

$$P_{01np} = \sqrt{\frac{\tau_{np}^2 \pi D_u EF}{k_u}} \quad (6)$$

Если образуются участки пластической связи, определяется пластическая условно-мгновенная составляющая продольного перемещения конца прилегающего участка для первого цикла приложения растягивающего усилия, равного эквивалентному сжимающему усилию от действия давления и температуры после ввода в эксплуатацию с учетом упругого отпора изогнутой части газопровода.

Коэффициент, характеризующий сопротивление перемещению конца, прилегающего полубесконечного трубопровода со стороны изогнутого участка трубопровода по формуле:

$$\eta = \frac{45EI}{4f_1^2 l_1} \quad (7)$$

После определяется параметр, зависящий от упругого перемещения трубопровода в грунте и сопротивления изогнутой части трубопровода $A=S\cdot\eta$ и зависящий от продольной жесткости трубы и предельных касательных напряжений в грунте $B=2EF\pi D_t$.

Пластическая условно мгновенная составляющая продольного перемещения:

$$u_{nl} = \frac{A}{\eta} + \frac{B}{2\eta^2} + \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{2A}{\eta} + \frac{B}{\eta^2}\right)^2 - \frac{4(A^2 - P_{01np}^2)}{\eta^2}} \quad (8)$$

Ползучие перемещения конца прилегающего участка трубопровода:

$$u_{пол} = n_u \left[k_2 (\tau_{np} - \tau_1)^{a_1} + k_2 t_i (\tau_{np} - \tau_2)^{a_2} \right] \quad (9)$$

Циклическое накопленное перемещение конца прилегающего участка определяется при $x=0$ принимая коэффициент сопротивления продольным перемещениям из таблицы 1.

Таблица 1

Номер цикла	1	2	3	4	5	6	7	8
$\beta_{Hi}, (м)$	0,052	0,054	0,051	0,048	0,045	0,044	0,043	0,040
$\beta_{pi}, (м)$	0,072	0,060	0,055	0,050	0,047	0,046	0,043	0,041

Действия абсолютно всех нагрузок и воздействий, стрелка прогиба определим по формуле:

$$f_2 = \sqrt{(f_1 + \Delta f)^2 + \frac{8l_u}{\pi^2}} \quad (10)$$

Определим приращение стрелки прогиба изогнутого участка и продольные напряжения в стенке трубы от нормативной продольной силы, расчетные продольные напряжения, коэффициент разгрузки. Критическая продольная сила определяется по формуле:

$$L_{кр}^2 = \frac{265EI}{q_\theta \rho_0 \left(1 + \frac{80EIc_p}{q_\theta^2 \rho_0^2} \right)} \quad (11)$$

Вывод: в ходе данного исследования были получены расчеты для общей устойчивости нелинейного участка трубопровода. Расчётная длина волны выпучиванию $L_{кр}^2$ равна 446,25 м².

При сравнении усилий определенных вычислений для устойчивости рассчитан $N_{кр}$ (24,78 МН) и проведена проверка условия устойчивости 3,89 < 22,3 МН. Это условие обеспечивает устойчивость газопровода.

Таким образом, полученные результаты данного исследования, подтверждают безопасность газопровода в описанных условиях.

Литература

1. Быков Л. И. и др. Типовые расчеты при сооружении и ремонте газонефтепроводов. – 2006.
2. СНИП 2.05.06-58*. Магистральные трубопроводы/Мин. рег. раз. РФ. 2002.–89с.
3. Алиев Р.А.. Трубопроводный транспорт нефти и газа. – М.: Недра, 1988.– 368 с.