/см²,

S_m — наибольшее напряжение сжатия крайних волокон кладки в кг/см²,

a — расстояние от точки E приложения всех внешних сил до средней линии, в м

z — расстояние от нулевой линии до наружного обода в м.

При расчете устойчивости трубы допускают, что сцепления между кирпичем и раствором не существует и, что следовательно, швы с надветренной стороны могут свободно расходиться.

Условия устойчивости дымовой трубы (согласно суждения о том прусской Академии строительных дел) сводятся к тому, что:

1. Швы кладки могут расходиться не более, как только до оси, проведенной через центр тяжести сечения (при 125 кг/см²).

2. Наибольшее напряжение сжатия крайних (на ободу трубы) волокон кладки $S_m \leq 5 + 0,15h$ кг/см² или ≤ 7 кг для кладки из простого кирпича на известковом растворе и ≤ 15 кг для кладки из клинкерного кирпича на известково-цементном растворе¹⁾.

3. Подшва трубы не должна испытывать никаких других напряжений, кроме сжатия.



Фиг. 227.

¹⁾ Под клинкерным кирпичем следует разуметь кирпич, обладающий сопротивлением сжатию не менее 250 кг/см². Под известковым раствором — состав из: 1 о. ч. известка и 3 о. ч. песка (том I, отд. 6). Под известково-цементным раствором — состав из: 1 о. ч. цемента, 2 о. ч. известка и от 6 до 8 о. ч. песка.

4. Наибольшее сжатие крайних волокон подошвы фундамента, при хорошем грунте ≤ 3 кг/см², в исключительных случаях ≤ 4 кг/см².

Под действием напора ветра происходит опрокидывание сечения трубы вокруг нулевой линии (фиг. 727) и точка E приложения всех внешних сил перемещается в сторону на расстояние a , так что в конечном результате опрокидывающему моменту ветра будет противопоставлено G , помноженное на плечо a .

Основное уравнение для расчета прочности дымовой трубы:

$$Ga = Ps; \quad a = Ps : G.$$

Согласно правилам о сопротивлении на изгиб:

$$Ga = WS,$$

следовательно, $S = Ga : W$.

Напряжение волокон на одной стороне сечения будет:

$$S^+ = S_0 + S = \frac{G}{f} + \frac{Ga}{W},$$

а на другой:

$$S^- = S_0 - S = \frac{G}{f} - \frac{Ga}{W}.$$

Последнее получает отрицательное значение и переходит в напряжение растяжения, когда

$$S > S_0 \quad \text{или} \quad Ga : W > G : f.$$

Если нулевая линия расположена вне поперечного сечения, или к нему касательна, то оно испытывает только сжатие. В таком случае, точка E лежит внутри ядра сечения, или $a \leq$ наименьшей ширине ядра k .

В таком случае:

$$S^+ = S_0 - S = G$$

или:

$$\frac{G}{f} - \frac{Ga}{W} = G, \quad a = \frac{W}{f} = k \quad \text{или} \quad z = k,$$

откуда:

$$\frac{S^+}{S^-} = \frac{G}{f} \pm \frac{Ga}{kf} = \frac{G}{f} \left(1 \pm \frac{a}{k} \right) = S_0 \left(1 \pm \frac{a}{k} \right).$$

Такое явление возможно при чрезмерной толщине стенок трубы. Во избежание непроизводительной затраты строительных материалов, растягивающие усилия, выражающиеся в расхождении швов, официально признаны допустимыми. Для того, чтобы швы расходились не более чем

на воловину, а не должно быть больше ϵ (второй ширины ядра)¹⁾. Для любого центрально-симметричного сечения $\epsilon = kx_m : y$, где k обозначает ширину ядра, x_m — расстояние от крайнего слоя сжимаемых волокон до оси, проходящей через центр тяжести сечения, а y — расстояние от той же оси до центра тяжести половинного сечения.

До тех пор, пока $a < \epsilon$, будем иметь:

$$S_m < S_{(+)}^{\epsilon} + S_{(-)}^{\epsilon} \quad (S^{\epsilon} \text{ следует брать абсолютным}).$$

$$\text{Точнее: } S_m = S'' + S' \left(\frac{a-k}{\epsilon-k} \right)^2 \quad (\text{справедливо и для } a > \epsilon).$$

Значения S_m при различных соотношениях между R и r и разных размерах a и значениях Z для кольцевидных сечений (при многоугольных — рассматривают вписанные окружности) даны в таблицах тома I, в разделе учения о сопротивлении материалов (для сложного сопротивления).

Таблица 9. Площади поперечного сечения тела трубы и радиусы поперечного сечения внутреннего канала для дымовых труб различной формы

(размеры в м и в м²).

Наружный контур поперечного сечения	Внутренний контур поперечного сечения	Площадь поперечного сечения f	Наименьший радиус внутреннего канала k	Наибольший радиус внутреннего канала ϵ
Круг	Круг	$\pi (R^2 - r^2)$	$0,250 R \left(1 + \frac{r^2}{R^2} \right)$	$0,47 R + 0,29 r$
Восьмиугольник	Восьмиугольник	$3,314 (R^2 - r^2)$	$0,244 R \left(1 + \frac{r^2}{R^2} \right)$	$0,48 R + 0,30 r$
Квадрат	Квадрат	$4,0 (R^2 - r^2)$	$0,236 R \left(1 + \frac{r^2}{R^2} \right)$	$0,55 R + 0,34 r$
Восьмиугольник	Круг	$3,314 R^2 - \pi r^2$	$(0,876 R^2 - 0,785 r^2) / 1,08 R$	$0,53 R + 0,24 r$
Квадрат	Круг	$4 R^2 - \pi r^2$	$(1,338 R^2 - 0,785 r^2) / 1,414 R$	$0,60 R + 0,24 r$
Квадрат	Восьмиугольник	$4 R^2 - 3,314 r^2$	$(1,338 R^2 - 0,876 r^2) / 1,414 R$	$0,60 R + 0,24 r$
Квадрат	—	R^2	$0,236 R = 0,118 \delta$	—

Примерный расчет устойчивости.

Примерный расчет устойчивости дымовой трубы высотой в 22 м, при диаметре верхнего отверстия в свету, в 1 м для... и...

Точные размеры трубы указаны на прилагаемых чертежах. Для расчета служит приведенный ниже эскиз (фиг. 725).

¹⁾ Подробнее см. О. Яскер, „Устойчивость заводских дымовых труб“. Ежегодный журнал Общественного Странствования, выпуски 12 и 13, Вена, 1901.

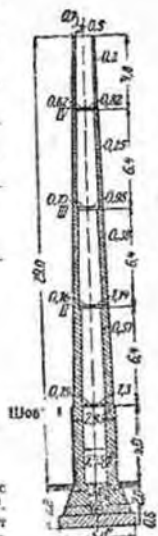
Таблица 10. Строительные формы и размеры трубы.

	Стол	Цоколь	Фундамент
Вид поперечного сечения	Круглый	Квадратный	Квадратный
Строительный материал	Радиальный кирпич	Клинкерный кирпич	Клинкерный кирпич и бетон
Раствор	Цементы о. ч. . .	1	1
	Извести о. ч. . .	2	2
	Песка о. ч. . .	6	6
Вес g в кг.м ³ . . .	1700	1700	1700 до 2000

Если обозначить в метрах:

- R_0 — верхний наружный радиус стержня
- r — нижний внутренний " "
- R — " наружный " "
- g — высоту одного пояса (барабана)
- δ — толщину стенок пояса (барабана).

то вес одного пояса (барабана) в кг: $G = \pi g \cdot (R_0 + r) g$; вес цоколя — $f \delta g$, где f — среднему поперечному сечению цоколя в м².
Примечание: при многоугольных сечениях R и r обозначают радиусы окружностей, вписанных в наружный и внутренний обвод сечения трубы. При восьмиугольных поперечных сечениях вместо π подставляют число 3,314, при квадратных — 4,0.



Фиг. 726.

Таблица 11. Вес отдельных поясов (барабанов) стержня трубы.

Номер пояса	n	R_0	r	δ	Объем в м ³	G в кг
1	4,5	0,70	0,62	0,30	3,979	6764
2	6,4	0,82	0,73	0,25	7,75	13175
3	6,4	0,98	0,76	0,38	13,287	22577
4	6,4	1,14	0,70	0,51	19,690	33440

Поперечное сечение цоколя $f = 6,4712 \text{ м}^2$

Общий вес стержня 75566 кг
Вес цоколя 55000 "

Расчет колонны и цоколя.

Примечание: если P — давление ветра на колонну и M — момент этого давления относительно подошвы колонны, то момент давления ветра на подошву цоколя будет

$$M_1 = M + h_1 \left(P + \frac{1}{2} P_1 \right),$$

где h_1 обозначает высоту цоколя.

Таблица 12.

Обозначения	Колонна над швом I h = 24 м	Колонна над швом II h = 17,6 м	Колонна над швом III h = 11,2 м	Колонна над подошвой подокола h = 29 м
R	1,30	1,14	0,98	1,425
r	0,79	0,70	0,73	0,725
G	7596	42516	19939	$G_1 = 55000$ $G \rightarrow G_1 = 130556$
Давление ветра P кг/м при $\varnothing = 125 \text{ кг/м}^2$	4020	2714	1575	$P_1 = 1781$
Высота центра тяжести над основным швом м	10,8	8,1	5,3	2,5
Момент давления ветра M кгм при $\varnothing = 125 \text{ кг/м}^2$	43416	31983	8347	$M_1 = 67971$
Вылет центра давления $\left\{ \begin{array}{l} \varnothing = 125 \text{ кг/м}^2 \\ \varnothing = 150 = \\ = 1,2 \cdot 125 \text{ кг/м}^2 \end{array} \right.$ $a = \frac{M}{G}$ в м	0,572	0,517	0,417	0,62
	0,686	0,62	0,50	0,62
Средний размер вылета e м	0,84	0,756	0,6723	1,029
Так как a при $\varnothing = 125 \text{ кг/м}^2$ меньше e, то швы могут разойтись, самое большее, только до оси, проходящей через центр тяжести.				
Минимальный радиус дуга k м	0,44	0,41	0,37	0,40
Площадь попер. сечения f см ²	33486	22683	13436	64712
Давление собственного веса $S_0 = \frac{G}{f}$ кг/см ²	2,27	1,88	1,48	2,86
Вспомогательные напряжения $S' = S_0 \left(1 + \frac{a}{k}\right)$ в кг/см ² при $\varnothing = 150 \text{ кг/м}^2$ $S'' = S_0 \left(1 - \frac{a}{k}\right)$	5,72	4,72	3,48	4,54
	-1,18	-0,90	0,52	-1,19
Наибольшее напряжение на сжатие крайних подоколов в кг/см ² $S_{01} = S' + S'' \left(\frac{a-k}{e-k}\right)^2$	6,16	4,985	4,80	7,0

*) Стр. 450. Влияние формы трубы на величину давления ветра.

Из таблицы видно, что допускаемое напряжение нигде не превышено:

Фундамент.

Вес фундамента	79400 кг
" подокола	55000 "
ствола	75956 "

Общий вес трубы $G_0 = 216356 \text{ кг}$

Если P давление ветра и M момент давления ветра на колонну, а P_1 и M_1 давление ветра на подокол и момент давления ветра на подошву подокола, то момент давления ветра, действующий на подошву фундамента, будет: $M_2 = M_1 + h_2 (P + P_1)$, где h_2 высота фундамента.

$$M_2 = 84894; \quad a_2 = \frac{M_2}{G_0} = 0,41 \text{ при } \varnothing = 125 \text{ кг/м} \quad k_0 = 0,59.$$

$$a_2 = \frac{M_2}{G_0} = 0,49 \text{ " } \varnothing = 150 \text{ "}$$

Так как $a_2 < k_0$, то напряжения растяжения не могут подняться и основание фундамента не будет оторвано от земли:

$$S_0 = \frac{G_0}{f_0} = 0,84 \text{ кг/см}^2.$$

Наибольшее давление на ребро основной плиты: $S'' = S_0 \left(1 + \frac{a_2}{k_0}\right) = 1,54$, тогда ян может быть допущено $= 3 \text{ кг/см}^2$ (в виде исключения, даже 4 кг/см^2).

Грунт, на котором можно строить трубы — обычный хороший строительный грунт.

Формы подпирки. Я, нижеподписавшийся, производитель строительных работ, принимаю на себя полную ответственность за качество раствора, который должен быть точно, для этой цели установленный, состав, за прочность кирпичной кладки и за все строительные материалы, которые в отношении их веса, добротности и крепости должны соответствовать сделанным ям предложениям, а также и за технически правильное выполнение всей постройки.

... для ... 19
Подпись заказчика:

... для ... 19
Подпись производителя строительных работ

Бетонные трубы. Имеются примеры постройки, в некоторых местах, массивных дымовых труб из бетонных кирпичей с железной арматурой. Сравнительно меньшая толщина стенок подобных труб, по сравнению с трубами из обыкновенного кирпича, обуславливает сравнительно более низкую стоимость их сооружения.

Во избежание вредного действия высоких температур и сернистой кислоты на бетонную массу, все такие трубы необходимо выполнять с футеровкой.

Железные трубы из листового железа для подвижных котлов (локомотивей, стоячих, паровозных и т. п. котлов), а также для небольших и средних размеров котлов стационарного типа. Благодаря их относительной дешевизне и скорости установки находят себе применение, несмотря на относительную недолговечность. На этом основали, подобного рода трубы следует употреблять только в тех случаях, когда вся установка имеет временный характер и должна быть быстро выполнена, или если грунт непригоден для возведения на нем тяжелой кирпичной трубы.

Выполнение. Продольные и поперечные швы отдельных барабанов всего лучше выполнять путем автогенной сварки. При длине их от 5 до 6 м, барабаны соединяются между собой посредством приклепанных фланцев из углового железа. Толщина листов сверху вниз, через известные промежутки, возрастает; обычно для верхнего барабана берут железо толщиной в 3—5 мм, а для нижнего — в 6—8 мм, в зависимости от диаметра и высоты трубы. Верхний и нижний диаметры ее одинаковы

или же последний, т. е. $d_n = d_0 + 0,01 H_{\text{в}}$, при чем, вследствие более сильного охлаждения, d_0 следует брать в $\frac{4}{3}$ раза шире, нежели это было бы необходимо по расчету при кирпичной трубе. Во избежание ржавления железные трубы следует изнутри и снаружи красить. Наружную окраску надо возобновлять, приблизительно, через каждые два года.

Устойчивость достигается путем расчалки трубы проволоочными канатами или тросами из неокисленного круглого железа с натяжными скобами. Расчалка должна составлять с трубой угол не менее 30° . Нижний барабан на конце обращенном вниз снабжается кольцом из углового железа, за которое труба прикрепляется болтами к чугунной плите, прочно закрепляемой на кирпичном покое посредством анкерных болтов. На надежное закрепление расчалок надо обращать особое внимание.

Устойчивость трубы обеспечивается обычно тремя способами закрепления ее:

1. Труба не расчалывается (фиг. 729)
2. " расчалывается в одном месте . . . (фиг. 730)
3. " " " двух местах . . . (фиг. 731).

Давление ветра $W = 150 \text{ kg/m}^2 = 0,015 \text{ kg/cm}^2$. Так как речь идет всегда о круглой трубе, то расчетное давление можно снизить до

$$\frac{2}{3} p = 0,01 \text{ kg/cm}^2.$$

$P = 0,01 D l \text{ kg}$ (D — диаметр и l — высота трубы в см).

Случай 1. Для ствола, равномерно нагруженного давлением P и зажатого у основания, имеем:

$$\frac{Pl}{2} = SW, \text{ откуда } S = \frac{Pl}{2W} = 0,01 \frac{Dl^2}{2W} = 0,005 \frac{Dl^2}{W} \text{ kg/cm}^2.$$

$$W = \frac{\pi}{32} \frac{D^4 - D_1^4}{D} = 0,1 \frac{D^4 - D_1^4}{D} \text{ cm}^3,$$

$$S = 0,005 \frac{Dl^2}{W} = 0,05 \frac{D^2 l^2}{D^4 - D_1^4} \text{ kg/cm}^2.$$

Обозначим через:

G — вес трубы в кг, b — ширину фундаментной плиты в см, a — расстояние между болтами в см, S — нагрузку каждого болта в кг.

Фиг. 729.

Труба начнет опрокидываться при $\frac{Gb}{2} = \frac{Pl}{2}$; следовательно, Gb должно быть $> Pl$ или $Gb > 0,01 Dl^2$, а при n -кратной степени надежности, $0,01 n Dl^2$.

При начале опрокидывания, считая, что работать при этом будут 4 болта и пренебрегая величиной l ,

$$\frac{Gb}{2} + 2Sa = \frac{Pl}{2} = 0, \frac{Dl^2}{2}.$$

Условия устойчивости: $Gb + 4Sa > 0,01 Dl^2$, при n -кратной степени надежности $= 0,01 n Dl^2$.

$$\text{Случай 2. } \frac{Pl}{2} = Rl_1, \text{ откуда } R = \frac{Pl}{2l_1} = 0,005 \frac{Dl^2}{l_1}. Z = \frac{R}{\sin \alpha} = 0,005 \frac{Dl^2}{l_1 \sin \alpha}.$$

Для ствола трубы, равномерно нагруженного на протяжении l_1 давлением P , можно написать:

$$\frac{P_1 l_1}{8} = SW, \text{ откуда } S = \frac{P_1 l_1}{8W} = 0,00125 \frac{Dl_1^2}{W} \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{или } S = 0,0125 \cdot D l_1^2 (D^4 - D_1^4) \text{ kg/cm}^2.$$

Случай 3. Оба участка труб, ниже верхнего хомута имеют одинаковую длину. Трубу следует рассматривать как балку, лежащую на опорах одинаковой высоты, отстоящих на равных одна от другой расстояниях (том I, Сопротивление на изгибе балки постоянного поперечного сечения). В таком случае будет справедливо:

$$R_1 = 1,25 \cdot 0,01 D l_1 = 0,0125 D l_1,$$

$$Z_1 = \frac{R_1}{\sin \alpha_1} = 0,0125 \frac{D l_1}{\sin \alpha_1}.$$

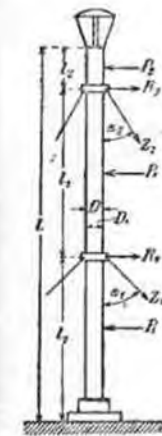
$$\begin{aligned} R_2 &= 0,375 P_1 + P_2 \left(l_1 + \frac{l_2}{2} \right) l_1 = \\ &= 0,375 \cdot 0,01 D l_1 + \left(\frac{0,01 D l_2}{l_1} \right) \left(l_1 + \frac{l_2}{2} \right) = \\ &= 0,01 D \left(0,375 l_1 + l_2 + \frac{0,5 l_2^2}{l_1} \right). \end{aligned}$$

$$Z_2 = \frac{R_2}{\sin \alpha_2} = \frac{0,01 D}{\sin \alpha_2} \left(0,375 l_1 + l_2 + \frac{0,5 l_2^2}{l_1} \right).$$

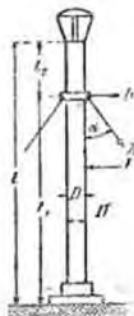
Наибольшее напряжение трубы у нижнего хомута Здесь:

$$M = 0,125 (0,01 D l_1) l_1 = 0,00125 D l_1^2 = WS \text{ kg/cm},$$

$$S = 0,00125 \frac{D l_1^2}{W} = 0,0125 \frac{D^2 l_1^2}{(D^4 - D_1^4)} \text{ kg/cm}^2.$$



Фиг. 731.



Фиг. 730.

Опрокидывающим усилием, которое вызывается натяжением расчалки, обычно можно пренебрегать.

Локобельные трубы для локобелей, работающих с выхлопом много пара в атмосферу, получают диаметр равный 1 или 1,5-кратному диаметру парового цилиндра и высоту (над устьем выхлопной трубы) в 6—7 раз превышающую их диаметр.

Паровозные трубы. См. том III, Отдел железнодорожного строительства: Паровозы.

Н. Питание паровых котлов.

Для питания паровых котлов надо употреблять чистую и мягкую воду. Там, где естественных источников такой воды не имеется, необходима установка водоочистителей (стр. 463). Там, где возможно, самым широким образом нужно утилизировать конденсат и сводить до минимума добавку свежей воды (в благоустроенных установках добавок не более 3—5%). Конденсат собирать и хранить по возможности без доступа воздуха (см. также главу о Паровых машинах, Конденсация, стр. 633 и сл.). Питательная вода должна быть подогрета до возможно более высокой температуры. Конденсат от всякого рода нагревательных приборов отводит обычно в сборный бак, из которого и производится питание котлов. Сборные баки для горячей воды надо располагать выше питательных насосов для того, чтобы избежать всасывания, так как при высокой температуре (свыше 60°) получается парообразование во всасывающей линии и насос перестает работать. Подробнее см. ниже — «Подогреватели питательной воды».

а) Питательные приборы.

Поршневые насосы простого или двойного действия, непосредственно соединенные с паровой машиной (прямодействующие насосы) или приводимые в движение от трансмиссии, ремнем или эксцентриком, или наконец, работающие от электромотора (приводные насосы); пароструйные насосы (инжекторы), многоступенчатые центробежные насосы, приводимые в движение электромотором (электронасосы) или паровой турбиной (турбонасосы). Для автоматического возврата в котлы конденсата, из всякого рода нагревательных аппаратов существуют и с успехом используются приборы различных конструкций. Схема такого устройства такова: конденсат от различных нагревательных приборов собирается в один общий сборный трубопровод и направляется в сборный резервуар. Из этого резервуара вода подъемным приспособлением подается к питательному прибору, расположенному выше котла; из последнего вода, через питательный клапан, поступает в котел. Для подъема воды к питательному прибору и для магнетания ее в котел служит свежий пар, который затем, уже в качестве митого пара обычно используется для подогревания той же питательной воды или для какой-либо другой подходящей цели. Регулирование действия таких устройств достигается при помощи поплавков. Преимущество его заключается в том, что отпадают потери от испарения горячего конденсата и в разгрузке насосов. С точки зрения Правил о котлах автоматы для возврата конденсата независимыми питательными приборами рассматривать нельзя. Производительность питательных приборов должна соответствовать § 9 Правил о котлах (стр. 476). Предпочтения заслуживают питательные приборы с регулировкой, при которых может быть достигнуто питание котлов в зависимости от расхода пара из последних. Применение надежных автоматических регуляторов питания (Ганнемана и др.) можно рекомендовать.

б) Подогревание питательной воды.

1. Подогревание отходящими газами (экономайзер). Поверхность нагрева H_2 в m^2 экономайзера, который понижает температуру отходящих из котла газов с температуры T_1 до T_2 и подогревает при этом D кг

питательной воды в час с температуры t_0 до t_1 градусов, определяется по формуле:

$$\frac{H_2}{D} = \frac{2 \cdot (t_1 - t_0)}{k(T_1 + T_2 - t_1 - t_0)} \quad \left(\text{точнее } \frac{H_2}{D} = \theta \ln \frac{T_1 - t_1}{T_2 - t_0} \right).$$

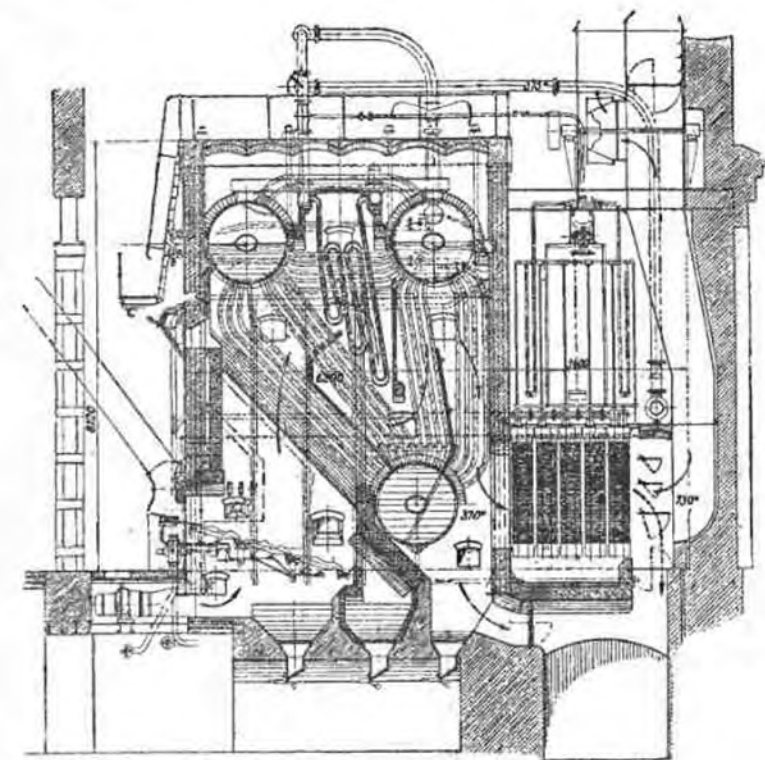
Коэффициент теплопередачи, т. е. количество, проходящее через 1 m^2 в час, при разнице температур в 1°, в экономайзерах с непрерывной механической очисткой поверхности нагрева $k = 10$ до 15 кал./ m^2 /час/1°; для экономайзеров без такой очистки — $k = 5$. С другой стороны температуру отходящих газов T_2 после экономайзера и количество тепла, используемого на подогрев воды $D(t_1 - t_0)$, связывает уравнение:

$$\psi B(1 + \alpha L) C_2(T_1 - T_2) = D(t_1 - t_0),$$

где ψ — коэффициент, учитывающий потери тепла экономайзером в окружающую среду (от 0,8 до 0,9) а прочие обозначения ясны из главы G стр. 446. При расчете экономайзера оба вышеприведенные уравнения решаются совместно. Предельный подогрев воды на 30—50° ниже температуры насыщенного пара, соответствующей давлению в котле; при неравномерной работе еще ниже, во избежание паробразования и гидравлических ударов в экономайзере. При естественной тяге не следует охлаждать газы ниже $T_2 = 180^\circ$. Поверхность экономайзера при средней форсировке котлов составляет обычно около 50% от поверхности нагрева котлов, а при большой форсировке до 100%. Водный объем экономайзера от 0,5 до 1,25 от часового расхода воды. Наиболее распространены чугунные экономайзеры с гладкостенными (Г и и) или ребристыми (К а б л и п) трубами. Рабочее давление не свыше 25 ат. Более высокое давление требует установки железных экономайзеров; последние однако очень быстро ржавеют и по цене значительно дороже чугунных. Ребристые трубы необходимо периодически обдувать (перегретым паром) для удаления валецов золь и сажи. В старых установках обычно для нескольких котлов ставился один общий экономайзер в сборном борове (фиг. 732а). В установках новейшего типа по большей части каждый котел снабжается своим отдельным экономайзером (фиг. 732), который примыкает непосредственно к котлу и обмуровывается с последним в один блок (см. вертикальные водотрубные котлы). При каждой экономайзерной установке должен быть обходной боров (холостой), расположенный рядом или под экономайзером и снабженный необходимыми шиберами для возможности быстрого включения и выключения экономайзера. Под экономайзером нужно иметь золоуловительную камеру. Доступ к трубам по крайней мере с одной стороны. Температура воды при входе в экономайзер не менее 30°, во избежание разгедания труб ржавчиной, которая неизбежно появляется вследствие потения нижней части труб при питании более холодной водой.

¹⁾ По поводу θ , см. том I, отдел «Теплота», стр. 404.

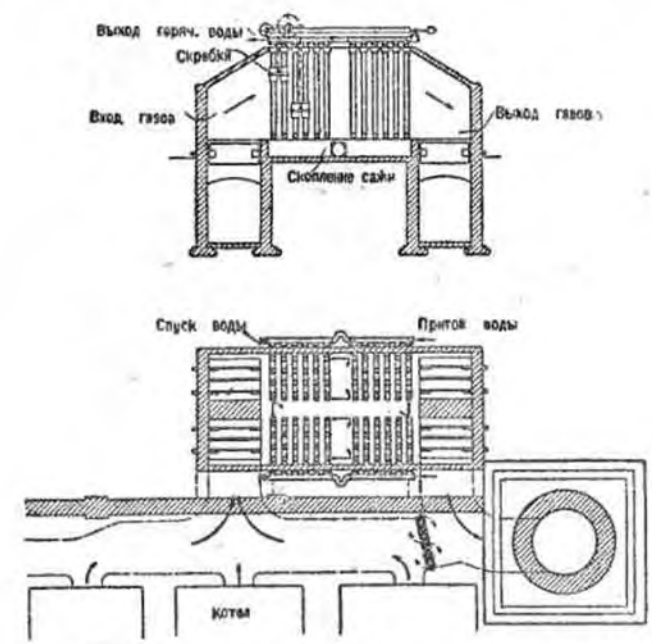
Подогрев холодной воды, в случае надобности, проще всего достигается применением к ней части горячей воды, выходящей из экономайзера. Необходима частая, периодическая, а еще лучше непрерывная очистка наружной поверхности труб от налетов сажи и летучей золы. Экономай-



Фиг. 732. Котельный агрегат высокой производительности, состоящий из водотрубного котла в 600 м^2 с перегревателем в 160 м^2 и механической топкой „пат. Каблиц“¹⁾ в 11 м^2 и экономайзера „пат. Каблиц“ в 600 м^2 .

верям нужно также не реже одного раза в год делать внутреннюю чистку для удаления со стенок труб осадков накипи.

¹⁾ Патент Каблиц, «О-во удешевления паропроизводства и контроля топок». Отделение для СССР: Москва, Союзна, д. 1, помещение 11.

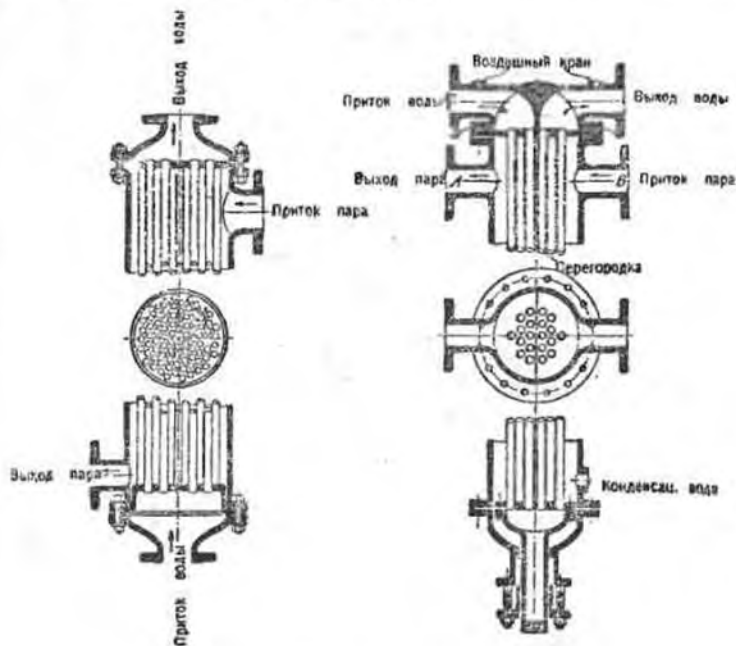


Фиг. 732а: Экономайзер Каблиц в комбинации с вертикальным водотрубным котлом — вход газов, — скребки, — выход нагретой воды, — выход газов, — вход воды, — спуск, — котел.

2. Подогревание мятым паром (от паровых машин, турбин и насосов). Расчет см. том I, отдел Теплопередачи.

Прямое смешение питательной воды с мятым паром применимо только в том случае, когда пар не содержит в себе примеси масла; производится в закрытых резервуарах, лучше с разрежением для того, чтобы не только не увеличилось содержание кислорода в воде от растворения воздуха в последней, и наоборот из воды удалялся бы, по возможности, весь содержащийся в ней воздух. Если пар содержит значительную примесь масла, то его не приводят в непосредственное соприкосновение с водой, а для подогревания воды употребляют трубчатые подогреватели, включая последние в параллельную линию питательного трубопровода. Пар и вода в таких подогревателях направляются по принципу противотока. Пар обычно направляется по трубкам с диаметром от 20 до 30 мм. Трубки обычно медные или латунные, для устранения разъедания их ржавчиной и ради лучшей теплопередачи. Во избежание большого противодавления общая площадь живого сечения всех трубок должна быть не

менее $\frac{5}{4}$ от площади поперечного сечения пароподводящей трубы. На фиг. 733 изображен простой, а на фиг. 734—двойной противоточный подогреватель. Трубы закрепляются в решетке путем развальцовки и расчеканки. Ради удобства очистки вся система труб делается выдвигающей. Для наблюдения за подогревом воды необходим термометр. Для выключения подогревателя необходима обводная труба.



Фиг. 733.

Фиг. 734.

3. Подогревание отводным паром (регенеративный процесс). См. главы о паровых турбинах, стр. 654. При применении этого метода водяной экономайзер обычно становится излишним и заменяется воздушным экономайзером, подогревающим воздух, потребный для сжигания топлива (то духоводогреватели, см. стр. 402).

При неравномерной работе котельной, при кратковременных перерывах или сокращении расхода пара следует иметь запасные резервуары для хранения питательной воды; последнее особенно выгодно в связи с применением регенеративного метода. Об аккумуляторах питательной воды см. том I, стр. 541 и том II стр. 565.

б) Очистка питательной воды¹⁾.

Механическая очистка. Грубые, механические загрязнения питательной воды—примесь ила, глины и т. п. удаляются посредством отстойных баков или фильтров. Размеры последних должны быть рассчитаны таким образом, чтобы скорость движения воды в них была достаточно мала—около 1 м/ч в секунду. Фильтрующим материалом служат гранит или кокс, которые укладываются слоями с различной величиной зерен. Очистка фильтров производится путем перемешивания и промывания водой содержимого фильтра. При возможности фильтр делают разборным.

Очистка от масла воды, поступающей из смешительных конденсаторов и всякого рода аппаратов, питаемыхходящим паром, производится посредством маслоотделителей и масляных фильтров. Устройство маслоотделителей для мытого пара основано на том, что пар заставляют проходить с большой скоростью по спиральному пути или претерпевать резкие изменения направления движения, благодаря чему масло, под влиянием центробежной силы, выбрасывается из струи пара. Действие таких аппаратов не всегда надежно; поэтому конденсат в этом случае необходимо пропускать через многокамерные масляные фильтры. Перенос воды при этом из одного отстойника в другой производится при помощи сифона, забирающего воду из нижней части отстойника; собирающиеся, благодаря меньшему удельному весу, на поверхности воды в отстойнике масло удалится через слив. Очищенная таким образом вода пропускается еще через фильтр из древесной шерсти или кокса, периодически возобновляемый.

Химическая очистка. Главнейшими накипобразователями являются содержащиеся в питательной воде сернистые, углекислые и хлористые соединения кальция и магния. Содержание таких сернистых и углекислых соединений обуславливает жесткость воды.

1 немецкий градус жесткости соответствует содержанию 10 mg извести (CaO) или 7,15 mg магния (MgO) в одном литре.

1 французский градус жесткости соответствует содержанию 10 mg углекислой извести (CaCO₃) = 0,56 немецкого градуса.

1 английский градус жесткости соответствует содержанию 14,3 mg углекислой извести (CaCO₃) = 0,8 немецкого градуса.

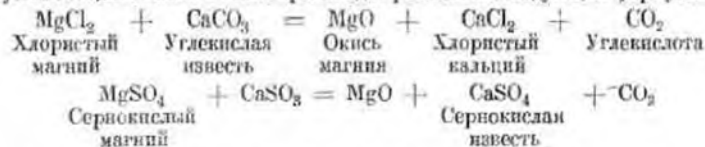
Сернистые соединения (сульфаты) при испарении воды выделяются в виде плотного, твердого осадка, который и образует собственно котельную накипь.

Углекислые соединения (карбонаты) присутствуют в воде в виде растворимых в ней двууглекислых солей, в большинстве случаев при одновременном избытке свободной углекислоты. Эта свободная углекислота улетучивается полностью из воды при нагревании до температуры парообразования; углекислота же полусвязанная—только после продолжительного кипячения. Из остающихся затем в воде углекислых солей углекислый известь совершенно в ней нерастворим (1:50000), а углекислый магний—растворим очень трудно; так что оба эти углекислые соединения выделяются при нагревании воды в виде осадков, которые прикипают к разогретым стенкам и постепенно увеличивают собою основ-

¹⁾ См. гл. о воде т. I, *Материаловед.*, а также: Heiderlein—Die Reinigung des Kesselspeisewassers, изд. 1909 г. и П. Гордон.—Вода и ее очистка для питания паровых котлов, перевод. немец. и франц. изд. Москва 1927.

ную массу накипи, состоящую, как было сказано выше, главным образом из сернокислых соединений.

Хлористые соединения (хлориды) в воде вообще легко растворимы; концентрированный раствор хлористого магния под давлением легко распадется с выделением соляной кислоты, которая легко может вызвать разъедание котельного железа. При одновременном присутствии в воде хлористого или сернокислого магния и углекислой извести, при высокой температуре воды, а, следовательно, и при значительном давлении, между упомянутыми соединениями в котле происходит реакции по следующим формулам¹⁾:



Хлопы MgO, выделяющиеся из MgCl₂, не прикипают к стенкам котла, а выделяющиеся из MgSO₄ — прикипают. В том и другом случае, однако, MgO одинаково вреден для котла, так как даже при небольшой толщине сильно повышает теплоотдачу от стенок к воде и вызывает перегрев железа.

Химическая очистка воды, имеющая целью предотвращение образования накипи в котле, достигается либо осаждением содержащихся в воде накипеобразователей, путем перевода их из растворимых в нерастворимые соединения, либо же, наоборот, переводом накипеобразующих солей в такие соли, которые в воде растворимы весьма легко и потому долгое время могут оставаться в ней в состоянии раствора, несмотря на концентрацию последнего. Из воды, по возможности, должны быть удалены также и все вещества, являющиеся источником разрушения или разъедания стенок котла, а именно: кислород, углекислота и хлористые соединения. Очистку воды следует производить вне котла в особых резервуарах или баках. Для того, чтобы процесс очистки воды в водоочистителе происходил быстро и основательно, очень важно, чтобы сырая вода предварительно была хорошо подогрета (≈ 80°). При подогреве воды удаляется значительная доля газов и затрубаивается доступ воздуха к ней. Подогревать, минимум до 80°, перед закачкой в котел следует, собственно говоря, даже и воду, уже подвергнувшуюся ранее очистке, как например, конденсационную и пермутированную воду, так как, как известно, вода в таком состоянии энергично возгоняет воздух. Для подогрева воды пользуются часто мягким паром от питательных насосов. В некоторых случаях, например, при небольших установках, очистку воды можно производить в самом котле. При этом необходимо, однако, часто продувать котел. При переводе накипеобразователей в растворимые соли в котле постепенно образуются все более и более концентрированный раствор последних, поэтому время от времени содержимое котла должно полностью или частично сменить (продушка через 1—2 недели, полная смена через 1½—2 месяца). Рекомендуется делать периодически анализ²⁾ воды из котла.

¹⁾ Z. d. V. d. 1900, стр. 1295.

²⁾ Дип. инженер Карл Шмидт в д. в. «Очистка и испытание питательной воды для котлов», Штутгарт, изд. Конрад Виттер.

С разного рода разъеданиями можно довольно успешно бороться, подклевывая в котле до некоторой степени щелочную реакцию. Щелочный раствор обладает свойством выщелачиваться¹⁾.

Водоочистителя следует ставить: для котлов с большим объемом воды, при жесткости сырой воды в 12 немецких градусов, а для водотрубных котлов — даже при жесткости в 6—7 немецких градусов.

Едательный общий надзор, ежедневные анализы как сырой так и очищенной воды и периодические анализы воды из котла являются необходимыми условиями удовлетворительного действия каждой водоочистительной установки.

Количество реактивов на 1 м³ воды и 1° жесткости при содержании в воде углекислой извести (временная жесткость) от 10 до 15 г, а при содержании сернокислой извести (постоянная жесткость) — от 20 до 35 г кальцинированной соды.

Различные способы химической очистки. Выбор в каждом отдельном случае зависит от свойств воды, устанавливаемых анализом последней. Практикуются следующие способы:

Очистка одной одной известью, всего лучше в виде известковой воды (1 лг извести на 1 м³ воды), применяется в тех случаях, когда в воде имеется примесь только одних двууглекислых солей кальция или магния. Едкой извести в этом случае прибавляется такое количество, чтобы при двууглекислой извести, кроме свободной углекислоты, была также и подсушенная углекислота, а при двууглекислой магнезии вся углекислота была бы полностью связана известью; таким образом, в осадке простой углекислой извести будет больше, нежели имелось извести (или соответственно магнезии) в сырой воде. Преимущество этого способа — его дешевизна.

Очистка одной содой применяется преимущественно для выделения сернокислой извести, при чем простая углекислая известь осаждается, а сернокислый натр переходит в раствор. В виду относительной растворимости углекислой магнезии сернокислая магнезия не может быть с достаточной полнотой выделена одной только содой, поэтому необходима еще добавка некоторого количества едкой извести. Точно также и двууглекислая известь выделяется содой таким образом, что простая углекислая известь осаждается, а двууглекислый натр переходит в раствор и вместе с питательной водой поступает в котел, где под влиянием высокой температуры теряет один эквивалент углекислоты и снова образует соду. При так называемом регенеративном способе (Reichling's) из котла берется некоторая часть воды с содержанием в ней соды и употребляется одновременно и для предварительного подогревания воды, подлежащей очистке, и для осаждения двууглекислой извести, благодаря чему свежей соды приходится добавлять только такое количество, которое необходимо для разложения могущих оказаться в воде сернокислой извести и хлористого кальция.

Очистка совместно едкой известью и содой в настоящее время применяется чаще всего, так как, благодаря совместному действию обоих указанных реактивов, достигается полнее и при том не дорого стоящее выделение из воды большинства содержащихся в ней солей, в том числе и соединений магния.

¹⁾ «О разъедании железа водой и водянными растворами» Е. Нейп и О. Вауер Изв. Инст. по испыт. мат., 1905, 1 и 2 томаты.

Очистка одним натром, как и предыдущий способ, может быть применена во всех случаях, но обходится дорого.

Большинство из применяемых в настоящее время водоочистителей в главнейшем состоит из двух, один над другим расположенных баков, из которых верхний служит для смешения сырой воды с реактивами, а нижний — в качестве отстойника, для отделения осадка от очищенной воды и в качестве сборника осадка. Подогревание воды может происходить в отдельном баке или в верхнем баке водоочистителя. Химические реактивы размешивают в воде вручную или механическим способом; осветление воды достигается путем отстаивания или при помощи фильтров или фильтр-прессов. Применяемые в настоящее время водоочистители состоят обычно из одного, вертикально поставленного, цилиндрического резервуара, который горизонтальными перегородками разделен на отделения, предназначенные для загрузки реактивов, для подогревания сырой воды, для смешивания воды с реактивами и для осветления очищенной воды. Когда применяют едкую известь, то для приготовления известковой воды в большинстве случаев ставят особый вертикальный конический резервуар.

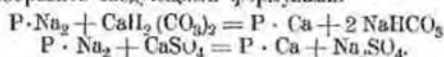
Очистка углекислым баритом, который вместе с едкой известью служит для выделения гипса (CaSO_4)



Сернистый барит и углекислая известь выпадают в виде осадка; таким образом, в раствор не переходит ни одна соль. Необходим большой избыток трудно растворимого углекислого барита. Процесс осаждения протекает очень медленно. Преимущество: в котел не проникает никаких растворенных солей.

Очистка цеолитами. Патентованные Акц. О-вом J. D. Riedel, в Берлине, под названием „вермутитов“ искусственные цеолиты представляют собой основные силикаты алюминия, обладающие свойством заменять входящие в состав их основания другими. Для умягчения воды применяется натриевый пермутит, для удаления железа — марганцевый.

Воду подлежащую смягчению пропускают через фильтр, загруженный натриевым пермутитом, при чем известь и магнелиз поглощаются пермутитом, а кислый двууглекислый и сернистый натр переходят в фильтрат. Если пермутит обозначить через Р, то реакцию смягчения воды можно изобразить следующими формулами:



Таким способом может быть достигнуто полное смягчение воды, т. е. жесткость ее сведена к 0°. Скорость фильтрации и высоту фильтра устанавливают сообразно со степенью жесткости воды. Воду из котла следует от времени до времени совершенно спускать и заменять свежей, во избежание образования слишком концентрированного раствора углекислого и сернистого натрия. Когда натриевое основание пермутита окажется всецело израсходованным и замененным другим, то оно может быть восстановлено путем обработки пермутита раствором поваренной соли (хлористого натрия), по следующей формуле:



и в таком виде означенный реактив снова пускается в дело. Пермутит как бы совершенно не расходуется, если не считать некоторой неизбежной потери его при промывке, связанной процессом восстановления. Все устройство сводится к простому баку, наполняемому пермутитом. Кроме трубопроводов для притока и отвода умягчаемой воды, должны быть еще два трубопровода для подвода и отвода регенерирующего раствора поваренной соли. Регенерация (оживление) совершается по мере надобности во время перерывов производства. При крупных котельных установках следовало бы иметь по два таких пермутитовых фильтра для попеременного пользования.

Очистка воды от железа марганцевым пермутитом основана на том, что осажденные на пеоците высшие окислы марганца легко отдают кислород. Действие продолжается только до тех пор, пока в фильтре есть запас кислорода. По израсходовании кислорода необходимо восстановление фильтра марганцевоокислым глинем или кальшем, независимо от того, будет ли фильтр служить для удаления из воды железа или марганца.

Очистка путем испарения¹⁾ применяется на больших силовых центрах с паровыми турбинами и поверхностной конденсацией отработанного пара. Добавка небольшого количества свежей воды к конденсату от турбин всегда необходима, в виду целого ряда неизбежных потерь пара и воды при эксплуатации котлов (продукта котлов, полный спуск воды из них при чистках, расход пара питательными насосами, утечка пара через вентиля и т. д., в общем около 10%). Испарение производится в многокорпусных испарителях, иногда с применением вакуума; вода испаряется и снова сжимается. Расход свежего пара в трехкорпусном испарителе, завода Акц. О-ва „Атлас“, около 0,5 kg на литр дистилата.

Электрическая очистка. (См. журн. „Die W ä r m e“, 1922, выпуск 7, стр. 95). За последнее время производится испытание различного рода способов электрической очистки воды. Применение слабого (10—15 V и $\approx 3,02 \text{ A.m}^2$ поверхности нагрева) постоянного тока. Расход тока, исключая потерь в регулирующих сопротивлениях, 0,7 до 1 W/m² поверхности нагрева. Анод (кислород) — анодированный подвеска, катод (водород) — котел. Выпадают известь и гипс.

Способ противотока (по H a u p t v o g e l'u) с пульсирующим постоянным током $\approx 0,5 \text{ V}$ и от 0,5 до 0,8 A, без электродов. Направление течения тока: положительный полюс соединяется с одним, а отрицательный — с другим концом котла. Окончательных выводов, как об этом, так и о других подобных способах, практика пока еще не сделала.

Арматура паровых котлов.

Грубая арматура: Колосниковая решетка, топочный фронт с дверками, перегородки для дымоходов, задвижка для регулировки перегрева, шибер с трассом, роликами и противовесом, подставки, стойки, слмаки, связи, пломадки для обслуживания, перила и набор инструментов для шуровки котла.

¹⁾ Archiv für Wärmewirtschaft, 1922, т. 6.

Точная арматура.

а) Предохранительные клапана.

Необходимые размеры предохранительного клапана определяются из формулы (см. „Правила о котлах“, стр. 475).

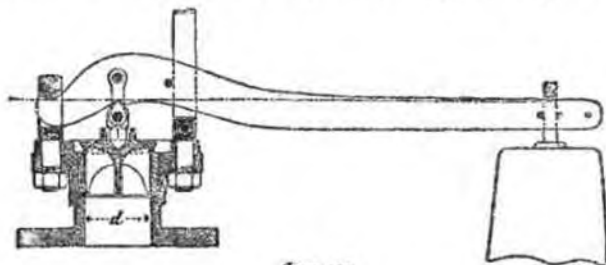
$$dh = 0,38 \frac{H}{P},$$

где: d — диаметр клапана в см,
 h — подъем клапана в см,
 P — абс. рабочее давление в ат.
 H — пов. нагрета котла в м².

Полнопроходные клапана — подъем составляет не менее $\frac{1}{2}$ их диаметра; могут иметь площадь поперечного сечения в 3 раза меньше, чем обыкновенные клапана.

Давление пара на каждый клапан не должно превышать 600 kg, при большем давлении следует ставить два или большее число клапанов.

Клапана с рычажной нагрузкой обычно предпочитают клапанам с непосредственной нагрузкой. На фиг. 735 изображен открытый, хорошо



Фиг. 735.

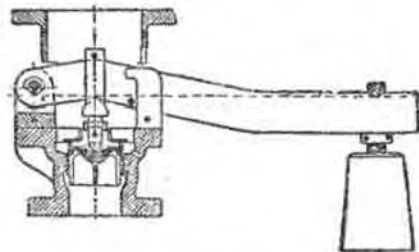
доступный клапан; его правильное положение — строго горизонтально во всех направлениях и легко может быть точно выверено. Опорная точка поворота рычага заключена в обойме, которая прикреплается к фланцу коробки сквозным болтом с гайкой (а не шпилькой). Точка, в которой передается давление рычага на клапан, может лежать в одной плоскости с опорной поверхностью седла или немного ниже. Рычаг поконится на ножах. Ось вращения, точка, в которой передается давление на клапан и точка подвеса груза должны лежать в одной плоскости. Рычаг должен иметь достаточно прочные размеры, ножи — достаточную длину.

Правильные размеры клапана получают при соблюдении следующих соотношений: наименьшее расстояние между ножками = d ; высота рычага над средним ножом = $\frac{2d}{3}$; толщина рычага $\frac{d}{3}$. Седло клапана плоское, или резе коническое, не должно быть шире 2—2,5 мм. При плоском седле клапан резе заедает, но конические гарантируют большую плотность (угол седла = 45°). Направляющие клапана крылья должны быть возможно длинней. Рычаг направляется вилкой или серией сверху зажимной, ограничивающей вместе с тем подъем клапана.

Полнопроходный клапан завода Аш. О-ва Ш е ф ф е р и Б у л е н б е р г (фиг. 736). Пар действует первоначально на нижнюю коническую поверхность клапана; эта поверхность и служит для определения нагрузки на клапан и расстояния груза до клапана.

При достижении допустимого давления клапан приподнимается лишь незначительно; если допустимое давление преодолено, то происходит постоянное увеличение хода клапана, вследствие давления пара на нижнюю часть диска, прикрепленного к коническому клапану и служащего для увеличения его хода. При полном открытии клапана, последний пропускает столько пара, что увеличение его давления в котле не может происходить даже при усиленной топке.

Вместо грузовых иногда употребляют пружинные клапана, которые тоже бывают с непосредственной или рычажной нагрузкой. Примененные себе они находят, по преимуществу, при паропроводных и передвижных котлах, так как у последних на ходу груз подвергается сильным сотрясениям. Грузовые рычажные клапана надежнее пружинных.



Фиг. 736.

б) Паровые вентили (см. стр. 79).

Проходные, угловые. С колосками или со скобой. С наружной врезкой на шпильке. Для ограничения подъема клапана и затвора сальника внутри при перебивке его на ходу, на шпильке делается заделчик с конической заточкой. Чтобы перебивку сальника можно было производить при закрытом клапане, пар должен давить на клапан снизу, а не сверху. При больших вентилях (диаметр 250 мм и более) и давлении свыше 12 ат, для облегчения открытия клапаном, устраивают обводный паропровод небольшого диаметра, который используется также и для прогревания паропровода. В больших вентилях должен быть предусмотрен также кран для спуска конденсационной воды из корпуса вентилей каждый раз перед открытием клапана. При низком давлении (до 8 ат) коробку, крышку и маховик делают из чугуна, колонку и поперечину из литого железа, шпильку, тарелку, седло, сальник и накладную гайку (матку) — из красной меди. При более высоком давлении чугуносильные заменяют стальными. При высоком давлении и сильном перегреве пара — шпильку, седло и клапанный тарелка — из сплавов никкеля. Невозможные в запорных вентилях обычного типа резкие повороты струи пара ведут к довольно значительной потере давления, которая возрастает по мере увеличения диаметра вентиля и скорости движения пара¹⁾. На этом основании, при устройстве крупных паропроводов предпочитают ставить не клапана, а задвижки (завода Л. Борзиг, в Берлине), а если и клапана, то другого типа, как, напр., запорный клапан системы К о s w a, завода Ш у м а и н и К⁰ в Лейпциге, изображенный на фиг. 737. При этой конструкции вентиль, если и изменяется направление движения

¹⁾ Журнал баварского О-ва Падора за котлы, 1924, выпуски 8, 10, 11, 12 и „Die Wärme“, 1924, выпуски от 36 до 42 и 1925, выпуски 3, 4 и 5.

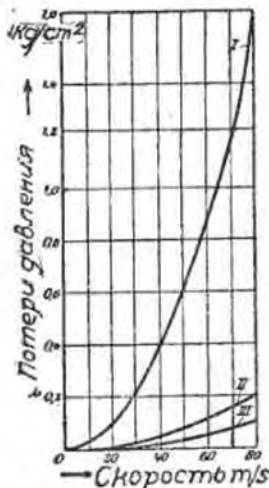
пара, то в самой незначительной мере. На фиг. 738 показаны потери давления, вызываемые запорными приборами различных систем, в связи с различной скоростью движения пара.

На случай аварии с паропроводом, разрыва или какого-либо другого крупного повреждения, ставит автоматически самозапирающийся или так называемые аварийные клапаны (Rohtbruchventile).

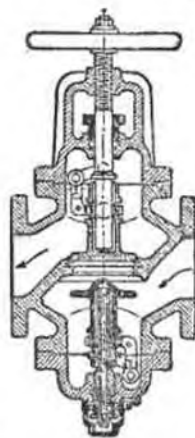
Требования, предъявляемые к последним, таковы: 1) надежное самозапирание, без толчков, независимо от того, на каком расстоянии от клапана про-



Фиг. 737.



Фиг. 738. I—вентиль обычной конструкции; II—вентиль системы Кава; III—задвижка.



Фиг. 739.

ойдет разрыв трубопровода; 2) нечувствительность по отношению к водяным ударам и к колебаниям в расходе пара — невозможность преждевременного закрытия; 3) возможность приспособления к любым условиям работы; 4) наличие надежной сигнализации, оповещающей о происшедшем закрытии клапана; 5) возможность обезживания (закрывания и открывания) клапана от руки с расстояния. Изобретенный на фиг. 739 автоматический самозапирающийся клапан фирмы Hübner & Maueg в Вене удовлетворяет всем этим требованиям.

с) Питательный трубопровод.

Питательный обратный и запорный клапана.

(См. §§ 9, 11 и 12 Правил о котлах).

Всасывающая труба с сеткой и приемным клапаном ведет к питательному насосу. Напитательную трубу прокладывают, избегая воздушных мешков. При больших насосах на напорной линии необходим воздушный колпан. Скорость воды во всасывающей и нагнетательной трубах = 1 м/сек. На нагнетательной линии должен быть обратный клапан (фиг. 740), автоматически закрывающийся под давлением воды в котле; подъем его от $1/6$ до $1/8$ диаметра. Между котлом и обратным клапаном включают какое-

либо запорное приспособление (запорный клапан, кран или задвижку), для того, чтобы, закрыв последнее, можно было произвести осмотр и ремонт обратного клапана, не выключая котла из работы. При питательных насосах с механическим приводом на нагнетательной трубе нужно ставить предохранительный клапан. Выходное отверстие нагнетательной трубы внутри котла надо располагать по возможности выше, почти около наивысшего уровня стояния воды в котле. Делается это с той целью, чтобы питательная вода, поступая в котел, в наиболее горячей зоне, возможно быстрее освобождалась от принесенного ею с собою воздуха, прежде чем последний соприкоснется со стенками котла. В жаротрубных котлах предпочтительнее вводить питательную трубу спереди, через переднее днище; длина вводного отростка трубы — около 3 м; последний должен быть расположен выше жаровой трубы.

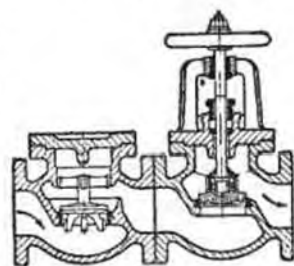
Weinlig предлагает при определении диаметра питательного клапана руководствоваться данными о паропроводимости котла. Таким образом, при известной часовой производительности, питательный клапан получает соответствующий диаметр а именно:

3000 kg — 75 mm	700 kg — 50 mm
1600 " — 70 "	500 " — 45 "
1300 " — 65 "	300 " — 40 "
900 " — 55 "	200 " — 35 "

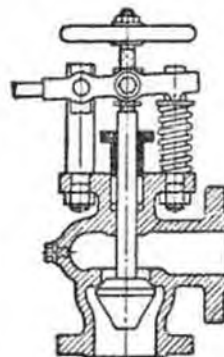
д) Приспособления для спуска воды из котла.

В качестве запорных приборов применяются вентили, краны и задвижки. Вентили обычно менее плотны, чем краны и задвижки, зато последние труднее открывать и закрывать под давлением. Двойной аэрозоль-вентиль между котлом и краном (или задвижкой) — имеет поэтому все преимущества. Для удаления из котла грязи и ила применяются специальные спускные клапаны (фиг. 741). Последние отличаются простотой ухода, быстротой открытия и закрывания и возможностью притирки под давлением. Включение какого-либо простого запора между таким клапаном и котлом — желательно. Диаметр спускных органов не следует брать слишком большим 30—60 мм не больше и зависимость от размеров котла. Спускные клапаны должны быть легко доступны и защищены от сырости, загрязнения золой и т. п.

Устранять общую спускную линию для нескольких котлов не следует, так как это может послужить источником несчастного случая, если при продувании одного из котлов горячая вода попадет в другой, не работающий, оста-



Фиг. 740.



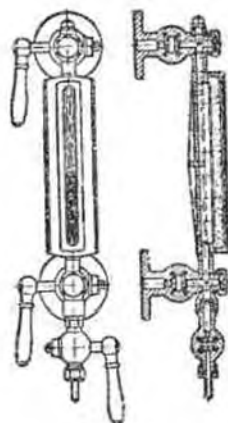
Фиг. 741.

воплаченный на чистку котел, у которого спускной край может быть также открыт; поэтому лучше устраивать независимую спускную трубу для каждого котла и все такие трубы выводить в общий канал достаточных размеров.

е) Приборы для указания уровня воды в котле.

(§ 10 Правил о котлах).

Водомерные стекла. Наружный диаметр стекла — около 20 мм, длина не менее 250 мм. Необходима очень точная приточка к стеклу нижней и верхней втулок для того, чтобы набивка из салынок не проникла в трубку. В качестве уплотнительного материала обычно служат особого вида резиновые прокладочные кольца. Для предупреждения поранения котелом осколками лопнувшего стекла, водомерное стекло должно быть снабжено каким-либо предохранительным приспособлением, в виде, напр., стеклянного щита с влитой в нем преволочной сеткой. Стекла завода Schott & Gen отличаются особо высокими качествами по сопротивляемости высоким давлениям¹⁾. Весьма целесообразна конструкция водомерных стекол системы Кларка (фиг. 742). Уровень воды виден весьма ясно; стекла отличаются большой прочностью и поэтому не требуют каких-либо предохранительных ограждений. Необходимо следить



Фиг. 742.

за тем, чтобы краны водомерных стекол не заклипали, а всегда свободно проворачивались кругом. Если водомерные стекла находятся выше уровня котла (например, в вертикальных водотрубных котлах), то наблюдение за уровнем воды бывает сильно затруднено. В таких случаях с успехом применяются приборы с искусственным освещением мениска в стеклах, а также волоуказатели специальных конструкций. За уровнем воды в котле в таком случае следит, например, поплавок, соединенный с каким-либо внешним указателем, расположенным на высоте глаза котелника. Или для той же цели пользуются приборами, где, в зависимости от положения уровня воды в котле, изменяется разница высот двух столбов воды, или на положение столба другой более тяжелой указательной жидкости, видимой котелнику²⁾. Такие приспособления, однако, не признаны еще законом за безусловно надежные.

Пробные краны или клапаны. В виде второго приспособления для наблюдения за уровнем воды в котле закон требует установки двух пробных кранов. Один из них должен быть расположен в плоскости наивысшего уровня воды, а другой — на 50—120 мм выше первого, т. е. должен сообщаться с паровым пространством. Диаметр отверстия около 10 мм, канал —

прямой для того, чтобы, в случае засорения, его можно было проткнуть насквозь иглой. Пробки кранов должны проворачиваться кругом. Необходима прочная установка на прикреплённых к котлу фланцах или на особых штуцерах.

г) Манометры.

Применительны только пружинные манометры (с пластинчатыми или трубчатыми — система Бурдона — пружинными). Пружинные манометры следует предохранять от нагревания и потому располагать на некотором расстоянии от котла. Соединение манометра с паровым пространством котла достаточно длинной, обязательно изогнутой в виде петли трубкой, которая всегда должна быть заполнена водой (конденсатом), а не паром (см. т. I, отд. Измерительные приборы).

К. Эксплуатация и надзор за паровыми котлами.

Выбор типа котла см. стр. 381.

Коэффициент полезного действия котельной установки зависит от состояния котлов и степени их форсировки, от умения котелников топить и от качества топлива. Для получения высокого коэффициента полезного действия котельной и дешевого пара, нужно постоянное наблюдение за работой котлов, с регистрацией и последующим анализом всех основных факторов, обуславливающих качество этой работы; эпизодические испытания котельной в этом отношении не достаточны.

Котлы должны быть всегда в достаточной степени чистыми, как с внутренней, так и с наружной стороны, т. е. не должны быть загрязнены накипью и сажей и золой снаружи. Неисправное состояние предупреждается предварительным очищением сырой питательной воды и возможно более полным использованием для питания котлов конденсата. Питательная вода, как сырая, так и очищенная, а также содержимое котлов подлежат периодическому исследованию. Периодическое, через возможно более короткие промежутки времени, удаление из дымоходов летучей золы; регулярная обдувка труб, перегревателей и экономайзера. Исправное состояние обмуровки, перегороков и газоходов и плотность крышек, прикрывающих разные отверстия, лазы и т. п. в обмуровке; доступность и исправное состояние топок.

Автоматическое зависивание поступающего в котельную топлива и измерение расхода питательной воды при помощи водомеров, для установления нагрузки котельной и ее коэффициента полезного действия. Большую пользу приносят приборы, указывающие расход пара из котлов в каждый данный момент (паровые часы). Избегать чрезмерной нагрузки котлов во избежание увеличения потерь от химической неполноты сгорания топлива и с отходящими газами. С другой стороны, при слишком малой нагрузке котлов, относительно большая потеря на распылку и от протара после останова.

Применение регистрирующих газоанализаторов и пиromетров способствует уменьшению потерь с отходящими газами (стр. 421) и от нецелостности горения. Необходим периодический контроль над зольностью топлива и над содержанием горючего в сгаре.

¹⁾ Журнал Zeitschrift f. die keramische Glas- und verwandten Industrien. Вульк 4, год изд. 58.

²⁾ См. Die Wärmes, 1924, стр. 585.

Оценка покупаемого топлива по его рабочей теплопроводности; влажность и зольность по возможности должны быть минимальными.

В крупных установках при каждом котле должен быть штат со всеми необходимыми контрольными инструментами, как-то: парометр, газоанализатор, дифференциальным тахометром, прибором, указывающим температуру и т. д.

В крупных котельных уместно кроме того иметь центральный штат для измерений и управления. Центральным регулятором топок (Genipur & Petri). За последнее время делается даже попытка ввести автоматическое центральное регулирование топок, в целях повышения коэффициента полезного действия¹⁾.

Обязательное постановление НКТ СССР от 2 сентября 1929 г № 257.

Правила устройства, установки, содержания и освидетельствования паровых котлов, пароперегревателей и водяных экономайзеров.

Выписка из Известий Наркомтруда СССР от 28 сентября 1929 г. № 38—39.

1. Общие положения.

1. Настоящие Правила распространяются на все стационарные и подвижные паровые котлы, пароперегреватели в стационарных установках и водяные экономайзеры для постоянных паровых котлов — кому бы они ни принадлежали (за исключением, указанным в ст. 2).

2. Настоящие Правила не распространяются: а) на паровозные и вагонные паровые котлы и паровозные пароперегреватели и водяные экономайзеры на железных дорогах, ведомственных НКПС; б) на паровые котлы, пароперегреватели и водяные экономайзеры на морских и речных судах, спарниках и иных плавучих средствах; в) на паровые котлы, снабженные выкидной трубой, благодаря которой давление пара в котле не может превышать полуметра по манометру, или снабженные другим равнозначным приспособлением (например промежуточным выкидным баком); г) на паровые котлы, поверхность нагрева которых не превышает 3 м^2 и притом составлена исключительно из труб с наружным диаметром не свыше 65 мм .

3. Паровыми котлами считаются все закрытые приборы, служащие для получения водяного пара с абсолютным давлением более одной атмосферы (более 1 кг на 1 см^2), используемого вне самого прибора.

4. К подвижным (стационарным) паровым котлам относятся все те котлы, которые по своему назначению или по своей конструкции не предназначены для передвижения в зависимости от работы и требуют для установки постоянного фундамента.

К подвижным паровым котлам относятся также котлы, которые по своему назначению или по своей конструкции предназначены для передвижения в зависимости от работы и не требуют для установки постоянного фундамента.

Если подвижный котел устанавливается для работы в постоянном помещении, то как помещение котла, так и установка последнего, выполняется соответствующим требованиям настоящих Правил, относящимися к помещению и установке постоянных паровых котлов.

Если локомотив устанавливается в постоянном помещении для работы или других сельскохозяйственных работ, а также для приведения в действие дробилок, насосов и т. п. временно, на срок не свыше $3\frac{1}{2}$ месяцев в сезон, то в данных условиях работы он приравнивается к подвижным паровым котлам.

5. Пароперегревателями считаются все закрытые приборы, обогреваемые горячими газами и служащие для повышения температуры пара.

6. Водяными экономайзерами считаются все закрытые приборы, обогреваемые горячими газами и служащие для повышения температуры питающей паровой котел воды с давлением более одной атмосферы по манометру.

Экономайзеры, представляющие собою по конструкции неотделяемую и неразъемную часть котла, рассматриваются как одно неразрывное целое с котлом и на них распространяются правила, установленные для паровых котлов.

7. В тех случаях, когда настоящими Правилами устанавливаются какие-либо права или обязанности для окружающих (или соответствующих им) органов труда и инспекции труда путей сообщения по принадлежности, — эти права и обязанности осуществляются:

- инспекцией труда путей сообщения — в отношении котлов, пароперегревателей и экономайзеров, находящихся под ее надзором;
- окружными (или соответствующими им) органами труда — в отношении всех остальных котлов, пароперегревателей и водяных экономайзеров.

Примечание. Под техническими инспекторами НКТ в настоящих Правилах разумеется как территориальные технические инспектора труда, так и технические инспектора труда путей сообщения.

II. Паровые котлы.

1. **Материал и конструкция паровых котлов.** 8. Стенки парового котла должны быть изготовлены из литого железа или красной меди.

Материалы для постройки и для ремонта паровых котлов должны удовлетворять нормам НКТ СССР, установленным для материалов для изготовления паровых котлов.

Применение чугуна для изготовления частей котла (патрубков, штуцеров, колена и крашек) не допускается.

Качество материалов для постройки и для ремонта паровых котлов должно быть удостоверено.

При этом качество материалов котлов, приобретаемых за границей, должно быть удостоверено учреждением, имеющим в стране изготовления котлов официальное право на выдачу соответствующих удостоверений.

Котлы, построенные и установленные до введения в действие настоящих Правил, могут иметь стенки из сварочного железа, а также используемые продуктами горения чугунные детали, штуцеры, патрубки, колена и крашки круглого или овального сечения с на большим диаметром не свыше 250 мм при максимальном рабочем давлении пара в 6 атмосфер.

В отношении вновь строящихся котлов запрещено применять чугун для изготовления частей котлов вступая в силу по истечении трех лет со введения в действие настоящих Правил.

9. Наивысший уровень воды в паровом котле должен быть, по крайней мере, на 100 *мм* выше наивысшей линии соприкосновения стенок котла с продуктами горения.

Настоящая статья не распространяется:

- а) на котлы, поверхность нагрева которых образована исключительно поверхностью водяных труб с наружным диаметром не более 103 *мм*;
 б) на вертикальные газотрубные и водотрубные котлы, которые имеют трубы, отводящие газы, в самом корпусе котла.

Котлы, указанные в п. „б“, должны иметь наивысший уровень воды выше неба топки, по крайней мере, на 100 *мм*. Если трубы, отводящие газы, имеют внутренний диаметр более 100 *мм*, то они должны быть защищены от соприкосновения с продуктами сгорания изоляцией или защитными металлическими футлярами, которые начинаются ниже наивысшего уровня воды в котле и оканчиваются при выходе из пределов котла.

Примечание. В котлах, построенных и установленных до вступления в действие настоящих Правил, допускается омывание варового и остоистого горючим газом лишь при условии, если температура газов не превышает 400° С и если притом стенки котла сделаны из литого железа.

2. Арматура и гарнитура паровых котлов. 10. Каждый паровой котел должен быть снабжен, по крайней мере, двумя не зависящими друг от друга предохранительными клапанами, из которых один должен иметь устройство, не позволяющее обслуживающему котел персоналу изменить нагрузку клапана.

11. У стационарных котлов по крайней мере один предохранительный клапан должен быть рычажный, грузовой.

В подвижных котлах оба клапана могут быть пружинные.

12. Нагрузка клапанов должна быть такова и клапаны должны быть рассчитаны и отрегулированы таким образом, чтобы давление пара в котле не могло превышать в котлах с рабочим давлением до 7 атмосфер более чем на 0,2 атмосферы, а в котлах с рабочим давлением свыше 7 атмосфер — более чем на 3% против допущенного рабочего давления.

13. Диаметр предохранительных клапанов исчисляется (за вычетами, указанными в ст.ст. 14 и 15) по следующей формуле проф. Л. К. Рамзина:

$$dh = 0,38 \frac{H}{P},$$

где *d* — диаметр предохранительного клапана в сантиметрах, *h* — высота подъема клапана в сантиметрах, *H* — поверхность нагрева котла в квадратных метрах и *P* — абсолютное давление пара в котле в атмосферах.

При расчете диаметра обыкновенного предохранительного клапана по формуле проф. Л. К. Рамзина, подъем клапана *h* должен приниматься не более $\frac{1}{20} d$, хотя бы в действительности он был более указанной величины.

Применение полуподъемных предохранительных клапанов (т.е. высотой подъема *h* до $\frac{1}{4} d$) допускается при условии, если конструкции их испытаны в отношении высоты подъема и удостоверены комитетным государственным органом.

Минимальный диаметр предохранительного клапана должен быть не менее 4 *см*, хотя бы расчетом определялась меньшая величина диаметра.

Определенная по формуле проф. Л. К. Рамзина площадь проходного сечения представляет собой полную площадь всех клапанов — как открытых, так и имеющих устройство, не позволяющее обслуживающему котел персоналу изменять нагрузку клапана. В том случае, если по расчету получится только один клапан, должен быть поставлен второй добавочный клапан.

14. В отношении существующих котлов для проверки клапанов остается в силе формула проф. Котурвицкого, принятая в Правилах, утвержденных ЦКТ СССР 14 ноября 1923 г. и действовавших до вступления в действие настоящих Правил:

$$dh = 0,006 \frac{D}{P},$$

где *d* — диаметр клапана в сантиметрах, *h* — высота подъема клапана в сантиметрах, *D* — наибольшее количество пара в килограммах, вырабатываемое котлом в 1 час, и *P* — абсолютное давление пара в атмосферах.

15. При расчете клапанов для котлов с высокой производительностью (свыше 50 *kg* в 1 *м²·h*) надлежит пользоваться основной формулой проф. Л. К. Рамзина:

$$dh = 0,0075 \frac{D}{P},$$

где *d* — диаметр предохранительного клапана в сантиметрах, *h* — высота подъема клапана в сантиметрах, *D* — наибольшее количество пара в килограммах, вырабатываемое котлом в 1 час, и *P* — абсолютное давление пара в котле в атмосферах.

16. Клапаны должны быть устроены таким образом, чтобы всегда можно было проверять их исправное состояние и поворачивать тарелки их во время действия котла.

17. Все предохранительные клапаны могут быть расположены на одном патрубке. При этом от патрубка, на котором установлен один или несколько предохранительных клапанов, воспримается брандсперд на одном общем патрубке нескольких предохранительных клапанов площадь поперечного сечения патрубка должна быть не менее суммы сечений предохранительных клапанов. Грузы рычажных предохранительных клапанов должны быть сделаны из одного или нескольких кусков, прочно закрепляемых на конце рычага. Дислоцировать грузы отдельными кусками какого-либо материала, не укрепленными намертво с основными грузами, воспрещается.

18. Давление на каждую клапанную тарелку не должно превышать, по общему правилу, 600 *kg*. В исключительных случаях допускается давление до 1 500 *kg*, при условии устройства приспособлений, облегчающих подъем груза при проверке клапана.

19. При устройстве общей трубы для вывода пара из пределов котельной, сечение трубы должно быть не менее суммы сечений предохранительных клапанов, для которых труба устроена. При устройстве подобных отводящих труб необходимо устанавливать отвод воды в сигнальные приспособления (например свистки), если выпуск пара не слышен топчегарам.

20. Каждый паровой котел должен быть снабжен верным манометром, запломбированным Палатой мер и весов или уполномоченным ею другим учреждением. Манометр должен быть рассчитан на число атмосфер, превышающее, по крайней мере, на две атмосферы давление, необходимое при гидравлическом испытании котла.

Деления на циферблате должны быть нанесены в килограммах на 1 см^2 . На циферблате манометра должна быть проведена красная черта через деление, соответствующее наибольшему допустимому давлению в котле с учетом добавочного давления от водного столба при низконапорных манометрах.

Вампн красной черты, нанесенной на циферблате манометра, разрешается укрепить (путем припайки) снаружи на крышке манометра металлическую пластинку, окрашенную в красный цвет и плотно прилегающую к стеклу манометра.

Манометр должен быть хорошо освещен, защищен от действия лучистой теплоты топлива и так установлен, чтобы показания его были отчетливо видны обслуживающему котел персоналу.

Каждый манометр должен быть снабжен сифонной трубкой. На сифонной трубке от стенки котла до манометра не должно быть вентилей, кранов или иных запорных устройств, за исключением трехходового крана для контрольного манометра с диаметром фланца в 38 мм при толщине его в 6 мм . Трехходовой кран должен быть установлен между манометром и сифонной трубкой.

Если манометр установлен на сифонной трубке длиной по прямому направлению в 1 м или более, то разрешается кроме трехходового крана, расположенного непосредственно у манометра, устанавливать на той же трубке кран для разобщения этой трубки в случае надобности от котла. Указанный кран должен быть всегда запломбирован в открытом состоянии. Кроме того на длинной сифонной трубке необходимо устанавливать краник или пробку для выпуска воды.

21. Для питания паровых котлов с поверхностью нагрева более 10 м^2 или работающих при давлении более 6 атмосфер должно быть установлено не менее двух питательных приборов, которые должны приводиться в действие независимо один от другого. Два независимых прибора признаются достаточными и для нескольких котлов, расположенных в одном помещении, но при условии, если по своей производительности каждый в отдельности прибор с избытком достаточен для питания всех котлов.

Производительность питательных приборов должна соответствовать следующим нормам:

а) При установке двух питательных насосов производительность каждого из них должна быть не менее двукратной длительной максимальной производительности всех работающих котлов, при чем один насос должен быть с паровым двигателем.

б) При установке трех или более питательных насосов общая производительность их должна быть не менее утроянной длительной максимальной производительности всех работающих котлов. При этом часть насосов с суммарной мощностью не менее половины мощности всех насосов должна быть с паровыми двигателями.

в) При установке двух инжекторов производительность каждого из них должна быть не менее трехкратной длительной максимальной производительности котлов, а при установке трех или более одинаковых инжекторов производительность каждого из них должна быть не менее учетверенной длительной максимальной производительности всех работающих котлов, деленной на число инжекторов.

Примечание. В отношении вторых котлов, уже действовавших до введения в действие влечащих Правил, техническому инспектору НКТ предоставляется право в отдельных случаях допустить отступления от указанных в пп. а), б) и в) настоящей статьи норм производительности питательных приборов в сторону снижения их, но не более чем на 25%.

22. Для питания парового котла, у которого произведение числа, выражающего поверхность нагрева котла в квадратных метрах, на число атмосфер рабочего давления не превышает 20, в качестве второго питательного прибора (при инжекторе паровом или приводном насосе) может применяться ручной насос с разрешения окружного (или соответствующего ему) органа труда или инспекции труда путей сообщения по принадлежности.

Водопровод может заменить один из питательных приборов, если давление в водопроводе превышает разрешенное рабочее давление в котле, по крайней мере, на $1 \frac{1}{2}$ атмосферы. Водопровод для питания котлов без второго питательного прибора не допускается, за исключением случая питания парового котла, имеющего поверхность нагрева не более 10 м^2 и работающего при давлении не выше 6 атмосфер. Ручной насос в качестве одного питательного прибора допускается для питания только таких котлов, у которых произведение числа, выражающего поверхность нагрева в квадратных метрах, на число атмосфер рабочего давления не превышает 50.

Каждая труба, подводящая воду из питательной сети к котлу, должна иметь в месте присоединения к нему запорный клапан или вентиль и обратный клапан, запирающийся автоматически давлением изнутри котла.

Запорный клапан может быть прикреплен или непосредственно к котлу, или к прикрепленному к нему штуцеру или фланцу (ст. 27).

Обратный клапан присоединяется непосредственно к запорному клапану (или вентилю).

23. Котлы с разным рабочим давлением, установленные в одном в том же помещении, должны иметь самостоятельные питательные приборы, удовлетворяющие нормам, указанным в ст. 21. Кроме того к ним должны быть присоединены отдельные, подводящие воду трубы.

Примечание. В отдельных случаях, при равности рабочего давления в паровых котлах не выше 2 атмосфер, техническому инспектору предоставляется право допускать питание котлов от общей питательной установки, но с тем, чтобы к котлам были устроены отдельные трубопроводы с соответствующими запорными приспособлениями.

24. На каждом паровом котле должны быть, по крайней мере, одно водоуказательное стекло и два пробных крана для контроля уровня воды в котле. Внутренний диаметр пробного крана должен составлять не менее 8 мм . К котлу должен быть укреплен неподвижный металлический указатель, доходящий до водочерного стекла и установленный на высоте наибольшего уровня воды в котле. У этого указателя должна быть прикреплена надпись: „Наивысший допустимый уровень воды“. Цилиндрический

допускаемый уровень воды и стекло должно быть видно не менее как на 25 *mm* выше верхнего края нижней гайки.

Для вновь строящихся котлов с поверхностью нагрева в 100 *m*² и выше установка второго водомерного стекла является обязательной.

Нижний пробный край должен быть установлен на горизонте наивысшего уровня воды в котле, а верхний пробный край — непосредственно над горизонтом наивысшего уровня воды в котле. Каждый пробный край должен соединяться самостоятельно с котлом. Допускается установка водомерных стекол и пробных краев на колонках (кувшинах), соединенных с водяными и паровыми пространствами котла трубами, диаметром не менее 75 *mm*.

В случае непосредственного соединения с котлом водоуказательных стекол и пробных краев трубами длиной до 500 *m* диаметр труб должен составлять не менее 25 *mm*, в остальных же случаях — не менее 75 *mm*.

В тех случаях, когда на котле устанавливаются два водоуказательных стекла, пробных краев может и не быть.

Соединение водомерных стекол, а также водопробных краев с котлом должно быть таково, чтобы краны водомерных стекол и водопробные краны можно было прочищать по прямому направлению для устранения засорения их.

Краны водомерных стекол должны быть такого устройства, чтобы можно было менять стекла во время работы.

Водоуказательные стенчатые трубки должны быть защищены на случай разрыва приспособлениями, не затрудняющими наблюдения за высотой уровня воды.

При установке водоуказательных приборов системы Клингера особого ограждения не требуется.

Водомерные стекла должны быть освещены настолько, чтобы кочегар легко мог видеть их показания. При высоком расположении пробных краев и водомерных стекол должен быть обеспечен удобный и безопасный к ним доступ при помощи постоянных галлерей или иных приспособлений из негорючего материала.

Котлы с несколькими паровыми пространствами и самостоятельными водяными уровнями рассматриваются как отдельные паровые котлы, и каждый из них должен быть снабжен требуемыми водоуказательными приборами.

Вход трубных котлах с двумя или несколькими продольными верхними барабанами (котлы Бабюк и Вилькокс, Шухова и др.) на каждом барабане должны быть установлены по крайней мере одно водомерное стекло и пробные краны. В водотрубных котлах с двумя или несколькими верхними поперечными барабанами на том барабане, у которого производится постоянное наблюдение за высотой уровня, должно быть установлено не менее двух водомерных стекол.

25. Соединение котла с паропроводом должно производиться через парозащитный вентиль или задвижку, которые присоединяются или непосредственно к котлу, или к прикрепленному к нему штуцеру или фланцу.

26. Каждый паровой котел должен иметь спускной кран, задвижку или вентиль для спуска грязной воды и опорожнения котла, присоеди-

няемый или непосредственно к котлу, или к прикрепленному к нему штуцеру или фланцу.

Установка спускных приспособлений на коленах и отводах допускается при обязательном условии выполнения колена и отводов из литого железа или в виде стальной фасонной отливки. Применение чугуна воспрещается.

У котлов с поверхностью нагрева 80 *m*² или выше и с давлением пара более 10 атмосфер непосредственно между спускным краном и котлом должен быть поставлен вентиль (или задвижка).

Установка промежуточного вентиля (или задвижки) преследует цель обеспечить открытие спускного крана при продувке котла под рабочим давлением и последующим полным открытием вентиля (или задвижки) обеспечить вытекание воды из котла без резких толчков.

Водоуказательная труба с краном или вентилем должна быть расположена в самой нижней части котла, если это допускает его конструкция, и не должна иметь сообщения с питательными или иными назначениями трубопроводами.

Применение автоматических спускных приборов не исключает необходимости установки спускных кранов или вентиля.

Спускные краны или вентиль и штуцер, к которому они присоединяются, должны быть доступны для обслуживания во время действия котла. Выпускаемая из котла вода не должна его подтапливать.

На всех кранах и клапанах питательных (водородных) и паропроводных труб должны иметься отчетливые нестираемые знаки, показывающие направление воды или пара.

27. Вся арматура должна быть установлена на патрубках (штуцерах или флангах), прикрепленных непосредственно к котлу. В случае необходимости установки арматуры непосредственно на стенке котла, арматура должна быть прикреплена к стенке котла шпильками. Этот способ крепления допускается в том случае, если диаметр отверстий в стенке котла не превышает 25 *mm*.

На котлах с поверхностью нагрева не более 20 *m*², если притом они работают при давлении не выше 6 атмосфер, арматуру разрешается устанавливать путем ввертывания в стенку котла или на шпильках.

В случае установки шпилек или самой арматуры на резьбе в стенке котла, нарезающие концы с внутренней стороны должны быть укреплены, если это повлечет конструкции, путем постановки контргайк или расклевки (шпилек).

28. Паровые котлы должны быть устроены так, чтобы возможно было осматривать отдельные их части и очищать их внутренние стенки. Для этого для проникновения внутрь котла должны иметься размеры не менее 300 *mm* × 400 *mm* и закрываться прочными не чугунными крышками.

В частях котла с размерами между соседними стенками меньшими, чем необходимо для проникновения внутрь котла человека, если притом дивца или козлу установлены на закладках, должны быть устроены лючки, если позволяет конструкция, размером не менее 100 *mm*² в диаметре. В противном случае, если по конструкции котла устройство люка диаметром 100 *mm* не представляется возможным, могут быть установлены лючки меньшего размера или отверстия, закрывающиеся пробками на резьбе.

Для осмотра внешних частей котлов, имеющих глиняную обмуровку, в соответствии должны быть устроены лазы размером не менее $400 \text{ мм} \times 450 \text{ мм}$.

29. Всякий котел, изготовленный после введения в действие настоящих Правил, должен быть снабжен на заводе-изготовителе металлической дощечкой с обозначением на ней завода, изготовившего котел, номера котла по списку завода, года постройки котла и величины расчетного давления.

Эта дощечка должна быть укреплена на видном месте котла. Кроме того эти же данные должны быть выбиты в виде клейма на корпусе котла, вблизи от водоуказательной арматуры.

3. Помещения для постоянных паровых котлов. 30. Помещения для постоянных паровых котлов, работающих под давлением свыше 0,5 атмосферы по манометру, должны удовлетворять требованиям ст.ст. 31—51.

31. Стены в пол котельного помещения должны быть сгораемыми или огнестойкими, а крыша может быть сгораемой, огнестойкой, защищенной от возгорания или в указанных ниже случаях — сгораемой.

Устройство потолочных перекрытий над котлами в котельных помещениях не допускается, за исключением особых случаев установки паровых котлов под мастерскими, жилыми и иными помещениями, а также внутри мастерских (ст. 53).

Материалами для стен котельного помещения могут служить кирпич, бетон, железобетон, шлакобетон, пустотелые бетонные камни и т. д.

Пол может быть кирпичный, бетонный, плиточный, асфальтовый, дощатый, уложенный без воздушных прослоек по бетонной подготовке, торцовый по бетонной подготовке и т. д.

Материалами для кровли могут служить: железо, черепица, асбест, террофазерит, толь, рубероид и т. д.

Стропильные конструкции, а также покрытие между ними могут быть железные, железобетонные и деревянные. При этом деревянное покрытие, уложенное поверх стропил, а также деревянная подшивка должны быть снизу изолированы железом по войлоку или асбесту, если это покрытие отстоит от верхней поверхности обмуровки котлов менее чем на 3,0 м. Устройство деревянной подшивки допускается по ватникам стропил.

Временные со сроком службы не более двух лет котельные устройства могут быть устроены при предприятиях или хозяйствах, имеющих временное назначение в сгораемых зданиях, при чем в них допускается устройство земляных полов.

В тех случаях, когда целевое назначение работ, для производства которых предназначалась котельная установка, не могло быть осуществлено в течение 2 лет, срок службы котельной установки может быть продлен, но не свыше, чем на 3 года (всего на 5 лет). Продление срока службы сверх 5 лет допускается только с особого разрешения инспекции труда.

В лесистых местностях, в которых преобладающим местным строительным материалом является дерево, в сгораемых зданиях разрешается устройство постоянных котельных установок с поверхностью нагрева котлов до 20 м^2 . Устройство котельных в сгораемых зданиях с поверх-

ностью нагрева котельной установки более 20 м^2 разрешается в особых случаях лишь с согласия инспекции труда.

В котельных помещениях пол перед фронтом котлов, предназначенный для непосредственного обслуживания их, не должен быть ниже уровня непосредственно прилегающей к зданию котельной территории. Отступления от этого требования допускаются в тех случаях, когда это вызывается экономическими и эксплуатационными соображениями (например при шахтных и ступенчатых топках, при утилизации топлива малой тепловой емкости).

32. В котельных помещениях, в которых устанавливаются паровые котлы с большим объемом воды (более 100 л на 1 м^2 поверхности нагрева), покрытие котельной должно удовлетворять следующим требованиям:

а) при собственном весе конструкции покрытия (включая стропила, обрешетку, подшивку, опалубку и кровлю) до 90 кг на 1 м^2 покрытие может быть сплошным без световых фонарей;

б) при собственном весе конструкции покрытия от 90 до 150 кг на 1 м^2 в покрытии над котлами должны быть устроены световые фонари с площадью отверстий для них в покрытии не менее 10% от площади пола, занятой котлами;

в) при собственном весе конструкции покрытия свыше 150 кг на 1 м^2 площадь отверстий для световых фонарей должна соответственно составлять не менее 20%.

Примечание. Вместо предусмотренных в п.п. б) и в) настоящей статьи, а также в ст. 33 световых фонарей, если устройство последних не требуется для достижения необходимой освещенности в котельном помещении, разрешается устраивать перед фронтами котлов расположенные выше обмуровки котлов астенные проемы соответствующих размеров, а также применять иные конструкции, обеспечивающие возможность свободного выхода пара, образующегося при взрыве парового котла.

33. В котельных помещениях, в которых устанавливаются котлы с малым объемом воды (не более 100 л на 1 м^2 поверхности нагрева), устройство световых фонарей в покрытии обязательно только в том случае, если вес покрытия превышает 105 кг на 1 м^2 . В этом случае площадь отверстий в покрытии для световых фонарей должна составлять не менее 10% площади, занятой котлами, включая обмуровку.

34. Устройство в котельном помещении перекрытий над и между котлами для установки экономизаторов, дымососов, золоуловителей и т. п., а равно перекрытий между котлами для установки вспомогательного оборудования, контрольно-измерительных приборов и т. д. допускается в зависимости от конструкции котельной.

35. Выходные двери котельного помещения должны открываться наружу от простого нажатия на подотпущивающую дверь.

В тех случаях, когда через ворота котельного помещения топливо подвозится непосредственно к котлам, необходимо устройство тамбура таких размеров, чтобы вагоны или другие приспособления, на которых топливо подвозится к котлам, могли свободно помещаться в тамбуре, когда наружная и внутренняя двери его закрыты. Тамбур у входных дверей (ворот) может быть деревянным. Вместо устройства тамбура могут применяться другие приспособления, предотвращающие приток холодного воздуха в котельную.

36. Котельное помещение с площадью пола свыше 250 м^2 должно быть снабжено достаточным количеством выходов — из расчета, чтобы по фронту котлов расстояния между выходами было не более 50 м . Во всяком случае число выходов должно быть не менее двух. В котельном помещении с площадью пола не свыше 250 м^2 допускается устройство одного выхода с тем, чтобы выход этот был устроен в части помещения, расположенной перед фронтом котлов.

37. В рабочей части, в проходах и над котлами котельное помещение должно иметь достаточную освещенность естественным светом. В местах, где по техническим условиям соблюдение этого требования невозможно, допускается применение искусственного освещения.

38. Для устранения в котельном помещении высоких температур должна быть устроена вентиляция, которая должна обеспечивать достижение следующего эффекта:

а) в основной рабочей зоне, т. е. в зоне обычного пребывания кочегаров, температура воздуха не должна превышать 27°С при всех температурах наружного воздуха в тени не выше плюс 17°С . При температурах воздуха в тени выше плюс 17°С температура в указанной зоне не должна превышать наружную температуру более чем на 10°С .

б) на рабочих площадках, расположенных в верхней части обмуровки котлов или над обмуровкой и предназначенных для периодического кратковременного обслуживания аппаратуры котлов (вспомогательная рабочая зона), температура воздуха не должна превышать указанную в п. 3а настоящей статьи температуру в основной рабочей зоне более чем на 5°С .

Примечание. Указанные температурные нормы относятся к местностям, в которых средняя температура над океаном в жаркое время года не превышает в 13 часов (1 час дня) 25°С в тени. Для местностей с более жарким климатом нормы допускаемых температур в котельных помещениях устанавливаются НКТ союзных республик.

39. Котельное помещение должно быть снабжено противопожарным оборудованием, характер которого определяется по согласованию с местными органами государственного пожарного надзора.

40. Если котельное помещение непосредственно примыкает к жилому или рабочему помещению или складу горючих материалов, то оно должно быть отделено от них во всю высоту глухой каменной, кирпичной или бетонной стеной, толщиной не менее 38 см , или железобетонной стеной, толщиной не менее 12 см . В этой стене допускается устройство необходимых отверстий для проводов, трансмиссий и пр., а также дверных проемов с прочными огнестойкими дверями-полотнищами, открывающимися в сторону котельной. В стене, отделяющей котельное помещение от машинного зала, разрешается, кроме дверных проемов, устраивать окна с армированным стеклом.

41. Расстояние от фронта котлов или от фронта выносных топок, если обслуживание последних производится со стороны фронта котлов, до противопожарной стены котельного помещения должно составлять не менее 3 м . Если фронты котлов или выносных топок расположены один против другого, то расстояние между ними должно составлять не менее 5 м . При этом в промежутках между фронтами котлов, а также между фронтами котлов и стеной разрешается установка насосов,

весов и т. п., а также устройство соответственно огражденных люков в полу — с тем, чтобы ширина проходов перед фронтами котлов составляла не менее $1,5 \text{ м}$.

При устройстве свободного прохода между боковыми стенками обмуровки двух соседних котлов или между боковой или задней стенкой обмуровки котла и смежной стеной здания котельной ширина прохода должна составлять не менее 1 м , а между отдельными выступающими частями, расположенными на поверхности стен обмуровки (например балки каркаса обмуровки, трубы вентиляции и т. п.), а также между этими частями и частями здания (колонины, лестницы, ведущие на котел и рабочие площадки, и т. п.) ширина прохода должна составлять не менее 80 см .

В случае установки котлов, при которых требуется боковое обслуживание топки или котла (шуровка, обдувка и т. п.), ширина прохода должна обеспечивать беспрепятственность упомянутого обслуживания и должна составлять не менее 2 м .

Примечание. Для вертикальных (стоячих) котлов системы Лешнелль, Шухова и др. соблюдение указанных расстояний не обязательно, но расположение люков паровых котлов должно обеспечивать удобство и безопасность их обслуживания. При этом свободный проход перед фронтом котла должен составлять во всяком случае не менее $1,5 \text{ м}$.

42. При отсутствии указанных в ст. 41 проходов обмуровка котла не должна вплотную примыкать к стене котельного помещения, но должна отстоять от нее по крайней мере, на 70 см , при чем этот промежуток может быть заложен на концах и прикрыт сверху кирпичом. Разрешается также засыпать этот промежуток инфиузорной землей или легким нетвердеющим шлаком или другими негорючими и неветердеющими теплоизоляционными материалами.

43. Расстояние от верхней поверхности обмуровки котла или от верхней расположенной над обмуровкой котла и предназначенной для его обслуживания рабочей площадки до нижних конструктивных частей покрытия котельной должно составлять не менее 2 м .

44. Для входа на паровой котел и ухода за расположенными наверху приборами должны быть устроены настоящие лестницы и галереи из негорючего материала, снабженные перилами. На верхней поверхности обмуровки котла должны быть устроены по краям прочные ограждения из негорючего материала.

45. Установка над котлами водяных баков допускается с тем, чтобы расстояние между верхней поверхностью обмуровки и нижней поверхностью баков составляло не менее 2 м и чтобы баки перекрывали не более 20% всей верхней поверхности обмуровки котла и не закрывали световых фонарей, указанных в ст. ст. 32 и 33 настоящей Правил.

Над проходами баки могут устанавливаться в зависимости от ширины и длины проходов.

46. Установка в котельном помещении баков для нефти и нефтяных остатков допускается исключительно не более полусоточного запаса. Нефтяной бак должен быть закрытый, должен сообщаться с наружным воздухом трубой диаметром не менее 25 мм и иметь переливную трубку, а также трубку для спуска нефти в безопасное место на случай пожара.

Установка нефтяных баков над котлами не допускается.

При нефтяном отоплении котлов должны устраиваться безопасные в пожарном отношении приемники для случайно вытекающего из топок или форсунок нефтяного топлива так, чтобы последнее не попало на пол котельного помещения.

В котельном помещении при нефтяном отоплении паровых котлов обязательно должен иметься запас сухого песка в количестве не менее 1 m^3 .

Для очистки и ремонта нефтяных баков рабочие допускаются в них после вытеснения из баков газов при помощи пара.

Отступления от указанной в настоящей статье нормы запаса нефти и нефтяных остатков допускаются не иначе, как с разрешения органов государственного пожарного надзора.

47. Устройство бункеров разрешается над помещением перед фронтом котлов. Над бункерами допускается устройство железнодорожных путей и иных транспортирующих приспособлений.

48. На случай резкого понижения расхода пара из мест значительного потребления его должна быть устроена сигнализация в котельное помещение, или в последнем должен быть установлен указатель расхода пара.

49. Запас твердого топлива в котельном помещении нормально не должен превосходить суточного расхода его котлами. При этом топливо должно складываться в таком месте, чтобы подвозка и свалка его не могли стеснять кочегара при выполнении работ, связанных с уходом за паровыми котлами.

Запас топлива в бункерах может быть любой величины.

50. Запрещается загромождать котельное помещение какими-либо материалами и предметами или хранить их на котле. Проходы к выходам и самим выходам из котельного помещения должны быть всегда свободными.

51. Запрещается установка в котельном помещении таких машин, приборов и аппаратов и производство таких работ, которые не имеют прямого отношения к обслуживанию или ремонту паровых котлов или самого помещения.

Допускается установка в котельном помещении предназначенных для обслуживания его двигателей, паровых машин, локомотивов и двигателей внутреннего сгорания мощностью не свыше 25 PS. Установка агрегатов мощностью свыше 25 PS допускается не иначе, как с разрешения в каждом отдельном случае окружного (или соответствующего ему) органа труда или инспекции труда путей сообщения, по принадлежности.

Установка предназначенных для обслуживания котельной локомотивов и двигателей при них, а также двигателей допускается мощностью не более 25 PS.

При наличии установок, указанных во 2-й и 3-й части настоящей статьи, запас смазочных материалов для них в котельном помещении не должен превышать трехдневного расхода этих материалов, при чем последние должны храниться в закрытых металлических сосудах.

В исключительных случаях допускается, с особого каждый раз разрешения инспекции труда, установка в общем с котлами помещения про-

изводственных аппаратов и приборов, обогреваемых отходящими от котлов топочными газами.

52. В отношении существующих установок паровых котлов сроки для переустройства, относящихся к этим установкам, согласно требованиям ст. ст. 31, 32, 33, 36, 38, 41, 43 и 44, где такие переустройства являются возможными, устанавливаются в каждом отдельном случае окружным (или соответствующим ему) органом труда или инспекцией труда путей сообщения, по принадлежности.

4. Особые случаи установки паровых котлов. 53. Установка котлов над мастерскими, жилыми и иными помещениями, в которых могут находиться люди, допускается только с особого каждый раз разрешения окружного (или соответствующего ему) органа труда или инспекции труда путей сообщения, по принадлежности.

54. Под мастерскими, жилыми и иными помещениями, в которых могут находиться люди, а также внутри мастерских, производство которых не огнеопасно, разрешается устанавливать:

а) паровые котлы, у которых поверхность нагрева составляет не более 30 m^2 и образована трубами, наружный диаметр которых не превышает 103 mm , а объем не превосходит 50 литров на 1 m^2 поверхности нагрева;

б) паровые котлы, которые предназначены к работе при давлении не свыше 6 атмосфер и у которых произведение числа атмосфер рабочего давления на число квадратных метров поверхности нагрева составляет не более 20.

При установке котла внутри мастерской место, занимаемое котлом, должно быть отделено от остальной части мастерской безопасными в пожарном отношении перегородками, высотой в 2 m с необходимыми дверями в них и проходами около котла.

Вопрос о допустимости установки в данном помещении двух или нескольких паровых котлов, отвечающих каждому условию, указанному в п. п. „а“ и „б“ настоящей статьи, разрешается в каждом отдельном случае окружным (или соответствующим ему) органом труда или инспекцией труда путей сообщения, по принадлежности.

Установка внутри мастерских котлов, не отвечающих ограничительным условиям, предусмотренным в п. п. „а“ и „б“ настоящей статьи, разрешается лишь в тех случаях, если котел обогревается газами, отходящими от производственных печей, или если он устанавливается временно — на срок не более 6 месяцев.

(Продолжение „Правил устройства, установки, содержания и освидетельствования паровых котлов, пароперегревателей и водных экономизаторов“ см. в конце книги. Добавление б-е на 143 стр.).

М. Технические условия на материалы, употребляемые в котлоостроении.

1. Технические условия на котельное и топочное листовое железо (сталь).

§ 1. Котельное и топочное листовое железо (сталь) изготавливается из марганцевого литого железа (стали) нижеследующих марок (сортов):

Характеристики марки	Растяжение		Загиб холодный		Загиб горячий		Загиб закал. образца	Сварка
	Времен. сопротивл. K_2 кг/мм ²	Относл. удлинен. в % по мере (i)	Градусы загиба образца	Диам. образца, мм, вокруг которого загиб, α	Градусы загиба образца	Диам. образца, мм, вокруг которого загиб, α		
2 (К. 1)	$\frac{33}{42}$	23	180	0	180	0	Не производится	Обязательна
3 (К. 2)	$\frac{38}{46}$	23	180	1-а	Не производится	180	а	То же, что в 1-м.
4 (К. 3)	$\frac{42}{50}$	20	180	2-а	Не производится			Неприм.

Примечание 1. Нормальная длина образцов 200 мм.

Примечание 2. Диаметры стержней, вокруг которых производится загибы, даны для листов от 8 до 20 мм; для листов от 20 до 40 мм означенные в таблице диаметры увеличиваются на одну толщину листа (а).

Примечание 3. Цифры относительного удлинения (i) действительны для листов 8—20 мм; для листов толще 20 мм, указанные в таблице цифры понижаются на 0,2 на 1 мм толщины листа.

На наружной поверхности листов и их торцов не должно быть шлаков, волосов, плен, трещин, расслоений и других недостатков материала и проката, влияющих на прочность и долговечность котла. Незабезпеченный тонкий слой окислов, получающийся при прокатке и незначительная, не препятствующая осмотру, ржавчина, а также небольшая шероховатость поверхности, происходящая от окалины местами окалины, допускается. Допускается также зачистка поверхности напильником или шубой —

однако, с ведома приемщика и с соблюдением допусков § 2-го; заделка или заварка каким-либо способом порочков не допускаются.

§ 2. Размеры котельного железа, поставляемого в прямых листах, должны соответствовать заказу со следующими допусками (в мм).

Толщина листов	Допуски по ширине и длине мм	Допуски по толщине мм	Разница между наибольшей и наименьшей толщиной по отдельным кромкам (места отступлен.) в мм	
			Листы уже 1500 мм	Листы шире 1500 мм
До 13 мм	+ 20	- 0,5 + 1,0	0,6	0,8
Свыше 13 мм	+ 20	- 0,75 + 1,25	0,9	1,2

Примечание 1. Толщина листа измеряется по углам листа в пределах, очерченных радиусом 100 мм, но не более 40 мм от кромки.

Примечание 2. Разница толщины измеряется по кромке, отстоящей от края листа на 40 мм поперек проката.

На всех листах с обеих узких сторон должны быть оставлены припуски для изготовления образцов.

§ 3. Все листы после прокатки подвергаются наружному осмотру и измерениям (согл. § 2), после чего, в случае удовлетворительности результатов, от одной из узких кромок (сторон) листа, по усмотрению приемщика, вырезается необходимое, в согласии с таблицей § 1, число образцов.

§ 4. При испытании образцов на растяжение и по техническим пробам, должны получиться результаты, характеризующие соответствующую марку металла, и не должно обнаруживаться расслоений. В случае трещины или взлома образца не в месте загиба, а вблизи его, результаты испытания также считаются неудовлетворительными. Во всех тех случаях, когда временное сопротивление K_2 при удовлетворительном i или удлинение i при удовлетворительном K_2 получаются отличными от требуемых, но не более как на ± 1 кг/мм² или соответственно 0,5% — при удовлетворительности технических испытаний — результаты испытания по растяжению считаются удовлетворительными.

§ 5. Приемщикам предоставляется право производить факультетные испытания ударом в тех заводах, где имеется соответствующее оборудование, а также получать данные о химическом составе материала.

§ 6. В случае неудовлетворительности испытаний хотя бы одного образца, такие повторятся над двойным числом образцов, по тем видам испытаний, какие дали неудовлетворительные результаты. При неудовлетворительности повторных испытаний поставщику предоставляется право рассортировки листов и их термической обработки с новым предъявлением к приемке, при наличии пропусков от образцов. По желанию завода термическая обработка может быть произведена до производства переиспытаний, с новым предъявлением к приемке.

После термической обработки приемка (новая) производится на полном одинарном комплекте образцов и считается окончательной.

2. Технические условия на заклепочное железо (сталь).

§ 1. Заклепочное железо (сталь) изготавливается из литого металла нижеследующих марок:

Характеристика марки	Растяжение		Загиб закл. образца	Образок в горячем виде	Расклевка цилиндров высотой $h = 2d$ до высоты
	K_p кг/мм ²	Относительное удлинение в % по длине (б)			
МЗД (обозначение) марок				порм. головки	
Ст. 2.	$\frac{33}{42}$	25	$\frac{180}{0 \cdot d}$	Производит.	0,3 A
Ст. 3.	$\frac{38}{46}$	23	$\frac{180}{1 \cdot d}$	Производит.	0,5 A
Число испытаний.	О д н о		Однo	Два	Два

Примечание 1. Нормальная длина образцов 200 мм.

Примечание 2. Диаметры стержня, вокруг которых производится загибы, даны для прутков от 9 до 25 мм диаметром. Для прутков толще 25 мм означенные в таблице диаметры стержней увеличиваются на 1 (одну) толщину.

Примечание 3. Цифры относительного удлинения действительны для прутков от 9 до 25 мм включительно; для прутков толще 25 мм указанные в таблице цифры удлинения повышаются на 0,2 на каждые 1 мм толщины выше 25 мм.

На паружной поверхности прутков не должно быть шлаков, волосяни, плен, трещин, расслоений и других недостатков материала прокатки (и протяжки), могущих повлиять на правильное образование головки и прочность ее в целом.

§ 2. Размеры прутков должны соответствовать заказу с допусками (в мм), указанными в соответствующем промстандарте.

Диаметр прутка в мм	Отклонение от номинала мм	Овальность (разница между наибольшим и наименьшим diam. одного сечения в мм)	
9 — 14	$\pm 0,2$	0,3	
14 — 25	$\pm 0,25$	0,4	
25 — 40	$\pm 0,35$	0,5	

§ 3. Все прутки, предъявленные к приемке, разбиваются на партии по 100 шт. однородных по марке и, по возможности, от одной плавки; остаток менее 100 шт. считается за партию. Для разбивки на партии все прутки делятся на 2 группы до 23 мм и толще 25 мм. Прутки подвергаются осмотру, а по одному прутку каждого диаметра и обмеру. В случае удовлетворительности результатов осмотра и обмера, от одного прутка, по указанию приемщика, отрезается необходимое число (6) образцов для испытаний по § 1.

§ 4. При испытании образцов на растяжение, загиб в закаленном состоянии, расклевку и образование норм заклепочной головки должны получиться результаты, характеризующие соответствующую марку стали и не должно обнаруживаться дефектов материала.

§ 5. В случае неудовлетворительности испытаний, таковые повторяются над двойным числом образцов, по тем видам испытаний, каковые дали неудовлетворительные результаты. При неудовлетворительности результатов повторного испытания партия бракуется.

Примечание: При неудовлетворительности результатов по паружному осмотру и обмеру (см. § 3), заводу предоставляется право пересортировать партию.

3. Технические условия на заклепки.

Диаметром ≥ 9 мм.

§ 1. Заклепки всех типов диаметром ≥ 9 мм изготавливаются из металла марок ст. 2 или ст. 3 (см. Т. У. на заклепочное железо) по размерам нормального сортамента заклепок (см. соответствующий промстандарт).

§ 2. На поверхности заклепок не должно быть каких-либо пороков и головки их должны быть симметричны по отношению к оси.

§ 3. Отступление от номинальных размеров для заклепки см. соответствующий промстандарт.

§ 4. Все предъявляемое к приемке количество заклепок разбивается на партии однородные по маркам и диаметрам весом в 250 кг для заклепок до 25 мм диаметром и 500 кг для заклепок более 25 мм и от каждой партии отбирается 3 (три) заклепки, подвергающиеся паружному осмотру и обмеру, согласно § 2 и 3-му.

Примечание: Для заклепок, с приемке материала коих актов не имеется, число проб брать двойное (т.е. 6).

§ 5. В случае удовлетворительности результатов осмотра и обмера отобранные три заклепки подвергаются нижеследующим пробам (см. таблицу):

Марка материала	Загиб холодный, закален. образца	Осадка головки в горячем виде	Расклевка (осадка) холод. стержня $h = 2d$ до высоты
Ст. 2	На 180° вплотную	2,5	0,3 A
Ст. 3	На 180° — с просветом равным d	2,5	0,5 A

Примечание 1. Для испытаний на расклевку от заклепки отрезается цилиндр длиной $= 2d$.

Примечание 2. См. примечание § 4.

§ 6. В случае неудовлетворительности результатов проб, таковые повторяются над удвоенным числом образцов, по тем видам испытаний, каковые дали неудовлетворительные результаты. При неудовлетворительности результатов повторного испытания партия бракуется.

Примечание: При неудовлетворительности результатов по паружному осмотру и обмеру (см. § 3), заводу предоставляется право пересортировать партию.

4. Технические условия на дымогарные и жаровые трубы.

§ 1. Материал и способ изготовления.

Трубы изготавливаются из литой мягкой стали, при чем могут быть:

1) сварные, 2) цельнокотанные, 3) цельнотянутые.

Примечание. Термическая обработка (отжиг или отпуск) труб 1-й и 2-й категории не является обязательной и предоставляется усмотрению завода, для труб же цельнотянутых—обязательна.

§ 2. Наружный вид.

На глаз трубы должны быть прямыми, круглого сечения, с гладкими наружной и внутренней поверхностями. Незначительные выпуклости, углубления и риски допустимы, поскольку ослабление стенки трубы не выходит из пределов допусков (см. § 3).

§ 3. Допуски.

Размеры трубы должны соответствовать заказу, при чем возможно отступление определяется следующими допусками:

По длине (для жаровых труб, если о том не внесено требование в заказе).

Для труб до 3 м $\pm 15 - 0$ мм

" " свыше 3 м $\pm 20 - 0$ "

По наружному диаметру.

Для труб диаметром до 50 мм . . . $\pm 0,5$ мм

" " " свыше 50 " . . . $\pm 1\%$ диаметра трубы.

По овальности. Не $> 1\%$ наружного диаметра.

По толщине стенки. $\pm 10\%$

§ 4. Условия испытаний и приемки.

Удовлетворяющие требованиям наружного осмотра (см. § 2) трубы подразделяются по партиям:

а) сварные трубы—по 102 штуки каждая, при чем от каждой партии отбираются 2 трубы для механических испытаний,

б) прочие трубы (цельнотянутые и цельнокотанные) по 101 штуке каждая, при чем от каждой партии отбирается одна труба для механических испытаний.

Партия с недостающим числом труб считается за полную партию.

§ 5. Требования испытаний.

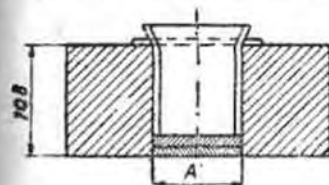
1. Испытание на раздачу.

Испытуемая труба при комнатной температуре раздается цилиндрически на длине 30 мм при помощи одной или нескольких конических оправок с наклоном 0,05 образующей конуса к его оси, при чем увеличение наружного диаметра должно быть при толщине стенки до 4 мм — на 6% и наружного диаметра, при толщине стенки более 4 мм до 6 мм — на 4% наружного диаметра.

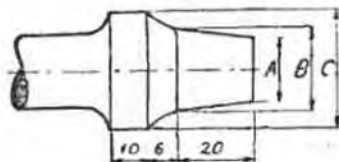
Трубы толщиной стенки более 6 мм — в отношении испытаний на раздачу требуют особых договорных условий.

2. Испытание на фланцевание.

Трубы с толщиной стенки до 6 мм должны отбортовываться при комнатной температуре наружу на 90°. Рекомендуемые при этом матрица и сердечник показаны на чертеже.



Фиг. 742а.



Фиг. 742б.

A' = наружн. diam. трубы $+ 1$ мм
 A = наружн. diam. трубы $- 15$ мм
 B = " " " $- 10$ " " " " " $+ 5$ "

Ширина фланца должна быть для труб до 60 мм, не менее 8 мм, для труб диаметром большим 60 мм ширина фланца увеличивается на 1 мм на каждые 10 мм увеличения диаметра трубы свыше 60 мм. Испытание должно производиться над образцами с опилками и закругленными кромками.

3. Испытание на сплющивание (только для сварных труб).

Испытание на сплющивание производится следующим образом: отрезок трубы длиной около 50 мм сплющивается легкой конкой вальцовкой; получающаяся в месте сгиба петля не должна превосходить 0,25 толщины стенки трубы. При сплющивании не должно обнаруживаться надрывов и трещин, даже и в том случае, если сгиб происходит по месту сварки. Сплющивание производится при темно-красном калении.

4. Испытание на сварку.

Испытание на сварку производится следующим образом.

Два сваренные обрезка трубы должны по охлаждению выдерживать установленное гидравлическое давление (см. § 5 п. 5)—без признаков течи.

5. Испытание гидравлическим давлением.

6% предельным давлением к приемке труб испытываются в течение двух минут гидравлическим давлением равным для труб:

диаметром до 200 мм — 50 ат;

" свыше 200 " — 40 "

При испытании трубы обстуживаются ручником (красной меди, весом 0,6—0,8 кг).

Трубы не должны обнаруживать при этом признаков течи.

§ 6. Требования в случае неудовлетворительности испытаний.

В случае обнаружения по какому-либо испытанию хотя бы одной неудовлетворительной трубы, испытание всей партии труб останавливается до новой пересортировки всех труб заводом и предъявления к новой сдаче.

В случае неудовлетворительности вторичного испытания партии бракуется.

5. Технические условия на паропроводные, нефтепроводные, рессиверные и паростоводные трубы.

§ 1. Материал и способ изготовления.

См. § 1. Т. У. на водопроводные трубы.

§ 2. Наружный вид.

См. § 2. Т. У. на водопроводные трубы.

§ 3. Допуски.

Допуски для прямых труб см. § 3 Т. У. на водопроводные трубы. Допуски по размерам для гнутых труб устанавливаются следующие:

А) По наружному диаметру.

1) для труб гнутых с одним изгибом в одном и том же месте:

- a) $\pm 8\%$ при радиусе изгиба равном наружному диаметру трубы,
 б) $\pm 4\%$ " " " " " " $1\frac{1}{2}$ — 2 диаметрам
 в) $\pm 2,5\%$ " " " " " " свыше 2 диаметров.

2) для труб гнутых с 2-мя изгибами в одном и том же месте:

- a) $\pm 10\%$ при радиусе изгиба равном диаметру,
 б) $\pm 7\%$ " " " " " " 1,5 — 2 диаметрам,
 в) $\pm 5\%$ " " " " " " свыше 2 диаметров.

В) В изгибах.

1) по кривизне от шаблона ± 15 мм, с обязательным совпадением концов шаблона,

2) по толщине, если это оговорено в заказе — согласно допусков по толщине, указанных для труб водопроводных и газовых (§ 3). Если толщину в изгибе нельзя проверить непосредственным измерением, то в 1% от предъявляемых труб высверливаются отверстия в 3 мм диаметром. Принятые трубы отправляются заказчику без заделки высверленных отверстий.

§ 4. Условия испытаний и приемки.

После наружного осмотра, от удовлетворяющих его требованиям труб отбирается для испытания гидравлическим давлением одна из 20 или менее штук.

В случае удовлетворительности гидравлической пробы, трубы равного диаметра делаются на партии по 51 штуке, при чем остаток менее 51 штуки считается за целую партию. От каждой партии отбирается одна труба для механических испытаний. Трубы паростоводные подвергаются лишь наружному осмотру и гидравлическому испытанию.

§ 5. Требования испытаний.

1. Испытание на сплюсывание.

А. Для труб прямых.

Б. Для труб гнутых с одним изгибом в одном и том же месте:

Отрезок трубы длиной равной диаметру в холодном состоянии до $\frac{1}{8}$ наружного диаметра трубы для труб до 300 мм и до $\frac{1}{2}$ наружного диаметра — для труб диаметром свыше 300 мм.

В. Для труб гнутых с 2 изгибами в одном и том же месте: Отрезок трубы от 50 до 100 мм длиной в холодном состоянии должен сплюсываться вилотную, но с тем, чтобы место сварки не приходилось на изгибе.

2. Испытание гидравлическим давлением.

Испытание производится под давлением:

- Для рессиверных, паростоводных и нефтепроводных труб — 15 ат.
 Для паропроводных труб — 40 ат.

При испытании трубы обстукиваются ручником, при чем не должно обнаруживаться признаков течи.

§ 6. Требования в случае неудовлетворительности испытаний.

В случае неудовлетворительного гидравлического испытания хотя бы одной трубы, вся соответствующая партия перепривышается заводом и предъявляется к новой сдаче.

При неудовлетворительных результатах испытания на сплюсывание соответствующая партия заводом пересортировывается вновь. Повторная неудовлетворительность испытания влечет за собою забракование партии.

6. Технические условия на трубы для пароперегревателей и связные.

Трубы для пароперегревателей и связные по материалу и качеству должны соответствовать техническим условиям для дымогарных труб.

7. Технические условия на чугуное литье.

1) Чугунное литье должно соответствовать чертежу, быть хорошо очищенным и достаточно мягким, чтобы поддаваться обработке.

В плазме литье должно быть однородным, мелкозернистым, серого цвета. Из двух представленных ниже марок, марка Чл. 1 должна быть без трещин и раковин, марка Чл. 2 не должна иметь трещины, но раковины, не вредящие прочности, допускаются.

2) Материал литья испытывается на изгиб.

Испытание производится над несработанными образцами в 650 мм длины, 30 мм диаметром, при расстоянии между осями в 600 мм. Сопротивление изгибу определяется по формуле $0,0557 p$, где p — груз, доводящий пробу до излома.

3) Пробные бруски должны быть взяты для каждой отливки весом 500 кг; для группы более мелких отливок, если они идут из одной плавки, допускается брать одну пробу на 1000 кг отливки.

Бруски подвергаются тождественной с отливкой термической обработке, отрезаясь от нее после таковой.

4) Чугунное литье по своим свойствам разделяется на следующие две марки:

Чл. 1.—Для ответственных отливок, подвергающихся нагрузке, и для арматуры	Сопротивление	Откалка против
	изгибу	
	$\frac{kg}{mm^2}$	
Чл. 2.—Для неответственных частей (опоры, обмуровки и пр.)	25	
	Не испытывается,	

Образцы для испытания должны быть отлиты одновременно с изделиями из одного и того же ковша.

Примечание. В случае пороков, обнаруженных в шлеме образца, испытание не считается и берется для испытания второй образец.

5) В заказе должно быть указано, какой марке должен соответствовать чугун каждого изделия.

Испытанию подвергается одно изделие от каждой плавки марки Чл. 1.

6) В случае неудовлетворительности испытания, такое повторяется над двойным количеством образцов, при повторной неудовлетворительности части бракуются.

8. Технические условия на фасонное стальное литье.

1. Стальное фасонное литье должно соответствовать чертежу, указывающему необходимые припуски на обработку и допустимые отклонения.

Наружная поверхность и внутренние полости должны быть хорошо очищены от прилипших формовочных материалов и не иметь раковин, могущих отразиться на прочности изделия или службе отдельных его частей. Автогенная заделка раковин допускается лишь с ведома приемщика. Трещины в отливках и их заделка не допускаются.

Отливки подвергаются соответствующей термической обработке.

2. Материал после отжига должен удовлетворить нижеследующим условиям:

Временное сопротивление на разрыв (R) $\text{kg/mm}^2 \geq 38 \text{ kg/mm}^2$.

Относительное удлинение (δ) на длине 100 мм образца диаметром 20 мм $\geq 16\%$.

3. Пробные бруски на разрыв должны быть взяты для каждой фасонной части весом $\geq 500 \text{ kg}$; для группы более мелких отливок, если они идут из одной плавки, допускается брать одну пробу на 1000 kg отливок.

Бруски отрезаются от фасонной части после ее термической обработки.

4. В случае неудовлетворительности результатов испытания первого образца, такое повторяется над двойным числом образцов. Постановщику предоставляется право новой термической обработки перед повторным испытанием, которое считается окончательным.

5. Пробное гидравлическое давление подых отливок, если такое требуется, устанавливается в каждом отдельном случае в договоре.

9. Технические условия на железо для связей.

П. 1. Железо (сталь) для связей готовится из литого металла нижеследующих марок:

Характеристика марки	Растяжение		Загиб, угол загиба и диаметр стержня	Расклевка цилиндров высотой $h = 2d$
	R_{σ}	ϵ		
ММ марки				
Ст. 1	30—40	28	180° $0,5d$	0,3 A
Ст. 3	33—42	26	180° $0,5d$	0,3 A
Число испытаний	О д н о.		О д н о.	Д в а.

Примечания:

1) Нормальная длина образцов 200 мм.

2) Диаметры стержня, вокруг которых производится загиб, даны для прутков от 9 до 25 мм диаметром. Для прутков толще 25 мм, означенные в таблице диаметры стержней увеличиваются на 1 (одну) толщину.

3) Цифры относительного удлинения действительны для прутков от 9 до 25 мм включительно, для прутков толще 25 мм указанные в таблице цифры удлинения понижаются на 0,2 на каждые 1 мм толщину выше 25 мм.

На наружной поверхности прутков не должно быть шлаков, волосянок, плен, трещин, расслоений и других недостатков материала прокатки (и протяжки), могущих повлиять на правильное образование резьбы головки и прочность ее в целом.

П. 2. Размеры прутков должны соответствовать заказу с допусками (в мм), указанными для проката в Союзном метрическом сорimente.

П. 3. Все прутки, предъявленные к приемке, разбиваются на партии по 100 шт. однородных по марке и по возможности от одной плавки остаток менее 100 шт. считается за партию. Для разбивки на партии все прутки делятся на 2 группы: до 25 мм и толще 25 мм. Прутки подвергаются осмотру, а по одному прутку каждого диаметра и обмеру. В случае удовлетворительности результатов осмотра и обмера, от одного прутка по указанию приемщика отрезается необходимое число (4) образцов для испытаний по п. 1.

П. 4. При испытании образцов на растяжение, загиб в закаленном состоянии и расклевку должны получиться результаты, характеризующие соответствующую марку стали и не должно обнаруживаться дефектов материала.

П. 5. В случае неудовлетворительности испытаний, такие повторяются над двойным числом образцов, по тем видам испытаний, какие дали неудовлетворительные результаты. При неудовлетворительности результатов повторного испытания партии бракуются.

Примечание. При неудовлетворительности результатов по наружному осмотру и обмеру (см. п. 3), заказу предоставляется право пересортировать партию.

10. Технические условия на сортовое и фасонное железо.

§ 1. Сортное и фасонное железо (двутавровое, швеллерное, угловое, круглое и проч.) прокатывается из литого металла, качество которого определяется нижеуказанными испытаниями:

§ 2. Наружный вид.

Сортное и фасонное железо должно быть прокатано чисто, но должно иметь заметных поверхностных расслоений, заусенцев, прослоев и проч. пороков, вредных для службы. Отступления в пределах допусков (см. § 3). Кромки должны быть чистыми, без рванни.

§ 3. Допуски. Отклонения в размерах допускаются во всем согласно с таблицей нормального метрического соримента.

§ 4. Условия испытания и приемки. Удовлетворяющее требованиям наружного осмотра (§ 2) сортовое и фасонное железо, предназначенное для ответственных частей котлов и изготавливаемое из специально указанных сортов, испытанию на разрыв не подвергается, а испытывается лишь на загиб в холодном состоянии.

Железо же, предназначенное на ответственные части котлов, подлежит, кроме того, испытанию на разрыв (если толщина полок не $< 6 \text{ мм}$), а также и на сварку для марки 2.