

## Расчет трубопроводов в dPIPE по Нормам EN 13480 “Metallic industrial piping - Part 3: Design and calculation” редакции 2020 г.

В dPIPE реализован расчет по Нормам EN 13480 “Metallic industrial piping - Part 3: Design and calculation” редакции 2020 г. По сравнению с предыдущими изданиями этих Норм в новую редакцию внесены следующие существенные изменения:

- 1) Учет коррозии для расчета напряжений  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  из опционного стал обязательным, если в процессе эксплуатации трубопровода ожидается существенная коррозия. Исключение может быть сделано для трубопроводов, которые регулярно обследуются на предмет наличия коррозии (*Clause 12.3.1*):

If considerable corrosion/erosion is expected, it is taken into account in the flexibility analysis as follows. In the Formulae (12.3.2-1), (12.3.2-2), (12.3.3-1), (12.3.3-2) and (12.3.4-2), using the sectional modulus based on the corroded pipe.

Optionally the corrosion may be disregarded during flexibility design, if provisions are taken in order that corrosion is detected during inspection. In this case  $Z$  and  $e_n$  shall be used instead of  $Z_c$  and  $e_c$  in these equations.”

При этом внутренние усилия в элементах трубопровода вычисляются по номинальным размерам.

- 2) Во всех формулах для напряжений появился обязательный учет осевой силы
- 3) Для постоянных и случайных нагрузок (напряжения  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$ ) осевая сила от давления теперь определяется по формуле  $p_c \pi d_i^2 / (4A)$  вместо  $p_c d_o / (4e_n)$ , что может дать небольшие отличия, даже если не учитывать осевую силу.
- 4) Для случайных нагрузок (напряжения  $\sigma_2$ ) даны различные формулы для реверсивных и не реверсивных нагрузок.
- 5) Изменилась последовательность расчета размаха напряжений:

Раньше максимальный размах в формуле

$$\sigma_3 = \frac{i M_C}{Z} \leq f_a \quad (12.3.4-1)$$

определялся просто по разнице моментов как

$$\bar{M} = \bar{M}_{Te} - \bar{M}_{Ta} = \begin{pmatrix} M'_x \\ M'_y \\ M'_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} M_{x Te} - M_{x Ta} \\ M_{y Te} - M_{y Ta} \\ M_{z Te} - M_{z Ta} \end{pmatrix} \quad (12.3.7-3)$$

with the value

$$M' = \sqrt{M_x'^2 + M_y'^2 + M_z'^2} \quad (12.3.7-4)$$

Теперь его надо определять с учетом коэффициента интенсификации напряжений  $i$  (предполагается, что  $i$  может зависеть от давления и температуры)

$$\sigma_3 = \frac{i_{QC} Q_{xc}}{A} + \frac{i M_C}{Z} \leq f_a \quad (12.3.4-1)$$

$iM_C$  is the weighted range of resultant moment due to thermal expansion and alternating loads which shall be determined from the greatest difference between moments of any two load cases (j and k) using the moduli of elasticity and stress intensification factors  $i$  from Table H.1 at the relevant temperatures and pressures:

$$iM_C = \max \left( \sqrt{(i_j M_{xCj} - i_k M_{xCk})^2 + (i_j M_{yCj} - i_k M_{yCk})^2 + (i_j M_{zCj} - i_k M_{zCk})^2} \right)_{j=1 \dots N; k=1 \dots N}$$

Сейчас это касается только отводов, если для них корректировать  $SIF$  с учетом давления.

If the pressure is likely to reduce ovality (large diameter, small thickness), the factor  $i$  shall be divided by:

$$1 + 3,25 \left( \frac{p_o}{E_c} \right) \left( \frac{d_m}{2e_n} \right)^{5/2} \left( \frac{2R}{d_m} \right)^{2/3}, \text{ where } p_o \text{ is the operating pressure and } E_c \text{ the modulus of elasticity at room temperature (20 }^\circ\text{C)}.$$

6) Изменились формулы для коэффициентов интенсификации напряжений для “Branch Connection”:

Было (2017):

	for header :	for branch :
stress intensification factors and section moduli	$i = 0,4 \left( \frac{d_m}{2e_n} \right)^{\frac{2}{3}} \times \frac{d_{m,R}}{d_m}$ <p>but at least <math>i = 1,5</math></p> $Z = \frac{\pi}{4} d_m^2 e_n$	$i = 1,5 \left( \frac{d_m}{2e_n} \right)^{\frac{2}{3}} \left( \frac{d_{m,R}}{d_m} \right)^{\frac{1}{2}} \times \frac{e_{n,R}}{e_n} \times \frac{d_{m,R}}{d_{m,b} + e_{n,b}}$ $Z = \frac{\pi}{4} d_{m,R}^2 e_{n,R}$

Стало (2020):

	for header:	for branch:
stress intensification factors	<p>If <math>r_2</math> is known and respects the shape conditions:</p> $i = 0,4 \left( \frac{d_m}{2e_n} \right)^{\frac{2}{3}} \frac{d_{m,R}}{d_m}$ <p>but at least <math>i = 1,5</math>.</p> <p>If <math>r_2</math> is unknown or do not respect the shape conditions:</p> $i = 0,8 \left( \frac{d_m}{2e_n} \right)^{\frac{2}{3}} \frac{d_{m,R}}{d_m}$ <p>but at least <math>i = 2,1</math>.</p>	$i = 1,5 \left( \frac{d_m}{2e_n} \right)^{\frac{2}{3}} \left( \frac{d_{m,R}}{d_m} \right)^{\frac{1}{2}} \frac{e_{n,R}}{e_n} \frac{d_{m,R}}{d_{m,b} + e_{n,b}}$ <p>but at least <math>i = 1,5</math></p>

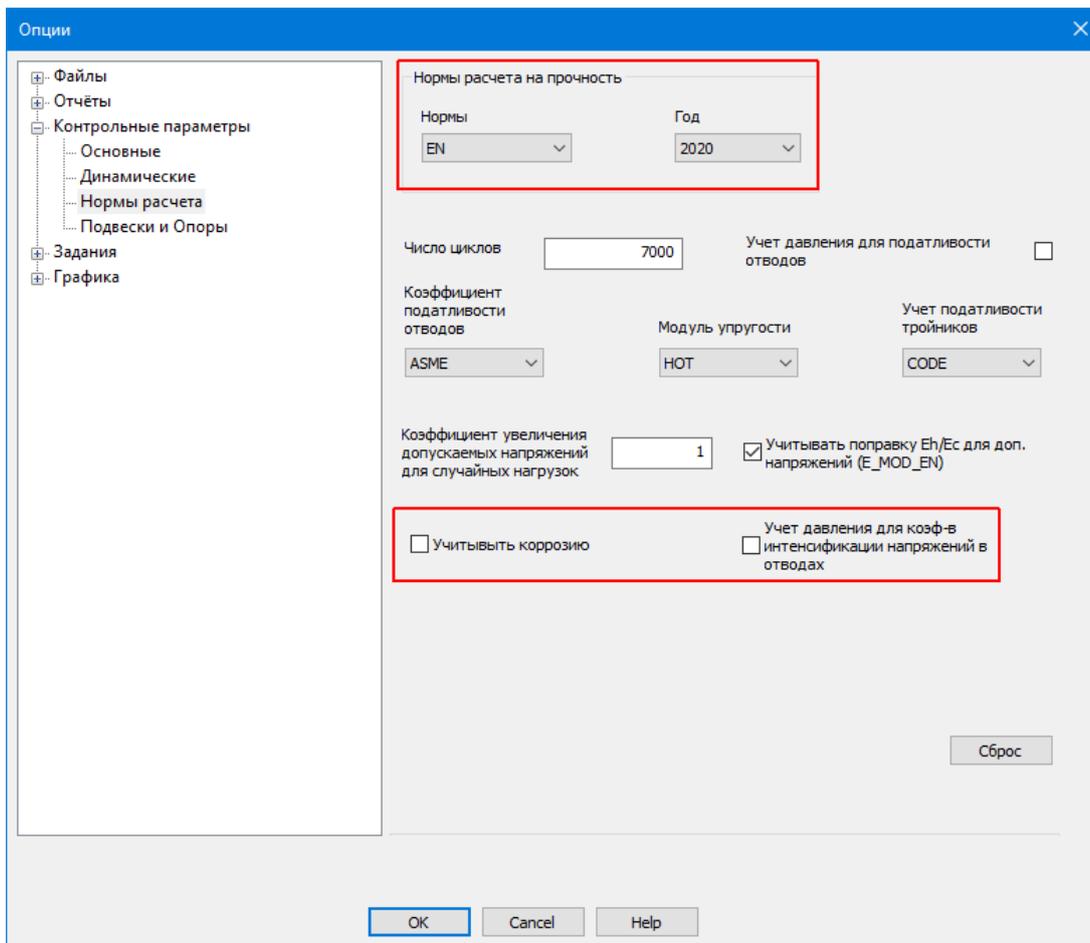
7) Для “Forged Welded-in Tee” увеличили  $SIF$ , если он недостаточно “толстый”:

When the limitations with respect to radius ( $r_x \geq d_{m,b} / 8$ ) and thickness ( $e_e \geq 1,5 e_n$ ) are not met and reliable data

are not available, the flexibility characteristic is taken as  $h = \frac{6,2 e_n}{d_m}$ .

**С учетом вышеописанных изменений Норм в интерфейс и исходные данные dPIPE внесены следующие изменения:**

1) В закладку Нормы при выборе EN 2020 г. добавлены следующие опции:



- a) «учитывать коррозию» (параметр EN\_CORR команды CTRL)
  - b) «учет давления для коэффициента интенсификации напряжений в отводе» (BEND\_PSTR)
- 2) Для напряжений от случайных нагрузок SGM2 ( $\sigma_2$ ) добавлено правило RULE = 'RVRS': **его следует использовать при расчетах на сейсмике!**

Задание на расчёт. Нормы расчёта: EN.

Расчет с определением раб. нагрузок, выбором пружин и сейсмикой (#1)

	Тип	Режим	Нагрузка	Pend.	Fric.	NLS	Hng. Stf.	PE	TMD	Комментарий
LC1	DSGN	\$OPER	W	Нет	<input type="checkbox"/>	Да	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Определение рабочих нагрузок на пружины
LC2	OPER_A	\$OPER	W+P+T+D	Нет	<input type="checkbox"/>	Да	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Расчет на полную нагрузку
LC3	OPER_B	\$COLD	W+P+T+D	Нет	<input type="checkbox"/>	Да	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Выбор пружин
LC4	OPER_B	\$OPER	W+P+T+D	Да	<input checked="" type="checkbox"/>	Да	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Этап II (полная нагрузка)
LC5	SUST_C	\$OPER	W+P	Нет	<input type="checkbox"/>	Реф.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Этап I
LC6	OPER_B	\$COLD	W+P+T+D	Да	<input checked="" type="checkbox"/>	Да	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Этап IV (холодная нагрузка)
LC7	MODAL	\$OPER		LC4	<input type="checkbox"/>	Лин.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Модальный анализ

	Тип	Правило	Печать	Комбинация результатов	Комментарий
LS1	SGM1	SUM	<input checked="" type="checkbox"/>	LC5	Напряжения SGM1
LS2	SGM2	<b>RVRS</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	LC5+LD1	Напряжения SGM2 (MP3)
LS3	SGM3	SUM	<input checked="" type="checkbox"/>	LC4-LC6	Напряжения SGM3
LS4	SGM4	SUM	<input checked="" type="checkbox"/>	LC5+LS03	Напряжения SGM4
LS5	DISP	SUM	<input checked="" type="checkbox"/>	LC5	Весовые перемещения
LS6	DISP	SUM	<input checked="" type="checkbox"/>	LC4-LC6	Видимые перемещения
LS7	DISP	SUM	<input checked="" type="checkbox"/>	LD1	Сейсмические перемещения

Постпроцессор    Динамические расчеты