

РУКОВОДЯЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

**КОТЛЫ СТАЦИОНАРНЫЕ
ПАРОВЫЕ И ВОДОГРЕЙНЫЕ
РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ КОЛЛЕКТОРОВ
ОТ ДЕЙСТВИЯ НАГРУЗОК В ОПОРАХ
И ПОДВЕСКАХ**

РТМ 108.031.109—79

Издание официальное

УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ указанием Министерства энергетического машиностроения от 24.12.79 № ВВ-002/9553

ИСПОЛНИТЕЛЬ — НПО ЦКТИ:

Б. В. ЗВЕРЬКОВ,
Т. М. ЭЛЬКОВСКАЯ

СОГЛАСОВАН с Государственным комитетом по надзору за безопасным ведением работ в промышленности и горному надзору при Совете Министров СССР (Госгортехнадзор СССР)

Заместитель начальника Управления
по котлонадзору и подъемным сооружениям
Госгортехнадзора СССР

А. И. МУРАЧЕВ

КОТЛЫ СТАЦИОНАРНЫЕ ПАРОВЫЕ И ВОДОГРЕЙНЫЕ

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ
КОЛЛЕКТОРОВ ОТ ДЕЙСТВИЯ
НАГРУЗОК В ОПОРАХ
И ПОДВЕСКАХ

РТМ 108.031.109—79

Указанием Министерства энергетического машиностроения от 24.12.79
№ ВВ-002/9553 введен как рекомендуемый

Настоящий руководящий технический материал (РТМ) распространяется на стационарные паровые и водогрейные котлы и устанавливает единую методику расчета на прочность цилиндрических горизонтальных коллекторов под действием местных весовых нагрузок в опорах и подвесках.

РТМ также может быть использован для расчета местных напряжений в окрестности опор котельных барабанов, корпусов котлов и других цилиндрических конструкций энергомашиностроения.

1. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- D_n — номинальный наружный диаметр коллектора, мм;
 D_v — номинальный внутренний диаметр коллектора, мм;
 s — номинальная толщина стенки коллектора, мм;
 a — ширина поверхности подвески или опоры, мм;
 b — длина поверхности подвески или опоры, мм;
 G — усилие, приложенное к одной подвеске или опоре, Н (кгс);
 θ — половина угла охвата коллектора подвеской или опорой, град;
 d — номинальный наружный диаметр плавниковой трубы, мм;
 q — распределенная нагрузка, МПа (кгс/мм²);
 $2l$ — длина участка, на котором действует распределенная нагрузка q , мм;

- h — ширина участка, на котором действует распределенная нагрузка q , мм;
- p — внутреннее давление в коллекторе, МПа ($\text{кгс}/\text{см}^2$);
- $d_{ш}$ — номинальный внутренний диаметр штуцера, мм;
- k_1 — коэффициент;
- k_2 — коэффициент;
- σ_z — осевое напряжение в коллекторе, МПа ($\text{кгс}/\text{мм}^2$);
- σ_φ — окружное напряжение в коллекторе, МПа ($\text{кгс}/\text{мм}^2$);
- N_z, N_φ — соответственно осевое и окружное усилия в коллекторе, отнесенные к единице длины, Н/мм ($\text{кгс}/\text{мм}$);
- M_z, M_φ — соответственно осевой и окружной изгибающие моменты в коллекторе, отнесенные к единице длины, Н (кгс);
- σ_z^p — осевое напряжение от внутреннего давления, МПа ($\text{кгс}/\text{мм}^2$);
- σ_φ^p — окружное напряжение от внутреннего давления, МПа ($\text{кгс}/\text{мм}^2$);
- σ_r^p — радиальное напряжение от внутреннего давления, МПа ($\text{кгс}/\text{мм}^2$);
- $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ — главные нормальные напряжения, МПа ($\text{кгс}/\text{мм}^2$);
- σ_e — эквивалентное напряжение, МПа ($\text{кгс}/\text{мм}^2$);
- $[\sigma]$ — номинальное допускаемое напряжение при расчетной температуре, МПа ($\text{кгс}/\text{мм}^2$).

2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1. Расчет на прочность коллекторов под действием весовых нагрузок является поверочным и выполняется после выбора основных размеров коллектора в соответствии с ОСТ 108.031.02—75.

2.2. Используемые материалы и полуфабрикаты, а также технология изготовления и контроль коллекторов, штуцеров и деталей опор и подвесок должны соответствовать указанным в отраслевой нормативно-технической документации.

2.3. Отношение наружного диаметра коллектора к толщине стенки должно удовлетворять условию $D_{\text{н}}/s = 9 \div 35$.

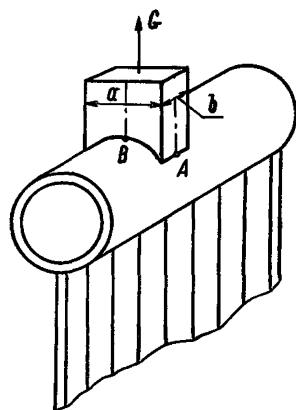
Для коллекторов с отношением $D_{\text{н}}/s < 9$ расчет на прочность от действия весовой нагрузки должен проводиться в соответствии с ОСТ 108.031.02—75.

2.4. Настоящий РТМ рассматривает коллекторы с вертикальным подвесом экранов (черт. 1 и 2).

2.5. Схемы расположения подвесок или опор и нагрузки коллектора указаны на черт. 1 и 2.

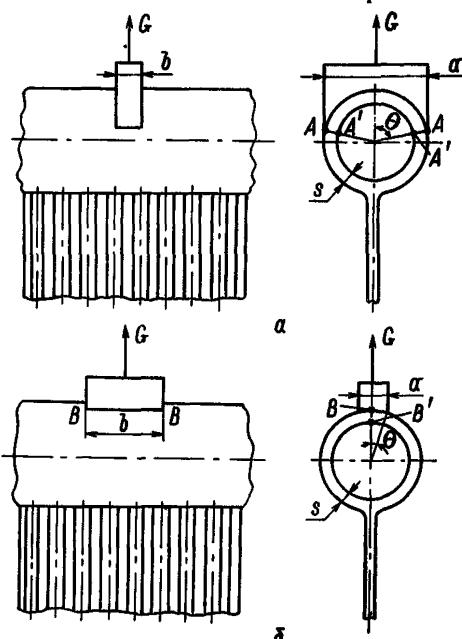
2.6. Для подвесных конструкций коллекторов направление действия усилия G , а также распределенной нагрузки q , приложенной к коллектору, совпадает с направлениями, указанными на черт. 1, 2, 3. Для опорных конструкций направление усилия G и распределенной нагрузки q противоположно направлениям, указанным на черт. 1, 2, 3.

Общий вид коллектора газоплотного экрана



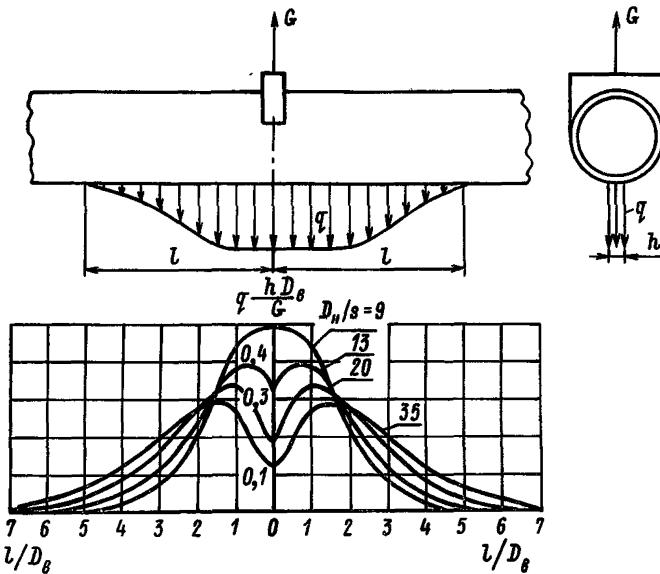
Черт. 1

Расчетная схема коллектора



Черт. 2

Распределенная нагрузка, действующая на коллектор со стороны экрана



Черт. 3

3. МЕСТНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ

3.1. Усилие G , действующее на подвеску или опору (см. черт. 1, 2, 3), определяется как суммарный вес коллектора, его содержимого и присоединенного оборудования, приходящийся на одну подвеску или опору.

3.2. Для коллекторов цельносварных газоплотных экранов реактивная нагрузка q , действующая со стороны экрана на коллектор (см. черт. 3), определяется по nomogrammam, приведенным на черт. 3, в зависимости от диаметра коллектора. Реактивная нагрузка, действующая на газоплотный экран со стороны коллектора, по величине равна q и противоположна по направлению.

3.3. Ширина участка h , на котором действует распределенная реактивная нагрузка q , при расчете напряжений в коллекторе принимается равной $h=0,85 d$.

Длина участка $2l$ воздействия нагрузки q для коллектора и газоплотного экрана определяется по кривым, приведенным на черт. 3.

3.4. По размерам подвесок или опор a и b вычисляются коэффициенты

$$k_1 = \frac{b}{D_B + s} \sqrt{\frac{2s}{D_B + s}}; \quad k_2 = \frac{a}{D_B + s}.$$

3.5. Для подвесных конструкций расчет максимальных усилий N_z , N_φ и моментов M_z , M_φ в коллекторе, вызванных действием весовых нагрузок, ведется по кривым, приведенным на черт. 4—11.

Для опорных конструкций значения усилий N_z , N_φ и моментов M_z , M_φ в коллекторе, найденные по кривым черт. 4—11, берутся со знаком минус.

3.6. Для подвесок или опор, удовлетворяющих условию $a>b$, значения N_z , N_φ , M_z , M_φ в коллекторе определяются по кривым, приведенным на черт. 4—7, с использованием параметров k_1 и θ .

3.7. Для подвесок или опор, удовлетворяющих условию $b>a$, значения усилий и моментов N_z , N_φ , M_z , M_φ , действующих в стенках коллектора, определяются по кривым, приведенным на черт. 8—11, с использованием коэффициентов k_1 и k_2 .

3.8. В случае подвеса коллектора за штуцер при определении максимальных усилий и моментов в коллекторе по пп. 3.4—3.7 принимается

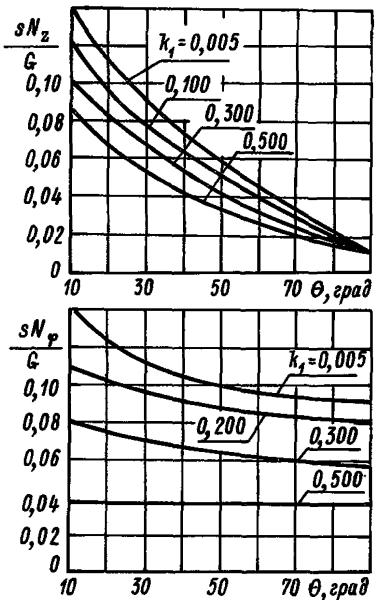
$$a=b=0,85 d_{ш}.$$

3.9. Наибольшие местные напряжения возникают в коллекторе (у краев подвесок или опор) в точках A или A' при $a>b$ и в точках B или B' при $b>a$ (см. черт. 1, 2).

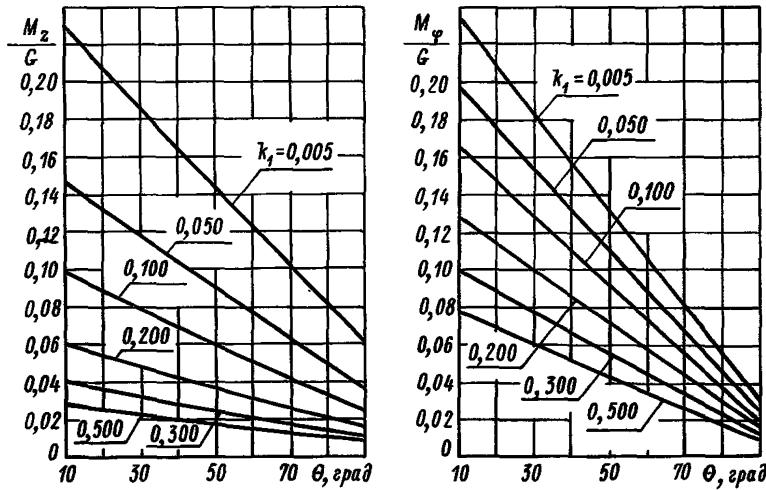
3.10. Значения максимальных местных окружных σ_φ и осевых σ_z напряжений в стенках коллектора определяются по формулам:

$$\sigma_z = \frac{N_z}{s} \pm \frac{6M_z}{s^2}; \quad \sigma_\varphi = \frac{N_\varphi}{s} \pm \frac{6M_\varphi}{s^2}.$$

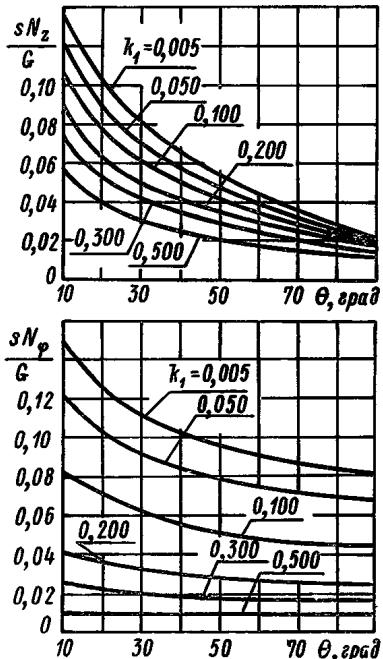
Номограммы для вычисления усилий N_z , N_φ в коллекторе при $D_h/s = 9 \div 13$ и $a > b$



Номограммы для вычисления моментов M_z , M_φ в коллекторе при $D_h/s = 9 \div 13$ и $a > b$

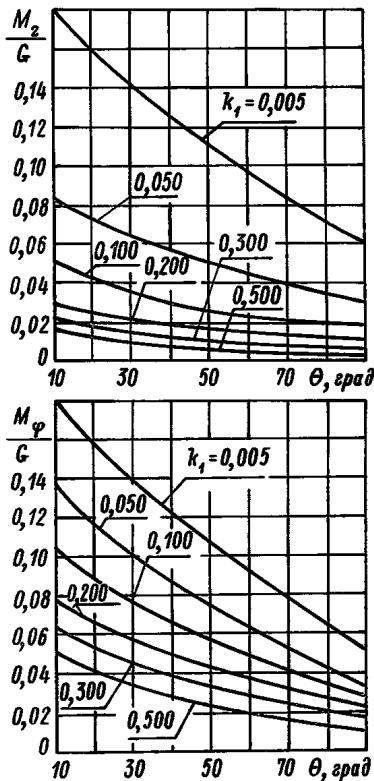


Номограммы для вычисления усилий N_z , N_φ в коллекторе при $D_h/s = 14 \div 35$ и $a > b$



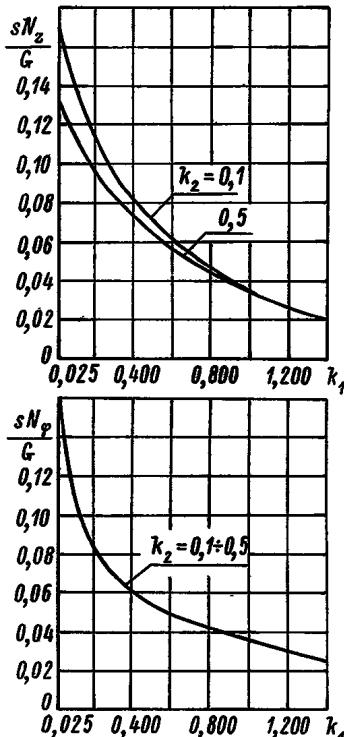
Черт. 6

Номограммы для вычисления моментов M_z , M_φ в коллекторе при $D_h/s = 14 \div 35$ и $a > b$



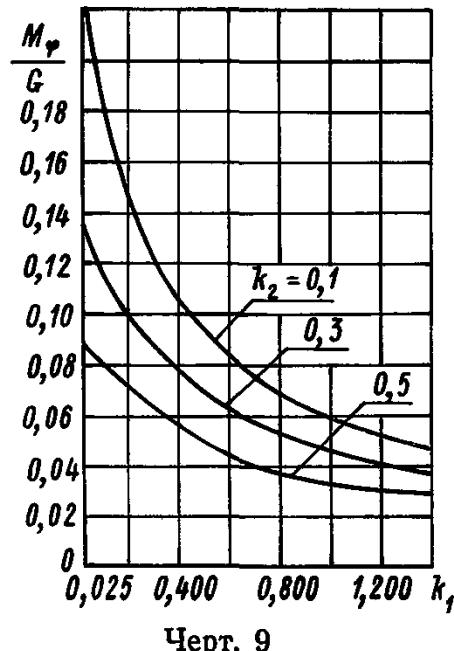
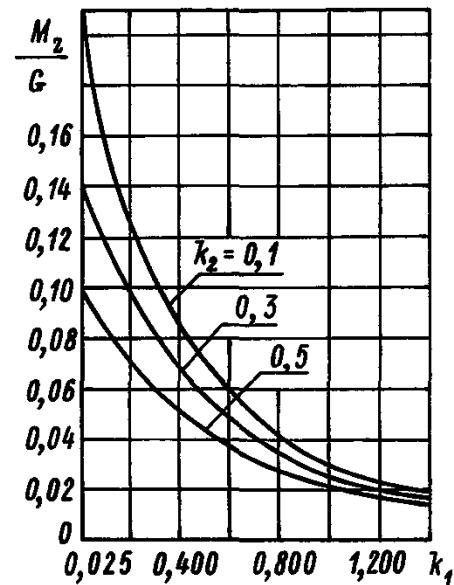
Черт. 7

Номограммы для вычисления усилий N_z , N_φ в коллекторе при $D_h/s = 9 \div 13$ и $a < b$



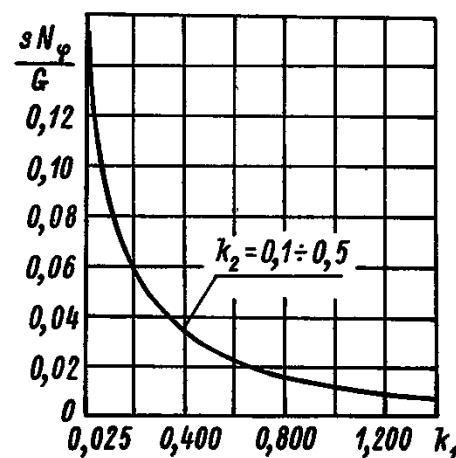
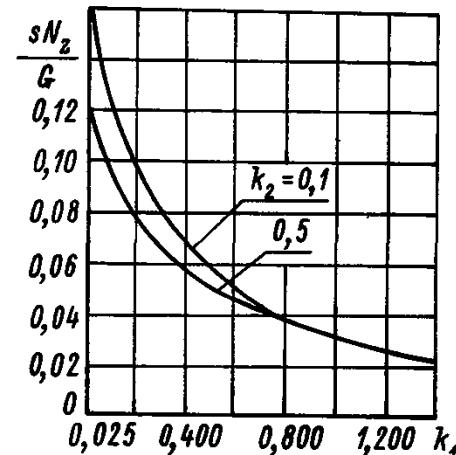
Черт. 8

Номограммы для вычисления
моментов M_z , M_φ в коллекторе
при $D_h/s = 9 \div 13$ и $a < b$



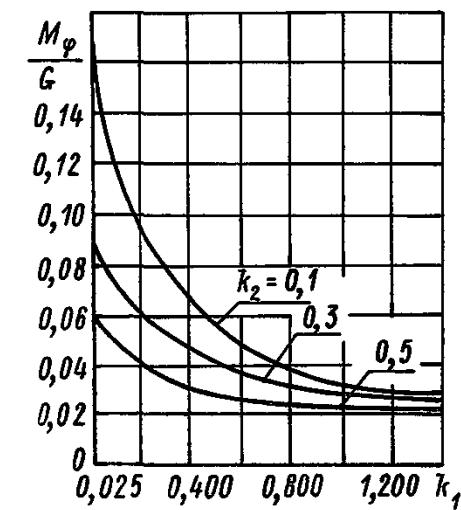
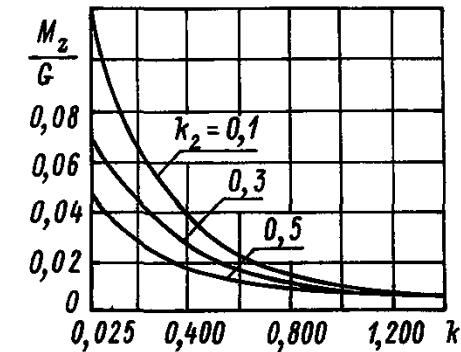
Черт. 9

Номограммы для вычисления
усилий N_z , N_φ в коллекторе
при $D_h/s = 14 \div 35$ и $a < b$



Черт. 10

Номограммы для вычисления
моментов M_z , M_φ в коллекторе
при $D_h/s = 14 \div 35$ и $a < b$



Черт. 11

Знак минус относится к внутренней поверхности (точки A' или B'), знак плюс — к наружной (точки A или B).

3.11. Напряжения от внутреннего давления вычисляются по формулам:

$$\sigma_z^p = \frac{pD_b^2}{400s(D_b + s)};$$

$$\sigma_\varphi^p = \frac{pD_b}{200s};$$

$$\sigma_r^p = -\frac{p}{200}.$$

4. УСЛОВИЯ ПРОЧНОСТИ

4.1. Для рассматриваемой точки коллектора (точки A или A' , B или B') вычисляются три главных нормальных напряжения, которые представляют собой алгебраическую сумму действующих в одном направлении напряжений, вызванных весовыми нагрузками и внутренним давлением. Главные напряжения определяются по формулам:

$$\sigma_1 = \sigma_\varphi + \sigma_z^p; \quad \sigma_2 = \sigma_z + \sigma_z^p; \quad \sigma_3 = \sigma_r^p, \text{ если } \sigma_\varphi + \sigma_z^p > \sigma_z + \sigma_z^p > \sigma_r^p;$$

$$\sigma_1 = \sigma_z + \sigma_z^p; \quad \sigma_2 = \sigma_\varphi + \sigma_\varphi^p; \quad \sigma_3 = \sigma_r^p, \text{ если } \sigma_z + \sigma_z^p > \sigma_\varphi + \sigma_\varphi^p > \sigma_r^p.$$

4.2. Эквивалентное напряжение для рассматриваемой точки коллектора принимается равным

$$\sigma_e = \sigma_1 - \sigma_3.$$

4.3. Величина эквивалентного напряжения в коллекторе от действия весовых нагрузок и внутреннего давления должна удовлетворять условию

$$\sigma_e \leq 1,5 [\sigma].$$

Величина номинального допускаемого напряжения принимается в соответствии с ОСТ 108.031.02—75.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

ПРИМЕР РАСЧЕТА

1.1. Вычислить напряжения от весовых нагрузок в коллекторе наружным диаметром $D_{\text{н}}=273$ мм и толщиной стенки $s=26$ мм, $D_{\text{н}}/s \approx 10$.

Ширина подвески $a=25$ мм, длина $b=120$ мм, весовая нагрузка на одну подвеску $G=5$ т.

Внутреннее давление в коллекторе $p=164$ кгс/см².

Допускаемое напряжение $[\sigma]=9,7$ кгс/мм².

1.2. Порядок расчета приведен в таблице.

| Искомая величина | Расчет |
|--|---|
| Коэффициенты k_1 , k_2 | $k_1 = \frac{b\sqrt{2s}}{(D_{\text{в}} + s)^{3/2}} = \frac{120 \cdot 7,2}{247^{3/2}} \approx 0,22;$ $k_2 = \frac{a}{D_{\text{в}} + s} = \frac{25}{247} \approx 0,1$ |
| Максимальные усилия N_z , N_{φ} и моменты M_z , M_{φ} (см. черт. 8 и 9) в коллекторе | $N_z = \frac{0,112G}{s} = \frac{0,112 \cdot 5 \cdot 10^3}{26} = 21,5 \text{ кгс/мм};$ $N_{\varphi} = \frac{0,08G}{s} = \frac{0,08 \cdot 5 \cdot 10^3}{26} = 15,4 \text{ кгс/мм};$ $M_z = 0,12G = 0,12 \cdot 5 \cdot 10^3 = 600 \text{ кгс};$ $M_{\varphi} = 0,135G = 0,135 \cdot 5 \cdot 10^3 = 675 \text{ кгс}$ $\sigma_z = \frac{N_z}{s} + \frac{6M_z}{s^2} = \frac{21,5}{26} + \frac{6 \cdot 600}{26^2} =$ $= 0,83 + 5,32 = 6,15 \text{ кгс/мм}^2;$ $\sigma_{\varphi} = \frac{N_{\varphi}}{s} + \frac{6M_{\varphi}}{s^2} = \frac{15,4}{26} + \frac{6 \cdot 675}{26^2} =$ $= 0,59 + 5,99 = 6,58 \text{ кгс/мм}^2$ |
| Максимальные местные напряжения в стенках коллектора | $\sigma_z^p = \frac{pD_{\text{в}}^2}{400s(D_{\text{в}} + s)} = \frac{164 \cdot 221^2}{400 \cdot 26 \cdot 247} = 3,12 \text{ кгс/мм}^2;$ $\sigma_{\varphi}^p = \frac{pD_{\text{в}}}{200s} = \frac{164 \cdot 221}{200 \cdot 26} = 6,97 \text{ кгс/мм}^2;$ $\sigma_r^p = -\frac{p}{200} = -0,82 \text{ кгс/мм}^2$ |
| Напряжения под действием внутреннего давления | |

Продолжение табл.

| Искомая величина | Расчет |
|--------------------------|--|
| Главные напряжения | $\sigma_1 = \sigma_\phi = 13,55 \text{ кгс/мм}^2;$ $\sigma_2 = \sigma_z = 9,27 \text{ кгс/мм}^2;$ $\sigma_3 = \sigma_r = -0,82 \text{ кгс/мм}^2$ |
| Эквивалентное напряжение | $\sigma_9 = \sigma_1 - \sigma_3 = 13,55 + 0,82 = 14,37 \text{ кгс/мм}^2$ |
| Условие прочности | $\sigma_9 \leq 1,5 [\sigma] = 1,5 \cdot 9,7 = 14,55 \text{ кгс/мм}^2;$ $14,37 < 14,55$ |

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное

ПЕРЕЧЕНЬ
ДОКУМЕНТОВ, НА КОТОРЫЕ ДАНЫ ССЫЛКИ
В ДАННОМ РТМ

ОСТ 108.031.02—75. Котлы стационарные паровые и водогрейные и трубопроводы пара и горячей воды. Нормы расчета на прочность.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| 1. Условные обозначения | 4 |
| 2. Общие положения | 2 |
| 3. Местные напряжения | 4 |
| 4. Условия прочности | 8 |
| Приложение 1. Пример расчета | 9 |
| Приложение 2. Перечень документов, на которые даны ссылки в данном РТМ | 11 |

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ РТМ 108.031.109—79

Редактор *Г. Д. Семенова.*

Техн. ред. *Н. П. Белянина.*

Корректор *Л. А. Крупнова.*

Сдано в набор 24.03.80. Подписано к печ. 04.06.80. Формат бум. 60×90¹/₁₆.
Объем 1 печ. л. Тираж 1000. Заказ 340. Цена 20 коп.

Редакционно-издательский отдел НПО ЦКТИ им. И. И. Ползунова.
194021, Ленинград, Политехническая ул., д. 24.