

В.В. Конючков (канд.техн.наук),  
М.К. Балыкин (канд.техн.наук)

## О МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА ТРУБОПРОВОДОВ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Развитие теории расчета трубопроводов на компенсацию температурных удлинений – важная задача в вопросах проектирования тепловых сетей и трубопроводов других назначений. Большое строительство тепловых сетей и технологических паропроводов требует унификации расчетных формул, позволяющих достаточно быстро определять возникающие усилия в системах и выбирать оптимальный вариант конструкции. В связи с этим в настоящей статье сделана попытка разработать единую методику расчета широкого класса трубопроводных систем с применением простых единообразных расчетных формул.

Участок трубопровода рассматривался как упругая статически неопределимая система, составленная из стержневых элементов различной жесткости: прямых труб и колен.

При расчете П-, Z-, S-образных компенсаторов и пространственных П- и Z-образных трубопроводов методами строительной механики получены зависимости по определению силовых факторов в сечении жесткого закрепления трубопровода. На основании этих зависимостей составлены общие выражения изгибающих и крутящих (для пространственных трубопроводов) моментов в характерных сечениях, исследование которых позволило выявить месторасположение опасных сечений.

По известному максимальному изгибающему моменту получены формулы для определения нормальных температурных напряжений, а по крутящему моменту – касательных напряжений в следующем виде:

$$\sigma_k^{\text{из}} = \frac{\Delta E D m_1}{l^2} \psi_n^{\text{из}} ; \quad (1) \quad \tau_k^{\text{кр}} = \frac{\Delta E D}{l^2} \psi_n^{\text{кр}} , \quad (2)$$

где  $\sigma_k^{\text{из}}$ ,  $\tau_k^{\text{кр}}$  – нормальные и касательные температурные напряжения;  $\Delta$  – компенсируемое удлинение;  $E$  – модуль нормальной упругости материала трубопровода;  $D$  – наружный диаметр трубы;  $m_1$  – коэффициент интенсификации напряжений на криволинейных участках трубопровода [1];  $\psi_n^{\text{из}}$ ,  $\psi_n^{\text{кр}}$  – коэффициенты, зависящие от соотношений длин участков трубо-

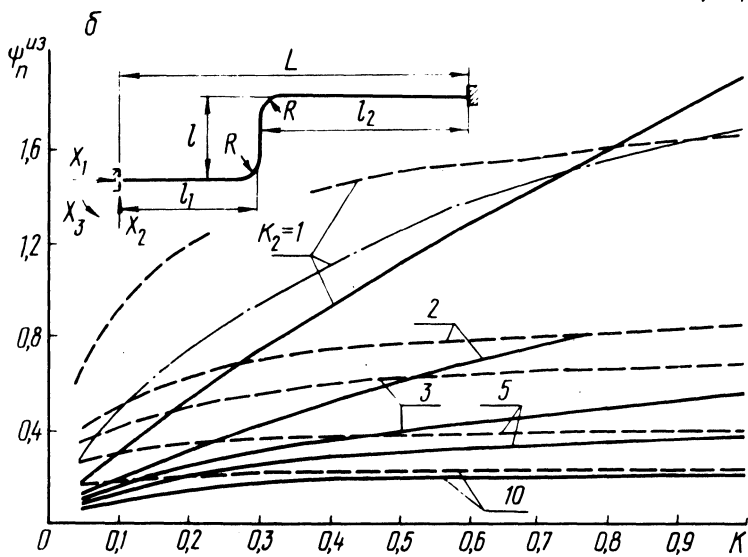
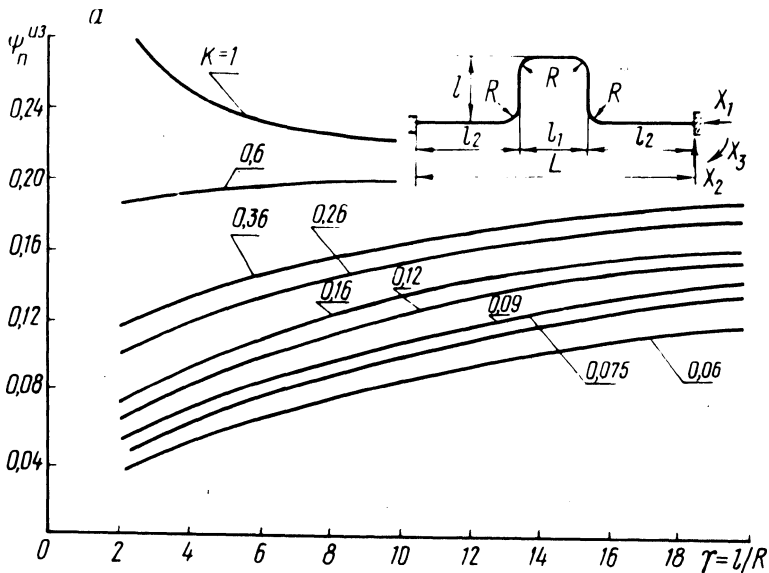


Рис. 1. Расчетные схемы трубопроводов и значения коэффициентов: а -  $K_2 = \frac{l_2}{l_1} \rightarrow 5$ ; б -  $\gamma = \frac{l_1}{R} = 5$ ; —  $\gamma = 10$ ; ---  $\gamma = 30$ .

провода  $K_1 = l_1 / l$ ;  $K_2 = l_2 / l$ ;  $\gamma = 1/R$  (рис. 1а,б), коэффициента понижения жесткости кривых колен  $K$  [1] и определяемые по соответствующим зависимостям при нахождении напряжений в характерных сечениях  $n$ .

Определение значений коэффициентов  $\psi_n^{из}$ ,  $\psi_n^{кр}$  при различных  $K$ ,  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $\gamma$  выполнено на ЭВМ "Минск-2" и для расчета плоских П- и Z-образных трубопроводов представлены на графиках рис. 1,а,б.

По известному максимальному компенсационному напряжению в материале трубопровода для определения упругих сил отпора, действующих в месте жесткого закрепления, получены формулы в виде

$$X_i = \frac{\sigma_k^{из} W}{l m_1} \eta_i, \quad (3)$$

где  $W$  - момент сопротивления сечения трубы;  $\eta_i = f_i / K$ ,  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $\gamma$  находятся по соответствующим зависимостям для определенных видов компенсаторов.

Значения коэффициентов  $\eta_i$  могут быть табулированы.

Сравнение результатов расчета по предлагаемым формулам с существующими методами и экспериментальными данными показало, что применение разработанной методики, не отражаясь на точности расчета, значительно сокращает затраты труда при проектировании трубопроводных систем.

Проиллюстрируем определение максимальных температурных напряжений на примере расчета Z-образного трубопровода  $D = 27,3$  см с размерами  $l = 5$  м,  $l_1 = 30$  м,  $l_2 = 50$  м,  $R = 2D$  (рис. 1,б), если  $E = 1,847 \cdot 10^6$  кгс/см<sup>2</sup> и  $\Delta = 22,9$  см при температуре теплоносителя 220°C;  $K = 0,215$  и  $m_1 = 1,373$  [1].

По формуле (1)

$$\begin{aligned} \sigma_k^{из} &= \frac{\Delta E D m_1}{l^2} \psi_n^{из} = \frac{22,9 \cdot 1,847 \cdot 10^6 \cdot 27,3 \cdot 1,373}{500^2} 0,166 = \\ &= 1050 \text{ кгс/см}^2, \end{aligned}$$

где  $\psi_n^{из} = 0,166$  (рис.1, б) при  $K_2 = l_2 / l = 50 / 5 = 10$  и  $\gamma = 1/R = 5 / 0,546 = 9,1$ .

#### Л и т е р а т у р а

1. Камерштейн А.Г., Рождественский В.В., Ручимский М.Н. Расчет трубопроводов на прочность. М., 1969.