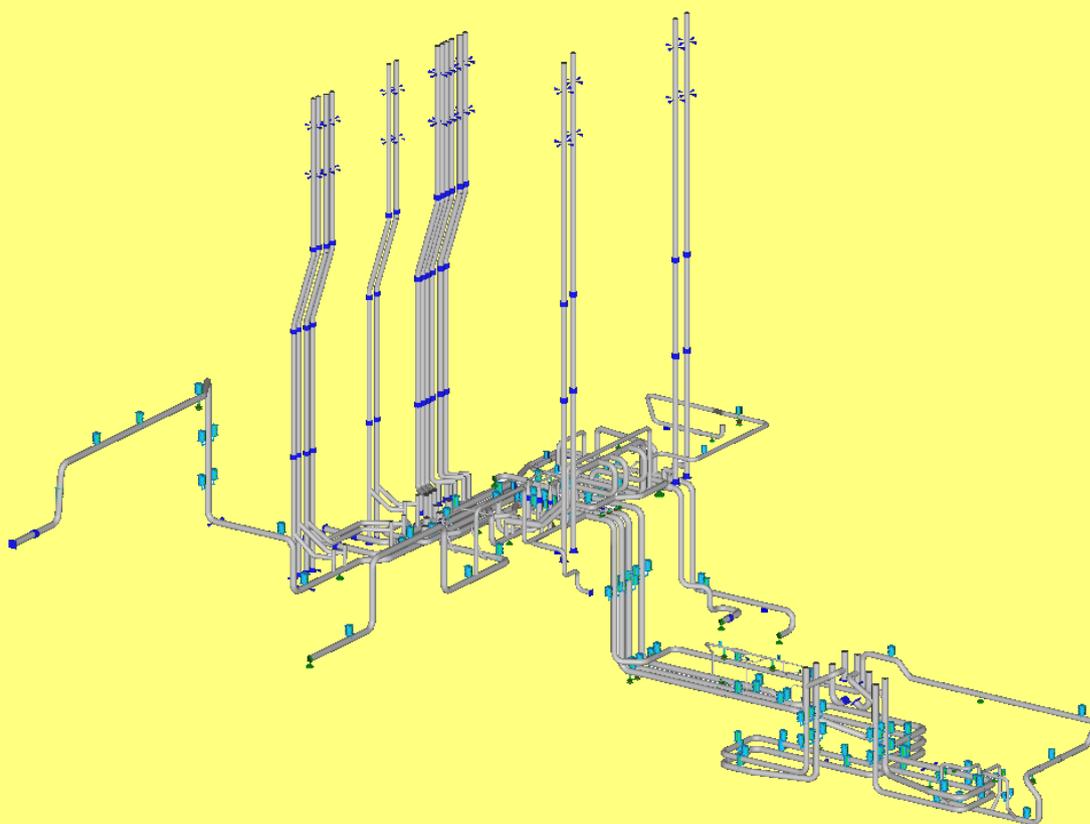




# dPIPE

Версия 5.28

*Расчет верхней границы давления гидравлических испытаний в TCALC/dPIPE*



В п.177 федеральных норм и правила в области использования атомной энергии НП-089-15 “Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок” изложены требования к определению верхней и нижней границы давления гидравлических испытаний (ГИ):

#### Давление испытаний

177. Давление гидравлических испытаний  $P_h$  при проверке прочности должно быть не менее:

$$P_h = K_h P \frac{\sigma^{T_h}}{\sigma^T} \quad (\text{нижняя граница})$$

и не более давления, при котором в испытываемом изделии возникнут общие мембранные напряжения, равные  $1,35\sigma^{T_h}$ , а сумма общих или местных мембранных и общих изгибных напряжений достигнет  $1,7\sigma^{T_h}$  (верхняя граница).

В формуле давление  $P$  равно расчетному при испытаниях предприятием-изготовителем или рабочему после монтажа и в процессе эксплуатации;

$$K_h = \begin{cases} 1,25 & \text{– для оборудования и трубопроводов,} \\ 1 & \text{– для страховочных корпусов (кожухов);} \end{cases}$$

$\sigma^{T_h}, \sigma^T$  – номинальные допускаемые напряжения в металле при температуре гидравлических испытаний  $T_h$  и при расчетной температуре  $T$  соответственно.

47

Значения общих и местных мембранных, общих изгибных напряжений, номинального допускаемого напряжения в металле должны определяться в соответствии с федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии, устанавливающими нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов АЭУ.

Ранее для трубопроводов традиционно определялась только нижняя граница давления ГИ -  $P_h$ . Но в последнее время в связи с необходимостью проведения совместных гидравлических испытаний различных трубопроводов и/или оборудования есть потребность в вычислении верхней границы давления ГИ  $P_{hl}$ .

В программном комплексе dPIPE верхняя граница ГИ определяется в несколько этапов:

- 1) в утилите TCALC для каждой детали трубопровода находится допускаемое давление  $P_{hli}$  по формулам выбора основных размеров при допускаемых напряжениях при температуре гидроиспытаний  $1,35[\sigma]^{T_h}$ ; затем вычисляется допускаемое давление для трубопровода в целом как минимум из найденных значений  $P_{hl} = \min(P_{hli})$ .

Для этого в окне каждой детали задается температура ГИ, после чего выполняется расчет и генерируется отчет:

ТCalc [сборка 08.07.2023]

Текущий проект

**Комментарий к расчету**  
 Определение верхней границы ГИ Инфо

Нормы расчета ПНАЭ Г-7-002-86 База деталей База материалов

**Характеристики материала**

Материал 08X18H10T Ресурс Допускаемое напряжение  
 Тип материала AUS  $\tau_0 = 200$  тыс. часов  $\sigma = 118$  МПа

**Расчетные параметры**

Температура  $T = 300$  °C Давление  $p = 8$  МПа Температура ГИ  $T_h = 20$  °C

| Геометрия отвода  | Тип отвода               | OST                             |    |
|---|--------------------------|---------------------------------|----|
| Наружный диаметр  | $D_a =$                  | 89                              | мм |
| Радиус оси отвода                                       | $R =$                    | 400                             | мм |
| Номинальная толщина стенки                              | $s =$                    | 5                               | мм |
| Овальность сечения отвода                               | $a =$                    | 7                               | %  |
| Отрицательный допуск на толщину                         | $c_{11} =$               | 0.5                             | мм |
| на компенсацию коррозии                                 | $c_2 =$                  | 0.1                             | мм |
| Мин. толщина в зоне расточки                            | $sk =$                   | 3.6                             | мм |
| Минимальные толщины стенок                              | технологические прибавки | Кoeffициенты снижения прочности |    |
| <input checked="" type="checkbox"/> $s_{1min} = 3.7$ мм | $c_{12(1)} =$            | $\phi w_1 =$                    |    |
| <input type="checkbox"/> $s_{2min} = 4.5$ мм            | $c_{12(2)} = 0$ мм       | $\phi w_2 =$                    |    |
| <input type="checkbox"/> $s_{3min} = 4.5$ мм            | $c_{12(3)} = 0$ мм       | $\phi w_3 =$                    |    |

**Результаты расчета**

|                                    |                 |      |    |                 |                             |
|------------------------------------|-----------------|------|----|-----------------|-----------------------------|
| для внешней стороны, не менее      | $sr_1+c_2=$     | 3.19 | мм | <b>3.7≥3.19</b> | Условие прочности выполнено |
| для внутренней стороны, не менее   | $sr_2+c_2=$     | 3.56 | мм | -               |                             |
| для нейтральной стороны, не менее  | $sr_3+c_2=$     | 3.7  | мм | <b>4.5≥3.7</b>  | Условие прочности выполнено |
| Допустимая толщина в зоне расточки | $0.9 \cdot Sr=$ | 2.63 | мм | <b>3.6≥2.63</b> | Условие прочности выполнено |

Допускаемое давление  $p_{dop} = 9.9106$  МПа

Давление ГИ (верх. граница)  $p_h = 16.3282$  МПа

Очистить Детали

Вычисленное допустимое давление ГИ (верхняя граница) печатается как в форме расчета, так и в отчете с результатами расчета:

Таблица 2.1. Результаты расчета отвода

| Параметр  | Значение   | Комментарий  |
|---|------------|--------------|
| Отношен. радиуса оси отвода к диаметру трубы          | 4.49 > 1   | п.4.2.2.3    |
| Торовые коэффициенты:                                 |            | п.4.2.2.5    |
| на внешней стороне $K_1$                              | 0.95       |              |
| на внутренней стороне $K_2$                           | 1.06       |              |
| на нейтральной стороне $K_3$                          | 1          |              |
| Коэффициенты формы:                                   |            | п.4.2.2.6    |
| на внешней стороне $Y_1$                              | 1.06       |              |
| на внутренней стороне $Y_2$                           | 1.06       |              |
| на нейтральной стороне $Y_3$                          | 1.13       |              |
| Расчетная толщина стенки, мм                          |            | п.4.2.2.3    |
| на внешней стороне $s_{r1}$                           | 3.09       |              |
| на внутренней стороне $s_{r2}$                        | 3.46       |              |
| на нейтральной стороне $s_{r3}$                       | 3.6        |              |
| Допускаемая толщина стенки, мм (не менее)             |            | п.4.2.2.4    |
| на внешней стороне $s_{r1} + c_2$                     | 3.19       |              |
| на внутренней стороне $s_{r2} + c_2$                  | 3.56       |              |
| на нейтральной стороне $s_{r3} + c_2$                 | 3.7        |              |
| Допускаемое давление $[p]$ , МПа (не более)           | 9.91       | п.4.2.2.9    |
| Температура гидроиспытаний $T_h$ , °C                 | 20         |              |
| Доп. напряжение гидроиспытаний $[\sigma]_h$           | 194.4, МПа |              |
| Давление ГИ $[p_h]$ (верхняя граница), МПа (не более) | 16.33      | п.177 НП-089 |

- 2) далее в dPIPE для давления  $P_{h1}$  выполняется поверочный расчет трубопровода на гидротест. При этом, если условие прочности выполняется (напряжения  $(\sigma)_2$  при расчете трубопровода на гидротест не превышают  $1.7[\sigma]^{Th}$ ), то верхняя граница давления ГИ равна давлению  $P_{h1}$ . Если же условие прочности не выполняется, то верхнюю границу давления ГИ находят как давление  $P_{h2}$ , при котором напряжения  $(\sigma)_2$  при расчете трубопровода на гидротест равны  $1,7[\sigma]^{Th}$ .