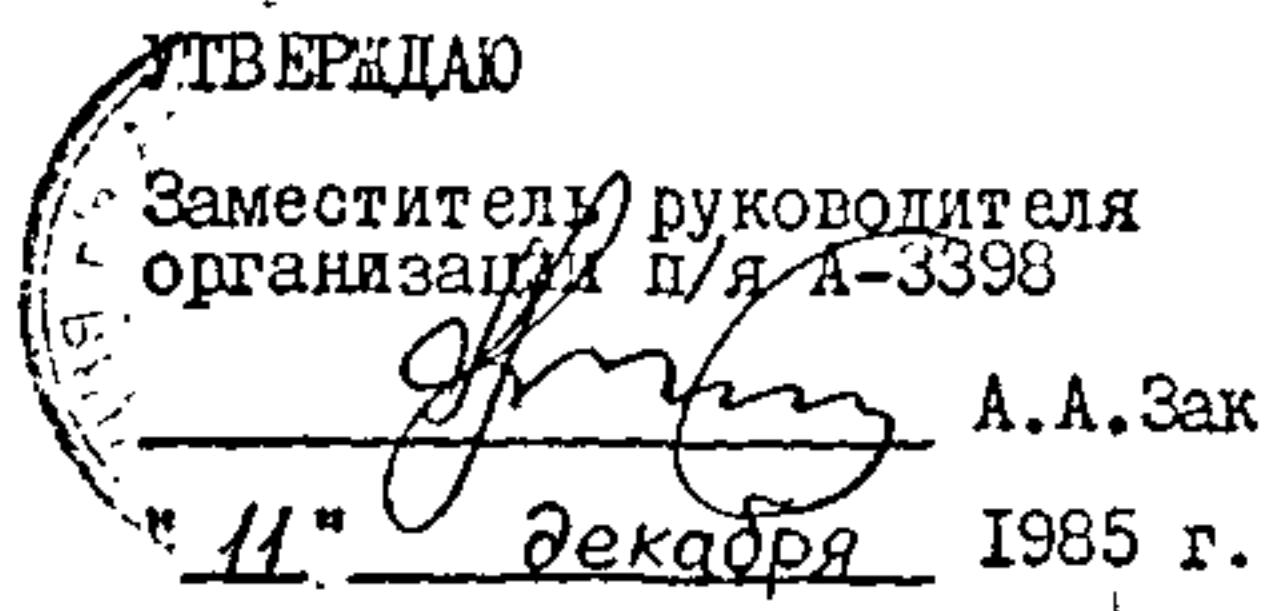


УТВЕРЖДАЮ  
Заместитель руководителя  
организации п/я А-3398  
  
А.А. Зак  
11 декабря 1985 г.

## РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

КОРПУСА КЛАПАНОВ УГЛОВЫХ

РД РТМ 26-07-258-85

И СО СМЕЩЕННЫМИ ПАТРУБКАМИ.

Взамен приложения 2

МЕТОДИКА РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ.

СТП 07.81-547-81

Письмом организации п/я А-3398 от "II" декабря 1985 г.

№ 7-4/I2-3299 срок введения установлен с "I" января 1987г.

Настоящий руководящий технический материал (РТМ) устанавливает нормы и методы расчета на статическую и циклическую прочность корпуксов клапанов угловых и со смещенными патрубками, проектируемых для атомных электростанций (АЭС).

РТМ применим при соблюдении правил устройства и безопасной эксплуатации оборудования АЭС [1].

РТМ составлен в соответствии с требованиями норм расчета на прочность оборудования АЭС [2].

Май 1987

54-87

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЕ  
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
"ЗБАМЯ ТРУДА"  
им. И.И. Лепсе

УТВЕРЖДАЮ:

Зам. директора ЦКБА

*Ю.И. Тарасьев*  
Ю.И. Тарасьев  
30 05 1994г

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ

о приостановке действия РД РТМ 26-07-258-85  
"Корпуса клапанов угловых и со смещенными  
патрубками. Методика расчета на прочность"

В связи с тем, что руководящий документ РД РТМ 26-07-258-85 устарел и не соответствует "Нормам расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. ПНАЭ Г-7-002-86", а использование формул документа приводит к значительным ошибкам, применение РД РТМ приостановить до переработки документа с момента утверждения данного технического решения.

СОГЛАСОВАНО:

Главный конструктор

*В.В. Ширяев*  
В.В. Ширяев  
14.05. 1994 г

Начальник отдела 118

*Р.А. Азарашвили*

Руководитель темы и исполнитель:  
ведущий инженер-исследователь

*Р.В. Сашиной*

## I. ВЫБОР ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ

### I.I. Общие положения.

I.I.1. В основу формул, используемых при выборе основных размеров, положен метод предельных нагрузок.

I.I.2. При выборе основных размеров используются расчетное давление и расчетная температура.

① Расчетное давление - максимальное избыточное давление в арматуре при нормальных условиях эксплуатации. За расчетную температуру стенки, по которой определяют величину номинального допускаемого напряжения, принимается наибольшее значение температуры стенок корытообразной арматуры. Расчетная температура стенки определяется на равной максимальной температуре среды при нормальных основаниях тепловых расчетов или результатов испытаний. При отсутствии данных тепловых расчетов или результатов испытаний, в порядке исключения, расчетную температуру стенки принимают равной температуре среды.

② I.I.3. Номинальные допускаемые напряжения для корпусов, работающих с температурой стенки ниже температуры, вызывающей ползучесть материала, у которых расчетная температура стенки не превышает 623К (350°C) для углеродистых, легированных, кремнемарганцовистых и высокохромистых сталей; 723К (450°C) для коррозионностойких сталей аустенитного класса, жаропрочных хромомолибденованадиевых сталей и железо-никелевых сплавов; титановых сплавов независимо от температуры, определяется по формуле

$$[\sigma_n] = \eta \cdot \min\left(\frac{\sigma_r}{1,5}; \frac{\sigma_e}{2,6}\right)$$

Поправочный коэффициент  $\eta$  равен единице, за исключением стальных отливок, для которых коэффициент  $\eta$  имеет следующие значения

[6][5]:

$\eta = 0,8$  - для отливок, подвергающихся индивидуальному контролю неразрушающими методами;

$\eta = 0,7$  - для остальных отливок.

При определении номинальных допускаемых напряжений значения механических свойств принимают по данным Государственных или отраслевых стандартов (ГОСТ или ОСТ) или технических условий (ТУ). В случае отсутствия в этих документах необходимых данных, следует руководствоваться значениями, приведенными в [2].

I.I.4. Коэффициент снижения прочности стыковых сварных соединений  $\varphi_r$  выбирается в зависимости от объема дефектоскопического контроля по табл. I.

Таблица I

Объем радиографического или ультразвукового контроля, %	Максимальное значение коэффициента снижения прочности $\varphi_r$
100	1,0
50	0,9
25	0,85
10 и менее	0,8

При наличии углового шва, а также, если характеристики прочности металла сварного соединения выбранной марки ниже требуемых стандартами или ТУ для основного материала при расчетной температуре, коэффициент прочности такого сварного соединения устанавливается специализированным подразделением организации - разработчика конструкторской документации.

Во всех случаях коэффициенты прочности корпуса, ослабленного сварным швом принимают  $\varphi_r, \varphi_n \leq 1,0$

I.I.5. Номинальная толщина стенки корпуса клапана определяется по следующей формуле

$$S \geq S_R + C$$

Величина прибавки к расчетным толщинам определяется по формуле

$$S = S_1 + S_2$$

Обоснование прибавок к расчетным толщинам должно быть приведено в технической документации.

Прибавка  $S_1$  определяется по предельному минусовому отклонению толщины стенки, установленному конструкторской и технологической документацией.

Значение прибавки  $S_2$  принимается по табл.2

Таблица 2

Группа стали	Рабочая среда	Прибавка $S_2$ , мм
Углеродистые и легированные	Вода, пароводяная смесь, насыщенный пар	1,0
	Перегретый пар	0,5
Аустенитные	Вода, пар	0,1 ①

Не охваченные табл.2 значения  $S_2$  устанавливаются с учетом скорости коррозии и срока службы.

1.2. Выбор толщин стенок на цилиндрических участках корпуса.

1.2.1. Расчетные толщины стенок на цилиндрических участках горловины и патрубков определяются по формуле

$$S_R = \frac{\rho D_s}{2[\sigma_h] - \rho}$$

Номинальная толщина стенки горловины может быть увеличена против расчетной по результатам проверки ослабленных сечений горловины (п.1.4.).

Номинальная толщина стенки патрубка в зоне сопряжения с корпусом может быть увеличена в целях укрепления корпуса, ослабленного отверстием под патрубок.

① 1.2.2. Расчетная толщина стенки на цилиндрическом участке корпуса, ослабленном отверстием под патрубок (сечение А-А), определяется по формуле

$$S_R = \frac{\rho D_e}{2\varphi[\sigma_h] - P}$$

Коэффициент прочности  $\varphi$  корпуса, ослабленного отверстием зависит от фактора укрепления корпуса патрубком. Значение коэффициента  $\varphi$  может быть предварительно задано. Окончательно значение коэффициента  $\varphi$  определяется согласно п.п. I.2.3<sup>3</sup> и I.2.3<sup>4</sup> последовательными приближениями, задаваясь на каждом шаге приближения значением  $S_1$ .

I.2.3. Неукрепленным считается отверстие, если толщина стенки патрубка в зоне сопряжения не превышает расчетную толщину, определенную по п. I.2.1

Коэффициент прочности корпуса, ослабленного неукрепленным отверстием определяется по формуле

$$\varphi = \frac{2}{\frac{D_{e3}}{\sqrt{(D_{e1} + S_1)(S_1 - c)}} + 1,75}$$

где  $S_1$  - толщина стенки корпуса в сечении А-А.

Диаметр неукрепленного отверстия не должен превышать наибольший допустимый диаметр отверстия, определенный по формуле

$$d_{nreg} = \left( \frac{2}{\varphi_0} - 1,75 \right) \sqrt{(D_{e1} + S_1)(S_1 - c)}$$

где

$$\varphi_0 = \frac{\rho [D_{e1} + (S_1 - c)]}{2(S_1 - c)[\sigma_h]}$$

I.2.4. Коэффициент прочности корпуса, ослабленного укрепленным отверстием определяется по формуле

$$\varphi = \varphi' \left[ 1 + \frac{f}{2S \sqrt{(D_f + S_f)(S_f - c)}} \right]$$

Коэффициент  $\varphi'$  определяется согласно п. I.2.2.3 ①

Величина компенсирующей площади  $f$  укрепления отверстия патрубком определяется по формуле

$$f = 2h_n [S_n - c - S_{op}]$$

Используемое при расчете значение высоты патрубка  $h_n$  принимается равным размеру, указанному на чертеже (длина утолщенной части патрубка), но не более определенного по формулам

$$h_n = \sqrt{(D_{H32} - S_n)(S_n - c)} \quad \text{при} \quad \frac{S_n}{D_{H32}} \leq 0,14 ;$$

$$h_n = 2,5(S_n - c) \quad \text{при} \quad \frac{S_n}{D_{H32}} > 0,14 .$$

Номинальная толщина стенки патрубка  $S_n$  в зоне сопряжения определяется по формуле

$$S_n = 0,5(D_{H32} - D_{B3}).$$

① Расчетная толщина стенки патрубка  $S_{op}$  определяется согласно п. I.2.2.

Величина компенсирующей площади должна удовлетворяться условию

$$f \geq \frac{\varphi - \varphi'}{1 - 0,875 \cdot \varphi'} (S_1 - c) \cdot D_{B3}$$

Во всех случаях принимают  $\varphi \leq 1,0$ .

## I.2.5. Проверка равнопрочности патрубков с трубопроводом АЭС.

Для обеспечения равнопрочности патрубков и трубопровода проводится проверка ослабленных сечений по площадям и по моментам сопротивления этих сечений изгибу:

$$F_n \geq F_{tp} \cdot \frac{[\sigma_k]_{tp}}{[\sigma_k]},$$

$$W_n \geq W_{tp} \cdot \frac{[\sigma_k]_{tp}}{[\sigma_k]},$$

где  $F_{tp}$ ,  $W_{tp}$ ,  $[\sigma_k]_{tp}$  - площадь поперечного сечения, момент сопротивления и номинальное допускаемое напряжение присоединяемой трубы;

$F_n$  и  $W_n$  - площадь поперечного сечения и момент сопротивления наиболее нагруженного сечения патрубка.

## I.3. Выбор основных размеров корпуса в зоне тройникового соединения.

① I.3.1. Выбранные в п. I.3 размеры толщин стенок проверяются для тройниковых узлов методом площадей [3] и должны в каждой расчетной зоне удовлетворять условию

$$P\left(\frac{F}{\varphi_n \cdot A} + 0,5\right) \leq [\sigma_k],$$

где  $F$  - площадь сечения жидкости расчетной зоны;

$A$  - площадь сечения стенки корпуса этой зоны,

$\varphi_n$  - коэффициент выбирается в соответствии с п. I.I.4.

I.3.2. Расчетные зоны I, II, III, и IV (рис. I и 2) включают площади  $A$  и  $F$ , ограниченные осевыми линиями корпуса и патрубка, а также размерами  $b$  и  $h$ . Размер  $b = \sqrt{(D_b + S) \cdot S}$  откладывается на внутренней поверхности вдоль корпуса, а размер  $h = \sqrt{(D_{b3} + S_n) \cdot S_n}$  - вдоль патрубка от наружной поверхности.

Корпус проходной со смешенными патрубками. Раcчетные зоны.

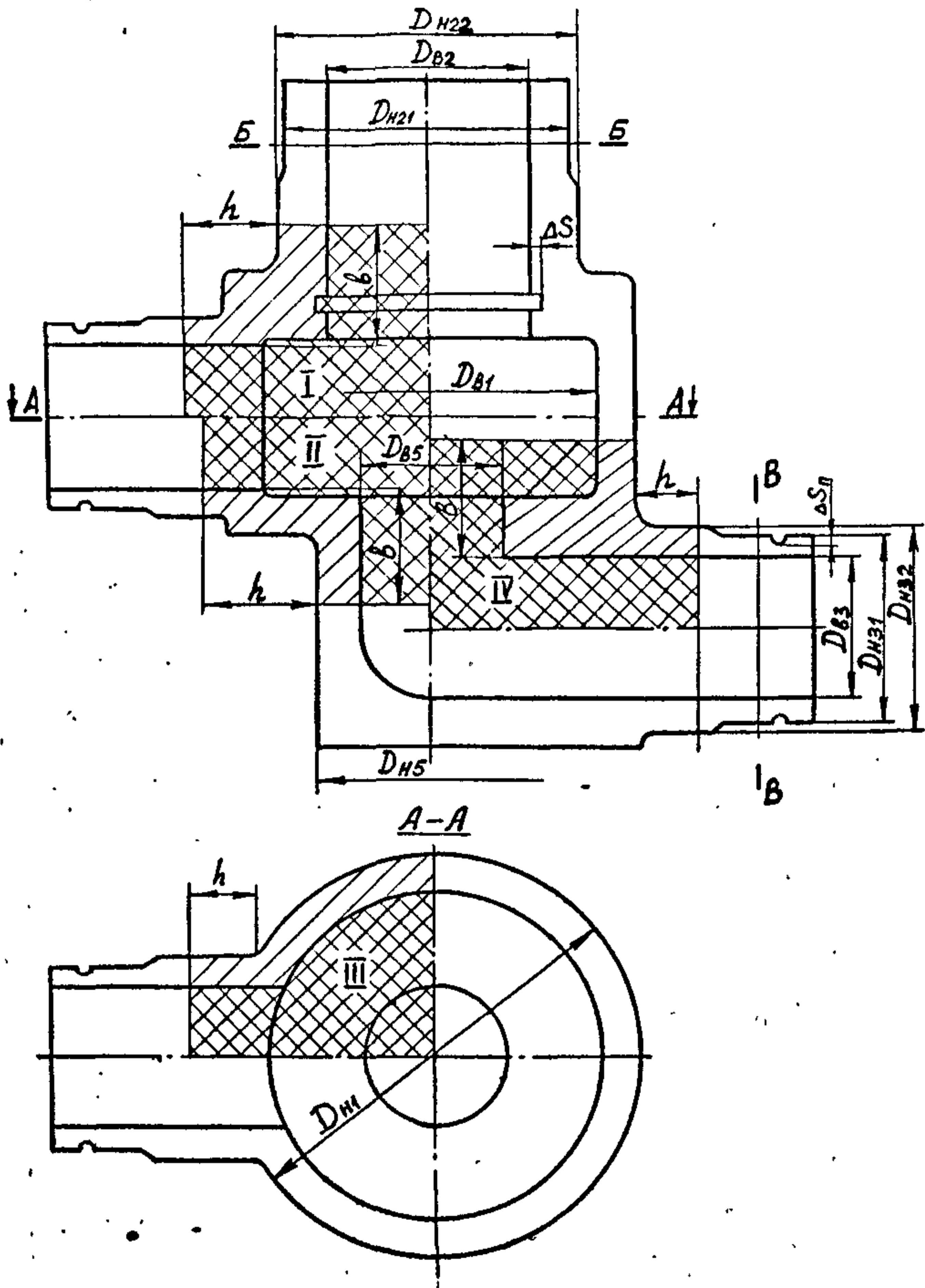


Рис. I  
Зам. I.

## Корпус угловой. Расчетные зоны

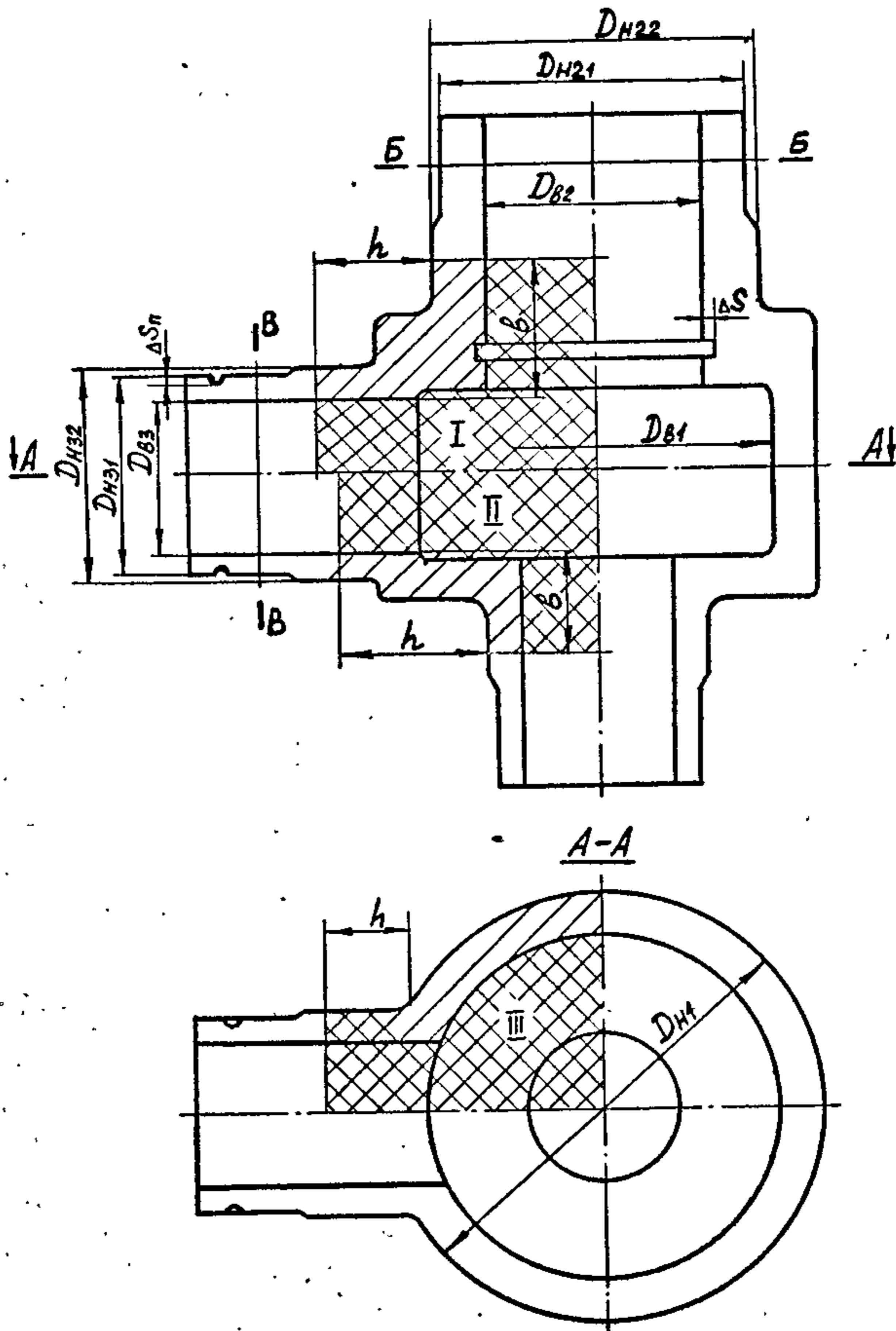


Рис. 2  
Зад. I

При вычислении  $b$  и  $h$  толщины  $s$  и  $S_n$  следует брать по возможности на границе зоны (как это указано на рис.1 и 2).

Если это не представляется возможным выполнить, следует брать ту толщину, которая обеспечивает наибольший запас прочности.

Если в корпусе арматуры с фланцами фактическое расстояние от угловой точки до уплотнительной поверхности фланца меньше соответствующего значения  $b$ , то в площадь сопротивления  $A$  включается площадь фланца.

При определении площади сечения стенки  $A$  номинальную толщину стенки следует уменьшить на величину эксплуатационной прибавки  $C_2$ .

Если патрубок (или другой элемент расчетной зоны) имеет переменную толщину стенки, то при определении площади  $A$  данной зоны следует использовать среднюю толщину стенки. Для патрубка с переменной толщиной стенки, схема которого приведена на рис.3, среднюю толщину стенки и длину  $b$  допускается определять по формулам

$$\bar{b}_n = b_n(1-\beta) \quad \text{и} \quad \bar{s}_n = s_n - \frac{\bar{b}_n}{l} \cdot \frac{\delta s_n}{2}, \quad ①$$

где  $\beta = \frac{d_e \cdot \delta s_n}{4 \cdot l \cdot b_n}$ ;  $b = \sqrt{(D_n - s_n)(s_n - C_2)}$ ;

$$s_n = 0,5(D_n - d_e); \quad ② \quad \delta s_n = 0,5(d_n - d_e);$$

$\bar{s}_n$  - средняя толщина стенки патрубка на участке длиной  $b_n$ .

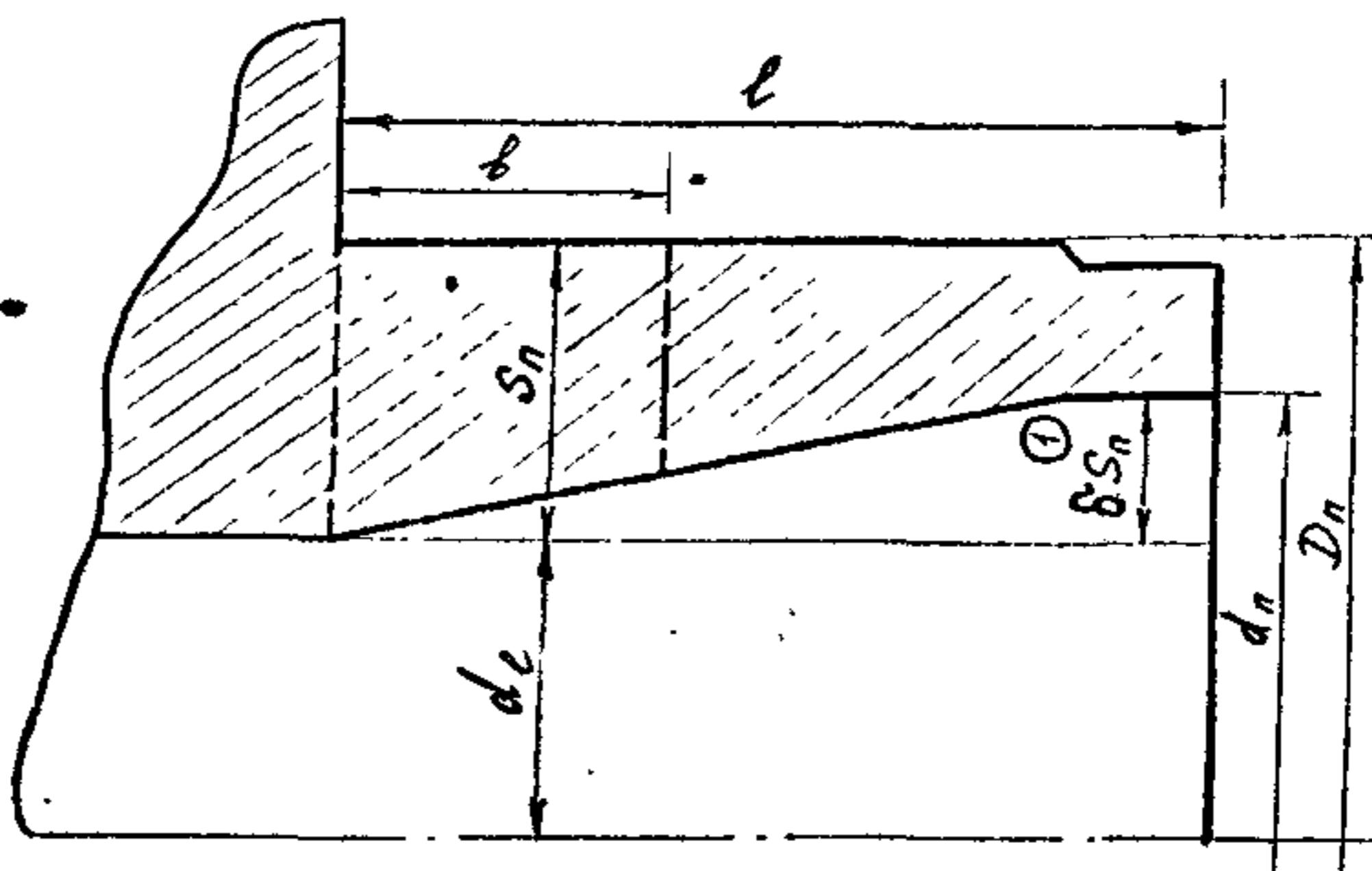


Рис. 3.

#### I.4. Проверка ослабленных сечений горловины.

Если горловина приварена к корпусу и коэффициент прочности сварного шва  $\varphi_r < 1,0$  или в корпусе имеется расточка глубиной более 10% толщины стенки корпуса, необходимо проверить прочность корпуса по каждому из указанных ослабленных сечений на нагрузку от внутреннего давления и от усилия закрытия арматуры.

Напряжение от внутреннего давления по сечению сварного шва

$$\sigma_1 = \frac{\rho \pi D_e^2}{4 \varphi_r A_w} ,$$

где  $A_w = \pi(S - c_2)(D_e + S)$  – площадь поперечного сечения сварного шва.

Напряжение от усилия закрытия арматуры по сечению сварного шва

$$\sigma_2 = \frac{Q_{ut}}{\varphi_r A_w}$$

Напряжение от внутреннего давления по сечению расточки

$$\sigma_3 = \frac{\rho \pi (D_e + 2\Delta S)^2}{4 A_p} ,$$

где  $A_p = \frac{\pi}{4} [D_h^2 - (D_e + 2\Delta S)^2]$  – площадь поперечного сечения в месте расточки.

Напряжение от усилия закрытия арматуры по сечению расточки

$$\sigma_4 = \frac{Q_{ut}}{A_p}$$

Наибольшее напряжение в ослабленном сечении горловины

$$\sigma_{max} = \max [\sigma_1 + \sigma_2 ; \sigma_3 + \sigma_4] .$$

Максимальное напряжение по ослабленному сечению горловины не должно превышать допускаемого номинального напряжения

$$\sigma_{max} \leq [\sigma_n] .$$

## 2. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ

### 2.1. Общие положения.

Проверочный расчет проводится с учетом всех расчетных нагрузок и всех расчетных режимов эксплуатации. В один расчетный режим может быть включена группа режимов, если внешние нагрузки и температура этих режимов отличаются не более, чем на 5% от принятых расчетных значений.

Проверочный расчет основывается на оценке прочности по допускаемым напряжениям.

Приведенные напряжения определяются по теории наибольших касательных напряжений.

Наличие двух знаков ("плюс", "минус") перед слагаемыми в формулах, приведенных в настоящем руководящем техническом материале означает, что расчет должен выполняться дважды: со знаком "плюс" и со знаком "минус".

Номинальное допускаемое напряжение  $[\sigma_n]$  определяется в соответствии с п. I.I.3.

### 2.2. Расчетные схемы.

① 2.2.1. Проверочный расчет корпуса проходного клапана производится для сечений  $A-A$ , ~~для узлов 1+8 (рис.4)~~,  $B-B$  и  $V-V$  (рис.1) и для узлов  $1+8$  (рис.4).

Проверочный расчет корпуса углового клапана производится для узлов  $1+7$  (рис.5), для сечений  $A-A$ ,  $B-B$  и  $V-V$  (рис.2) и для узлов  $1+7$  (рис.5).

2.2.2. Напряжения в узлах 1, 2 и 3 складываются из напряжений вычисленных по схеме осесимметричной конструкции (рис.6), нагруженной внутренним давлением, усилием по штоку и напряжений, обусловленных изгибающим моментом.

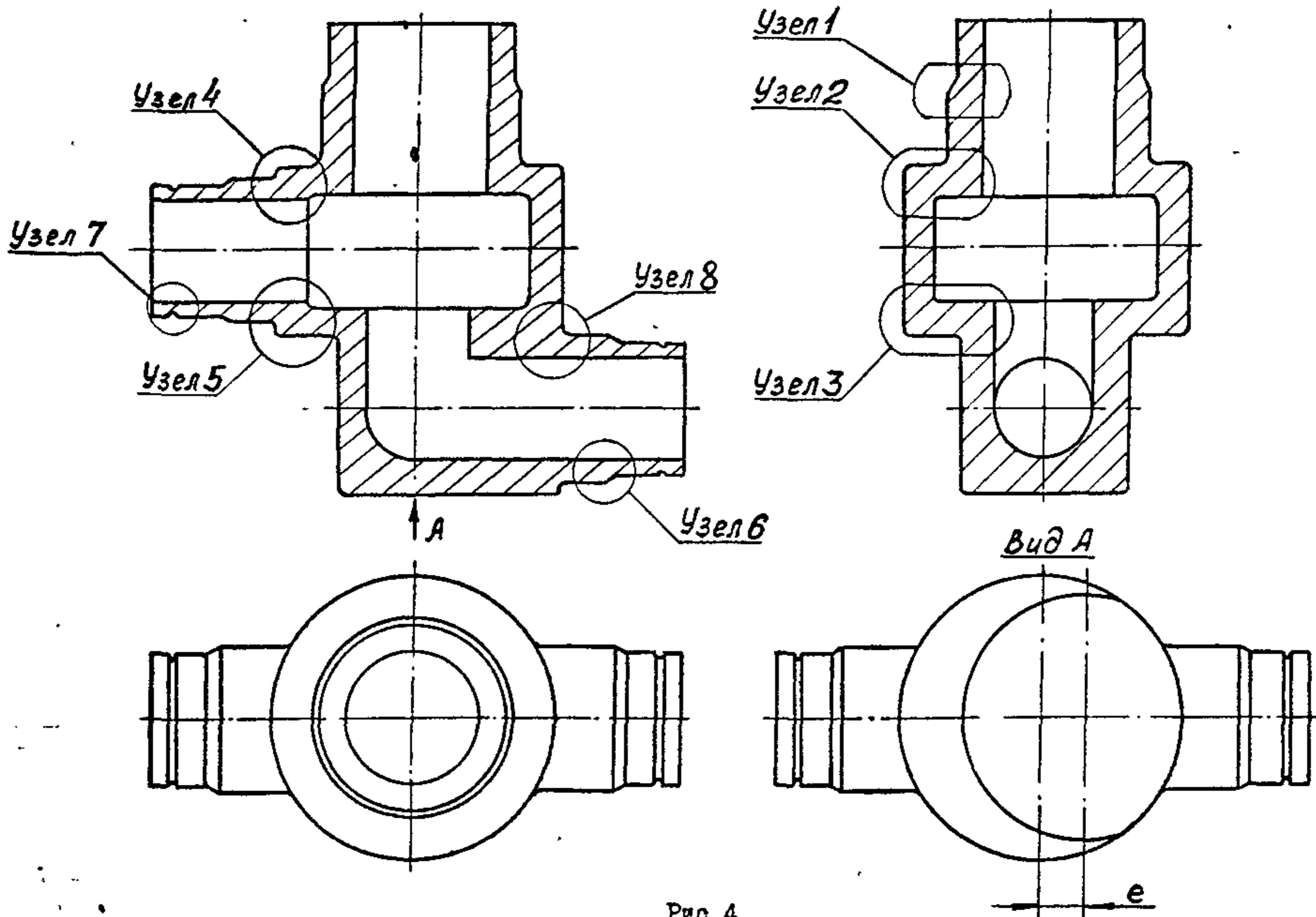
2.2.3. Расчет для узлов 4, 5 и 8 производится по схеме тройникового соединения (рис.7).

Заданные нагрузки - внутреннее давление, изгибающий момент.

Направление момента - произвольное.

54-87 Hibbs 13587

Корпус проходной со смещенными патрубками. Расчетные узлы.



PL PM 26-07-258-85

CIP-13

Рис.4

54-82 11бок 13.5.87

Корпус угловой. Расчетные узлы

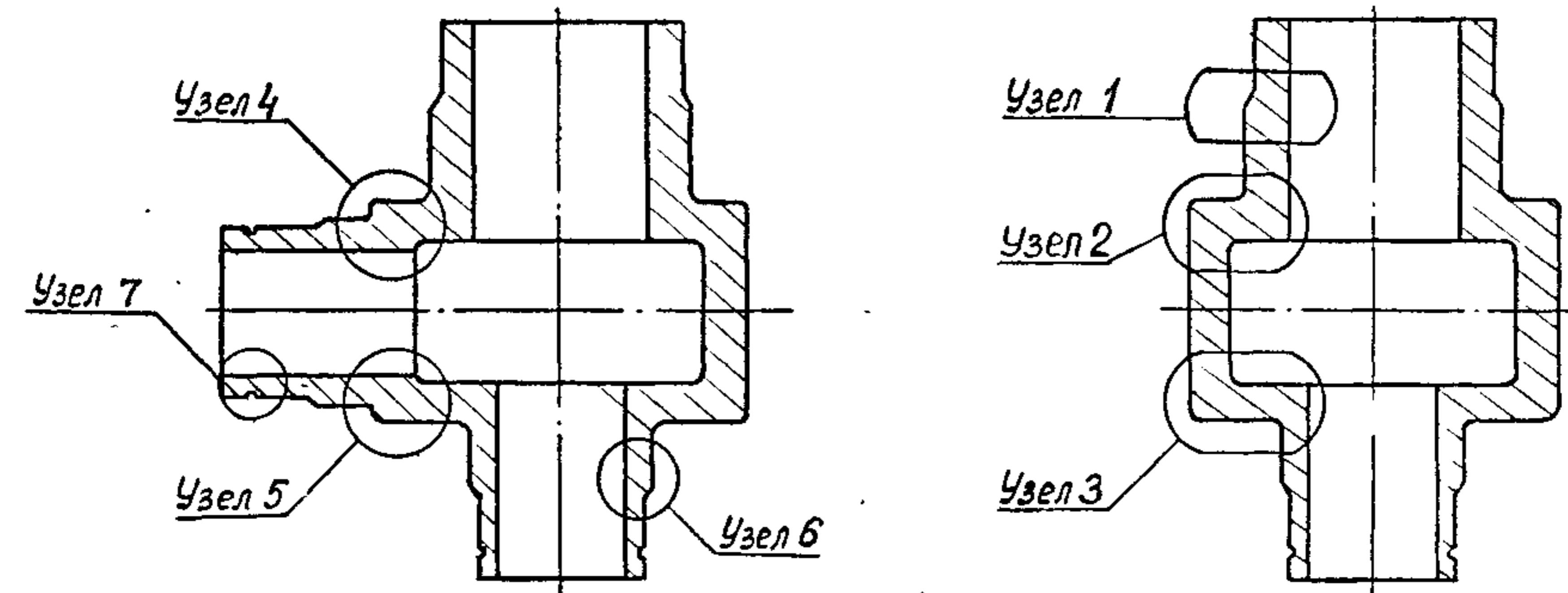


Рис.5

РД РТМ 26-07-258-85

Стр.14

## Осьсимметричная конструкция

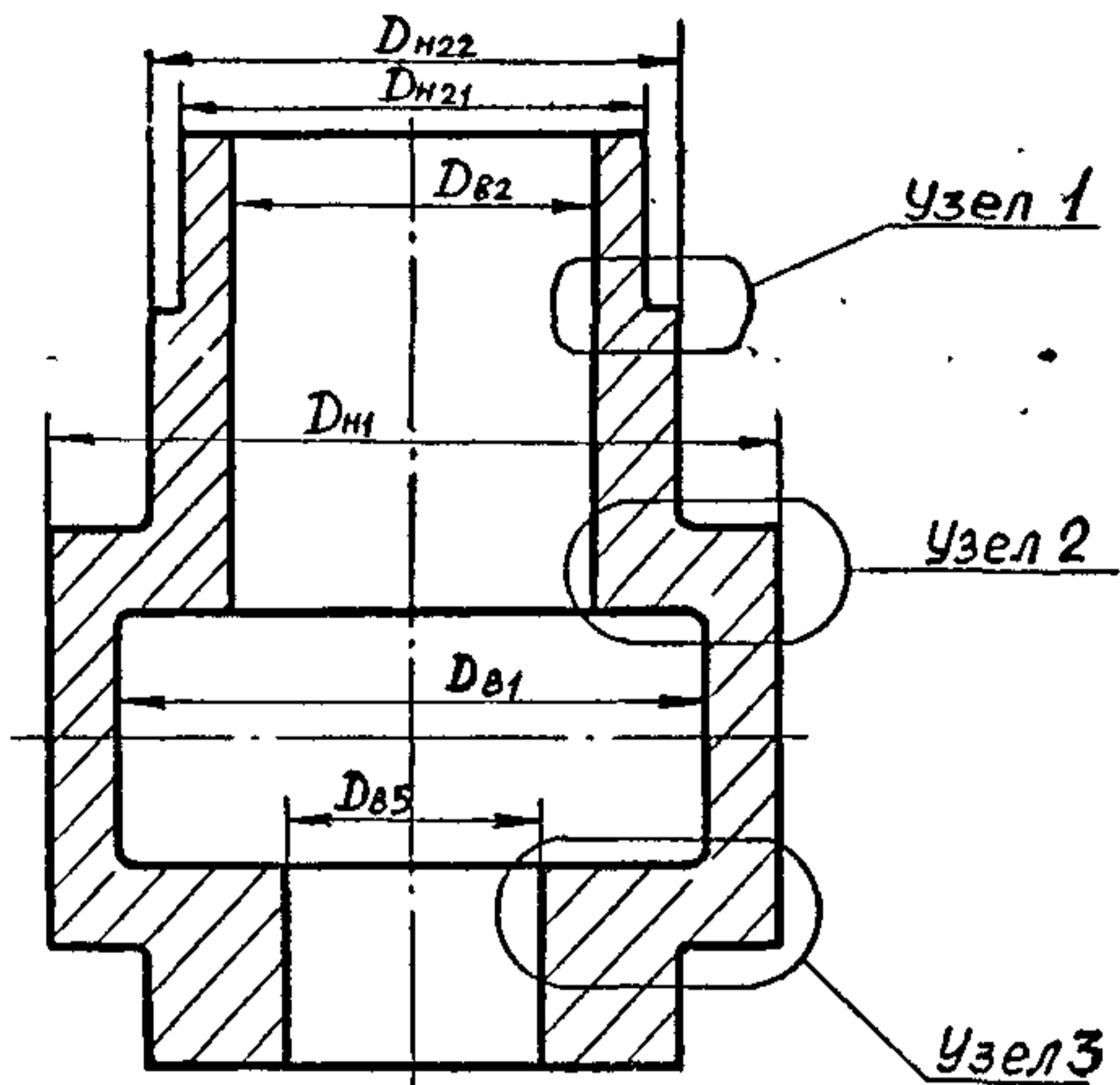
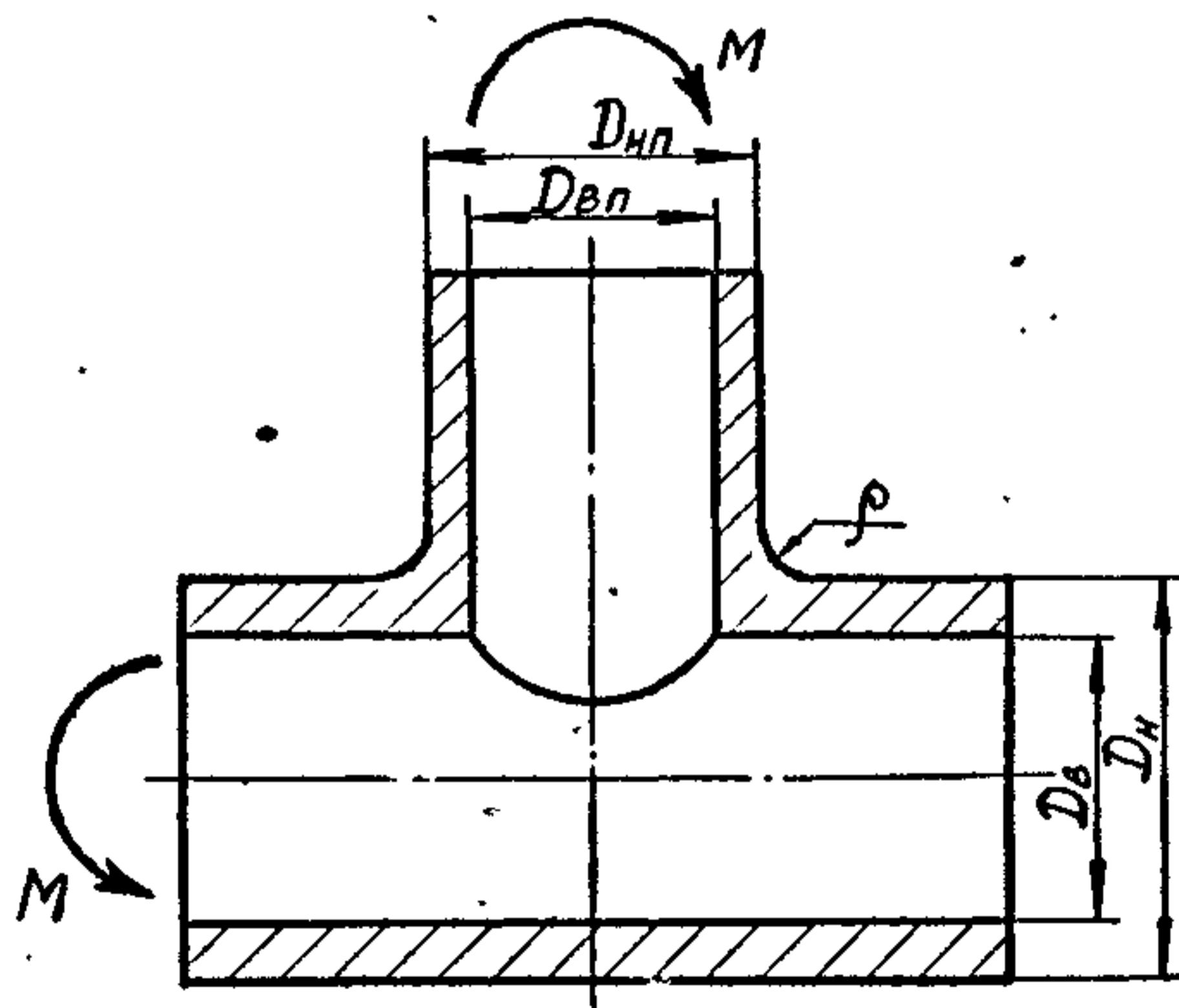


Рис.6.

Тройниковое соединение

Рис.7  
зам. 1

2.2.4. Расчет для узла 6 производится по схеме сопряжения двух цилиндрических оболочек разной толщины.

Заданные нагрузки – внутреннее давление, изгибающий момент.

Коэффициенты концентрации допускается принимать по справочным данным для случая трубы со ступенчатым изменением толщины стенки, нагруженной внутренним давлением и изгибающим моментом.

2.2.5. Расчет для узла 7 производится по схеме трубы, ослабленной кольцевой торообразной выточкой глубиной  $\Delta S_n$ , нагруженной внутренним давлением и изгибающим моментом.

Коэффициенты концентрации допускается принимать по справочным данным для растягиваемой частицы с односторонним U-образным вырезом.

2.2.6. Расчет температурных напряжений допускается выполнять с использованием осесимметричных расчетных схем.

2.2.7. В обоснованных случаях разрешается сокращать количество расчетных узлов.

### ① 2.3. Этапы расчета.

Этапы расчета представлены в табл.3. На каждом из этапов расчет проводится для всех узлов, указанных в п.2.2. Расчет напряжений в узлах 1,2,3,6,7 производится для каждого элемента, составляющего узел, на внутренней и на наружной поверхности в отдельности.

Таблица 3

№ этапа	Учитываемые нагрузки	Расчетная группа категорий напряжений	Критерий прочности
I.	Внутреннее давление; усилие по штоку	( $\sigma$ ) <sub>1</sub>	$(\sigma)_1 \leq [\sigma_N]$
II.	Внутреннее давление; момент от веса трубопровода; усилие по штоку	( $\sigma$ ) <sub>2</sub>	$(\sigma)_2 \leq 1,3[\sigma_N]$
III.	Внутреннее давление; размах моментов от самокомпенсации температурных расширений; неравномерное температурное поле; усилие по штоку	( $\sigma$ ) <sub>R</sub>	$(\sigma)_R \leq 2,5[\sigma_N]$
IV.	Внутреннее давление; размах моментов от самокомпенсации температурных расширений; неравномерное температурное поле; усилие по штоку	( $\sigma_a$ )	$a \leq 1$

2.4. Этап I. Определение приведенного напряжения  $(\bar{\sigma})_1$ .

2.4.1. Приведенные напряжения  $(\bar{\sigma})_1$  определяются на цилиндрических участках корпуса в сечениях А-А, Б-Б, В-В (рис. I).

2.4.2. Составляющие напряженного состояния в сечениях А-А и Б-Б вычисляются по формулам:

$$\bar{\sigma}_\theta = \bar{\sigma}_\theta^0, \quad \sigma_z = \bar{\sigma}_z^0 + \frac{Q_{шт}}{F},$$

где напряжения  $\bar{\sigma}_\theta^0$ ,  $\bar{\sigma}_z^0$  вычисляются согласно п. 2.9,

$F$  - площадь соответствующего поперечного сечения.

2.4.3. Приведенное напряжение  $(\bar{\sigma})_1$  в сечении В-В определяется по формуле:

$$(\bar{\sigma})_1 = \bar{\sigma}_\theta^0$$

2.4.4. Общие мембранные напряжения  $\bar{\sigma}_\theta$ ,  $\bar{\sigma}_z$  могут быть приняты из расчета численными методами по схеме осесимметричной конструкции.

2.5. Этап II. Определение приведенного напряжения  $(\bar{\sigma})_2$ .

2.5.1. Составляющие напряженного состояния для узлов 1 и 2 вычисляются по формулам

$$\bar{\sigma}_\theta = \bar{\sigma}_{m\theta}^0; \quad \bar{\sigma}_z = \bar{\sigma}_{mz}^0,$$

где  $\bar{\sigma}_{m\theta}^0$ ,  $\bar{\sigma}_{mz}^0$  - общие или местные мембранные плюс общие изгибающие напряжения, полученные из расчета численными методами по схеме осесимметричной конструкции.

Составляющие напряженного состояния для узла 3 вычисляются по формулам:

$$\bar{\sigma}_\theta = \bar{\sigma}_{m\theta}^0; \quad \bar{\sigma}_z = \bar{\sigma}_{mz}^0 \pm \bar{\sigma}_z^M.$$

Изгибающие напряжения  $\bar{\sigma}_z^M$  вычисляются согласно п. 2.9.

2.5.2. Составляющие напряженного состояния для узлов 4, 5 и 8 вычисляются по формулам

$$\sigma_{\theta} = 0,5(\sigma_{\theta}^P + \sigma_{\theta}^{PR})$$

$$\sigma_z = 0,5(\sigma_z^{PR} \pm \sigma_z^M)$$

Напряжения  $\sigma_{\theta}^P$ ,  $\sigma_{\theta}^{PR}$ ,  $\sigma_z^{PR}$ ,  $\sigma_z^M$  вычисляются согласно п.2.8.

2.5.3. Составляющие напряженного состояния для узла 6 вычисляются по формулам

$$\sigma_{\theta} = \sigma_{m\theta}^o$$

$$\sigma_z = \sigma_{mz}^o \pm \sigma_z^M$$

① где  $\sigma_{m\theta}^o$ ,  $\sigma_{mz}^o$  общие или местные мембранные плюс общие изгибные напряжения из расчета численными методами узла сопряжения двух цилиндрических оболочек разной толщины.

Напряжения  $\sigma_z^M$  определяются согласно п.2.9.

2.5.4. Составляющие напряженного состояния для узла 7 вычисляются по формулам

$$\sigma_{\theta} = \sigma_{\theta}^P$$

$$\sigma_z = \frac{\rho D_6^2}{(D_4 - 2\Delta S_n)^2 - D_6^2} \pm \sigma_z^M$$

Напряжения  $\sigma_{\theta}^P$  и  $\sigma_z^M$  определяются согласно п.2.9.

2.6. Этап Ш. Определение размаха приведенных напряжений  $(\sigma)_R$ .

2.6.1. Составляющие напряженного состояния для узлов 1, 2 вычисляются по формулам

$$\sigma_{\theta} = \sigma_{\theta}^o + \sigma_{\theta}^t$$

$$\sigma_z = \sigma_z^o + \sigma_z^t$$

где  $\sigma_{\theta}^o$ ,  $\sigma_z^o$  - местные максимальные напряжения, полученные из расчета численными методами.

Составляющие напряженного состояния в узле 3 вычисляются по формулам

$$\sigma_{\theta} = \sigma_{\theta}^o + \sigma_{\theta}^t$$

$$\sigma_z = \sigma_z^o + \sigma_z^t \pm \sigma_z^M$$

Изгибное напряжение  $\sigma_z^M$  вычисляется согласно п.2.9.

2.6.2. Составляющие напряженного состояния для узлов 4, 5, 8 вычисляются по формулам:

на внутренней поверхности

$$\sigma_\theta = \sigma_\theta^0 + \sigma_\theta^t;$$

$$\sigma_z = \sigma_z^t,$$

на наружной поверхности (на галтели)

$$\sigma_\theta = \sigma_\theta^{pr} + \sigma_\theta^{tr};$$

$$\sigma_z = \sigma_z^{pr} + \sigma_z^{tr} \pm \sigma_z^M.$$

Напряжения  $\sigma_\theta^0$ ,  $\sigma_\theta^t$ ,  $\sigma_z^{pr}$ ,  $\sigma_z^{tr}$  вычисляются согласно п.2.8.

Составляющие напряженного состояния в сечении А-А определяются по формулам:

на внутренней поверхности

$$\sigma_\theta = \sigma_\theta^t;$$

$$\sigma_z = \sigma_z^t \pm 0,5\sigma_z^M;$$

на наружной поверхности

$$\sigma_\theta = 0,6\sigma_\theta^0 + \sigma_\theta^t;$$

$$\sigma_z = 0,6\sigma_z^0 + \sigma_z^t \pm 0,5\sigma_z^M.$$

2.6.3. Составляющие напряженного состояния для узла 6 вычисляются по формулам

$$\sigma_\theta = \sigma_\theta^0 + \sigma_\theta^t;$$

$$\sigma_z = \sigma_z^0 + \sigma_z^t \pm \sigma_z^M,$$

где  $\sigma_\theta^0$ ,  $\sigma_z^0$  – местные максимальные напряжения, полученные из расчета численными методами для узла сопряжения двух цилиндрических оболочек разной толщины.

Напряжение  $\sigma_z^M$  вычисляется согласно п.2.9.

2.6.4. Составляющие напряженного состояния для узла 7 вычисляются по формулам

$$\sigma_\theta = \sigma_\theta^0 + \sigma_\theta^t;$$

$$\sigma_z = \frac{\rho D_s^2}{(D_s - 24S_s)^2 - D_s^2} + \sigma_z^t \pm \sigma_z^M.$$

Напряжения  $\sigma_\theta^0$ ,  $\sigma_z^0$  вычисляются согласно п.2.9.

2.6.5. Радиальное напряжение  $\sigma_z$  принимается равным:  
на внутренней поверхности  $\sigma_z = -\rho$ ,  
на наружной поверхности  $\sigma_z = 0$ .

Составляющие общих температурных напряжений  $\sigma_\theta^t$ ,  $\sigma_z^t$ ,  $\sigma_\theta^{tr}$ ,  $\sigma_z^{tr}$  определяются для каждого узла в соответствии с п.2.2.6.

2.7. Этап IV. Расчет на циклическую прочность.

2.7.1. Составляющие напряженного состояния для узлов 1, 2 вычисляются по формулам:

$$\begin{aligned}\sigma_\theta &= \sigma_\theta^o + \mu [(K_{mz}-1)\sigma_{mz}^o + (K_{bz}-1)\sigma_{bz}^o] + \sigma_\theta^t, \\ \sigma_z &= K_{mz}\sigma_{mz}^o + K_{bz}\sigma_{bz}^o + \sigma_z^t,\end{aligned}$$

где  $\sigma_{mz}^o$ ,  $\sigma_{bz}^o$  - мембранное и изгибное,  $\sigma_\theta^o$  - максимальное (мембранное плюс изгибное) напряжения, определяемые по суммам напряжений, полученных из расчета численными методами и общих температурных напряжений;  $\sigma_\theta^t$ ,  $\sigma_z^t$  - местные температурные напряжения;  $K_{mz}, K_{bz}$  - теоретические коэффициенты концентрации, мембранных и изгибных напряжений, определяемые экспериментально или по справочным данным.

Составляющие напряженного состояния для узла 3 вычисляются по формулам:

$$\begin{aligned}\sigma_\theta &= \sigma_\theta^o + \mu [(K_{mz}-1)(\sigma_{mz}^o \pm \sigma_z^m) + (K_{bz}-1)\sigma_{bz}^o] + \sigma_\theta^t, \\ \sigma_z &= K_{mz}(\sigma_{mz}^o \pm \sigma_z^m) + K_{bz}\sigma_{bz}^o + \sigma_z^t.\end{aligned}$$

Напряжение  $\sigma_z^m$  вычисляется согласно п.2.9.

2.7.2. Составляющие напряженного состояния для узлов 4, 5 и 8 вычисляются по формулам:  
на внутренней поверхности

$$\begin{aligned}\sigma_\theta &= \sigma_\theta^o + \sigma_\theta^t, \\ \sigma_z &= \sigma_z^t,\end{aligned}$$

на наружной поверхности

$$\begin{aligned}\sigma_\theta &= \sigma_\theta^{pr} + \sigma_\theta^{tr}, \\ \sigma_z &= \sigma_z^{pr} + \sigma_z^{tr} \pm \sigma_z^m.\end{aligned}$$

Зам I

Напряжения  $\sigma_\theta^o$ ,  $\sigma_\theta^{pr}$ ,  $\sigma_z^{pr}$ ,  $\sigma_z^m$  вычисляются согласно п.2.8.

Составляющие напряженного состояния в сечении А-А вычисляются по формулам:

на внутренней поверхности

$$\begin{aligned}\sigma_\theta &= \sigma_\theta^t, \\ \sigma_z &= \sigma_z^c \pm 0,5 \sigma_z^m,\end{aligned}$$

на наружной поверхности

$$\begin{aligned}\sigma_\theta &= 0,6 \sigma_\theta^o + \sigma_\theta^{tr}, \\ \sigma_z &= 0,6 \sigma_z^o + \sigma_z^{tr} \pm 0,5 \sigma_z^m.\end{aligned}$$

2.7.3. Составляющие напряженного состояния для узла 6 вычисляются по формулам

$$\begin{aligned}\sigma_\theta &= \sigma_\theta^o + M[(K_{mz}-1)(\sigma_{mz}^o \pm \sigma_{mz}^m) + (K_{gz}-1)\sigma_{gz}^o] + \sigma_\theta^t, \\ \sigma_z &= K_{mz}(\sigma_{mz}^o \pm \sigma_{mz}^m) + K_{gz}\sigma_{gz}^o + \sigma_z^t,\end{aligned}$$

где  $\sigma_{mz}^o$ ,  $\sigma_{gz}^o$  - мембранное и изгибное,  $\sigma_\theta^o$  - максимальное (мембранное плюс изгибное) напряжения, определяемые по суммам напряжений, полученных из расчета численными методами для узла сопряжения двух цилиндрических оболочек разной толщины, и общих температурных напряжений;  $\sigma_\theta^t$ ,  $\sigma_z^t$  - местные температурные напряжения.

Напряжение  $\sigma_z^m$  вычисляется согласно п.2.9.

2.7.4. Составляющие напряженного состояния для узла 7 вычисляются по формулам:

$$\begin{aligned}\sigma_\theta &= \sigma_\theta^o + M(K_{mz}-1)(\sigma_z^o \pm \sigma_z^m) + \sigma_\theta^t, \\ \sigma_z &= K_{mz}(\sigma_z^o \pm \sigma_z^m) + \sigma_z^t,\end{aligned}$$

где  $\sigma_z^o = \frac{\mu D_{83}^2}{(D_{431}-2AS_n)^2 - D_{83}^2}$

2.7.5. Допускается принимать  $K_{\sigma_z} = K_{m_z}$ ,  $\sigma_{\sigma_z} = 0$ ,  $\sigma_{m_z} = \sigma_z^*$ , где  $\sigma_z^*$  - максимальное (мембранные плюс изгибные) напряжение, полученное из расчета численными методами.

$M$  - коэффициент, зависящий от стеснения деформаций, соответствующий напряжению  $\sigma_z$  в направлении  $\theta$ . Если степень стеснения определить нельзя, то расчет выполняется дважды: при  $M=0$  и  $M=0,3$ .

Общие и местные температурные напряжения (и их составляющие - мембранные и изгибные) определяются для каждого узла в соответствии с п.2.2.6.

2.7.6. При возникновении в зонах концентрации упруго-пластических деформаций амплитуда местных условных упругих напряжений определяется по формуле

$$(\sigma_{af}) = \frac{K_F (\sigma_a)}{\varphi_w \cdot \varphi_k} + 0,5 (\sigma')^t;$$

где  $(\sigma_a)$  - амплитуда приведенных напряжений, определенная по составляющим напряженного состояния без учета концентрации напряжений.

Коэффициент концентрации условных упругих напряжений  $K_F$  определяется по формуле

$$K_F = 0,5 \left[ \frac{\sigma_T}{(\sigma_a)} + K_0^2 \frac{(\sigma_a)}{\sigma_T} \right];$$

где  $K_0$  - теоретический коэффициент концентрации напряжений, определяемый экспериментально или по справочным данным, принимаемый равным наибольшему значению по направлению кольцевых и меридиональных напряжений.

Коэффициенты  $\varphi_w$ ,  $\varphi_k$  учитывающие влияние на циклическую прочность сварного шва с полным проплавлением или наплавки и влияние рабочей среды соответственно, определяются по Нормам расчета на проч-

ность или экспериментально. При отсутствии данных о значениях  $\varphi_w$  можно принять  $\varphi_w = 0,6$ . При отсутствии сварного шва  $\varphi_w = 1$ .

2.7.7. Допускаемое число циклов для  $i$ -го режима для сталей с отношением  $\sigma_t/\sigma_8 \leq 0,7$  определяется по формулам:

$$[N_i] = 0,25 \left[ \frac{E \cdot \sigma_c^2}{2(\sigma_a)_i - B} \right]^{\frac{1}{m}};$$

$$[N_{ii}] = 0,025 \left[ \frac{E \cdot \sigma_c^2}{(\sigma_a)_i - B} \right]^{\frac{1}{m}};$$

$$[N_i] = \min \{ [N_i], [N_{ii}] \},$$

Нр. № зонк.	Показание в зонах	Нр. зона №	Нр. зона №	Показание в зонах
3Y-87	23.987			

где  $m = 0,5$  при  $\sigma_b \leq 680 \text{ МПа} ;$

$m = 0,36 + 2 \cdot 10^{-4} \sigma_b$  при  $680 \text{ МПа} < \sigma_b \leq 1175 \text{ МПа} ;$

$$e_c^T = 1,15 \lg \frac{100}{100 - \psi} ;$$

$$B = \frac{\sigma_1}{1 + \frac{\sigma_1 \cdot 1+2}{\sigma_b \cdot 1-2}} ;$$

$\zeta = \sigma_{min}/\sigma_{max}$  при  $\sigma_{max} \leq \sigma_T ;$

$\zeta = \frac{\sigma_T - 2(\sigma_a)_i}{\sigma_T}$  при  $\sigma_{min} \text{ или } \sigma_{max} > \sigma_T ;$

$\zeta = -1$  при  $(\sigma_a)_i > \sigma_T .$

При этом, если расчетное значение  $\zeta < -1$ , то принимается  $\zeta = -1$ .

### 2.7.7 Накопленное усталостное повреждение

$$\alpha = \sum_{i=1}^k \frac{N_i}{[N_i]} ,$$

где  $k$  - число режимов нагружения.

Накопленное усталостное повреждение не должно превышать 1,0

$$\alpha \leq 1,0 .$$

### 2.8. Расчет напряжений в тройниковом соединении.

2.8.1. Максимальные значения составляющих напряженного состояния тройникового соединения вычисляются по формулам:

- напряжения на внутренней поверхности (в угловой точке), обусловленные внутренним давлением.

$$\sigma_\theta^\rho = \alpha_\theta \cdot \sigma_H^\rho ;$$

- напряжения на наружной поверхности (на линии пересечения) обусловленные внутренним давлением

$$\sigma_{\theta,2}^{rg} = \alpha_{\theta,2} \cdot \sigma_H^\rho ;$$

- напряжения на наружной поверхности тройникового соединения в узле 4, обусловленные изгибающим моментом

$$\sigma_z^M = \alpha_z^{(4)} \cdot \sigma_h^M$$

- напряжения на наружной поверхности тройникового соединения в узлах 5 и 8, обусловленные изгибающим моментом

$$\sigma_z^M = \alpha_z \cdot \sigma_h^M$$

Коэффициенты концентрации напряжений  $\alpha_0$ ,  $\alpha_{\theta,2}$ ,  $\alpha_z$ ,  $\alpha_z^{(4)}$  определяются согласно п.2.8.2.

Номинальные напряжения  $\sigma_h^P$ ,  $\sigma_h^M$  определяются согласно п.2.8.3.

2.8.2. Коэффициенты концентрации напряжений в зоне тройникового соединения.

2.8.2.1. Коэффициенты концентрации напряжений, обусловленных внутренним давлением, на внутренней поверхности тройникового соединения (в угловой точке) вычисляются по формулам [6]:

$$\alpha_0 = \frac{(0,55y_1 + 4,51y_2 + 0,06y_3 - 3,08)^2 - (4,23y_2 + 0,2y_3 - 2,62)^2 - (0,42 - 0,07y_3)^2 + 3,69}{K},$$

где  $y_1 = \frac{2S_n}{D_h}$ ;  $y_2 = \frac{S_n}{S}$ ;  $y_3 = x_1 + \frac{0,001}{x_1}$ ;  $y_3 = \sqrt{\frac{S_n}{\rho}}$ ;

$$K = 0,65 + 0,35 \frac{D_h}{D_{hp}}$$

2.8.2.2. Коэффициенты концентрации напряжений, обусловленных внутренним давлением на наружной поверхности (на галтели) вычисляются по формулам [6]:

$$\alpha_{\theta}^r = \frac{(1,36y_1 + 1,2y_4 - 2,23)^2 + (2,81y_4 - 0,31y_3 - 1,59)^2 - (0,51y_3 - 0,73)^2 + 0,66}{K_2};$$

$$\textcircled{1} \quad \alpha_z^r = \alpha_{\theta}^r \cdot \frac{x_1}{K_2} K_1;$$

где  $K_1 = (0,076y_3 + 0,652) + \frac{0,05 - x_1}{15x_1} \cdot \frac{1}{y_3}$ ;

$$K_2 = (0,18 \frac{D_h}{D_{hp}} + 0,82) \cdot \ln \left( 6 \cdot \frac{D_h}{D_{hp}} - 3,28 \right);$$

$$y_4 = \sqrt{x_1}.$$

Параметры  $x_1$ ,  $y_1$ ,  $y_2$ ,  $y_3$  вычисляются согласно п.2.8.2.1.

2.8.2.3. Коэффициенты концентрации напряжений, обусловленных изгибающим моментом, на наружной поверхности (на галтели) узлов 5 и 8 определяются по формулам

$$\alpha_z = \frac{(5,39x_1 - 0,4z_1 - 1,75)^2 + (0,57z_1 + 4,28)^2 - 19,25}{1 + nz_1}$$

где  $z_1 = \sqrt{y_3 - 0,3}$

①  $x_1 = \frac{2S_n}{D_{n1}}$ .

~~Параметр  $x_1$  определяется согласно п.2.8.2.1.~~

$n$  - коэффициент, определяемый по графику рис. 8 .

График поправочного коэффициента  $n$

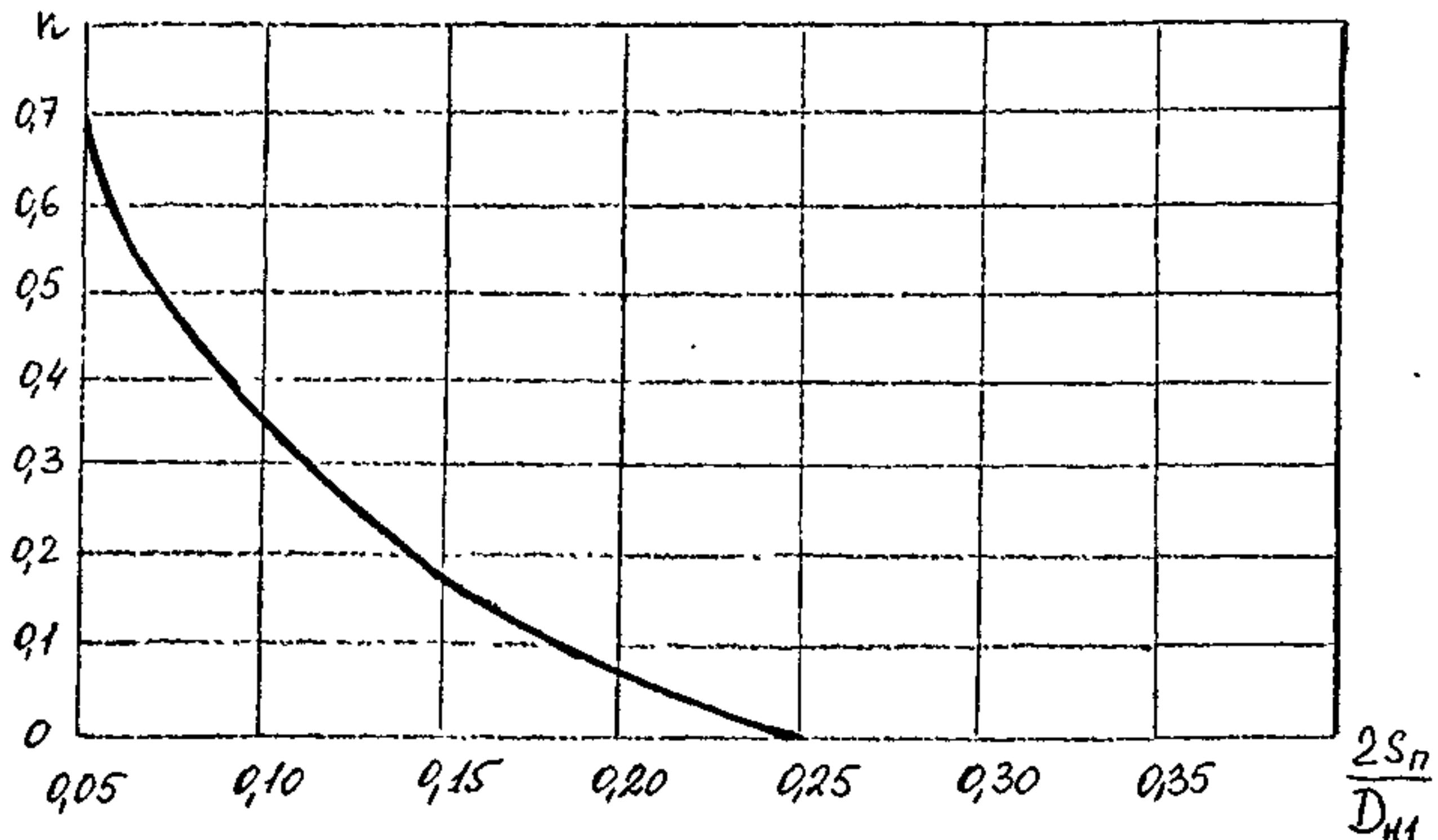


Рис. 8

2.8.2.4. Коэффициент концентрации напряжений, обусловленных изгибающим моментом, на наружной поверхности (на галтели) узла 4 определяется по формуле

$$\alpha_z^{(4)} = 0,42\alpha_z + 0,6$$

54-87

2.8.2.5. Приведенные формулы справедливы для следующих диапазонов изменения геометрических параметров тройникового соединения:

$$\begin{aligned} S/S_n &\geq 0,7; \quad \frac{2S}{D_h} \leq 0,7; \\ 0,05 &\leq \frac{2S_n}{D_h} \leq 0,4; \\ 0,5 &\leq Y_3 = \sqrt{\frac{S_n}{P}} \leq 3,0; \\ 1,0 &\leq \frac{D_h}{D_{hl}} \leq 3,5. \end{aligned}$$

2.8.3. Номинальные напряжения, обусловленные внутренним давлением, определяются по формуле

$$\sigma_n^p = P \frac{K^2 + 1}{K^2 - 1},$$

где  $K = \frac{D_h}{D_B}$  – коэффициент толстостенности.

Для тонкостенных конструкций допускается использование формулы

$$\sigma_n^p = \frac{P}{2} \frac{D_h + D_B}{D_h - D_B}.$$

Номинальные напряжения, обусловленные изгибающим моментом, определяются по формуле

$$\sigma_n^m = \frac{M}{W}$$

где  $W = 0,0982 D_{hl}^3 \left[ 1 - \left( \frac{D_{Bn}}{D_{hl}} \right)^4 \right]$  – момент сопротивления.

2.8.4. Расчет номинальных напряжений и коэффициентов концентрации напряжений выполняется для узлов 4, 5 и 8 по размерам корпуса в сечении А-А и размерам патрубка в сечении В-В.

Расчет по п.п. 2.6.2 и 2.7.2 для сечения А-А в этом случае выполнять не требуется.

Для корпусов средней и большой толстостенности

$$\frac{D_{hl} - D_{B1}}{D_{hl}} \geq 0,2$$

допускается в расчетах принимать размеры корпуса, дающие наибольшую толщину стенки:

Зам (1)

для узла 4  $D_g = D_{82}$ ,  $S = 0,5(D_h - D_{82})$ ,

для узлов 5 и 8  $D_g = D_{85}$ ,  $S = 0,5(D_h - D_{85})$

и размеры патрубка  $D_{H7} = D_{H32}$ ,  $S_7 = 0,5(D_{H32} - D_{83})$ ,

если длина утолщенной части патрубка не слишком мала.

При вычислении номинальных напряжений  $\sigma_h^m$ , обусловленных изгибающим моментом, момент сопротивления определяется по формуле

$$W = 0,0982 D_{H32}^3 \left[ 1 - \left( \frac{D_{83}}{D_{H32}} \right)^4 \right],$$

если длина утолщенной части патрубка не слишком мала.

Напряжение, обусловленное изгибающим моментом допускается вычислять по формуле

$$\sigma_z^m = 0,7 \alpha_z \sigma_h^m.$$

При использовании рекомендаций данного подпункта необходимо выполнить расчет тройникового узла для сечения А-А по размерам корпуса в этом сечении.

Допускается принимать значения напряжений по экспериментальным данным.

## 2.9. Расчет напряжений на цилиндрических участках корпуса.

Составляющие напряженного состояния цилиндрического участка корпуса, нагруженного давлением, определяются по формулам:

$$\sigma_\theta^P = \frac{\rho}{2} \cdot \frac{D_h + D_g + 2C}{D_h - D_g - 2C},$$

$$\sigma_z^P = \frac{\rho (D_g + 2C)^2}{D_h^2 - (D_g + 2C)^2}.$$

Продольное напряжение, обусловленное изгибающим моментом, вычисляется по формуле:

$$\sigma_z^M = \frac{M}{W}.$$

Момент сопротивления  $W$  в расчетном сечении вычисляется по формуле

$$W = 0,0982 D_{H1}^3 \left[ 1 - \left( \frac{D_{81}}{D_{H1}} \right)^4 \right]$$

При вычислении напряжений  $\sigma_z^M$  по п.п.2.5.1, 2.6.1 и 2.7.1 момент сопротивления  $W$  вычисляется по формуле

$$W = 0,0982 D_{H1}^3 \left[ 1 - \left( \frac{D_{81}}{D_{H1}} \right)^4 \right]$$

Руководитель предприятия п/я Г-4745

29.11.88

С.И.Косих

Главный инженер предприятия  
п/я А-7899

М.И.Власов

Заместитель руководителя  
предприятия п/я А-7899

В.А.Айриев

Главный конструктор проекта

В.В.Ширяев

Заведующий отделом I6I

Р.И.Хасанов

Заведующий отделом II8

Р.А.Азарашвили

Заведующий сектором НТД  
и автоматизации расчетов

Р.В.Салина

Ответственный исполнитель темы

Г.М.Федоров

Исполнитель

Т.В.Громова

## Условные обозначения

- $t$  - температура среды,  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $E$  - модуль упругости, МПа;
- $\sigma_t$  - минимальное значение предела текучести при расчетной температуре, МПа;
- $\sigma_b$  - минимальное значение предела прочности (временное сопротивление) при расчетной температуре, МПа;
- $\sigma_s$  - предел усталости при симметричном цикле растяжение-сжатие, МПа;
- $m$  - характеристика материала;
- $[\sigma_n]$  - номинальное допускаемое напряжение, МПа;
- $[N]$  - допускаемое число циклов;
- $a$  - повреждение материала при циклическом нагружении;
- $\gamma$  - коэффициент асимметрии цикла напряжений;
- $\sigma_{\theta \text{ и } b_z}$  - окружное и осевое напряжения, МПа;
- $\sigma_n$  - номинальное напряжение, МПа;
- $\psi$  - относительное сужение поперечного сечения образца при статическом разрушении при растяжении, %;
- $(\sigma)_1$  - приведенные напряжения, определяемые по составляющим общих мембранных напряжений;
- $(\sigma)_2$  - приведенные напряжения, определяемые по суммам составляющих общих или местных мембранных и общих изгибающих напряжений;
- $(\sigma)_R$  - размах приведенных напряжений, определенный по суммам составляющих общих или местных мембранных, общих и местных изгибающих и общих температурных напряжений;
- $(\sigma_a)$  - амплитуда приведенных напряжений, определяемых по суммам составляющих общих или местных мембранных напряжений, общих и местных изгибающих напряжений, общих и местных температурных напряжений с учетом концентрации напряжений;

- $M_b$  – изгибающий момент от веса трубопровода; Нмм;  
 $M_t$  – размах изгибающих моментов от температурной компенсации трубопровода;  
 $D_h$  и  $D_b$  – наружный и внутренний диаметры в расчетном сечении корпуса, мм;  
 $R$  – радиус канавки на патрубке;  
 $\rho$  – радиус галтели сопряжения патрубка с корпусом, мм;  
 $b$  и  $h$  – вспомогательные размеры (см. рис. I, 2), мм;  
 $\Delta S$  – глубина расточки по внутренней поверхности, мм;  
 $\Delta S_n$  – изменение толщины патрубка переменной толщины, мм;  
 $\ell$  – длина патрубка от ближайшей образующей наружной поверхности горловины;  
 $d_p$  – внутренний диаметр патрубка на длине  $\ell$  от его торца, мм;  
 $d_n$  – внутренний диаметр патрубка на торцевой его поверхности, мм;  
 $S$  – номинальная толщина стенки корпуса, мм;  
 $S_R$  – расчетная толщина стенки корпуса, мм;  
 $S_n$  – номинальная толщина стенки патрубка, мм;  
 $e$  – эксцентризитет (рис. 4), мм;  
 $w$  – момент сопротивления в расчетном сечении корпуса,  $\text{мм}^3$ ;  
 $c$  – прибавка к расчетной толщине стенки, мм;  
 $C_1$  – прибавка, учитывающая утонение стенки за счет минусового допуска, мм;  
 $C_2$  – прибавка, учитывающая утонение стенки за счет всех видов коррозии за срок службы изделия, мм;  
 $\varphi$  – коэффициент снижения прочности корпуса, ослабленного отверстием под патрубок;  
 $\varphi_r$  – коэффициент снижения прочности шва приварки горловины к корпусу;  
 $\varphi_n$  – коэффициент снижения прочности шва приварки патрубка к корпусу;  
 $\beta, e_c, B$  – вспомогательные расчетные величины.

С индексом "п" обозначаются величины, относящиеся к патрубку.

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

стр. 20

№ п/п варианта расчета			ГЧ Г.1.40-УТ-200-80			Справочник								
№ п/п	Обозначение величин	Условный проход $D_y$ , мм	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
I	2	3	I8	$C_1$ (корп.), мм		48	$(G)_2$ (тчк3), МПа		80	$t_{max}$ , °C		II3	$t_{max}$ , °C	
2	<b>Массив текстовых ИД (GG)</b>		I9	$L_1$ , мм		49	$(G)_2$ (тчк4), МПа		81	$t_{min}$ , °C		II4	$t_{min}$ , °C	
3			20	$L_2$ , мм		50	$(G)_2$ (тчк5), МПа		82	$\dot{V}_t$ , °C/час		II5	$\dot{V}_t$ , °C/ч	
			21	$L_3$ , мм		51	$(G)_2$ (тчк6), МПа		83	$P_{max}$ , МПа		II6	$P_{max}$ , МПа	
			22	$L_c$ , мм		52	$(G)_R$ (тчк1), МПа		84	$P_{min}$ , МПа		II7	$P_{min}$ , МПа	
			23	$D_{82}$ , мм		53	$(G)_R$ (тчк 2), МПа		85	$N$ , цикл		II8	$N$ , цикл	
			24	$D_{H21}$ , мм		54	$(G)_R$ (тчк3), МПа		86	$E$ , МПа		II9	$E$ , МПа	
			25	$C_1$ (горл), мм		55	$(G)_R$ (тчк4), МПа		87	$G_T$ , МПа		I20	$G_T$ , МПа	
			26	$D_{H22}$ , мм		56	$(G)_R$ (тчк5), МПа		88	$G_B$ , МПа		I21	$G_B$ , МПа	
			27	$\Delta S$ (горл), мм		57	$(G)_R$ (тчк6), МПа		89	$G_{-1}$ , МПа		I22	$G_{-1}$ , МПа	
			28	$L_4$ , мм		58	$t_{max}$ , °C		90	$\psi$ , %		I23	$\psi$ , %	
			29	$L_5$ , мм		59	$t_{min}$ , °C							
			30	$D_{H\varphi}$ , мм		60	$\dot{V}_t$ , °C/час							
I	Количество заданных режимов		31	$h_\varphi$ , мм		61	$P_{max}$ , МПа							
2	<b>Массив целых числовых ИД (NS)</b>		32	$D_{83}$ , мм		62	$P_{min}$ , МПа							
3			33	$D_{H31}$ , мм		63	$N$ , цикл							
4			34	$C_1$ (патр), мм		64	$E$ , МПа							
5			35	$D_{H32}$ , мм		65	$G_T$ , МПа							
6			36	$R$ (канавки), мм		66	$G_B$ , МПа							
7			37	$L_6$ , мм		67	$G_{-1}$ , МПа							
8			38	$L_7$ , мм		68	$\psi$ , %							
9			39	$P$ , мм		69	$t_{max}$ , °C							
10			40	$D_{85}$ , мм		70	$t_{min}$ , °C							
II	$C_2$ , мм		41	$D_{H5}$ , мм		71	$\dot{V}_t$ , °C/час							
I2	$P$ , МПа		42	$e$ , мм		72	$P_{max}$ , МПа							
I3	$P'$ , МПа		43	$K_1$ (узла5),		73	$P_{min}$ , МПа							
I4	$M_B$ , Нм		44	$K_2$ (узла6)		74	$N$ , цикл							
I5	$M_t$ , Нм		45	$Q_{шт}$ , Н		75	$E$ , МПа							
I6	$D_{81}$ , мм		46	$(G)_2$ (тчк1), МПа		76	$G_T$ , МПа							
I7	$D_{H1}$ , мм		47	$(G)_2$ (тчк2), МПа		77	$G_B$ , МПа							
						78	$G_{-1}$ , МПа							
						79	$\psi$ , %							

РАСЧЕТ КОРПУСА КЛАПАНА ПО РТМ 26-07-85  
УПЛОВОГО (ПРОХОДНОГО)

## I. Задача расчета.

I.I. Задачей расчета является определение следующих величин для подтверждения статической и циклической прочности корпуса клапана:

- $(\sigma)_1$  - приведенное напряжение, определяемое по составляющим общих мембранных напряжений;
- $(\sigma)_2$  - приведенное напряжение, определяемое по суммам составляющих общих или местных мембранных и общих изгибных напряжений;
- $(\sigma)_R$  - размах приведенных напряжений, определяемый по суммам составляющих общих или местных мембранных, общих и местных изгибных, общих температурных напряжений;
- $(\sigma_a)$  - амплитуда приведенных напряжений, определяемая по суммам составляющих общих или местных мембранных, общих и местных изгибных, общих и местных температурных напряжений с учетом концентрации напряжений.
- $[N_i]$  - допускаемое число циклов для  $i$ -го режима (определяемое по расчетной кривой усталости);
- $\alpha$  - накопленное усталостное повреждение.

## I.2. Условия прочности:

$$(\sigma)_1 \leq [\sigma_1];$$

$$(\sigma)_2 \leq [\sigma_2];$$

$$(\sigma)_R \leq [\sigma_R];$$

$$\alpha \leq 1.$$

## 2. Исходные величины (приложение 2)

- материал корпуса;
- температура корпуса;
- нагрузки на корпус;

- геометрические размеры;
- коэффициенты снижения прочности сварных швов (см.табл.I РТМ 26-07-258-85);
- прибавки к расчетным толщинам по предельному минусовому отклонению толщин стенок (устанавливаются конструкторской и технологической документацией); см.п.І.І.5 РТМ 26-07-258-85);
- коэффициенты концентрации;
- число циклов нагружения на  $i$ -том режиме в эксплуатации (принимают ся по ОТТ или другой конструкторской документации).

3. Расчет корпуса выполнен по методике РТМ 26-07-258-85 в соответствии с требованиями "Норм расчета на прочность элементов реакторов, парогенераторов, сосудов и трубопроводов атомных электростанций опытных и исследовательских ядерных реакторов и установок" (Нормы АЭС, М., 1973) и "Правил устройства и безопасной эксплуатации оборудования атомных электростанций, опытных и исследовательских ядерных реакторов и установок" (М., "Металлургия", 1973).

4. При определении напряженного состояния в узлах I, 2 и 3 используется программа *ORTANS* для ЕС ЭВМ [7].

Напряжения  $(\sigma)_2$  и  $(\sigma)_8$  для шести точек (рис. 3), полученные из расчета по *ORTANS* вставляются в бланк исходных данных (приложение 3) для продолжения расчета на ЭВМ СМ-4.

5. Значения коэффициентов концентрации для узлов 6 и 7 устанавливаются по справочным данным, указанным в пп.2.7.3 и 2.7.4 РТМ 26-07-258-85 или со ссылкой на источник информации в форме расчета.

6. Значения механических характеристик материалов  $\sigma_T$ ,  $\sigma_8$ ,  $E$ ,  $\psi$ ,  $\delta$ , принимаются по данным ГОСТов, технических условий или Норм АЭС при соответствующей расчетной температуре. Нормативный документ, по которому приняты механические характеристики,

Иванов 17.5.87

указывается в форме расчета.

7. В расчетах на циклическую прочность характеристики механических свойств ( $E$ ,  $\psi$ ,  $\sigma_f$ ) принимают минимальными в рассматриваемом интервале температур.

## Корпус проходной со смещёнными патрубками

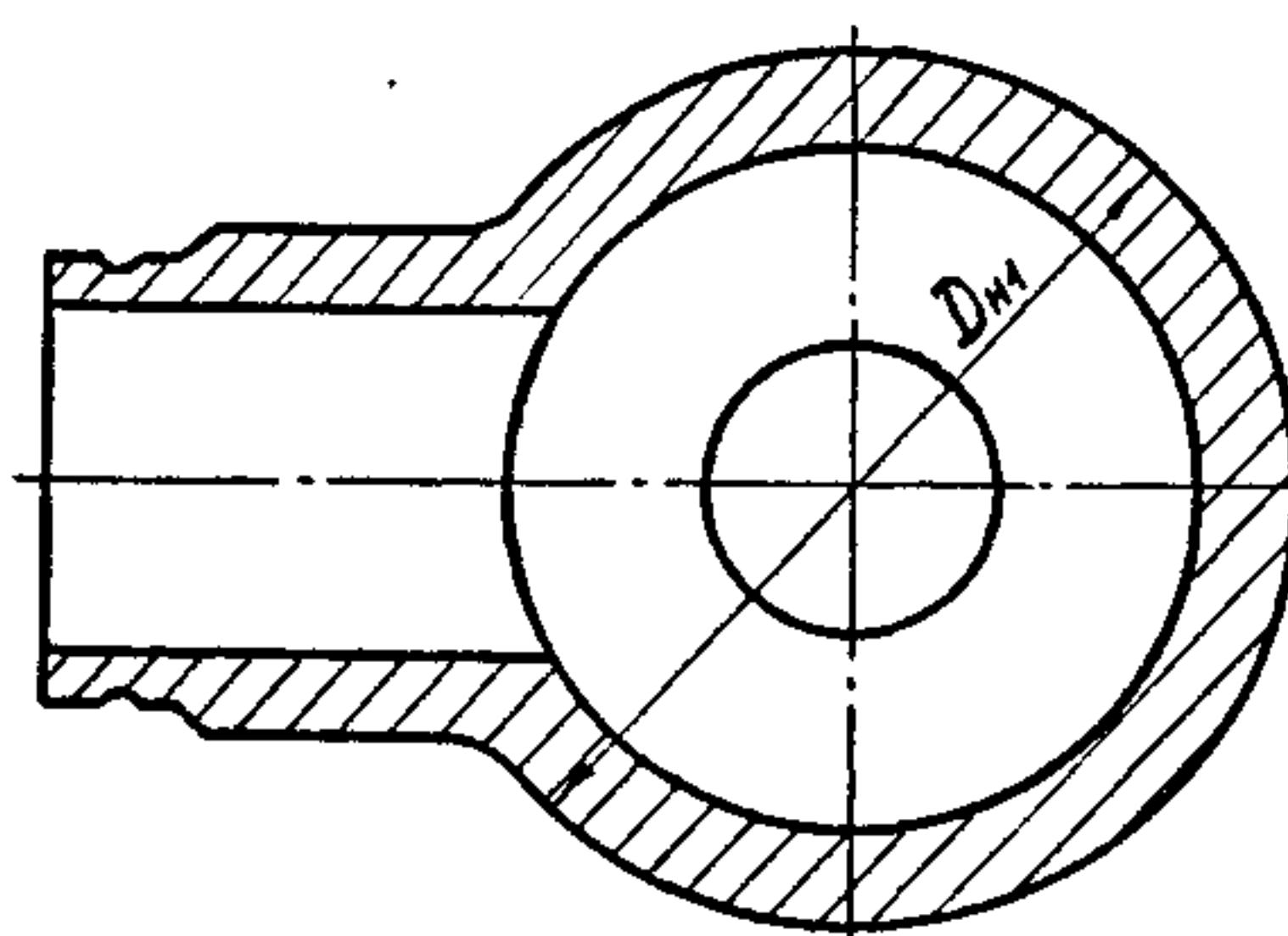
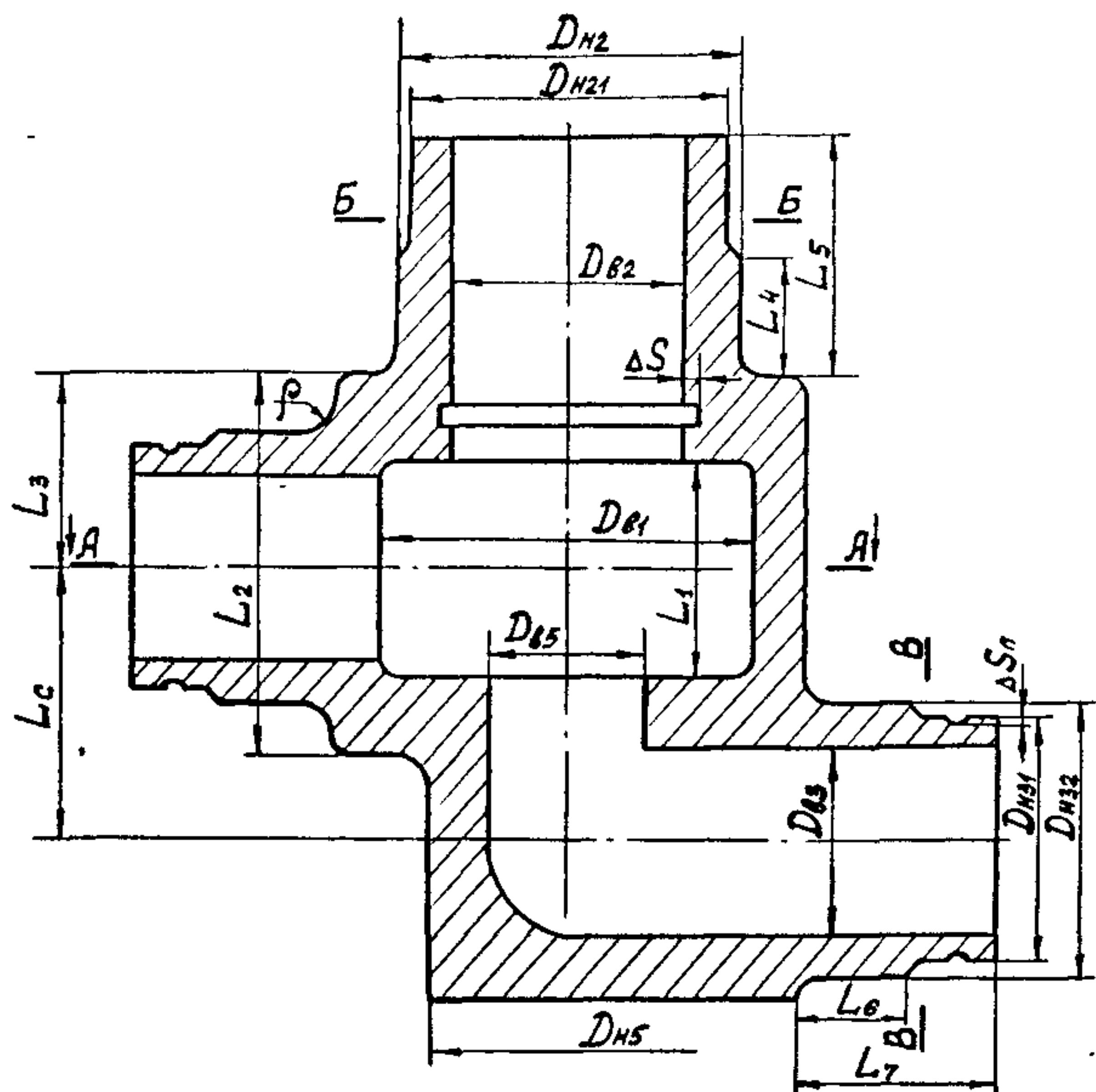


Рис.1

## Корпус угловой

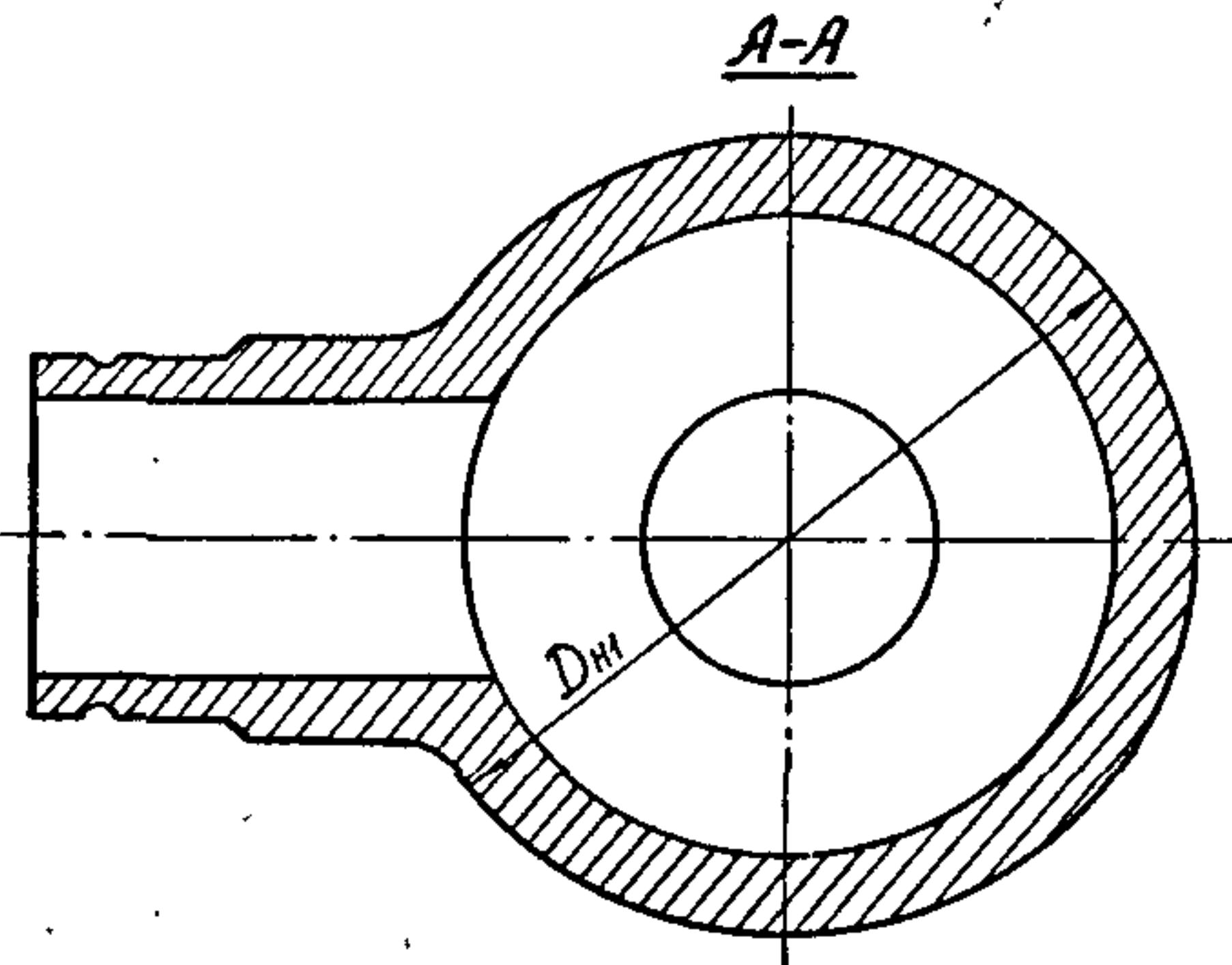
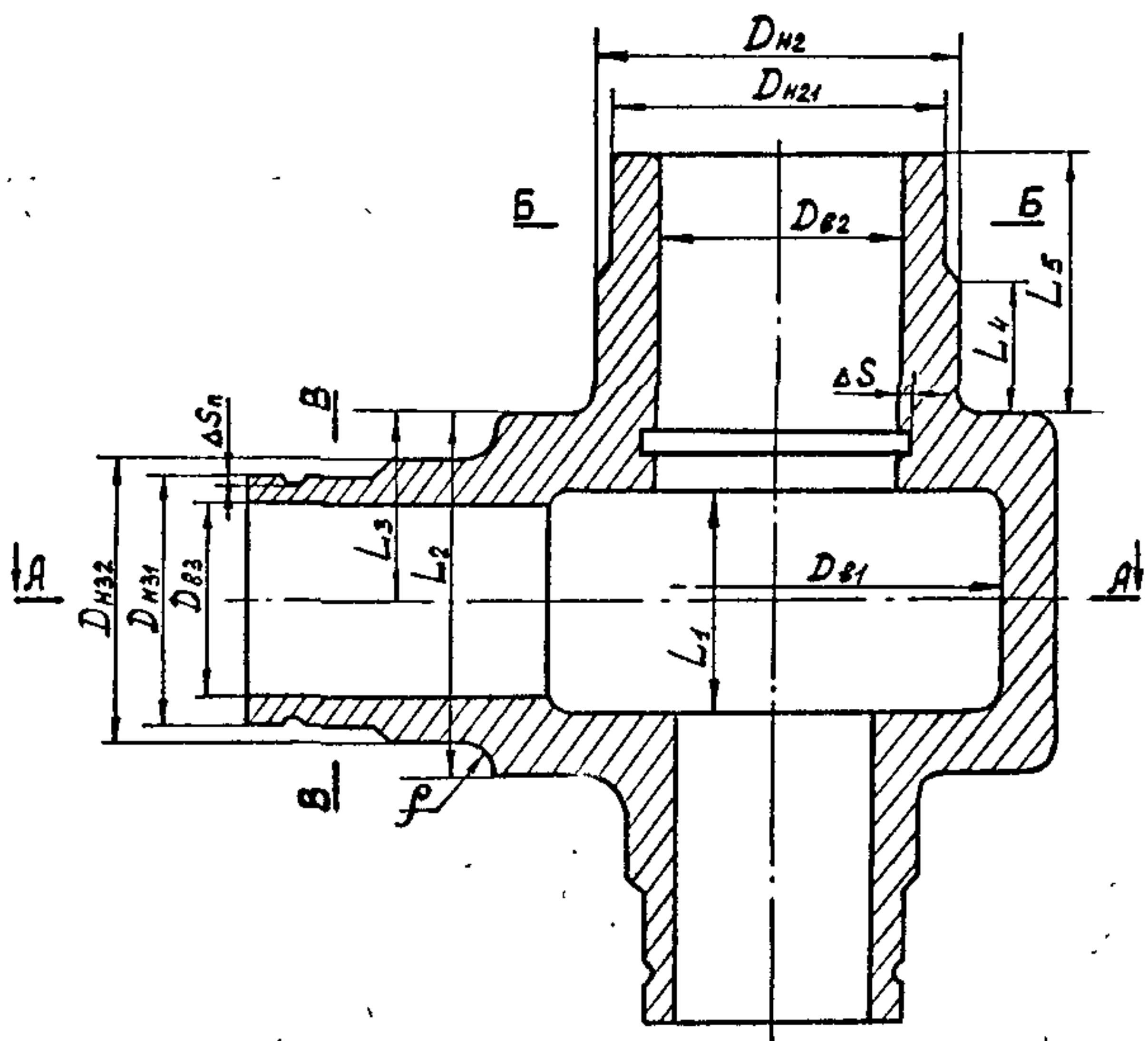


Рис. 2

## Осьсимметричная конструкция

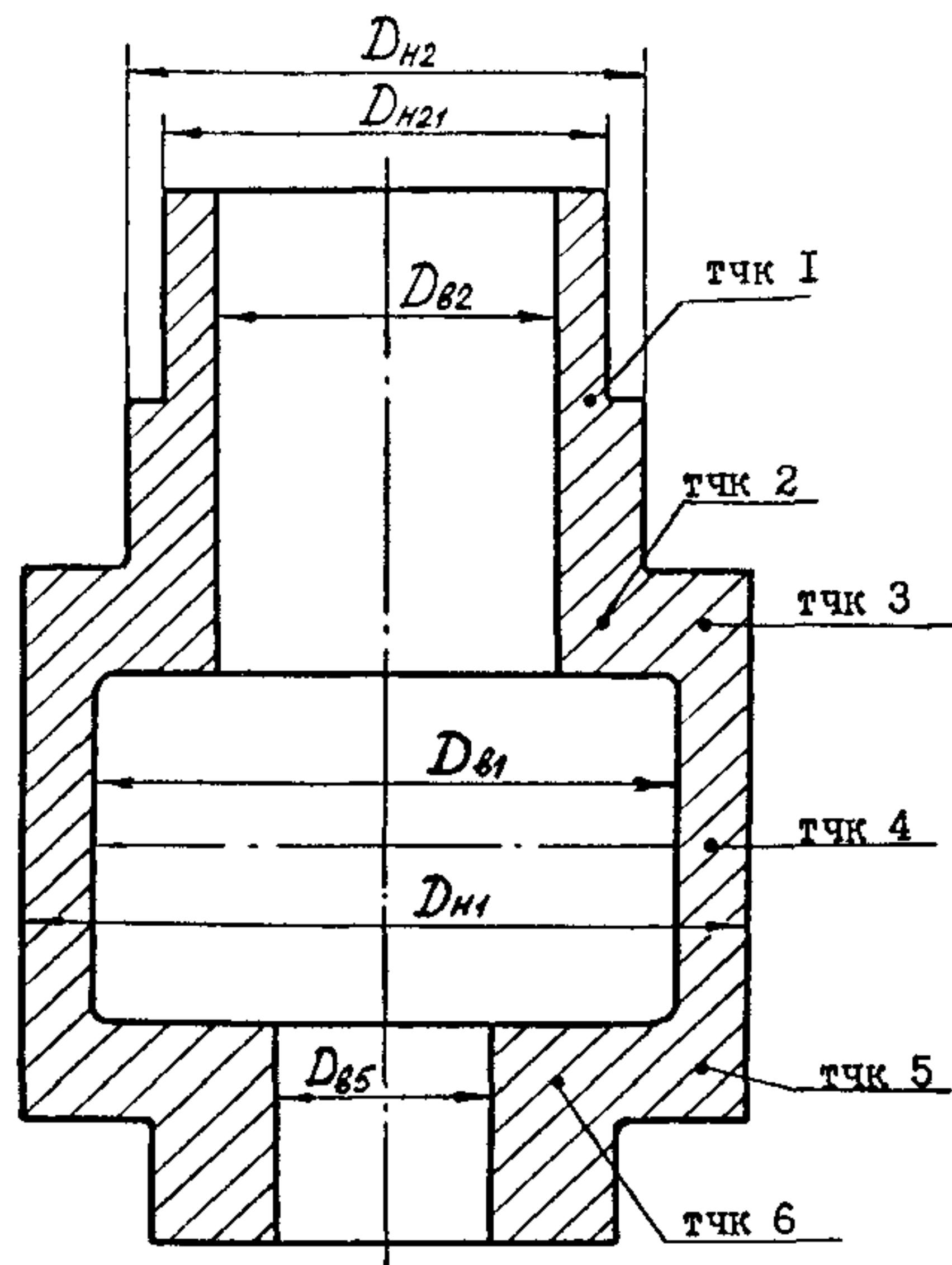


Рис.3

ТАБЛИЦА

RKU

## РАСЧЕТ КОРПУСА КЛАПАНА

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И РАСЧЕТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ	УСЛОВНЫЙ ПРОХОД ДУ, ММ
	100

## МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ДОПУСКАЕМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ

НОМЕР ЧЕРТЕЖА	I С 26517-100
МАТЕРИАЛ	I08Х18Н10Т
НД ПО КОТОРОМУ ВЫБРАНЫ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛА	I НОРМЫ АЭС
ПРИЗНАК	I 1
ТЕМПЕРАТУРА СРЕДЫ ГРАД С	I 350.000000
G.Т <ПРЕДЕЛ ТЕКУЧ.> МПА	I 180.000000
G.В <ПРЕДЕЛ ПРОЧН.> МПА	I 360.000000
T-РА ГИДРОИСП. ГРАД С	I 20.000000
G.Т <ПРЕДЕЛ ТЕКУЧ.> МПА	I 330.000000
G.В <ПРЕДЕЛ ПРОЧН.> МПА	I 500.000000
ПОПРАВОЧНЫЙ КОЭФ.	I 1.00000000
КОЭФ. СНИЖЕНИЯ ПРОЧНОСТИ	I
ШВА ПРИВАРКИ ГОРЛОВИНЫ	I 0.94999999
КОЭФ. СНИЖЕНИЯ ПРОЧНОСТИ	I
ШВА ПРИВАРКИ ПАТРУБКА	I 0.89999998
C2 ПРИБАВКА НА КОРРОЗИЮ	I 0.50000000
G.H	МПА I 120.000000
G.H ГИДРОИСП.	МПА I 146.666672

## ЗАДАННЫЕ НАГРУЗКИ

P <ДАВЛЕНИЕ СРЕДЫ>	МПА I 20.000000
ДАВЛЕНИЕ ГИДРОИСПЫТ.	МПА I 29.500000
МОМЕНТ ОТ ВЕСА ТРУБ. НМ	I 11100000.0
МОМЕНТ ОТ ТЕМП. КОМП. НМ	I 29100000.0

## ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ РАЗМЕРЫ

D.61 <ВНУТР.КОРПУСА>	ММ I 150.000000
D.61 <ИЗВРУЖН.КОРПУСА>	ММ I 210.000000
C1 <НА МИНУС.ДОПУСК>	ММ I 0.30000001
L.1 <ДЛИНА ВНУТР.ПРОТОЧКИ КОРПУСА>	ММ I 110.000000
L.2 <ДЛИНА КОРПУСА>	ММ I 225.000000
L.3 <РАССТОЯН. ОТ ТОРЦА КОРП.ДО ОСИ ПАТРУБКА>	ММ I 115.000000
L.4 <РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ ОСЯМИ ПАТРУБКОВ>	ММ I 160.000000
D.62 <ВНУТР.ГОРЛОВИННЫМ>	ММ I 110.000000
D.621 <МЕНЬШИЙ ИЗВРУЖНЫЙ ГОРЛОВИННЫ>	ММ I 160.000000
C1 <НА МИНУС.ДОПУСК>	ММ I 0.40000001
D.622 <БОЛЬШИЙ ИЗВРУЖНЫЙ ГОРЛОВИННЫ>	ММ I 165.000000
ГЛУБИНА РАСТОЧКИ ГОРЛ.ММ	I 5.00000000
L.4 <ДЛИНА УТОЛШЕННОЙ ЧАСТИ ГОРЛОВИННЫ>	ММ I 65.0000000
L.5 <ПОЛН.ДЛИНА ГОРЛ.ММ	I 180.000000

54.87/12.51.87

ЛИСТИ

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛ.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И РАСЧЕТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ		УСЛОВНЫЙ ПРОХОД ДУ, ММ	100	I
D.Ф (НАРУЖН. ФЛАНЦА)	ММ	I	300.000000	I
Н.Ф (СТОЛШИНА ФЛАНЦА)	ММ	I	60.000000	I
D.В3 (ВНУТР. ПАТРУБКА)	ММ	I	105.000000	I
D.Н31 (МЕНЬШИЙ НАРУЖН.)	ММ	I	145.000000	I
C1 (НН МИНУС ДОПУСК)	ММ	I	0.500000	I
D.Н32 (БОЛЬШИЙ НАРУЖН.)	ММ	I	160.000000	I
R (РАДИУС КАНВИКИ)	ММ	I	3.00000000	I
L.б (ДЛИНА УТОЛЩЕННОЙ ЧАСТИ ПАТРУБКА)	ММ	I	50.00000000	I
L.7 (СПЛН. ДЛИНА ПАТР.)	ММ	I	110.000000	I
РАДИУС ГАЛТЕЛИ	ММ	I	5.00000000	I
D.В5	ММ	I	102.000000	I
D.Н5	ММ	I	200.000000	I
ЭКЦЕНТРИСИТЕТ	ММ	I	22.00000000	I

## КОЭФФИЦИЕНТЫ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ

K.1 (КОЭФ. КОНЦЕНТРАЦИИ В УЗЛЕ 6)	I	1.79999995	I
K.2 (КОЭФ. КОНЦЕНТРАЦИИ В УЗЛЕ 7)	I	2.00000000	I

## РАСЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ ИЗ ДРУГИХ МОДУЛЕЙ

Q.ШТ (УСИЛИЕ ПО ШТОКУ)	Н	I	208857.000	I
(G>2	В ТЧК. 1	МПА	I	10.000000
(G>2	В ТЧК. 2	МПА	I	45.200000
(G>2	В ТЧК. 3	МПА	I	35.799992
(G>2	В ТЧК. 4	МПА	I	48.799992
(G>2	В ТЧК. 5	МПА	I	39.799992
(G>2	В ТЧК. 6	МПА	I	42.399992
(G>R	В ТЧК. 1	МПА	I	10.000000
(G>R	В ТЧК. 2	МПА	I	50.500000
(G>R	В ТЧК. 3	МПА	I	66.099985
(G>R	В ТЧК. 4	МПА	I	43.500000
(G>R	В ТЧК. 5	МПА	I	43.200000
(G>R	В ТЧК. 6	МПА	I	43.299992

1-1-87 Модели/3.5.7

У

Р 1 I

Р 3 I Стр.38

РД РТМ 26-07- 258 -85

## ВЫБОР ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ

## ТАБЛИЦА

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И РАСЧЕТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ	I	УСЛОВНЫЙ ПРОХОД ДУ, ММ	I
	I 100	I	I

## ВЫБОР ТОЛЩИН СТЕНОК НА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ УЧАСТКАХ КОРПУСА

D.В МАК. ОТВЕРСТИЯ	ММ I	156.648056	I
D.В ПО ЧЕРТЕЖУ	ММ I	185.000000	I

УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ	I	I	I
D.В < ИЛИ = D.В ПРЕДЕЛ.	I	ВЫПОЛНЕНО	I

S.Р ПАТРУБКА	ММ I	9.54545498	I
S (КОМ.ПО ЧЕРТЕЖУ)	ММ I	27.5000000	I
КОЭФ.ПРОЧНОСТИ КОРПУСА	I	0.92592508	I

УСЛ.УКРЕПЛЕНИЯ ОТВЕРСТИЯ ПАТРУБКОМ: S.Р < ИЛИ = S	I	ВЫПОЛНЕНО	I
S.Р < ИЛИ = S	I	I	I

S.R+C В СЕЧ. А-А	ММ I	15.6351805	I
S (КОМ.ПО ЧЕРТЕЖУ)	ММ I	30.0000000	I

УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ	I	I	I
S.R+C < ИЛИ = S	I	ВЫПОЛНЕНО	I

S.R+C В СЕЧ. Б-Б	ММ I	10.8999996	I
S (КОМ.ПО ЧЕРТЕЖУ)	ММ I	25.0000000	I

УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ	I	I	I
S.R+C < ИЛИ = S	I	ВЫПОЛНЕНО	I

S.R+C В СЕЧ. В-В	ММ I	10.5454550	I
S (КОМ.ПО ЧЕРТЕЖУ)	ММ I	20.0000000	I

УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ	I	I	I
S.R+C < ИЛИ = S	I	ВЫПОЛНЕНО	I

## ВЫБОР ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ КОРПУСА В ЗОНЕ ТРОЙНИКОВОГО СОЕДИНЕНИЯ

Б(МЕТОД ПЛОШАД.)	I МПА I	67.1352615	I
Б(МЕТОД ПЛОШАД.)	II МПА I	64.6301727	I

Б(МЕТОД ПЛОШАД.)	III МПА I	54.9871864	I
Б(МЕТОД ПЛОШАД.)	IV МПА I	67.8338089	I

[G.H]	МПА I	120.000000	I
-------	-------	------------	---

УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ	I	I	I
Б.МАК < ИЛИ = [G.H]	I	ВЫПОЛНЕНО	I

## ПРОВЕРКА ОСЛАБЛЕННЫХ СЕЧЕНИЯ ГОРЛОВИН

61	МПА I	19.2544861	I
62	МПА I	21.1580505	I

63	МПА I	25.7142868	I
64	МПА I	23.7433014	I

6.МАК	МПА I	49.4575882	I
[G.H]	МПА I	120.000000	I

УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ	I	I	I
Б.ИЛИ = [G.H]	I	ВЫПОЛНЕНО	I

14.87 Ильин/З.С.Н/

## ТАБЛИЦА

## ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И РАСЧЕТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ	УСЛОВНЫЙ ПРОХОД ДУ, ММ
	100

**ЭТАП I. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИВЕДЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ  $(\sigma)_1$**   
**ПРИВЕДЕННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ  $(\sigma)_1$  ПРИ РАСЧЕТНЫХ УСЛОВИЯХ**

$(\sigma)_1$ В СЕЧ. А-А	МПА	1	61.6666756	I
$(\sigma)_1$ В СЕЧ. Б-Б	МПА	I	55.8518448	I
$(\sigma)_1$ В СЕЧ. В-В	МПА	I	64.1000061	I
$(\sigma)_1$	МПА	I	120.000000	I

УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ	I	ВЫПОЛНЕНО	I
$(\sigma)_1 < \text{или} = [(\sigma)_1]$	I	I	I

**ПРИВЕДЕННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ  $(\sigma)_1$  ПРИ УСЛОВИЯХ ГИДРОИСПЫТАНИЙ**

$(\sigma)_1$ В СЕЧ. А-А	МПА	I	98.9583435	I
$(\sigma)_1$ В СЕЧ. Б-Б	МПА	I	82.3814697	I
$(\sigma)_1$ В СЕЧ. В-В	МПА	I	94.5475082	I
$1.35 * [(\sigma)_1]$	МПА	I	198.000015	I

УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ	I	ВЫПОЛНЕНО	I
$(\sigma)_1 < \text{или} = 1.35 * [(\sigma)_1]$	I	I	I

**ЭТАП II. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИВЕДЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ  $(\sigma)_2$** **ПРИВЕДЕННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ  $(\sigma)_2$  В УЗЛАХ 1, 2, 3****СХЕМА ОСЕСИММЕТРИЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ****ПРИВЕДЕННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ  $(\sigma)_2$  ПРИ РАСЧЕТНЫХ УСЛОВИЯХ**

$(\sigma)_2$ В ТЧК. 1	МПА	I	10.0000000	I
$(\sigma)_2$ В ТЧК. 2	МПА	I	45.2000008	I
$(\sigma)_2$ В ТЧК. 3	МПА	I	35.7999992	I
$(\sigma)_2$ В ТЧК. 4	МПА	I	65.3049545	I
$(\sigma)_2$ В ТЧК. 5	МПА	I	56.3049545	I
$(\sigma)_2$ В ТЧК. 6	МПА	I	58.8049545	I
$1.3 * [(\sigma)_2]$	МПА	I	156.000000	I

УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ	I	ВЫПОЛНЕНО	I
$(\sigma)_2 < \text{или} = 1.3 * [(\sigma)_2]$	I	I	I

**ПРИВЕДЕННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ  $(\sigma)_2$  ПРИ УСЛОВИЯХ ГИДРОИСПЫТАНИЙ**

$(\sigma)_2$ В ТЧК. 1	МПА	I	14.7500000	I
$(\sigma)_2$ В ТЧК. 2	МПА	I	66.6699982	I
$(\sigma)_2$ В ТЧК. 3	МПА	I	52.8050003	I
$(\sigma)_2$ В ТЧК. 4	МПА	I	71.9799957	I
$(\sigma)_2$ В ТЧК. 5	МПА	I	58.7049980	I
$(\sigma)_2$ В ТЧК. 6	МПА	I	62.3924980	I
$1.5 * [(\sigma)_2]$ ГИДР.	МПА	I	220.000015	I

УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ	I	ВЫПОЛНЕНО	I
$(\sigma)_2 < \text{или} = 1.5 * [(\sigma)_2]$	I	I	I

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛ.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И УСЛОВНЫЙ ПРОХОДЫ, ММ  
РАСЧЕТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ 100

ПРИВЕДЕНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ  $(G)2$  В УЗЛАХ 4, 5, 8 ТРОЙНИКОВОГО СОЕДИНЕНИЯ  
ПРИВЕДЕНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ  $(G)2$  ПРИ РАСЧЕТНЫХ УСЛОВИЯХ

$(G)2$  УЗЕЛ 4 МПА 1 183.416916  
 $(G)2$  УЗЕЛ 5 МПА 1 268.656189  
 $(G)2$  УЗЕЛ 8 МПА 1 283.810760  
 $1.3*(G.H)$  МПА 1 156.000000

УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ НЕ ВЫПОЛНЕНО  
 $(G)2 < 1.3*(G.H)$

ПРИВЕДЕНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ  $(G)2$  ПРИ УСЛОВИЯХ ГИДРОИСПЫТАНИЙ

$(G)2$  УЗЕЛ 4 МПА 1 155.811981  
 $(G)2$  УЗЕЛ 5 МПА 1 155.811981  
 $(G)2$  УЗЕЛ 8 МПА 1 180.403564  
 $1.5*(G.H)ГИДР.$  МПА 1 220.000015

УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ ВЫПОЛНЕНО  
 $(G)2 < 1.5*(G.H)Г$

ПРИВЕДЕНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ  $(G)2$  В УЗЛАХ 6 И 7

$(G)2$  УЗЕЛ 6 МПА 1 176.152039  
УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ НЕ ВЫПОЛНЕНО  
 $(G)2 < 1.3*(G.H)$

$(G)2$  ГИДР. УЗЕЛ 6 МПА 1 125.000000  
УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ ВЫПОЛНЕНО  
 $(G)2 < 1.5*(G.H)Г$

$(G)2$  УЗЕЛ 7 МПА 1 88.6729736  
УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ ВЫПОЛНЕНО  
 $(G)2 < 1.3*(G.H)$

$(G)2$  ГИДР. УЗЕЛ 7 МПА 1 94.5475082  
УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ ВЫПОЛНЕНО  
 $(G)2 < 1.5*(G.H)Г$

ЭТАП III. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМАХОВ ПРИВЕДЕНИХ НАПРЯЖЕНИЙ  $(G)R$   
РАЗМАХ ПРИВЕДЕНИХ НАПРЯЖЕНИЙ  $(G)R$  В УЗЛАХ 1, 2 И 3

$(G)R$  В ТЧК. 1 МПА 1 10.000000  
 $(G)R$  В ТЧК. 2 МПА 1 50.500000  
 $(G)R$  В ТЧК. 3 МПА 1 66.0999985  
 $(G)R$  В ТЧК. 4 МПА 1 86.7697525  
 $(G)R$  В ТЧК. 5 МПА 1 86.4697495  
 $(G)R$  В ТЧК. 6 МПА 1 86.5697479

## ПРОДОЛЖЕНИЕ Табл.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И УСЛОВНЫЙ ПРОХОД ДУ, ММ  
РАСЧЕТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ И 100 И

2.5\*[G.Н] МПА И 300.000000 И

УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ И ВЫПОЛНЕНО И  
(G>R < ИЛИ = 2.5\*[G.Н] И И

## РАЗМАХ ПРИВЕДЕНИХ НАПРЯЖЕНИЙ (G&gt;R В УЗЛАХ 4,5 И 8

(G>R УЗЕЛ 4 МПА И 497.285431 И

(G>R УЗЕЛ 5 МПА И 944.315759 И

(G>R УЗЕЛ 8 МПА И 947.519165 И

2.5\*[G.Н] МПА И 300.000000 И

УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ И НЕ ВЫПОЛНЕНО И  
(G>R < ИЛИ = 2.5\*[G.Н] И И

## РАЗМАХ ПРИВЕДЕНИХ НАПРЯЖЕНИЙ (G&gt;R В УЗЛАХ 6 И 7

(G>R УЗЕЛ 6 МПА И 259.101318 И

(G>R УЗЕЛ 7 МПА И 171.622238 И

УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ И ВЫПОЛНЕНО И  
(G>R < ИЛИ = 2.5\*[G.Н] И И

## ЭТАП IV. РАСЧЕТ КОРПУСА НА ЦИКЛИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ

РЕЖИМ И 1 И

T MAX. ГРАД С И 350.000000 И

T MIN. ГРАД С И 20.000000 И

U.T ГРАД С/ЧАС И 150.000000 И

P MAX. МПА И 18.0000000 И

P MIN. МПА И 0.10000000 И

N (ЗАДАННОЕ) И 2000.00000 И

E (МОДУЛЬ УПРУГОСТИ) МПА И 175000.000 И

G.T (ПРЕДЕЛ ТЕКУЧ.) МПА И 157.000000 И

G.B (ПРЕДЕЛ ПРОЧН.) МПА И 333.000000 И

ПРЕДЕЛ УСТАЛОСТИ МПА И 133.000000 И

ОТНОСИТЕЛЬНОЕ СУЖЕНИЕ % И 40.000000 И

РЕЖИМ И 2 И

T MAX. ГРАД С И 70.0000000 И

T MIN. ГРАД С И 20.0000000 И

U.T ГРАД С/ЧАС И 999999.000 И

P MAX. МПА И 16.0000000 И

P MIN. МПА И 0.10000000 И

N (ЗАДАННОЕ) И 300.000000 И

E (МОДУЛЬ УПРУГОСТИ) МПА И 200000.000 И

G.T (ПРЕДЕЛ ТЕКУЧ.) МПА И 190.000000 И

G.B (ПРЕДЕЛ ПРОЧН.) МПА И 469.000000 И

ПРЕДЕЛ УСТАЛОСТИ МПА И 187.000000 И

ОТНОСИТЕЛЬНОЕ СУЖЕНИЕ % И 40.000000 И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

И

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛ.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И РАСЧЕТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ		УСЛОВНЫЙ ПРОХОДНЫЙ, ММ	100			
РЕЖИМ		3	I			
T MAX.	ГРАД С	I 350.000000	I			
T MIN.	ГРАД С	I 20.000000	I			
U.T	ГРАД С/ЧНС	I 999999.000	I			
P MAX.	МПА	I 18.000000	I			
P MIN.	МПА	I 2.000000	I			
N (ЗАДАННОЕ)		I 20.000000	I			
E (МОДУЛЬ УПРУГОСТИ)	МПА	I 175000.000	I			
G.T (ПРЕДЕЛ ТЕКУЧ.)	МПА	I 157.000000	I			
G.B (ПРЕДЕЛ ПРОЧН.)	МПА	I 333.000000	I			
ПРЕДЕЛ УСТАЛОСТИ	МПА	I 133.000000	I			
ОТНОСИТЕЛЬНОЕ СУЖЕНИЕ %	I	I 40.000000	I			

РАСЧЕТ НА ЦИКЛИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ В УЗЛАХ 1,2 И 3  
ТОЧКА 1

РЕЖИМ	I	1	I			
(G)A	МПА	I 4.47499990	I			
N. (ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ)	I	2000.00000	I			
[N, I]		I 6075.71436	I			
A.I		I 0.32917941	I			
РЕЖИМ	I	2	I			
(G)A	МПА	I 3.97499990	I			
N. (ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ)	I	300.000000	I			
[N, I]		I 3868.16577	I			
A.I		I 0.07755614	I			
РЕЖИМ	I	3	I			
(G)A	МПА	I 4.00000000	I			
N. (ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ)	I	20.000000	I			
[N, I]		I 6012.48047	I			
A.I		I 0.00332641	I			
B		I 0.41006196	I			
УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ	I	ВЫПОЛНЕНО	I			
A < ИЛИ = 1.		I	I			

## ТОЧКА 2

РЕЖИМ	I	1	I			
(G)A	МПА	I 22.5987492	I			
N. (ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ)	I	2000.00000	I			
[N, I]		I 9496.08105	I			
A.I		I 0.21061319	I			
РЕЖИМ	I	2	I			
(G)A	МПА	I 20.0737495	I			
N. (ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ)	I	300.000000	I			
[N, I]		I 5041.97949	I			
A.I		I 0.05950044	I			

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛ.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И УСЛОВНЫЙ ПРОХОД ДУ, ММ  
РАСЧЕТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ И 100

РЕЖИМ И 3  
СВА МПА И 20.2000008  
N. I<ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ> И 20.0000000  
EN. IJ И 8897.11239  
A. I И 0.00224793  
A И 0.37236158

УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ И ВЫПОЛНЕНО  
A < ИЗН = 1.

## ТОЧКА 3

РЕЖИМ И 1  
СВА МПА И 29.5797483  
N. I<ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ> И 2000.00000  
EN. IJ И 11639.4717  
A. I И 0.17197686

РЕЖИМ И 2  
СВА МПА И 26.3747498  
N. I<ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ> И 300.00000  
EN. IJ И 5640.99186  
A. I И 0.05318299

РЕЖИМ И 3  
СВА МПА И 26.4399986  
N. I<ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ> И 20.0000000  
EN. IJ И 10589.3076  
A. I И 0.00188879  
A И 0.23704855

УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ И ВЫПОЛНЕНО  
A < ИЗН = 1.

## ТОЧКА 4

РЕЖИМ И 1  
СВА МПА И 41.1011238  
N. I<ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ> И 2000.00000  
EN. IJ И 17128.1074  
A. I И 0.11676713

РЕЖИМ И 2  
СВА МПА И 17.2912502  
N. I<ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ> И 300.00000  
EN. IJ И 4803.81201  
A. I И 0.06345041

РЕЖИМ И 3  
СВА МПА И 17.3999996  
N. I<ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ> И 20.0000000  
EN. IJ И 8266.95996  
A. I И 0.00241937  
A И 0.18163680

## ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛ.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И	УСЛОВНЫЙ ПРОХОД ДУ, ММ
РАСЧЕТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ	100

УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ	ВЫПОЛНЕНО
$A < \text{или} = 1.$	

## ТОЧКА 5

РЕЖИМ	1
-------	---

(G>A	МПА	40.9668732
------	-----	------------

N. I (ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ)	2000.00000
-----------------------------	------------

[N. I]	17043.1621
--------	------------

A. I	0.11734912
------	------------

РЕЖИМ	2
-------	---

(G>A	МПА	17.1720000
------	-----	------------

N. I (ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ)	300.00000
-----------------------------	-----------

[N. I]	4793.98437
--------	------------

A. I	0.06257842
------	------------

РЕЖИМ	3
-------	---

(G>A	МПА	17.2800007
------	-----	------------

N. I (ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ)	20.0000000
-----------------------------	------------

[N. I]	8241.46582
--------	------------

A. I	0.00242675
------	------------

A	0.18235430
---	------------

УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ	ВЫПОЛНЕНО
-------------------	-----------

$A < \text{или} = 1.$	
-----------------------	--

## ТОЧКА 6

РЕЖИМ	1
-------	---

(G>A	МПА	41.0116234
------	-----	------------

N. I (ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ)	2000.00000
-----------------------------	------------

[N. I]	17071.4082
--------	------------

A. I	0.11715495
------	------------

РЕЖИМ	2
-------	---

(G>A	МПА	17.2117500
------	-----	------------

N. I (ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ)	300
-----------------------------	-----

[N. I]	4797.2732
--------	-----------

A. I	0.06253573
------	------------

РЕЖИМ	3
-------	---

(G>A	МПА	17.3199997
------	-----	------------

N. I (ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ)	20.0000000
-----------------------------	------------

[N. I]	8249.95020
--------	------------

A. I	0.00242426
------	------------

A	0.18211494
---	------------

УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ	ВЫПОЛНЕНО
-------------------	-----------

$A < \text{или} = 1.$	
-----------------------	--

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТВЕЛ.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И УСЛОВНЫЙ ПРОХОД ДУ, ММ  
РАСЧЕТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ И 100

→  
РАСЧЕТ НА ЦИКЛИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ В УЗЛАХ 4, 5 И 8  
УЗЕЛ 4

РЕЖИМ 1  
(Б)н МПА 139.214722  
N. (ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ) 2000.00000  
[N.1] 14317.4494  
A.1 0.13497378

РЕЖИМ 2  
(Б)н МПА 123.668894  
N. (ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ) 300.000000  
[N.1] 50413.9609  
A.1 0.00595073

РЕЖИМ 3  
(Б)н МПА 124.437737  
N. (ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ) 20.0000000  
[N.1] 21057.9922  
A.1 0.00094976  
A 0.14187427

УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ ВЫПОЛНЕНО  
A < ИЛИ = 1.

## УЗЕЛ 5

РЕЖИМ 1  
(Б)н МПА 139.214722  
N. (ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ) 2000.00000  
[N.1] 14817.5924  
A.1 0.13497378

РЕЖИМ 300  
(Б)н МПА 4797.25732  
N. (ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ) 8.06253573  
[N.1] 3  
A.1 17.3199997

РЕЖИМ 3  
(Б)н МПА 124.437737  
N. (ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ) 20.0000000  
[N.1] 21057.9922  
A.1 0.00094976  
A 0.14187427

УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ ВЫПОЛНЕНО  
A < ИЛИ = 1.

## УЗЕЛ 8

РЕЖИМ 1  
(Б)н МПА 163.384728

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛ.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И	УСЛОВНЫЙ ПРОХОД ВУ, ММ
РАСЧЕТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ	100

N. (ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ)	2000.00000
---------------------------	------------

CН. IJ	9280.38672
--------	------------

A. I	0.21550827
------	------------

РЕЖИМ	2
-------	---

(G)A	МПА	145.129440
------	-----	------------

N. (ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ)	300.0000000
---------------------------	-------------

CН. IJ	26553.2988
--------	------------

A. I	0.01129803
------	------------

РЕЖИМ	3
-------	---

(G)A	МПА	146.842206
------	-----	------------

N. (ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ)	20.0000000
---------------------------	------------

CН. IJ	12835.1426
--------	------------

A. I	0.00155822
------	------------

A	0.22836453
---	------------

УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ	ВЫПОЛНЕНО
-------------------	-----------

A < ИЛИ = 1.	
--------------	--

### РАСЧЕТ НА ЦИКЛИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ В УЗЛАХ 6 И 7

#### УЗЕЛ 6

РЕЖИМ	1	I
-------	---	---

(G)A	МПА	221.378662
------	-----	------------

N. (ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ)	2000.00000
---------------------------	------------

CН. IJ	3122.18262
--------	------------

A. I	0.64057750
------	------------

РЕЖИМ	2	I
-------	---	---

(G)A	МПА	89.4375000
------	-----	------------

N. (ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ)	300.0000000
---------------------------	-------------

CН. IJ	33232.5312
--------	------------

A. I	0.00902730
------	------------

РЕЖИМ	3	I
-------	---	---

(G)A	МПА	90.0000000
------	-----	------------

N. (ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ)	20.0000000
---------------------------	------------

CН. IJ	69040.5781
--------	------------

A. I	0.00028968
------	------------

A	0.64989448
---	------------

УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ	ВЫПОЛНЕНО
-------------------	-----------

A < ИЛИ = 1.	
--------------	--

#### УЗЕЛ 7

РЕЖИМ	1	I
-------	---	---

(G)A	МПА	157.869572
------	-----	------------

N. (ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ)	2000.00000
---------------------------	------------

CН. IJ	10227.5898
--------	------------

A. I	0.19555102
------	------------

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛ.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И	УСЛОВНЫЙ ПРОХОД ДУ, ММ	
РАСЧЕТНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ	100	
РЕЖИМ	2	
(G)A	МПА	25.4797516
N. (ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ)	300.000000	
[N. I]	5558.32373	
A. I	0.05397311	
FЕДИМ	3	
(G)A	МПА	25.6400013
N. (ЧИСЛО ЦИКЛ. ЗАДАННОЕ)	20.0000000	
[N. I]	10346.5830	
A. I	0.00193301	
Н	0.35145712	
УСЛОВИЕ ПРОЧНОСТИ	ВЫПОЛНЕНО	
A < ИЛИ = 1.		

Железо/3.5.87

## ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования атомных электростанций, опытных и исследовательских ядерных реакторов и установок, М., "Металлургия", 1973.
2. Нормы расчета на прочность элементов реакторов, парогенераторов, сосудов и трубопроводов атомных электростанций, опытных и исследовательских ядерных реакторов и установок, М., "Металлургия", 1973г.
3. Предложения НПО ЦКТИ по обоснованию выбора основных размеров корпусов арматуры, НПО ЦКТИ им. И.И.Ползунова, отдел технической документации, Л., 1984г.
4. Р.Петерсон. Коэффициенты концентрации напряжений. Графики и формулы для расчета конструктивных элементов на прочность. М., "Мир", 1977г.
5. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. ГОСТ 11249-80.
6. Заключительный отчет "Экспериментальное исследование напряженно-деформированного состояния корпусов арматуры АЭС и выдача рекомендаций по определению максимальных напряжений". 23.19270т. п/я А-7291, 1985г.
7. Методические указания. Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Метод и стандартные программы расчета на ЭВМ осесимметричных конструкций (систем из оболочек, пластин и колец) в упругопластической области деформирования. I-ая редакция. ГОССТАНДАРТ, ВНИИМаш, М., 1980 (ORTANS).

СОДЕРЖАНИЕ	Стр.
Вводная часть. . . . .	I
I. ВЫБОР ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ. . . . .	2
I.I. Общие положения. . . . .	2
I.2. Выбор толщин стенок на цилиндрических участках корпуса. . . . .	4
I.3. Выбор основных размеров корпуса в зоне тройникового соединения. . . . .	7
I.4. Проверка ослабленных сечений горловины. . . . .	II
2. ПОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ. . . . .	12
2.1. Общие положения . . . . .	12
2.2. Расчетные схемы. . . . .	12
2.3. Этапы расчета . . . . .	16
2.4. Этап I. Определение приведенного напряжения $(\sigma)_4$ . .	17
2.5. Этап II. Определение приведенного напряжения $(\sigma)_2$ . .	17
2.6. Этап III. Определение размаха приведенных напряжений $(\sigma)_R$	18
2.7. Этап IV. Расчет на циклическую прочность. . . . .	20
2.8. Расчет напряжений в тройниковом соединении. . . . .	22
2.9. Расчет напряжений на цилиндрических участках корпуса. . . . .	25
ПРИЛОЖЕНИЕ I. Условные обозначения. . . . .	27
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Бланк исходных данных. . . . .	29
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Пример (форма) расчета. . . . .	30
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ЛИТЕРАТУРА. . . . .	47