

258131

87-4

12933

2

МИНИСТЕРСТВО СТ  
НЕФТЯНОЙ И ГА

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО  
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ М

ПО

ПО ОТРАСЛЕВ  
НА ГЕОМЕТРИ  
ПРИ ВОЗВЕДЕНИ  
НЕФТЯНОЙ И ГАЗ  
В БЛОЧНО-КОМ

К ВНТП 01 87 04 - 84

"НОРМЫ ТЕХНОЛОГИЧ  
ОБЪЕКТОВ НЕФТЯНОЙ  
ВЫПОЛНЯЕМЫХ С ПРИМ  
И БЛОЧНО-КОМПЛЕКТНЬ

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ  
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

---

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ  
ВНИИСТ

# ПОСОБИЕ

ПО ОТРАСЛЕВОЙ СИСТЕМЕ ДОПУСКОВ  
НА ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СОПРЯЖЕНИЯ  
ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ  
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
В БЛОЧНО-КОМПЛЕКТНОМ ИСПОЛНЕНИИ

К ВНТП 01 87 04 - 84

“НОРМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ОБЪЕКТОВ НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ,  
ВЫПОЛНЯЕМЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЛОЧНЫХ  
И БЛОЧНО-КОМПЛЕКТНЫХ УСТРОЙСТВ”

Москва 1986

87-А

12933<sub>2</sub>

МИНИСТЕРСТВО СТ  
НЕФТЯНОЙ И ГАЗ

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО  
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ М

П О

ПО ОТРАСЛЕВО  
НА ГЕОМЕТРИ  
ПРИ ВОЗВЕДЕНИ  
НЕФТЯНОЙ И ГАЗ  
В БЛОЧНО-КОМ

К ВНТП 01 87 04 - 84

"НОРМЫ ТЕХНОЛОГИЧ  
ОБЪЕКТОВ НЕФТЯНОЙ  
ВЫПОЛНЯЕМЫХ С ПРИМ  
И БЛОЧНО-КОМПЛЕКТНЫ

87-А  
12933<sub>2</sub>

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ  
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ  
ВНИИСТ

## ПОСОБИЕ

ПО ОТРАСЛЕВОЙ СИСТЕМЕ ДОПУСКОВ  
НА ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СОПРЯЖЕНИЯ  
ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ  
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
В БЛОЧНО-КОМПЛЕКТНОМ ИСПОЛНЕНИИ

К ВНТП 01 87 04 - 84

"НОРМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ОБЪЕКТОВ НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ,  
ВЫПОЛНЯЕМЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЛОЧНЫХ  
И БЛОЧНО-КОМПЛЕКТНЫХ УСТРОЙСТВ"

Москва 1986

УДК 621.65.002.2.083.74

Пособие содержит общее описание системы допусков в строительстве, примеры расчета геометрической точности и назначения технологических допусков, определения собираемости объекта.

Настоящая работа предназначена для проектных и конструкторских организаций, занимающихся проектированием наземных объектов нефтяной и газовой промышленности, выполненных в блочно-комплектном исполнении.

Данная работа составлена отделом строительства наземных сооружений ВНИИСТА (зав. отделом В.Д.Шапиро, ведущий инженер Н.М.Пастухова) и кафедрой инженерной геодезии Московского инженерно-строительного института имени В.В.Куйбышева (доцент В.Ф.Лукьянов).

86-25831

ГОС. ПУБЛИЧНАЯ  
БИБЛИОТЕКА

Ленинград

ОЗ 1986 акт 653

© Всесоюзный научно-исследовательский институт по строительству магистральных трубопроводов (ВНИИСТ), 1986

Министерство строительства предприятий нефтяной и газовой промышленности	Пособие по отраслевой системе допусков на геометрические сопряжения при возведении наземных объектов нефтяной и газовой промышленности в блочно-комплектном исполнении	к ВНТП 01/87/04-84 "Нормы технологического проектирования объектов нефтяной и газовой промышленности, выполненных с применением блочных и блочно-комплектных устройств" Впервые
--	--	---

## I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.1. Настоящая работа распространяется на наземные объекты нефтяной и газовой промышленности, выполненные в блочно-комплектном исполнении.

I.2. Точность геометрических сопряжений узлов и конструкций возводимого объекта является одной из задач качества строительной продукции. Зависимость между геометрической точностью и качеством характеризуется производственными, эксплуатационными и экономическими требованиями.

I.3. Решение научно обоснованного регламентирования и обеспечения геометрической точности в строительстве является одной из первоочередных народнохозяйственных задач и состоит из двух этапов.

I.4. Первый этап - разработка единой, общегосударственной системы допусков в строительстве.

В настоящее время основы такой системы изложены в следующих нормативных документах: в ГОСТ 21778-81, ГОСТ 21780-83, ГОСТ 23615-79, ГОСТ 23616-79.

I.5. Второй этап - разработка отраслевых систем допусков, создаваемых в дополнение и развитие общегосударственной системы. Создание отраслевых систем допусков позволяет:

повысить качество проектирования и строительства с учетом конкретных особенностей данной отрасли;

обеспечить более эффективную специализацию производства в конкретных условиях;

Внесены ВНИИСТом ОСНС	Утверждены ВНИИСТом 15 мая 1985 г.	Срок введения в действие 1 декабря 1985 г.
--------------------------	---------------------------------------	---

определить пути совершенствования технологии строительства отдельных объектов и пути развития измерительных средств для контроля точности их геометрических параметров.

1.6. При разработке системы допусков необходимо учитывать, что недостаточная точность приводит к незначительному объему подгоночных работ при сопряжении узлов, а завышенная точность сопровождается увеличением материальных затрат или требует полной перестройки применяемой технологии.

## 2. ТОЧНОСТЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

2.1. Геометрическая точность — это степень приближения действительных геометрических параметров к номинальным.

2.2. Геометрические параметры конструкций характеризуются числовыми значениями линейного или углового размеров в выбранных единицах измерения.

Различают номинальные (нормативные, проектные) и действительные (фактические) геометрические параметры.

Номинальные параметры устанавливаются в проекте и указываются на чертежах.

Действительные параметры определяют по результатам измерений конструкций заданной точностью.

2.3. Геометрические параметры, от точности которых зависят эксплуатационные показатели сооружений и их элементов, называются функциональными. Предельные значения функциональных геометрических параметров устанавливают на стадии проектирования расчетным путем на основе экспериментально-теоретических исследований.

Функциональные геометрические параметры включают:

размеры конструкций и составляющих их элементов;

размеры, характеризующие конфигурацию и положение в пространстве конструкций и составляющих их элементов;

размеры, характеризующие конфигурацию и положение сооружения на местности.

2.4. Точность функциональных геометрических параметров конструкций и составляющих их элементов определяется точностью технологических операций и последовательностью их выполнения. На основе выполняемого расчета геометрической точности определяют:

оптимальные в техническом и экономическом отношении номинальные значения и предельные отклонения функциональных геометрических параметров;

погрешности технологических операций, а также способы и последовательность их выполнения.

2.5. Геометрическая точность конструкций и составляющих их элементов считается обеспеченной, если предельные отклонения функциональных геометрических параметров или их действительные размеры соответствуют требованиям проекта или нормативно-технической документации.

### Характеристика точности геометрических параметров

2.6. Точность геометрических параметров конструкций и составляющих их элементов подразделяют на действительную и проектную.

2.7. Действительная точность геометрического параметра характеризуется величиной фактического отклонения  $\delta_i$ , равного алгебраической разности действительного  $L_i$  и проектного  $L_0$  размеров

$$\delta_i \cong L_i - L_0. \quad (1)$$

Обобщенная характеристика точности геометрического параметра в совокупности  $n$  действительных размеров отображается:

а) средним арифметическим значением геометрического параметра

$$\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n}; \quad (2)$$

б) средним квадратическим (стандартным) отклонением точности геометрического параметра

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2}{n-1}}; \quad (3)$$

в) координатой центра группирования отклонений проектного размера относительно номинального размера

$$\beta = \bar{L} - L_0. \quad (4)$$



2.8. Стандартное отклонение используют, как правило, при определении собираемости конструкций, при анализе фактической точности производства и при контроле качества продукции. Координаты центра группирования обычно принимают равными нулю.

2.9. Проектная точность геометрического параметра характеризуется:

а) номинальным значением параметра  $L_0$ , заданным в проекте;

б) наибольшим  $L_{\max}$  и наименьшим  $L_{\min}$  предельными значениями параметра;

в) верхним  $\delta^B$  и нижним  $\delta^H$  предельными отклонениями, определяемыми по формулам

$$\delta^B = L_{\max} - L_0; \quad (5)$$

$$\delta^H = L_{\min} - L_0; \quad (6)$$

г) полем допуска параметра  $\Delta$ , представляющим собой разность между наибольшим и наименьшим предельными значениями или интервал значений параметра, ограниченный верхним и нижним предельными отклонениями

$$\Delta = L_{\max} - L_{\min} \text{ или } \Delta = \delta^B - \delta^H; \quad (7)$$

д) координатой середины поля допуска  $\delta_0$ , характеризующей расстояние от середины поля допуска до номинального значения параметра

$$\delta_0 = \frac{\delta^B + \delta^H}{2}. \quad (8)$$

При симметричных допусках ( $\delta^B = -\delta^H$ ) принято использовать обозначение

$$\delta^B = |\delta^H| = \delta. \quad (9)$$

2.10. Характеристики точности геометрических параметров применяют при разработке стандартов, нормативных документов и проектов для назначения проектной точности функциональных геометрических параметров и технологических операций, а также при расчете и анализе проектной точности. Совокупность взаимосвязанных параметров  $L_0, L_{\max}, L_{\min}, \delta^B, \delta^H, \Delta$  и  $\delta_0$  называют допусками величины  $L$ .

## Характеристика допусков

2.11. Допуски разделяют на функциональные и технологические.

2.12. Функциональные допуски характеризуют точность геометрических параметров и удовлетворяют эксплуатационным требованиям к сооружениям.

2.13. Технологические допуски характеризуют точность технологических процессов и операций, при соблюдении которой обеспечивается проектная точность функциональных геометрических параметров изделий, конструкций и других элементов сооружений, к ним относятся:

допуски на изготовление блок-боксов, узлов и деталей (п.2 ОСТ 102-93-84);

допуски на детальную разбивку осей и разметку установочных рисок (п.3 ОСТ 102-93-84);

допуски на монтаж фундаментов, конструкций, БКУ и трубопроводов (п.4 ОСТ 102-93-84);

допуски на контрольные измерения геометрических параметров при приемке работ (п.5 ОСТ 102-93-84).

2.14. Технологические допуски построены по принципу группировки по классам точности, характерным для регулируемых технологических процессов и операций, выполняемых на однотипном для каждого класса оборудовании или с использованием однотипных приспособлений.

2.15. Технологические допуски условно рассматривают как элементарные, а функциональные - как суммарные. Условность понятия "элементарные допуски" заключается в том, что в действительности погрешности любого технологического процесса или операции характеризуются суммой погрешностей, зависящей от многих факторов.

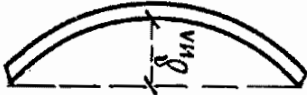
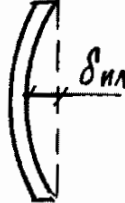
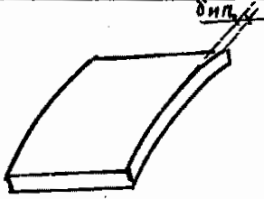
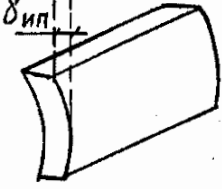
2.16. Все технологические допуски используют в расчетах точности строительных конструкций в виде допусков составляющих звеньев размерных цепей.

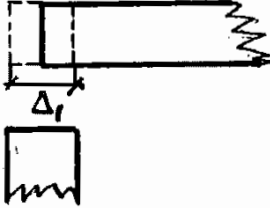
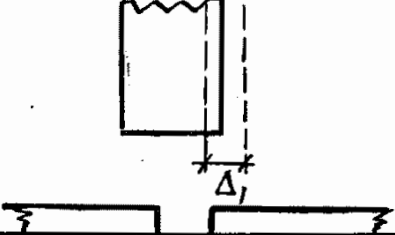
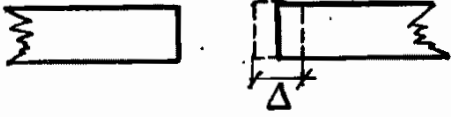

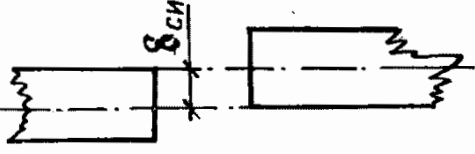
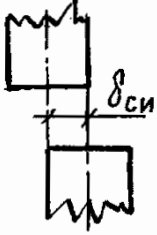
2.17. Функциональные допуски, как правило, зависят от принятых конкретных конструктивных решений и не могут быть стандартизированы в зависимости от точности технологических процессов и операций. В расчетах точности и эти допуски часто

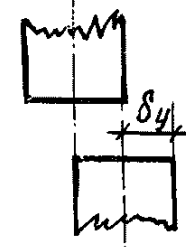
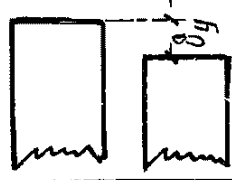
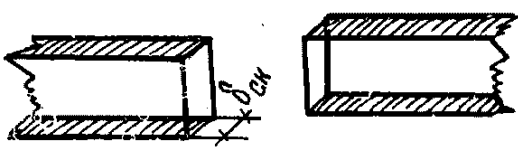
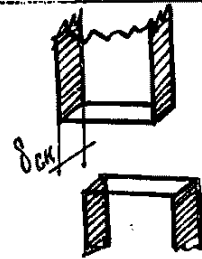
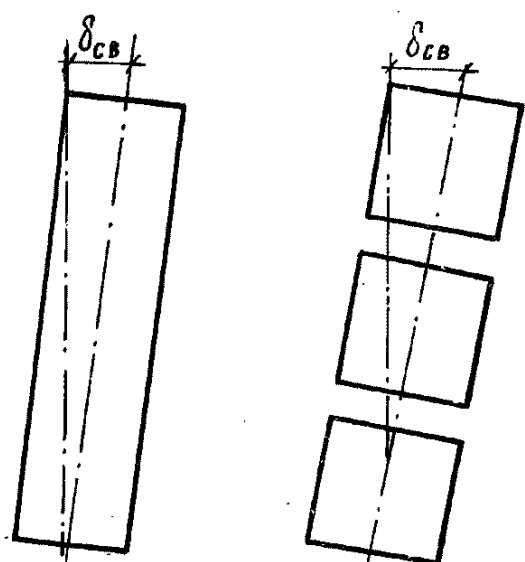
применяют в виде допусков замыкающего звена размерной цепи.

В конструкциях и составляющих их элементов функциональный допуск является компенсатором погрешностей, поглощающим все погрешности составляющих звеньев размерной цепи. Характеристики наиболее распространенных функциональных допусков приведены в таблице.

Характеристики наиболее распространенных функциональных допусков

Параметры	Графическое изображение допускаемых отклонений $\delta$ и полей допуска $\Delta$
Непрямолинейность элемента: горизонтального	
вертикального	
Неплоскостность элемента: горизонтального	
вертикального	

Параметры	Графическое изображение допускаемых отклонений $\delta$ и полей допуска $\Delta$
Длина опирания элемента: горизонтального	
вертикального	
Зазор между элементами: горизонтальными	
вертикальными	
Несоосность элементов: горизонтальных	
вертикальных	

Параметры	Графическое изображение допускаемых отклонений $\delta$ и полей допуска $\Delta$
Уступ между элементами: горизонтальными	
вертикальными	
Смещение кромок: горизонтальных	
вертикальных	
Невертикальность элементов	

Примечание. В таблице приняты следующие обозначения:

$\delta_{ин}$  - допускаемое отклонение непрямолинейности элемента;

$\delta_{уп}$  - допускаемое отклонение неплоскостности элемента;

$\Delta_l$  - допуск длины опирания элемента;

$\Delta$  - поле допуска зазора между элементами;

$\delta_{сц}$  - допускаемое отклонение несоосности элементов;

$\delta_y$  - допускаемое отклонение уступа между элементами;

$\delta_{ск}$  - допускаемое отклонение смещения кромок;

$\delta_{св}$  - допускаемое отклонение неперпендикулярности элементов.

2.18. Допускаемые отклонения неперпендикулярности элементов  $\delta_{св}$  определяют на основе расчетов прочности, устойчивости или по эстетическим соображениям, а остальные поля допуска  $\Delta$  и допускаемые отклонения  $\delta$  - на основе экспериментально-теоретических исследований или расчета.

2.19. Изделия и конструкции с изнашивающимися в процессе эксплуатации поверхностями и деталями (формы, оснастка и т.п.) проектируют с определенным запасом точности.

Запас точности характеризуется коэффициентом  $K_T$  и определяется как отношение поля допуска функционального геометрического параметра, который находят из условия заданного уровня собираемости изделий или конструкций, к проектному допуску.

Величина коэффициента запаса точности  $K_T$  зависит от назначения конструкций или составляющих элементов, допускаемого снижения их начальной точности, срока службы, характера изменения функциональных геометрических параметров и эксплуатационных показателей в процессе работы изделий и т.п.

Значение  $K_T$  можно принимать в пределах от 1,2 до 2,5 и следует обосновывать экономическими и конструктивными соображениями.

### 3. РАЗМЕРНЫЕ ЦЕПИ

3.1. Размерная цепь – это совокупность взаимосвязанных размеров (звеньев), образующих замкнутый контур.

3.2. Последнее звено размерной цепи, полученное в результате реализации всех остальных размеров, называется замыкающим, а остальные размеры – составляющими.

3.3. По расположению звеньев в пространстве различают линейные, плоские и пространственные размерные цепи.

Звенья линейной размерной цепи располагают на одной прямой, звенья плоской цепи – в одной плоскости, звенья пространственной цепи – в нескольких плоскостях.

При расчетах точности звенья пространственной цепи проектируют на вертикальную и горизонтальную плоскости и получают две плоские размерные цепи.

Для упрощения расчетов точности плоские цепи проектируют на направление замыкающего звена и получают линейные размерные цепи, называемые расчетными участками.

3.4. В зависимости от способа монтажа размерные цепи подразделяют на контактные, свободные и цепи с неограниченным линейным компенсатором.

Контактными называют цепи, в которых сопряжены непосредственно звенья цепи, что приводит к накоплению погрешностей на участке, включающем ряд последовательно монтируемых элементов.

Свободными называют цепи, в которых накопление погрешностей происходит на ограниченном участке и монтаж элементов проводят по установочным осям, рискам и маякам.

Цепями с неограниченным компенсатором называют пространственные цепи, в которых для погашения одной из наибольших погрешностей линейной цепи замыкающий размер изготавливают по результатам измерений в натуре после монтажа остальных элементов.

## Собираемость размерных цепей

3.5. Под собираемостью размерной цепи понимают вероятность того, что при назначенных допусках все размеры цепи будут выдержаны в пределах допускаемых отклонений без дополнительной (непредусмотренной проектом) подгонки элементов по месту.

3.6. Полной принято называть собираемость с вероятностью  $P = 0,9973$ . Однако, учитывая экономические соображения и технологические особенности, в качестве эталонного значения собираемости может быть принято значение вероятности  $P = 0,9545$ .

3.7. Для достижения эталонной собираемости в расчетных участках в качестве замыкающего звена используют компенсаторы.

Под компенсатором понимают нематериальное звено, предназначенное для погашения накопившихся погрешностей при реализации составляющих размеров. В качестве компенсаторов используют зазоры между элементами конструкций, площадки опирания элементов, смещения граней сопрягаемых элементов (уступы) и несовмещения кромок (например, труб).

Допуски на размеры компенсаторов являются функциональными допусками (см. выше п.2.17) и служат исходными данными для расчетов геометрической точности.

Величины допусков подбирают по действующим нормативным документам или определяют соответствующими расчетами конструкций на прочность.

## Расчеты размерных цепей

3.8. Различают прямую и обратную задачи расчета размерных цепей.

Прямая задача заключается в определении фактической точности  $\sigma_{зам}$  замыкающего размера компенсатора по известным стандартным отклонениям  $\sigma_i$  составляющих размеров по формуле

$$\sigma_{зам}^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 \quad (10)$$

3.9. По результатам решения прямой задачи назначают при заданном эталонном значении собираемости  $P_э$  допускаемое от-



клонение компенсатора  $\delta_{зам}$ . Для этого по величине  $P_3$  из таблиц интеграла вероятности<sup>х/</sup> выбирают нормированную величину  $t$  и вычисляют

$$\delta_{зам} = t \sigma_{зам} \quad (II)$$

Пример решения прямой задачи расчета размерной цепи приведен в приложении I рекомендуемом (пример I).

3.10. Обратная задача (проектный расчет) решается для определения стандартных отклонений  $\sigma_i$  на составляющие размеры по известному функциональному допуску (допускаемому отклонению  $\delta_{зам}$ ) компенсатора размерной цепи. Для решения этой задачи используют приведенную выше формулу (10), а при назначении технологических допусков (допускаемых отклонений  $\delta'_i$  составляющих размеров) — зависимость (II) с учетом эталонного значения собираемости  $P_3$ .

3.11. При решении обратной задачи в формуле (10) число неизвестных  $\sigma_i$  больше числа уравнений, поэтому для получения единственного решения необходимо использовать дополнительное условие или решать задачу путем последовательных приближений.

3.12. В первом случае используют коэффициент пропорционального изменения погрешностей. Для этого выбирают приближенные значения  $\sigma'_i$  (которые для данных условий задачи ориентировочно являются наиболее реальными) и путем решения прямой задачи вычисляют приближенные значения  $\delta'_{зам}$  и  $\sigma'_{зам}$ . Далее определяют коэффициент пропорциональности

$$K = \frac{\delta_{зам}}{\delta'_{зам}} \quad (12)$$

Для получения значений  $\sigma_i$  все стандартные отклонения изменяют пропорционально

$$\sigma_i = K \sigma'_i \quad (13)$$

По величинам  $\sigma_i$  с учетом значения  $P_3$  определяют допускаемые отклонения  $\delta'_i$  и назначают класс точности. Нормативные

<sup>х/</sup> Таблица интеграла вероятности приведена в ОСТе 102-93-84 (прил.2)

$$\Phi(t) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

значения  $\delta_{iH}$ , выбираемые из табл. I-8 ОСТ 102-93-84, не должны превышать величину  $\delta_i$  в пределах 5-10%.

3.13. При решении обратной задачи другим путем переходят от контактной к свободной сети, используя метод последовательных приближений.

Рассматриваемую размерную цепь рассчитывают как контактную с допусками по 3-му классу точности. Если по результатам решения прямой задачи окажется, что  $\delta_{зам}^1 > \delta_{зам}$ , то размерную цепь рассматривают как свободную. В этом случае, как правило, точность замыкающего звена существенно повышается. Если и это приближение не дает положительного решения, то переходят к размерной цепи с неограниченным компенсатором по направлению одной из осей. Неограниченный компенсатор выбирают таким образом, чтобы погасить погрешности в том направлении, где их значения были наибольшими.

3.14. В первом варианте решения обратной задачи идут по пути повышения точности реализации составляющих размеров, во втором - по пути улучшения технологии монтажа.

Выбор пути решения зависит от условий конкретной задачи и экономических показателей.

Пример решения обратной задачи дан в приложении I рекомендуемом (см. пример 2).

### Размерные цепи с неограниченным компенсатором

3.15. В размерных цепях с неограниченным компенсатором в направлении прямолинейного участка (рис. I) монтаж элемента  $l_3$  осуществляют с подгонкой по месту.

От начальных точек  $A$  и  $D$  монтируют элементы  $l_1$  и  $l_2$ , измеряют в натуре расстояние  $BC$  и монтируют изготовленный по этому расстоянию элемент  $l_3$ .

Так как элемент размером  $l_3$  изготавливают "по месту", то его можно рассматривать как компенсатор, а размерную цепь в направлении оси  $X$  - полностью собирающейся, единственное условие - это требование к точности измерения расстояния  $BC$  и изготовления элемента размером  $l_3$ .

Однако в результате воздействия погрешностей разбивочных осей, изготовления и монтажа размеров  $l_1$  и  $l_2$  будет изменяться не только длина отрезка BC, но и произойдет разворот этого отрезка по отношению к оси X на угол  $\alpha_3$  (рис.2).

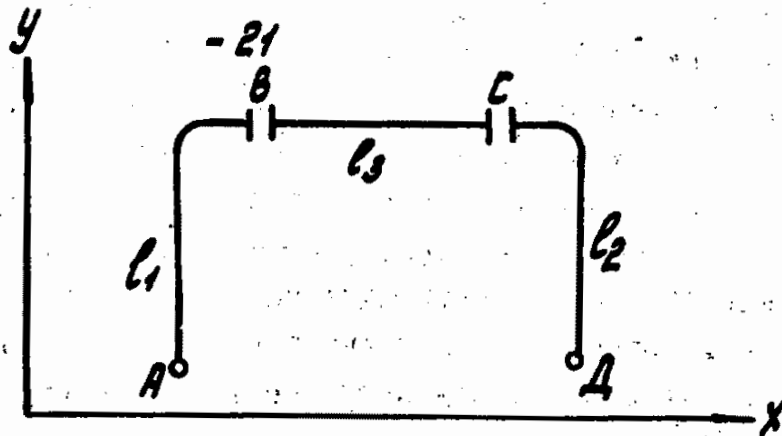


Рис.1. Схема размерной цепи с неограниченным компенсатором

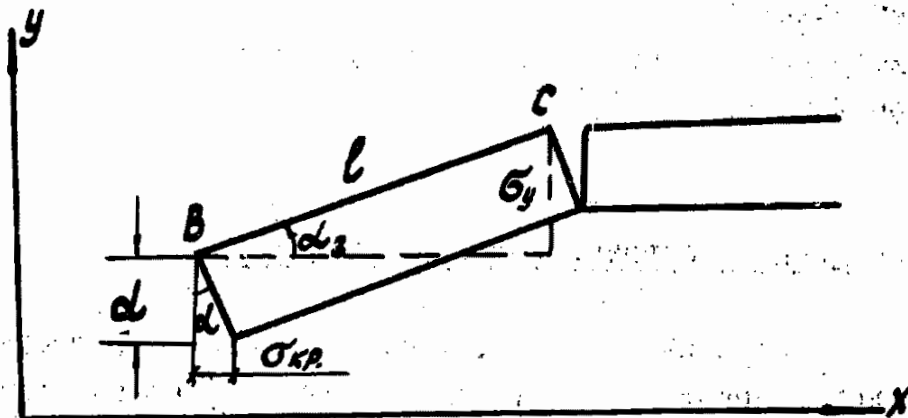


Рис.2. Схема определения дополнительного смещения кромок труб

Этот разворот в плоскости чертежа приведет к дополнительному смещению кромок труб  $\sigma_{кр}$  в точках В и С. Смещение кромок можно определить по формуле

$$\sigma_{кр} = d \operatorname{tg} \alpha = d \frac{\sigma_y}{l_3}, \quad (14)$$

где  $l$  - длина трубы;  
 $d$  - диаметр трубы;  
 $\delta y$  - разность ординат точек В и С (смещение труб).

Аналогичное смещение произойдет в плоскости, проходящей через ВС и перпендикулярной к плоскости чертежа.

Собираемость размерной цепи в направлении оси  $y$  определяют так же, как при решении прямой задачи, т.е. вычисляют

$$f = \frac{\delta_{кр}}{b_{кр}}$$

В приложении I рекомендуемом приведен пример расчета размерной цепи с неограниченным компенсатором (см. пример 3).

#### 4. РАСЧЕТЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ И НАЗНАЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОПУСКОВ

4.1. Расчет геометрической точности сборных конструкций предназначен для определения требований к обеспечению эксплуатационных качеств сооружения и технологичности процесса строительства.

Расчет выполняют в приведенной последовательности:

выявляют основные размерные связи и составляют конструктивно-технологические схемы блоков объекта;

осуществляют расчет размерных цепей и назначают технологические допуски;

определяют собираемость объекта.

##### Составление конструктивно-технологических схем блоков наземных объектов

4.2. При составлении конструктивно-технологических схем блоков весь наземный объект целесообразно разбить на несколько функциональных блоков. Под блоком понимают технологическую часть объекта с большим числом внутренних связей (технологических трубопроводов значительного диаметра).

Внешние связи между блоками объекта имеют значительную протяженность и их число невелико.

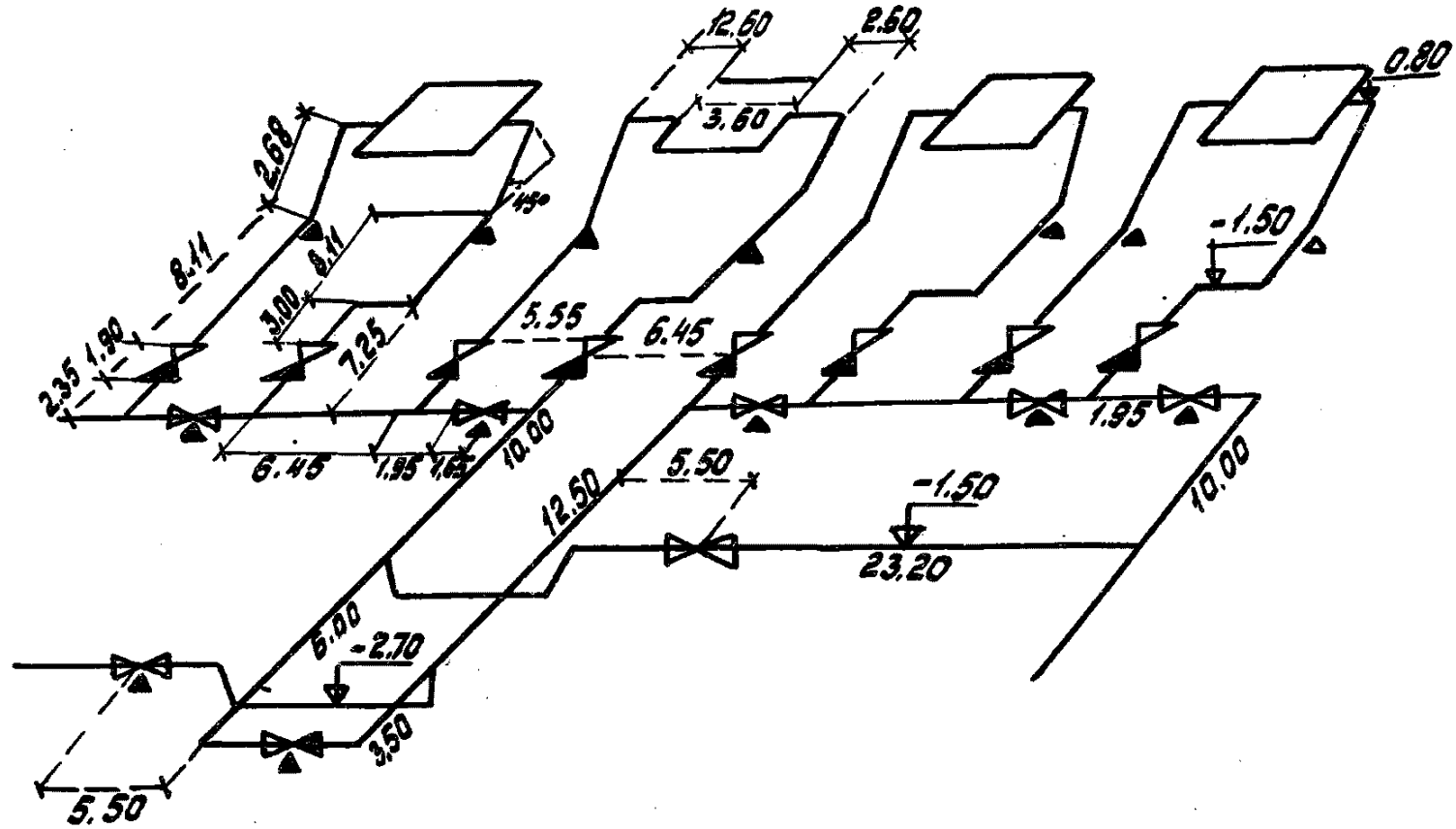


Рис.3. Конструктивно-технологическая схема блока магистрального насоса:  
 □ - насосный агрегат; ▲ - задвижка; ▲ - обратный клапан; ▲ - опора под фундамент; ▲ - отметка пола

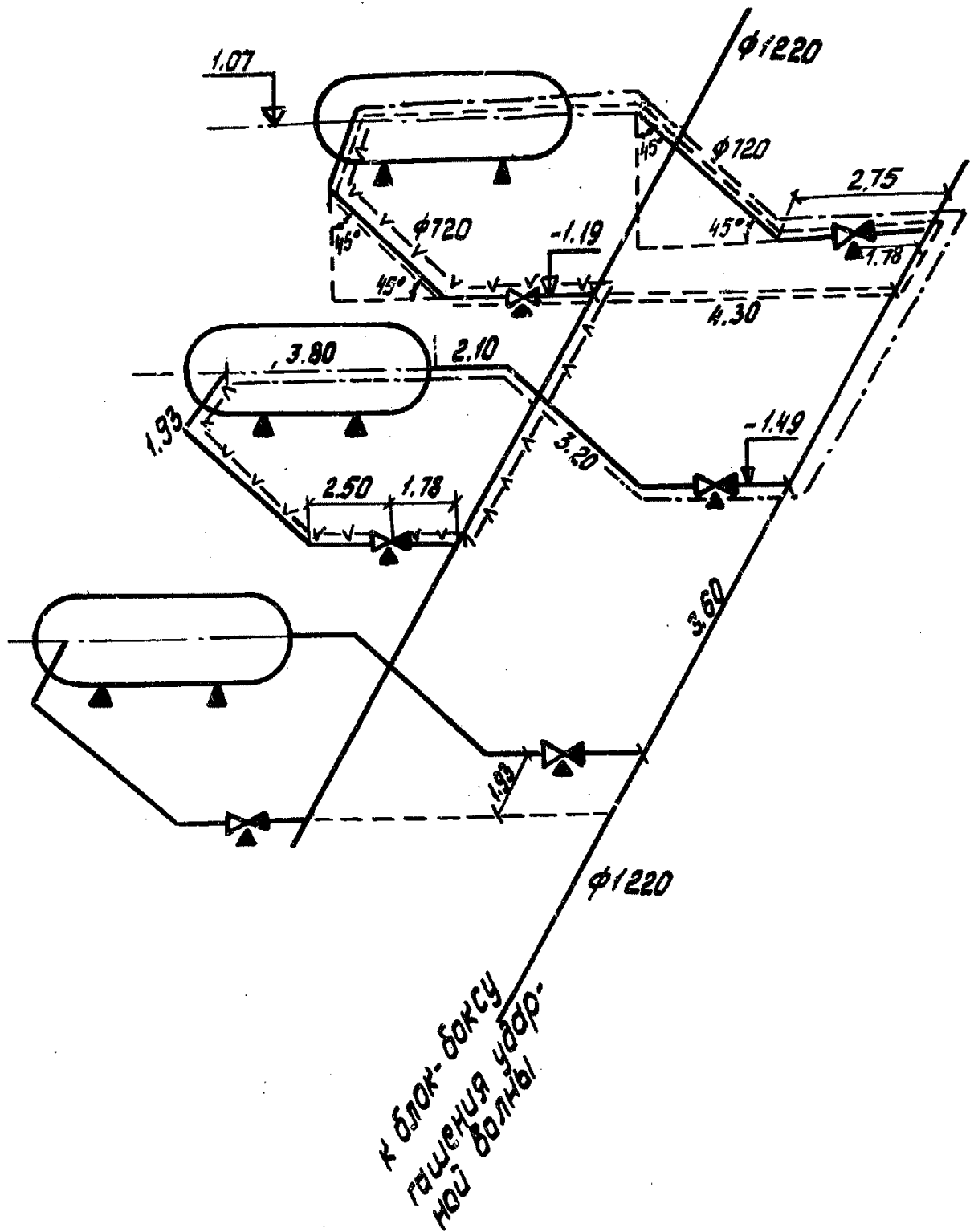


Рис.4. Конструктивно-технологическая схема блока фильтров-грязеуловителей:

- Фильтр-грязеуловитель;  - задвижка;  - опора под фундамент;  - отметка пола; - - - - - I-я размерная цепь; - · - · - · - 2-я размерная цепь; —v—v—v— 3-я размерная цепь

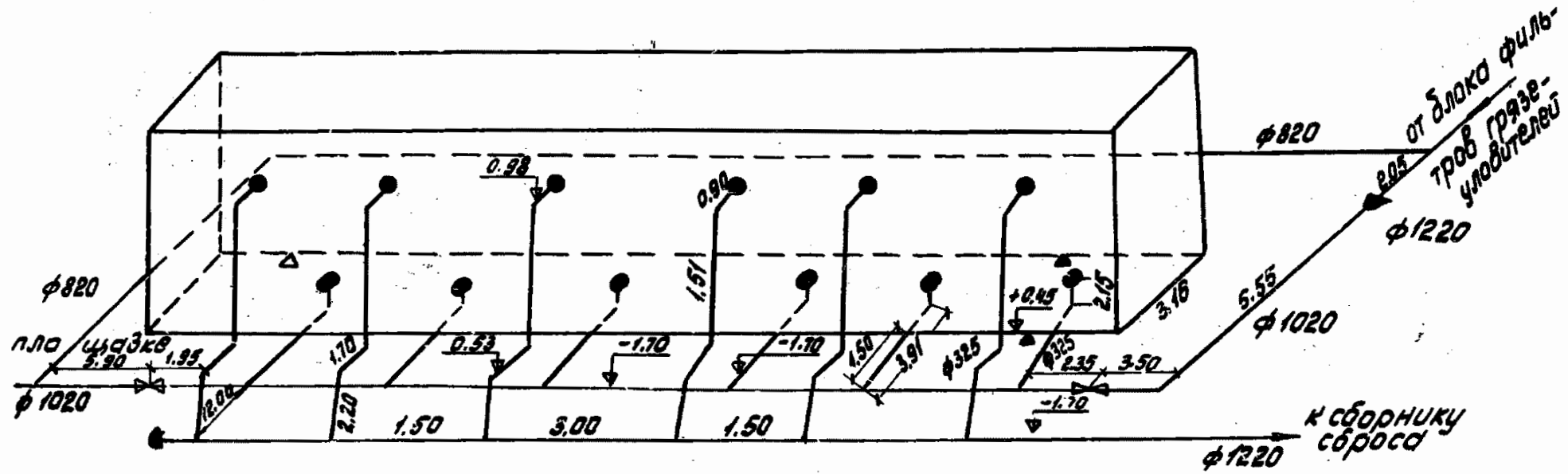


Рис. 5. Конструктивно-технологическая схема блока гашения ударной волны:

- - отверстия в боковой стене блок-бокса (сальники  $\phi$  300);
- - отверстия в дне блок-бокса;
- ⬅ - заглушка;
- ▲ - опоры (фундамент);
- ∇ - отметка пола;
- ⌘ - задвижка

4.3. Конструктивно-технологические схемы составляют для каждого функционального блока отдельно.

В частности, из технологической схемы нефтеперекачивающей насосной станции, выполненной в блочно-комплектном исполнении, можно выделить три функциональных блока: магистральные насосы, фильтры-грязеуловители и устройство гашения ударной волны, конструктивно-технологические схемы которых приведены на рис.3-5.

4.4. На конструктивно-технологических схемах показывают технологическое оборудование и трубопроводную арматуру (задвижки, обратные клапаны и т.п.), внутренние связи между ними - технологические трубопроводы с указанием диаметров и протяженности, входы и выходы внешних связей и отметки наиболее характерных точек). Трубопроводы небольшого диаметра (менее 400 мм) и кабельные линии при расчетах точности не учитывают.

#### Составление схем размерных цепей

4.5. В каждом функциональном блоке бывает ряд полностью идентичных размерных цепей. В связи с этим нет необходимости разбивать и рассчитывать все цепи, достаточно рассчитать лишь размерные цепи разного вида.

Схемы различных видов размерных цепей для блоков магистральных насосов, фильтров-грязеуловителей и устройства гашения ударной волны приведены на рис. 6-8.

На схемах прямолинейные участки внутренних связей целесообразно пронумеровать.

4.6. При составлении схемы пространственной размерной цепи переходят к плоской цепи путем проектирования всех размеров на плоскость, при этом плоскость всегда должна проходить через компенсатор размерной цепи. Составляющие размеры и непараллельные плоскости на схеме должны быть выделены особо.

4.7. После составления схемы общего вида размерной цепи выявляют замыкающие и составляющие размеры цепи. Как правило, замыкающими размерами цепей с технологическими трубопроводами значительного диаметра служат зазоры между трубами при сварке.



Затем приступают к разбивке внутренних связей на составляющие размеры, учитывая, что монтаж технологических трубопроводов рекомендуется выполнять укрупненными узлами.

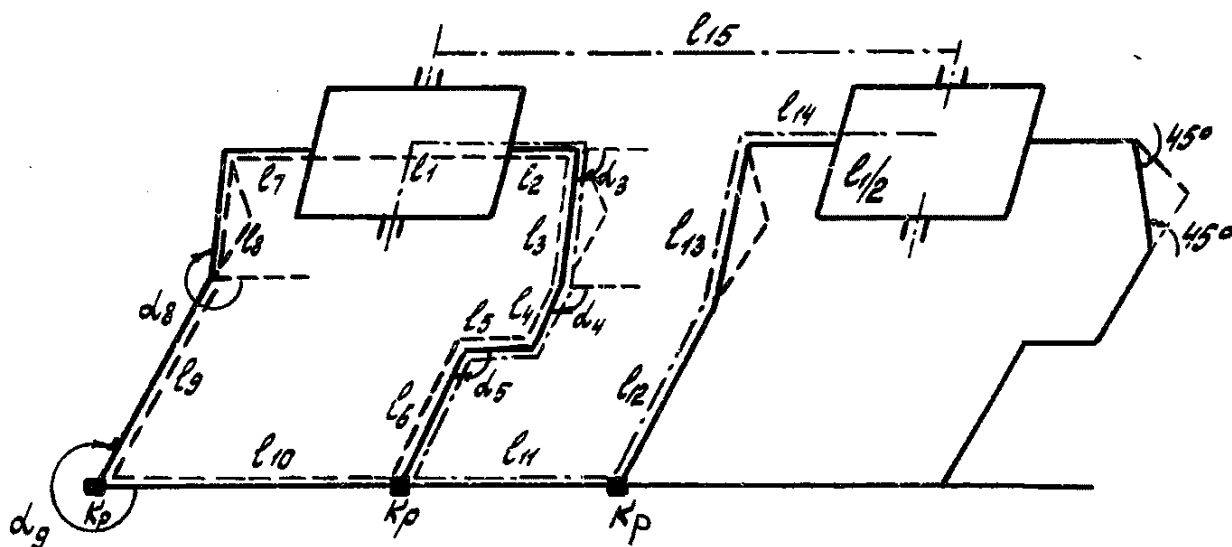


Рис.6. Схема для выявления видов размерных цепей блока магистральных насосов:

$l_1 - l_{15}$  - элементы размерной цепи;  $\square$  - насосы;  $\text{---}$  - установочные риски;  $\blacksquare K_p$  - компенсаторы свободной цепи (смещение кромок труб);  $\angle 45^\circ$  - наклонный участок трубопровода;  $\text{---}$  - 1-я размерная цепь;  $\text{—}$  - 2-я размерная цепь

#### Расчеты размерных цепей и назначение технологических допусков

4.8. Расчет размерных цепей осуществляют путем решения обратной задачи отдельно по направлениям осей абсцисс, ординат и высот.

4.9. Размерные цепи с технологическими трубопроводами целесообразно рассчитывать методом последовательных приближений с изменением технологии монтажа.

4.10. Исследования показали, что контактный метод монтажа при сооружении блоков наземных объектов не удовлетворяет требованиям по точности. В связи с этим расчет точности начинают со свободного монтажа, т.е. монтажа, при котором агрега-

ты и все укрупненные узлы устанавливают в проектное положение по предварительно нанесенным установочным рискам.

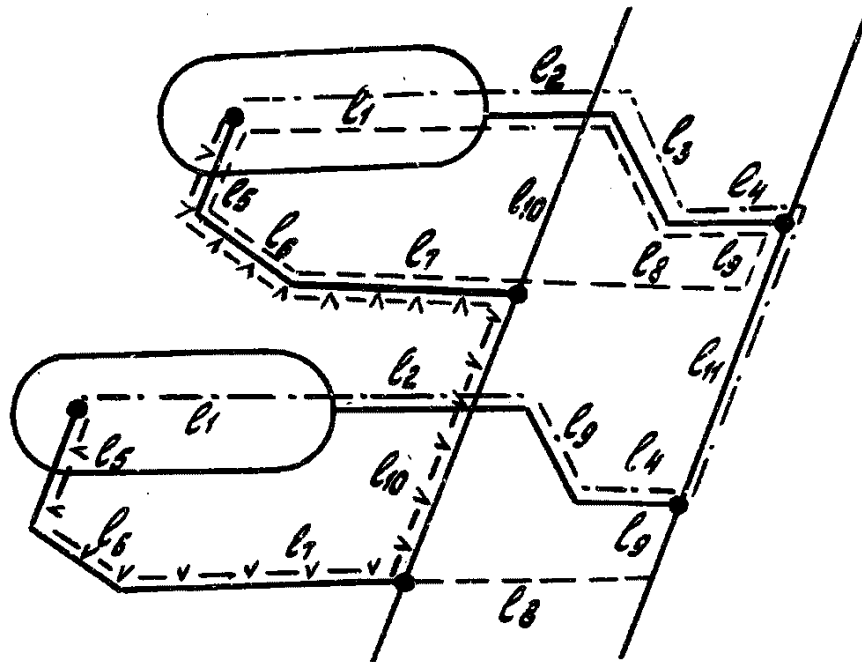



Рис.7. Схема для выявления видов размерных цепей блока фильтров-грязеуловителей:

$l_7-l_{10}$  - элементы размерной цепи;  - фильтр-грязеуловитель;  $-\cdots-$  - 1-я размерная цепь;  $-\cdots-$  - 2-я размерная цепь;  $-v-v-$  - 3-я размерная цепь

4.II. Для решения этой задачи составляют уравнение размерной цепи и уравнение погрешности. Так, для 1-й размерной цепи блока магистральных насосов в направлении оси X уравнение размерной цепи (рис.6) будет иметь вид:

$$2l_{кр} = l_9 \cos \alpha_9 + l_8 \cos \alpha_8 + l_7 + l_1 + l_2 - l_3 \cos \alpha_3 - l_4 \cos \alpha_4 - l_5 - l_6 \cos \alpha_6 - l_{10}$$

Переходя к уравнению погрешностей, получим:

$$(2\sigma_{кр})^2 = \sigma_{l_9 \cos \alpha_9}^2 + \sigma_{l_8 \cos \alpha_8}^2 + \sigma_{l_7}^2 + \sigma_{l_1}^2 + \sigma_{l_2}^2 + \sigma_{l_3 \cos \alpha_3}^2 + \sigma_{l_4 \cos \alpha_4}^2 + \sigma_{l_5}^2 + \sigma_{l_6 \cos \alpha_6}^2 - \sigma_{l_{10}}^2$$

Погрешности размеров  $l_1, l_2, l_5, l_7$  и  $l_{10}$  - это погрешности изготовления линейного размера. Как уже отмечалось в п.3.13, на первом этапе расчета мы выбираем значения допусков по 3-му классу точности. В данном случае в соответствии с величиной размера можно выбрать величину допускаемого отклонения  $\delta_{li}$  из табл. I ОСТА 102-93-84 и вычислить значение стандартного отклонения  $\sigma_{li} = \delta_{li}/3$

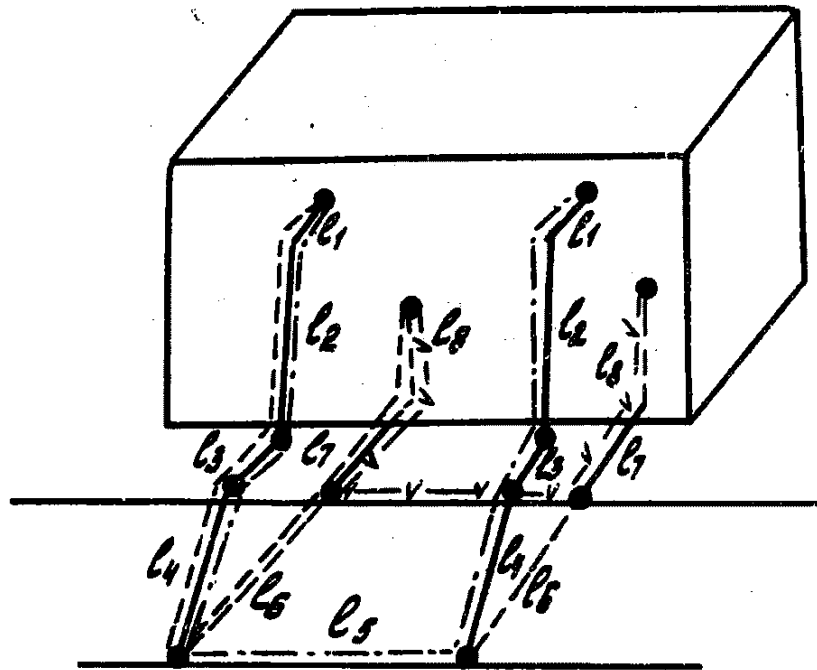


Рис.8. Схема для выявления видов размерных цепей блок-бонса гашения ударной волны:

$l_1 - l_8$  - элементы размерной цепи; --- I-я размерная цепь; — 2-я размерная цепь; -·-·- 3-я размерная цепь

Погрешности размеров  $l_i \cos \alpha_i$  обусловлены влиянием точности разбивки осей и монтажа трубных узлов по установочным рискам. Выбирая значения допускаемых отклонений из соответствующих таблиц ОСТА 102-93-84, можно вычислить стандартные отклонения  $\sigma_{po}$  разбивки осей и  $\sigma_M$  монтажа. Тогда

$$\sigma_{l_i \cos \alpha_i}^2 = \sigma_{po_i}^2 + \sigma_{M_i}^2$$

Для удобства вычисления все стандартные отклонения выписывают на схему размерной цепи (рис.9).

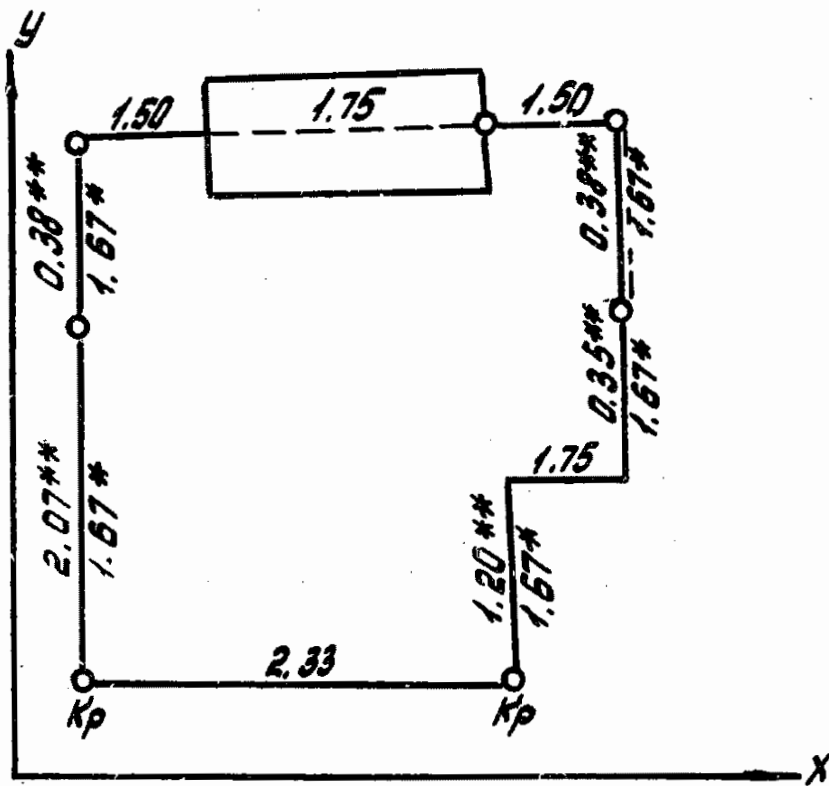


Рис.9. Схема I-й размерной цепи по направлению X блока магистральных насосов:

1,50 - допускаемое отклонение (в мм) на изготовление линейного элемента; 1,67\* - допускаемое отклонение (в мм) на монтаж элемента; 0,38\*\* - допускаемое отклонение (в мм) на разбивку осей;        - расположение элемента под углом 45° к плоскости размерной цепи; К<sub>р</sub> - компенсатор свободной цепи

Подставляя полученные значения в уравнение погрешностей,

получим

$$4\sigma_{кр}^2 = \sigma_{р29}^2 + \sigma_{м9}^2 + \sigma_{р082}^2 + \sigma_{м8}^2 + \sigma_7^2 + \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_{р03}^2 + \sigma_{м3}^2 + \sigma_{р04}^2 + \sigma_{м4}^2 + \sigma_5^2 + \sigma_{р06}^2 + \sigma_{м6}^2 + \sigma_{10}^2$$

$$\text{или } 4\sigma_{кр}^2 = 2,07^2 + 1,67^2 + 0,38^2 + 1,67^2 + 1,50^2 + 1,75^2 + 1,50^2 + 0,38^2 + 1,67^2 + 0,85^2 + 1,67^2 + 1,75^2 + 1,20^2 + 1,67^2 + 2,33^2 = 36,73.$$

Таким образом  $\sigma_{кр} = 3,03$  мм.

4.12. Если компенсатором служит зазор между трубами или смещение кромок труб, то по известному функциональному допускаемому отклонению  $\delta_{кр}$  можно определить собираемость.

Пусть  $\delta_{кр} = 3$  мм,  $\sigma_{кр} = 3,03$  мм (см. п. 4.11), тогда по формуле (11):

$$t = \frac{\delta_{кр}}{\sigma_{кр}} = \frac{3,00}{3,03} = 0,99$$

и из таблицы интеграла вероятностей находим:

$$P_x = \Phi(0,99) = 0,6778 = 67,8\%.$$

Так как за эталонное значение собираемости принимают обычно величину, близкую к  $P_z = 0,9973$ , то полученное значение не может быть признано удовлетворительным.

Аналогичным образом рассчитывают собираемость размерной цепи в направлении оси  $Y$  и  $Z$ .

4.13. Общую собираемость размерной цепи вычисляют по формуле

$$P = P_x P_y P_z, \quad (15)$$

где  $P_x$ ,  $P_y$  и  $P_z$  - собираемости размерных цепей по направлениям соответственно продольной, поперечной осям сооружения и вертикали.

4.14. Если собираемость  $P$  ощутимо ниже эталонной  $P_z$ , то необходимо или увеличивать точность выполнения работ или переходить к другому способу монтажа.

4.15. Наиболее эффективным путем считается переход к размерной цепи с неограниченным компенсатором. В качестве компенсатора в этом случае принимается прямолинейный участок технологического трубопровода, изготавливаемый "по месту".

В качестве компенсатора выбирают размер, параллельный той оси, по которой собираемость ниже. Кроме того, из формулы (14) следует, что длина этого размера должна быть как можно больше.

Пример определения собираемости I-й размерной цепи блока магистральных насосов приведен в приложении I рекомендуемом (пример 4).

4.16. В практике расчетов довольно часто приходится выполнять несколько приближений.

После выбора окончательного варианта назначают технологические допуски на изготовление, разбивку осей и монтажа. По расчетным значениям  $\delta$  вычисляют приближенное значение допускаемого отклонения  $\delta' = t \delta$ , где  $t$  — коэффициент  $\Phi(P_g)$ .

Используя полученные значения  $\delta'$ , подбирают соответствующие классы точности изготовления, разбивки осей и монтажа из таблиц ОСТа 102-93-84, причем величина окончательного значения допускаемого отклонения  $\delta_H$  не должна быть больше  $\delta'$ . Полученные значения  $\delta_H$  выписывают на рабочие чертежи.

#### Определение собираемости объекта

4.17. Общая собираемость объекта служит оценкой качества расчета геометрической точности.

Для определения собираемости по окончательно назначенным технологическим допускаемым отклонениям  $\delta$  для выбранного способа монтажа вычисляют собираемости размерных цепей. Результаты вычислений сводят в таблицу. Образец такой сводки и пример вычисления общей собираемости объекта приведен в приложении 2 рекомендуемом.

Общую собираемость объекта  $P_{об}$  вычисляют по формуле

$$P_{общ} = \frac{\sum P_i n_i}{\sum n_i}, \quad (16)$$

где  $n_i$  — число размерных цепей данного вида;  
 $P_i$  — собираемость размерных цепей.

Примеры расчетов собираемости и назначения допусков для различных компоновок БКУ приведены в приложении 3 рекомендуемом (см. примеры 1, 2, 3)



ПРИЛОЖЕНИЯ



ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ НАЗНАЧЕНИЯ  
И СОБИРАЕМОСТИ РАЗМЕРНЫХ

Пример I. Решение пр

I. Д а н о :

$$l_1 = 5000 \text{ мм};$$

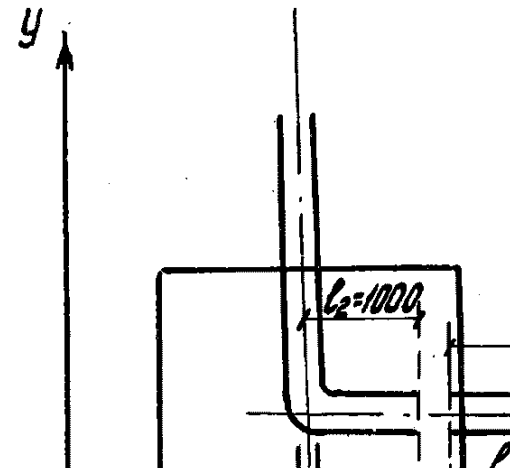
$$l_2 = 1000 \text{ мм};$$

$$l_3 = 1000 \text{ мм};$$

$$l_4 = 2000 \text{ мм};$$

Функциональное значе

2. На рисунке приведе  
трубопровода. На опорах н  
которым устанавливают узл  
водов. Трубный узел (разм  
были равны между собой ( $l_n$



ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ НАЗНАЧЕНИЯ ДОПУСКОВ  
И СОБИРАЕМОСТИ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

Пример I. Решение прямой задачи расчета размерной цепи.

I. Д а н о :

$$l_1 = 5000 \text{ мм};$$

$$l_2 = 1000 \text{ мм};$$

$$l_3 = 1000 \text{ мм};$$

$$l_4 = 2000 \text{ мм};$$

Функциональное значение допускаемого зазора  $\delta_{кр} = 3 \text{ мм}$ .

2. На рисунке приведена схема монтажа технологического трубопровода. На опорах нанесены риски осей (размер  $l_1$ ), по которым устанавливают узлы  $l_2$  и  $l_3$  технологических трубопроводов. Трубный узел (размер  $l_4$ ) монтируют так, чтобы зазоры были равны между собой ( $l'_{кр} = l''_{кр} = l_{кр}$ ).

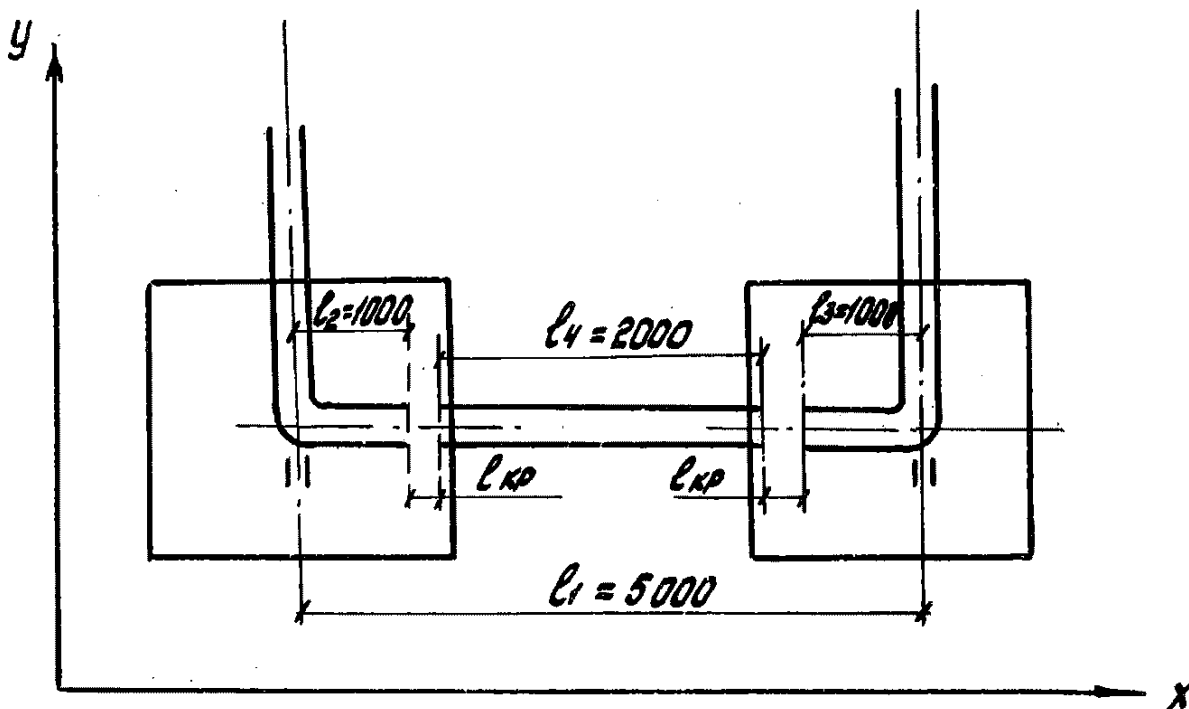


Схема монтажа технологического трубопровода

3. На основании прямой задачи расчета размерной цепи, требуется определить  $\sigma_{кр}$  - стандартные отклонения зазоров  $l_{кр}$ , если все операции выполняются по 3-му классу точности, и найти собираемость цепи.

4. Р е ш е н и е . Составим уравнение размерной цепи

$$l_{кр.1} + l_{кр.2} = l_1 - l_2 - l_4 - l_3$$

и уравнение погрешностей

$$\sigma_{кр.1}^2 + \sigma_{кр.2}^2 = \sigma_{l_1}^2 + \sigma_{l_2}^2 + \sigma_{l_4}^2 + \sigma_{l_3}^2;$$

так как

$$\sigma_{кр.2} = \sigma_{кр.1} = \sigma_{кр} \text{ и } \sigma_{l_2} = \sigma_{l_3},$$

то

$$2\sigma_{кр}^2 = \sigma_{l_1}^2 + 2\sigma_{l_2}^2 + \sigma_{l_4}^2.$$

5. Определим погрешности составляющих размеров.

Погрешность размера  $l_1$  - это погрешность разбивки осей ( $\sigma_{р0}$ ). Для  $l_1 = 5000$  мм по 3-р классу точности из табл.2 ОСТ 102-93-84 находим  $\delta_{р0} = 1,75$  мм или  $\sigma_{р0} = \delta_{р0}/3 = 0,58$  мм.

Погрешность размера  $l_2$  обусловлена влиянием погрешности монтажа  $\sigma_M$  и погрешности изготовления трубного узла  $\sigma_{и}$ . Для монтажа по табл. 8 ОСТ 102-93-84 для труб диаметром от 720 мм находим:

$$\sigma_M = \frac{\delta_M}{3} = \frac{5 \text{ мм}}{3} = 1,67 \text{ мм},$$

а для изготовления трубного узла при  $l_2 = 1000$  мм по табл. I ОСТ 102-93-84 получаем

$$\sigma_{и} = \frac{\delta_{и}}{3} = \frac{2,75 \text{ мм}}{3} = 0,92 \text{ мм},$$

тогда  $\sigma_{l_2}^2 = \sigma_M^2 + \sigma_{и}^2 = 1,67^2 + 0,92^2 = 3,64$  мм.

Погрешность размера  $l_4$  - это погрешность изготовления. По табл. I ОСТ 102-93-84 находим

$$\sigma_{l_4} = \sigma_{ис} = \frac{\delta_{ис}}{3} = \frac{3,50 \text{ мм}}{3} = 1,17 \text{ мм}.$$

6. Подставляя эти значения в уравнение погрешностей, получим

$$2\sigma_{кр}^2 = 0,58^2 + 2 \cdot 3,64 + 1,17^2 = 8,98$$

или  $\sigma_{кр} = \sqrt{\frac{8,98}{2}} = 2,12$  мм.

7. Для определения собираемости цепи, преобразуя формулу (II) п.3.9 данной работы, найдем нормированное значение стандарта

$$t = \frac{3,00}{2,12} = 1,42$$

и по таблицам интеграла вероятностей выбираем значение собираемости

$$P = \Phi(1,42) = 0,9660.$$

Пример 2. Решение обратной задачи расчета размерной цепи.

8. Для размерной цепи из примера I требуется решить обратную задачу, используя первый вариант расчета, и назначить допускаемые отклонения на составляющие размеры, если

$$\delta_{кр} = 3 \text{ мм и } P_{\Sigma} = 0,9973.$$

9. Решение: Выбирая значения допускаемых отклонений по 3-му классу точности, получим приближенные значения (см. решение примера I)

$$b'_{p0} = 0,58 \text{ мм, } b'_{и_{2,3}} = 0,92 \text{ мм, } b'_{м_{2,3}} = 1,67 \text{ мм, } b'_{и_4} = 2 \cdot 0,58 = 1,16 \text{ мм}$$

и

$$b'_{кр} = 1,41 \text{ мм.}$$

10. Для  $P_{\Sigma} = 0,9973$  по таблицам интеграла вероятностей из приложения I ОСТ 102-93-84 находим:

$$t = \arg \Phi(0,9973) = 3,00,$$

тогда

$$\delta'_{кр} = t b'_{кр} = 3,00 \cdot 1,41 = 4,23 \text{ мм.}$$

11. Значение коэффициента пропорциональности найдем по формуле (12), п.3.12 данной работы

$$k = \frac{\delta_{кр}}{\delta'_{кр}} = \frac{3,0}{4,23} = 0,709,$$

а значения стандартных отклонений составляющих размеров по формуле (13), п.3.12:

$$b_{p0} = k b'_{p0} = 0,709 \cdot 0,58 \text{ мм} = 0,42 \text{ мм};$$

$$b_{и_{2,3}} = k b'_{и_{2,3}} = 0,709 \cdot 0,92 \text{ мм} = 0,65 \text{ мм};$$

$$b_{м_{2,3}} = k b'_{м_{2,3}} = 0,709 \cdot 1,67 \text{ мм} = 1,18 \text{ мм};$$

$$b_{и_4} = k b'_{и_4} = 0,709 \cdot 1,17 \text{ мм} = 0,83 \text{ мм.}$$

12. Для вычисления  $\delta_i$  воспользуемся выражением вида (II) п.3.9 данной работы:

$$\begin{aligned} \delta_{p_0} &= t \sigma_{p_0} = 3,00 \cdot 0,42 = 1,26 \text{ мм}; \\ \delta_{и_{2,3}} &= t \sigma_{и_{2,3}} = 3,00 \cdot 0,65 = 1,95 \text{ мм}; \\ \delta_{м_{2,3}} &= t \sigma_{м_{2,3}} = 3,00 \cdot 1,18 = 3,54 \text{ мм}; \\ \delta_{и_4} &= t \sigma_{и_4} = 3,00 \cdot 0,83 = 2,49 \text{ мм}. \end{aligned}$$

13. Сравним полученные значения с соответствующими величинами допускаемых отклонений из табл. 3, 2 и 9 ОСТ 102-94-83 по классу точности:

$$\delta_{p_0} = 1,25 \text{ мм}; \quad \delta_{и_{2,3}} = 1,75 \text{ мм}; \quad \delta_{м_{2,3}} = 3 \text{ мм} \text{ и } \delta_{и_4} = 2,50.$$

Все получаемые значения допускаемых отклонений практически равны нормативным значениям, поэтому можно все работы в данной размерной цепи выполнять по 2-му классу точности, что обеспечит полную собираемость цепи.

Пример 3. Расчет размерной цепи с неограниченным компенсатором.

14. Требуется определить собираемость размерной цепи из примера I в направлении оси Y, если размер  $l_4$  изготавливают "по месту" после монтажа элементов  $l_2$  и  $l_3$ , все технологические и функциональные допуски остаются как и в примере I, а диаметр труб равен 720 мм.

15. Р е ш е н и е . Собираемость цепи обусловлена сдвигом  $\sigma_y$  осей труб  $l_2$  и  $l_3$ . Так как величина сдвига обусловлена влиянием погрешности разбивки осей и монтажа трубных узлов  $l_2$  и  $l_3$  по рискам осей, то

$$\sigma_y^2 = \sigma_{p_0}^2 + 2\sigma_{м_{2,3}}^2.$$

Подставив значения  $\sigma_{p_0} = 0,58$  мм и  $\sigma_{м_{2,3}} = 1,67$  мм из примера I, получим:

$$\sigma_y^2 = 0,58^2 + 2 \cdot 1,67^2 = 5,92$$

или

$$\sigma_y = \sqrt{5,92} = 2,43 \text{ мм}.$$

16. Величину стандартного отклонения кромок труб для  $d = 720$  мм найдем по формуле (I4) п.3.15:

$$\sigma_{кр} = d \frac{\sigma_y}{l_4} = 720 \frac{2,43}{2000} = 0,87 \text{ мм}.$$

17. Вычислим нормированное значение погрешности:

$$t = \frac{\sigma_{кр}}{\sigma_{кр}} = \frac{3,00}{0,87} = 3,45$$

и по таблицам интеграла вероятностей найдем собираемость

$$P = \Phi(3,45) = 0,9994.$$

Полученное значение  $P$  по сравнению с эталонным значением вероятности  $P_3 = 0,9545$  из примера I свидетельствует о более высоком уровне собираемости. Если при свободном монтаже собираемость значительно ниже полной ( $P_3 = 0,9973$ ), то в примере 3 собираемость выше полной.

Пример 4. Определение собираемости I-й размерной цепи блока магистральных насосов.

18. Требуется определить собираемость I-й размерной цепи блока магистральных насосов, если в качестве замыкающего размера выбран размер  $l_9 = 12,36$  м, погашающий наибольшую погрешность в направлении оси Y.

19. Так как компенсатор располагают по оси Y, то  $P_y = 1,00$ . Для определения смещения кромок труб в направлении оси X запишем уравнение размерной цепи:

$$\Delta X = l_8 \cos \alpha_8 + l_7 + l_1 + l_2 - l_3 \cos \alpha_3 - l_4 \cos \alpha_4 - l_5 - l_6 \cos \alpha_6 - l_{10}.$$

тогда, действуя как указано в п.4.II, получим  $\sigma_{\Delta X} = 5,45$  мм.

20. Если диаметр трубопровода 1020 мм, то по формуле (I4) данной работы будем иметь:

$$\sigma_{кр} = d \frac{\sigma_x}{l_9} = 1020 \frac{5,45}{12360} = 0,45 \text{ мм.}$$

При таком значении  $t = 3,00/0,45 = 6,67$

и  $P_x = \Phi(6,67) \approx 1,00,$

что при значении  $P_z = 0,9997$  дает собираемость размерной цепи

$$P = P_x P_y P_z = 1,00 \cdot 1,00 \cdot 0,9997 = 0,9997.$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕЙ СОБИРАЕМОСТИ ОБЪЕКТА

I. Пример определения общей собираемости объекта по результатам вычислений собираемости размерных цепей, приведенных в таблице.

Результаты вычислений собираемости размерных цепей

Номер блока	Номер размерной цепи	Собираемость $P_i$	Число цепей $n_i$	$P_i \cdot n_i$
I	I	0,9997	4	3,9988
	2	0,9996	3	2,9988
II	I	0,9552	1	0,9552
	Ia	0,9991	2	1,9982
	2	0,9675	2	1,9350
	3	0,9997	2	1,9994
III	I	1,0000	6	6,0000
	2	1,0000	5	5,0000
	3	1,0000	5	5,0000
	Суммы		30	29,8854

2. Определяем собираемость объекта по формуле (I6) п.4.I7:

$$P_{\text{общ}} = \frac{\sum P_i n_i}{\sum n_i} = \frac{29,8854}{30} = 0,9962$$

Полученная собираемость 0,9962 близка к полной собираемости.

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ СОБИРАЕМОСТИ И НАЗНАЧЕНИЯ ДОПУСКОВ  
ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ КОМПОНОВОК БЛОЧНО-КОМПЛЕКТНЫХ УСТРОЙСТВ

Пример I. Компоновка БКУ размерами 12000x3000x4000 мм,  
соединенных продольной стороной.

Расчет собираемости по оси X (по рис. I)

I. Составляем уравнение размерной цепи.

$$\text{Зазор } D_{\mathcal{E}X} = AB + AA' - \frac{CD}{2} + BB' - \frac{EF}{2},$$

где AB - разбивка оси;

AA' и BB' - монтаж БКУ;

CD и EF - изготовление БКУ.

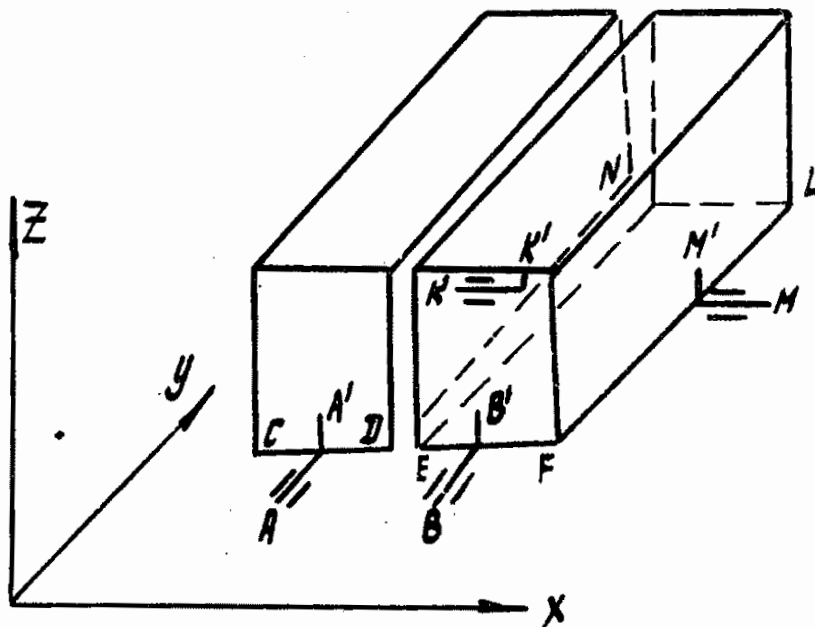




Рис. I. Схема размерной цепи для компоновки БКУ,  
соединенных продольной стороной:

-  - разбивочная ось;
-  - установочная риска на БКУ



2. Составляем уравнение погрешностей:

$$\delta_{сз}^2 = \delta_p^2 + \delta_M^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \delta_u^2 + \delta_M^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \delta_u^2 \quad (1)$$

или

$$\delta_{сз} = \sqrt{\delta_p^2 + 2\delta_M^2 + \frac{1}{2}\delta_u^2}.$$

3. Вычисляем технологические допускаемые отклонения  $\delta_{сз}^T$ .

Выбирая значения  $\delta_p$ ,  $\delta_M$  и  $\delta_u$  из соответствующих табл. 2, 7, I ОСТ 102-93-84 и подставляя их в формулу (13) п.3.12, получим:

$$\text{I класс } \delta_{сз}^T = \sqrt{0,75^2 + 2 \cdot 2^2 + 0,5 \cdot 2^2} = 3,2 \text{ мм};$$

$$\text{II класс } \delta_{сз}^T = \sqrt{1^2 + 2 \cdot 3^2 + 0,5 \cdot 3^2} = 4,8 \text{ мм};$$

$$\text{III класс } \delta_{сз}^T = \sqrt{1,75^2 + 2 \cdot 5^2 + 0,5 \cdot 5^2} = 7,9 \text{ мм}.$$

4. Вычисляем собираемость  $P_x$  при функциональном допуске  $\delta_{сз}^{\phi} = 7,5$  мм по формуле

$$P_x = \Phi(t_x) = \Phi\left(\frac{3\delta_{сз}^{\phi}}{\delta_{сз}^T}\right), \quad (2)$$

и получаем:

$$\text{I класс } P_x = \Phi\left(\frac{3 \cdot 7,5}{3,2}\right) = \Phi(7,031) = 1,0000;$$

$$\text{II класс } P_x = \Phi\left(\frac{3 \cdot 7,5}{4,8}\right) = \Phi(4,688) = 1,9000;$$

$$\text{III класс } P_x = \Phi\left(\frac{3 \cdot 7,5}{7,9}\right) = \Phi(2,848) = 0,9956.$$

#### Расчет собираемости по оси Y (по рис. I)

5. Составляем уравнение размерной цепи.

Смещение граней (уступ)

$$D_{сy} = MK + KK' + \frac{DN}{2} - MM - \frac{FL}{2},$$

где MK - разбивка осей;

KK' и MM' - монтаж БКУ;

DN и FL - изготовление БКУ.

6. Составляем уравнение погрешностей:

$$\delta_{cy} = \sqrt{\delta_p^2 + 2\delta_m^2 + 0,5\delta_n^2} \quad (3)$$

7. Вычисляем технологические допускаемые отклонения  $\delta_{cy}$ .

Выбирая  $\delta_p$ ,  $\delta_m$  и  $\delta_n$  из соответствующих табл. 2, 7, I ОСТ 102-93-84 и подставляя их в формулу (3) данного приложения, получим:

$$\text{I класс } \delta_{cy}^T = \sqrt{0,75^2 + 2 \cdot 2^2 + 0,5 \cdot 4^2} = 4,1 \text{ мм};$$

$$\text{II класс } \delta_{cy}^T = \sqrt{1^2 + 2 \cdot 3^2 + 0,5 \cdot 7^2} = 6,6 \text{ мм};$$

$$\text{III класс } \delta_{cy}^T = \sqrt{1,75^2 + 2 \cdot 5^2 + 0,5 \cdot 10^2} = 10,1 \text{ мм}.$$

8. Вычисляем собираемость  $P_y$  при функциональном допуске  $\delta_{cy}^\Phi = 7,5$  мм по формуле

$$P_y = \Phi(t_y) = \Phi\left(\frac{3\delta_{cy}^\Phi}{\delta_{cy}^T}\right), \quad (4)$$

и получаем:

$$\text{I класс } P_y = \Phi\left(\frac{22,5}{4,1}\right) = \Phi(5,4878) = 1,0000;$$

$$\text{II класс } P_y = \Phi\left(\frac{22,5}{6,6}\right) = \Phi(3,4090) = 0,9993;$$

$$\text{III класс } P_y = \Phi\left(\frac{22,5}{10,1}\right) = \Phi(2,2277) = 0,9741.$$

Вычисление собираемости  $P_j$  размерной цепи (по рис. I)

9. Так как уступ по высоте не влияет на зазор граней, то  $P_z = 1,0000$ , тогда по формуле

$$P_j = P_x P_y P_z \quad (5)$$

получим

$$P_j = P_x P_y 1,000 = P_x P_y.$$

Подставляем значения  $P_x$  и  $P_y$  и получаем:

$$\text{I класс } P_j = 1,000 \cdot 1,0000 = 1,0000;$$

$$\text{II класс } P_j = 1,0000 \cdot 0,9993 = 0,9993;$$

$$\text{III класс } P_j = 0,9956 \cdot 0,9741 = 0,9698.$$

Пример 2. Компоновка БКУ, соединенных торцевой стороной.

Расчет собираемости по оси Y (по рис.2)

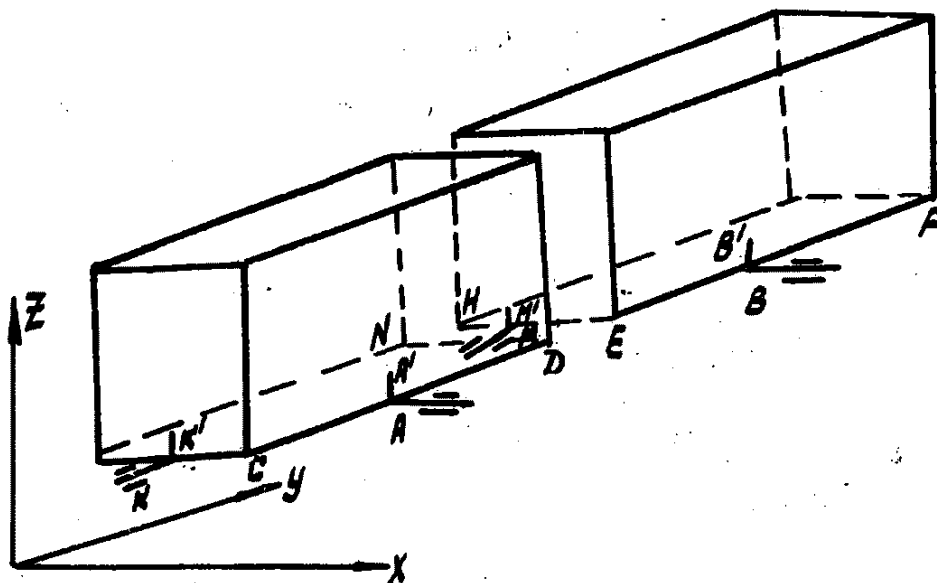


Рис.2. Схема размерной цепи для компоновки БКУ, соединенных торцевой стороной:

==== - разбивочная ось; ———— - установочная риска на БКУ

Ю. Составляем уравнение размерной цепи

$$\text{Зазор } DE_y = AB + AA' + \frac{CD}{2} + BB' + \frac{EF}{2},$$

где АВ - разбивка осей;

AA' и BB' - монтаж БКУ;

CD и EF - изготовление БКУ.

II. Составляем уравнение погрешностей

$$\delta_{сз} = \sqrt{\delta_p^2 + 2\delta_m^2 + 0,5\delta_n^2} \quad (6)$$

12. Вычисляем технологические допускаемые отклонения  $\delta_{сз}^T$

Выбирая значения  $\delta_p$ ,  $\delta_n$  и  $\delta_m$  из соответствующих табл. 2, 7, I ОСТ 102-93-84 и подставляя их в формулу (6) данного приложения, получим:

$$\text{I класс } \delta_{сз}^T = \sqrt{2^2 + 2 \cdot 2^2 + 0,5 \cdot 4^2} = 4,47 \text{ мм};$$

$$\text{II класс } \delta_{сз}^T = \sqrt{3^2 + 2 \cdot 3^2 + 0,5 \cdot 7^2} = 7,17 \text{ мм};$$

$$\text{III класс } \delta_{сз}^T = \sqrt{5^2 + 2 \cdot 5^2 + 0,5 \cdot 10^2} = 11,8 \text{ мм}.$$

13. Вычисляем собираемость  $P_y$  при функциональном допуске  $\delta_{сз}^{\phi} = 7,5$  мм по формуле

$$P_y = \Phi(t_x) = \Phi\left(\frac{3\delta_{сз}^{\phi}}{\delta_{сз}^{\tau}}\right) \quad (7)$$

и получаем:

$$\text{I класс } P_y = \Phi\left(\frac{3 \cdot 7,5}{4,47}\right) = \Phi(5,0335) = 1,0000;$$

$$\text{II класс } P_y = \Phi\left(\frac{3 \cdot 7,5}{7,17}\right) = \Phi(3,1380) = 0,9983;$$

$$\text{III класс } P_y = \Phi\left(\frac{3 \cdot 7,5}{11,18}\right) = \Phi(2,0125) = 0,9558.$$

Расчет собираемости по оси X (по рис.2)

14. Составляем уравнение размерной сети

$$\text{Смещение грани (уступ) } DE_x = KM + KK' - \frac{ND}{2} + MM' \frac{HE}{2}.$$

15. Составляем уравнение погрешностей:

$$\delta_{сц} = \sqrt{\delta_p^2 + 2\delta_m + 0,5\delta_n^2}. \quad (8)$$

16. Вычисляем технологические допускаемые отклонения  $\delta_{сц}^{\tau}$ .

Выбирая значения  $\delta_p$ ,  $\delta_m$  и  $\delta_n$  из соответствующих табл. 2, 7, I ОСТ 102-93-84 и подставляя их в формулу (8) данного приложения, получим:

$$\text{I класс } \delta_{сц}^{\tau} = \sqrt{2^2 + 2 \cdot 2^2 + 0,5 \cdot 2^2} = 3,74 \text{ мм};$$

$$\text{II класс } \delta_{сц}^{\tau} = \sqrt{3^2 + 2 \cdot 3^2 + 0,5 \cdot 3^2} = 5,61 \text{ мм};$$

$$\text{III класс } \delta_{сц}^{\tau} = \sqrt{5^2 + 2 \cdot 5^2 + 0,5 \cdot 4,5^2} = 9,23 \text{ мм}.$$

17. Вычисляем собираемость  $P_x$  при функциональном допуске  $\delta_{сц}^{\phi} = 7,5$  мм по формуле

$$P_x = \Phi(t_x) = \Phi\left(\frac{3\delta_{сц}^{\phi}}{\delta_{сц}^{\tau}}\right) \quad (9)$$

и получаем:

$$\text{I класс } P_x = \Phi\left(\frac{3 \cdot 7,5}{3,74}\right) = \Phi(6,0160) = 1,0000;$$

$$\text{II класс } P_x = \Phi\left(\frac{3 \cdot 7,5}{5,61}\right) (= \Phi(4,0106)) = 0,9999;$$

III класс  $P_x = \Phi\left(-\frac{15}{9,23}\right) = \Phi(2,4115) = 0,9841$ .

Вычисление собираемости  $P_j$  размерной цепи (по рис.2)

18. По формуле (9) данного приложения находим:

I класс  $P_j = 1,0000 \cdot 1,0000 = 1,0000$ ;

II класс  $P_j = 0,9983 \cdot 0,9999 = 0,9982$ ;

III класс  $P_j = 0,9558 \cdot 0,9841 = 0,9406$ .

Пример 3. Расчет собираемости для компоновки БКУ, соединенных торцевыми и продольными сторонами (по рис.3).

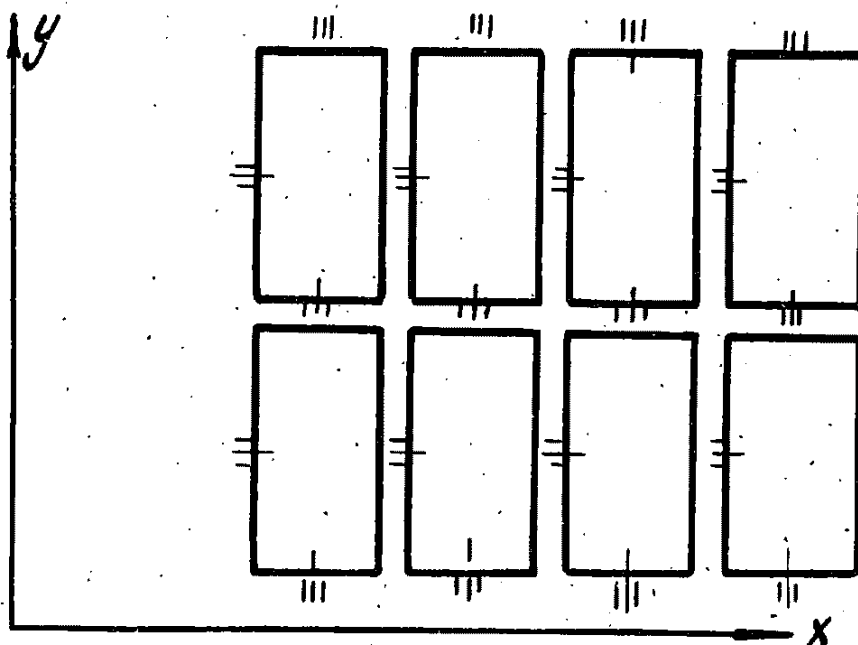


Рис.3. Схема компоновки БКУ, соединенных торцевыми и продольными сторонами

19. Вероятность сборки  $P$  подсчитаем по формуле

$$P = \frac{P_1 \cdot n_1 + P_2 \cdot n_2}{n_1 + n_2}, \quad (10)$$

где

$P_1$  - собираемость размерной цепи для компоновки БКУ, соединенных продольными сторонами;

$P_2$  - собираемость размерной цепи для компоновки БКУ, соединенных торцевыми сторонами;

$n_1$  - число соединений БКУ продольными сторонами;

$n_2$  - число соединений БКУ торцевыми сторонами.

20. Подставляя значения  $\pi_1, \pi_2, P_1$  (взятое по классам точности из примера I данного приложения) и  $P_2$  (из примера 2 в формулу (8) данного приложения), имеем:



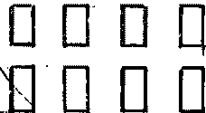
$$\text{I класс } P = \frac{1,000 \cdot 6 + 1,0000 \cdot 4}{6 + 4} = 1,0000;$$

$$\text{II класс } P = \frac{0,9993 \cdot 6 + 0,9982 \cdot 4}{6 + 4} = 0,9989;$$

$$\text{III класс } P = \frac{0,9698 \cdot 6 + 0,9406 \cdot 4}{6 + 4} = 0,9581.$$

21. По полученным значениям собираемости, приведенным в примерах I, 2, 3 данного приложения при эталонном значении вероятности  $P_3' = 0,9973$  и  $P_3'' = 0,9545$  для допускаемого смещения граней ограждающих конструкций БКУ, составляем таблицу классов точности, обеспечивающих монтаж без дополнительной подгонки по месту.

Классы точности при различных вариантах компоновки БКУ размерами 12000x3000x4000

Схема компоновки	Классы точности при эталонном значении собираемости	
	$P_3' = 0,9973$	$P_3'' = 0,95$
	II класс	III класс
	II класс	III класс
	II класс	II класс

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения .....	3
2. Точность геометрических параметров в строительстве ..	4
3. Размерные цепи .....	12
4. Расчеты геометрической точности и назначение технологических допусков .....	17
Приложения .....	29

### Пособие

по отраслевой системе допусков на геометрические  
сопряжения при возведении наземных объектов  
нефтяной и газовой промышленности  
в блочно-комплектном исполнении

к СНТП 01/87/04-84

"Нормы технологического проектирования объектов  
нефтяной и газовой промышленности, выполняемых  
с применением блочных и блочно-комплектных устройств"

Издание ВНИИСТА

Редактор Т.Я.Разумовская

Корректор Г.Ф. Меликова

Технический редактор Т.В.Берешева

---

Л - 64556	Подписано в печать	16/1 1986г.	Формат 60x84/16
Печ.л. 2,75	Уч.-изд.л. 2,3		Бум.л. 1,375
Тираж 250 экз.	Цена 23 коп.		Заказ 6

---

Ротапринт ВНИИСТА

