



27



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«СОЮЗВОДОКАНАЛПРОЕКТ»

ордена Трудового Красного Знамени

проектно-изыскательский институт по водоснабжению, канализации и гидротехническим сооружениям

119331, г. Москва, проспект Вернадского, д. 29, а/я 93
Тел.: (495) 138-23-83. Факс: (495) 131-89-47.
E-mail: info@svkp.ru

Зам. генерального директора
по тех. вопросам Торгового
дома «Современные
трубопроводные системы»
Е. В. Бутринову

27.03.2007 г. № ЗТ/108

На № 1 от 23.03.07.

На Ваш запрос по оценке несущей способности полиэтиленовых двухслойных труб «Корсис» для безнапорной канализационной сети, уложенных под автомобильной дорогой, сообщаем:

трубопровод из труб «Корсис» $D=250 \div 1200$ мм, уложенный в соответствии с нормативными требованиями по СП 40-102-2000 сохраняет работоспособность при воздействии грунта на глубине от 1,2 м до 7 м и транспорта (НК-80) общей нагрузкой $q_c = 0,0726$ МПа.

Расчеты несущей способности указанного трубопровода прилагаются.

Генеральный директор



И.П. Амочаев

РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ТРУБОПРОВОДА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ГРУНТА И ТРАНСПОРТА

Трасса канализационного трубопровода проходит вдоль складского комплекса «Гриффелс Южные ворота» мкр. Белые Столбы г. Домодедово, Московской области на расстоянии 6 м от фундамента здания. Трубопровод проектируется из двухслойных гофрированных полиэтиленовых труб «Корсис». Трубопровод укладывается в траншею без защиты от статических и динамических нагрузок (стальной футляр не предусматривается). При погрузочно-разгрузных работах с автомашин у складского комплекса трубопровод может находиться под временной нагрузкой от автотранспорта. В соответствии со СНиП 2.05.03-84. «Мосты и трубы» нормативная нагрузка от автотранспортных средств в виде двух полос составляет АК.

Прочность для самотечного трубопровода оценивается по условию СП 40-102-2000 «Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов»:

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_{pp}} + \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{pm}} \leq 1,$$

ε_p – максимальное значение деформации растяжения материала в стенке трубы из-за овальности поперечного сечения трубы под действием грунтов ($q_{гр.}$, МПа) и транспортных нагрузок ($q_{т.}$, МПа);

ε_c – степень сжатия материала стенки трубы от воздействия внешних нагрузок на трубопровод;

ε_{pp} – предельно допустимое значение деформации растяжения материала в стенке трубы, происходящей в условиях релаксации напряжений;

ε_{pm} – предельно допустима деформация растяжения материала в стенке трубы в условиях ползучести.

Максимальное значение степени растяжения материала в стенке трубы из-за овальности поперечного сечения трубопровода под действием нагрузок при $K_\sigma=0,75$:

$$\varepsilon_p = 4,27 K_\sigma \frac{\delta}{D} \Psi K_{з\Psi} = 4,27 \cdot 0,75 \frac{22,7}{250} 0,04522 \cdot 1 = 0,0175$$

где K_σ - коэффициент постели грунта для изгибающих напряжений, учитывающий качество уплотнения (принимается в пределах 0,75 ÷ 1,5). При тщательном контроле $K_\sigma=0,75$;

$K_{з\Psi}=1$ - коэффициент запаса на овальность поперечного сечения трубы (для напорных и самотечных трубопроводов).

Ψ - относительное сжатие диаметра трубы по вертикали в грунте.

Относительное сжатие трубы по диаметру, как предельно допустимое (по приложению Д, (Д.5) СП 40 –102-2000):

$$\Psi = \Psi_{гр} + \Psi_{т} + \Psi_{м},$$

где $\Psi_{гр}$ – относительное сжатие под действием грунта;

Ψ_T - относительное сжатие под действием транспорта;

$\Psi_M=0,04$ (для $G_o < 0.276$ МПа по табл. Д1 приложения Д СП 40 –102-2000)
относительное сжатие при монтаже .

Относительное сжатие трубы по диаметру под действием грунта:

$$\Psi_{гр.} = \frac{K_{ок} * K_{\tau} * K_{\omega} * q_{зр}}{K_{жс} * G_o + K_{зр} E_{зр}},$$

где $K_{ок} = \frac{1}{1 + 2P/q_c} = 1;$

G_o – кратковременная кольцевая жесткость оболочки трубы,

$G_o = 8 \text{ кН/м}^2 = 0,008 \text{ МПа}$

$P=0$ – гидростатическое давление воды в трубопроводе, МПа;

$K_{\tau} = 1,25$ – коэффициент, учитывающий запаздывание овальности поперечного сечения трубы во времени и зависящий от типа грунта, степени его уплотнения, гидрологических условий, геометрии траншеи (находится в пределах $1 \div 1,5$);

$K_{жс} = 0,15$ – коэффициент, учитывающий влияние кольцевой жесткости оболочки трубы на овальность поперечного сечения трубопровода;

$K_{\omega} = 0,11$ – коэффициент прогиба, учитывающий качество подготовки ложа и уплотнения (находится в пределах $0,09 \div 0,13$);

$K_{зр} = 0,06$ – коэффициент, учитывающий влияние грунта засыпки на овальность поперечного сечения трубопровода;

$E_{зр} = 5 \text{ МПа}$ (для средних условий) – модуль деформации грунта;

Нагрузка на трубу от грунта:

$$q_{г} = \gamma h_3,$$

h_3 – глубина засыпки трубопровода, считая от поверхности земли до уровня горизонтального диаметра, м;

$\gamma = 20 \text{ кН/м}^3$ – удельный вес грунта (песок), который располагается над трубопроводом;
min

при: 1) $h_3 = 1,32 \text{ м}$ и $D = 250 \text{ мм}$, $q_{г} = 20 \cdot 1,32 = 26,4 \text{ кН/м}^2 = 0,0264 \text{ Мпа}$

2) $h_3 = 1,4 \text{ м}$ и $D = 400 \text{ мм}$, $q_{г} = 20 \cdot 1,4 = 28 \text{ кН/м}^2 = 0,028 \text{ Мпа}$

3) $h_3 = 1,8 \text{ м}$ и $D = 1200 \text{ мм}$, $q_{г} = 20 \cdot 1,8 = 36,0 \text{ кН/м}^2 = 0,036 \text{ Мпа}$

max

при: 4) $h_3 = 7,12 \text{ м}$ и $D = 250 \text{ мм}$, $q_{г} = 20 \cdot 7,12 = 142,4 \text{ кН/м}^2 = 0,1424 \text{ Мпа}$

5) $h_3 = 7,2 \text{ м}$ и $D = 400 \text{ мм}$, $q_{г} = 20 \cdot 7,2 = 144,0 \text{ кН/м}^2 = 0,144 \text{ Мпа}$

6) $h_3 = 7,6 \text{ м}$ и $D = 1200 \text{ мм}$, $q_{г} = 20 \cdot 7,6 = 152 \text{ кН/м}^2 = 0,152 \text{ Мпа}$

$$1) \Psi_{гр.} = \frac{K_{ок} * K_{\tau} * K_{\omega} * q_{зр}}{K_{жс} * G_o + K_{зр} E_{зр}} = \frac{1 \cdot 1,25 \cdot 0,11 \cdot 0,0264}{0,15 \cdot 0,008 + 0,06 \cdot 5} = 0,01205$$

$$2) \Psi_{гр.} = \frac{1 \cdot 1,25 \cdot 0,11 \cdot 0,028}{0,15 \cdot 0,008 + 0,06 \cdot 5} = 0,01278$$

$$3) \Psi_{гр.} = \frac{1 \cdot 1,25 \cdot 0,11 \cdot 0,036}{0,15 \cdot 0,008 + 0,06 \cdot 5} = 0,01479$$

$$4) \Psi_{гр.} = \frac{1 \cdot 1,25 \cdot 0,11 \cdot 0,1424}{0,15 \cdot 0,008 + 0,06 \cdot 5} = 0,05916$$

$$5) \Psi_{гр.} = \frac{1 \cdot 1,25 \cdot 0,11 \cdot 0,144}{0,15 \cdot 0,008 + 0,06 \cdot 5} = 0,06573$$

$$6) \Psi_{гр.} = \frac{1 \cdot 1,25 \cdot 0,11 \cdot 0,152}{0,15 \cdot 0,008 + 0,06 \cdot 5} = 0,06938$$

Относительное сжатие трубы по диаметру под действием транспортной нагрузки:

$$\Psi_T = K_o \frac{K_y * K_\omega q_m}{K_{жс} G_o + K_{зр} * n E_{зр}},$$

где K_y - коэффициент уплотнения грунта, $K_y = 0,95$

Полосовая равномерно распределенная нагрузка q на ширине $b = 24$ м распределяется в стороны под углом θ к вертикали до пересечения со стеной на глубине $y_a = \frac{a}{\operatorname{tg} \theta}$ и принимать равномерно распределенной на ширину $b = b + 2a$, где

$\theta = 45^\circ - \frac{\varphi}{2}$ - угол наклона плоскости скольжения к вертикали.

$\varphi = 30^\circ$ - угол внутреннего трения для песков средней крупности и коэффициенте уплотнения $K_y = 0,95$.

Интенсивность вертикального давления от полосовой нагрузки определяется по формуле:

$$q_v = q \cdot \frac{b}{b_y}, \quad q = 785 \text{ кН},$$

$$b_y = b + a, \quad b = 24 \text{ м},$$

$q_T = 0,098$ МПа (вес 4-х осного транспорта $G = 785$ кН, площадь одного колеса $S = 250 \times 40 = 10\,000 \text{ см}^2$, восьми $\Sigma 80\,000 \text{ см}^2 = 8 \text{ м}^2$).

$$1) a = y_a \cdot \operatorname{tg} 30 = 1,32 \cdot 0,577 = 0,761, \quad b_y = 24,761 \text{ м}, \quad q_v = 0,098 \cdot 0,969 = 0,0949 \text{ МПа}$$

$$2) a = y_a \cdot \operatorname{tg} 30 = 1,4 \cdot 0,577 = 0,8078, \quad b_y = 24,807 \text{ м}, \quad q_v = 0,098 \cdot 0,967 = 0,0947 \text{ МПа}$$

$$3) a = y_a \cdot \operatorname{tg} 30 = 1,8 \cdot 0,577 = 1,038, \quad b_y = 25,038 \text{ м}, \quad q_v = 0,098 \cdot 0,958 = 0,0938 \text{ МПа}$$

$$4) a = y_a \cdot \operatorname{tg} 30 = 7,12 \cdot 0,577 = 4,108, \quad b_y = 28,10 \text{ м}, \quad q_v = 0,098 \cdot 0,854 = 0,0836 \text{ МПа}$$

$$5) a = y_a \cdot \operatorname{tg} 30 = 7,2 \cdot 0,577 = 4,15, \quad b_y = 28,15 \text{ м}, \quad q_v = 0,098 \cdot 0,852 = 0,0834 \text{ МПа}$$

$$6) a = y_a \cdot \operatorname{tg} 30 = 7,6 \cdot 0,577 = 4,38, \quad b_y = 28,38 \text{ м}, \quad q_v = 0,098 \cdot 0,845 = 0,0828 \text{ МПа}$$

$$\Psi_{Т1} = K_o \frac{K_y * K_\omega q_m}{K_{жс} G_o + K_{зр} * n E_{зр}} = \frac{0,95 \cdot 0,11 \cdot 0,0949}{0,15 \cdot 0,008 + 0,06 \cdot 1 \cdot 5} = 0,00329$$

$$\Psi_{\tau 2} = \frac{0,95 \cdot 0,11 \cdot 0,0947}{0,15 \cdot 0,008 + 0,06 \cdot 1 \cdot 5} = 0,00328$$

$$\Psi_{\tau 3} = \frac{0,95 \cdot 0,11 \cdot 0,0938}{0,15 \cdot 0,008 + 0,06 \cdot 1 \cdot 5} = 0,00325$$

$$\Psi_{\tau 4} = \frac{0,95 \cdot 0,11 \cdot 0,0836}{0,15 \cdot 0,008 + 0,06 \cdot 1 \cdot 5} = 0,00290$$

$$\Psi_{\tau 5} = \frac{0,95 \cdot 0,11 \cdot 0,0834}{0,15 \cdot 0,008 + 0,06 \cdot 1 \cdot 5} = 0,00289$$

$$\Psi_{\tau 6} = \frac{0,95 \cdot 0,11 \cdot 0,0828}{0,15 \cdot 0,008 + 0,06 \cdot 1 \cdot 5} = 0,00287$$

Общая нагрузка на трубу:

$$1) q_c = q_r + q_{\tau} = 0,01205 + 0,00329 = 0,0153 \text{ МПа}$$

$$2) q_c = 0,01151 + 0,00328 = 0,01606 \text{ МПа}$$

$$3) q_c = 0,01479 + 0,00325 = 0,0180 \text{ МПа}$$

$$4) q_c = 0,05916 + 0,00290 = 0,0620 \text{ МПа}$$

$$5) q_c = 0,06573 + 0,00289 = 0,06862 \text{ МПа}$$

$$6) q_c = 0,06938 + 0,00325 = 0,0726 \text{ МПа}$$

$$1) \Psi = \Psi_{rp} + \Psi_{\tau} + \Psi_m = 0,01205 + 0,00329 + 0,04 = 0,05534,$$

$$2) \Psi = 0,01151 + 0,00328 + 0,04 = 0,05606,$$

$$3) \Psi = 0,01479 + 0,00325 + 0,04 = 0,05804,$$

$$4) \Psi = 0,05916 + 0,00290 + 0,04 = 0,10206,$$

$$5) \Psi = 0,06573 + 0,00289 + 0,04 = 0,10862,$$

$$6) \Psi = 0,06938 + 0,00287 + 0,04 = 0,11225,$$

$$1) \varepsilon_p = 4,27 K_{\sigma} \frac{\delta}{D} \Psi K_{3\Psi} = 4,27 \cdot 0,75 \frac{8,25}{250} 0,05534 \cdot 1 = 0,0058$$

$$2) \varepsilon_p = 4,27 K_{\sigma} \frac{\delta}{D} \Psi K_{3\Psi} = 4,27 \cdot 0,75 \frac{14,15}{400} 0,05606 \cdot 1 = 0,006350$$

$$3) \varepsilon_p = 4,27 K_{\sigma} \frac{\delta}{D} \Psi K_{3\Psi} = 4,27 \cdot 0,75 \frac{45}{1200} 0,05804 \cdot 1 = 0,006970$$

$$4) \varepsilon_p = 4,27 K_{\sigma} \frac{\delta}{D} \Psi K_{3\Psi} = 4,27 \cdot 0,75 \frac{8,25}{250} 0,10206 \cdot 1 = 0,006741$$

$$5) \varepsilon_p = 4,27 K_{\sigma} \frac{\delta}{D} \Psi K_{3\Psi} = 4,27 \cdot 0,75 \frac{14,15}{400} 0,10862 \cdot 1 = 0,012305$$

$$6) \varepsilon_p = 4,27 K_{\sigma} \frac{\delta}{D} \Psi K_{3\Psi} = 4,27 \cdot 0,75 \frac{45}{1200} 0,11225 \cdot 1 = 0,0134805$$

$$\delta = \frac{e_c + e_4}{2} - \text{средняя толщина стенки трубы «Корсис»}$$

Допустимая степень растяжения материала в стенке трубы, происходящего в условиях ползучести

$$\varepsilon_{pp} = \frac{\sigma_o}{E_o K_3} = \frac{25}{800 \cdot 2} = 0,00156 \text{ или } 1,6\%,$$

где E_o – кратковременное значение упругости при растяжении материала трубы на конец срока службы эксплуатации трубопровода, $E_o = 800 \text{ МПа}$

K_3 – коэффициент запаса;

σ_o – кратковременная расчетная прочность при растяжении материала трубы, $\sigma_o = 25 \text{ МПа}$.

Допустимая степень растяжения материала в стенке трубы, происходящей в условиях релаксации при $\sigma_o = 25 \text{ МПа}$:

$$\varepsilon_{pp} = \frac{\sigma_o}{E_\tau K_3} = \frac{25}{329 \cdot 2} = 0,0379 \text{ или } 3,79\%,$$

$$E_\tau = E_o \left(\frac{b}{\tau} \right)^m = 800 \left(\frac{0,0001}{438000} \right)^{0,04} = 328,8 \approx 329 \text{ МПа},$$

где σ_o – кратковременная расчетная прочность при растяжении материала трубы, МПа;

$b = 10^{-5}$, ч (см. Клейн Г.К. Расчет подземных трубопроводов);

τ – возраст трубы, ч;

$m = 0,04$ (см. Клейн Г.К. Расчет подземных трубопроводов);

E_τ – модуль упругости при растяжении материала трубы на конец срока службы эксплуатации трубопровода, МПа;

$K_3 = 2$ – коэффициент запаса (по СП 40-102-2000).

σ_o – кратковременная расчетная прочность при растяжении материала трубы, $\sigma_o = 25 \text{ МПа}$.

Степень сжатия материала трубы, происходящего под действием внешних нагрузок на трубопровод:

$$\varepsilon_c = \frac{q_c}{2E_o} \frac{D}{\delta}, = \frac{0,066}{2 \cdot 800} \frac{250}{22,7} = 0,00045495,$$

где $E_o = E_\tau$ – в расчетах принимается в целях повышения уровня оценки.

$$1) \quad \varepsilon_c = \frac{q_c}{2E_o} \frac{D}{\delta}, = \frac{0,0153}{2 \cdot 800} \frac{250}{8,4} = 0,0002845$$

$$2) \quad \varepsilon_c = \frac{q_c}{2E_o} \frac{D}{\delta}, = \frac{0,01606}{2 \cdot 800} \frac{400}{14,15} = 0,0002837$$

$$3) \quad \varepsilon_c = \frac{q_c}{2E_o} \frac{D}{\delta}, = \frac{0,018}{2 \cdot 800} \frac{1200}{45} = 0,0003$$

$$4) \varepsilon_c = \frac{q_c}{2E_o} \frac{D}{\delta}, = \frac{0.062}{2 \cdot 800} \frac{250}{8,4} = 0,001153$$

$$5) \varepsilon_c = \frac{q_c}{2E_o} \frac{D}{\delta}, = \frac{0.06862}{2 \cdot 800} \frac{400}{14.15} = 0,001212$$

$$6) \varepsilon_c = \frac{q_c}{2E_o} \frac{D}{\delta}, = \frac{0.0726}{2 \cdot 800} \frac{1200}{45} = 0,00121$$

Проверка условия прочности трубопровода:

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_{pp}} + \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{pn}} \leq 1$$

$$1) \frac{0,0058}{0,0379} + \frac{0,0002845}{0,0156} \leq 0,153 + 0,0182 = 0,1712 < 1$$

$$2) \frac{0,006207}{0,0379} + \frac{0,0002837}{0,0156} \leq 0,1637 + 0,0181 = 0,181 < 1$$

$$3) \frac{0,00697}{0,0379} + \frac{0,0003}{0,0156} \leq 0,1839 + 0,0192 = 0,203 < 1$$

$$4) \frac{0,006741}{0,0379} + \frac{0,001153}{0,0156} \leq 0,1778 + 0,0739 = 0,2517 < 1$$

$$5) \frac{0,012305}{0,0379} + \frac{0,001212}{0,0156} \leq 0,3246 + 0,07769 = 0,402 < 1$$

$$6) \frac{0,0134805}{0,0379} + \frac{0,00121}{0,0156} \leq 0,355 + 0,07756 = 0,4325 < 1$$

т.е. прочность трубопровода удовлетворяет нормативным требованиям при всех рассмотренных вариантах.

Вывод:

Трубопровод из труб «Корсис» D=250÷1200 мм, уложенный в соответствии с нормативными требованиями по СП 40-102-2000 сохраняет работоспособность при воздействии грунта на глубине от 1,2 м до 7 м и транспорта общей нагрузкой $q_c = 0,0726$ МПа.

Генеральный директор

ГИП, канд. техн. наук



И.П.Амочаев

Л.Г.Дерюшев