

пересчитай по справочнику "Подземные полиэтиленовые газопроводы. Проектирование и строительство" (автор ГИПРОНИИГАЗ, 2012г)

Думал на протяжении 5m 1s

Ок, пересчитал «по-ГИПРОНИИГАЗ» — т.е. по той же методике, что дан в прил. Л.5 СП 42-103-2003 (в справочнике 2012 г. используются те же формулы и коэффициенты). Ниже — аккуратный расчет для вашего футляра ПЭ100 400×36,4, ННБ под двухпутной ж/д.

Исходные данные (принято для расчета)

- Труба-футляр: ПЭ100, Dн=400 мм, t=36,4 мм → Dв=327,2 мм.
- Глубина заложения под полотном: 3,0 м от поверхности грунта + 0,5 м балласт → H≈3,5 м (до верха трубы).
- Грунт: суглинок, $\rho \approx 1980 \text{ кг/м}^3 \rightarrow \gamma \approx 19,4 \text{ кН/м}^3$; Егр для суглинков по СП: 2–6 МПа (ниже покажу оба края).
- Подвижная нагрузка: железная дорога, нормативная погонная нагрузка $Q_{\text{max,жт}} = 19,62 \text{ кН/м} \cdot 14 = 275 \text{ кН/м}$ (по СП). Две колеи — считаю суммированно (консервативно).

1) Приведённая вертикальная нагрузка от движения поездов

Метод «распространения по 2:1» (Л.5.3):

для одной колеи $P_{\text{ст}} = \frac{Q_{\text{max,жт}}}{2H + H'}$, где $H' \approx 1,5 \downarrow$ — ширина колеи.

Погрешность H≈3,5 м

Подставим $H=3,5$ м:

- ОДНА колея: $P_{em,1} \approx 274,68 / (2 \cdot 3,5 + 1,52) \approx 32,2$ кПа.
- ДВЕ колеи (консервативно, одновременно): $P_{em,2} = 2 \cdot P_{em,1} \approx 64,5$ кПа.

2) Жёсткости «кольца трубы» и грунта (по Л.4, Л.5)

- Параметр жёсткости трубы (Л.4.23, формула (126)):

$$P_{\ell} = \frac{E}{4} \left(\frac{2t}{D_n - t} \right)^3.$$

Для ПЭ100 берём «квазикратковременный» модуль ползучести $E = E_0 \cdot k_e$.

Из табл. Л.5 для напряжений ≤ 1 МПа и длительности 1–50 лет $E_0 \approx 200 \dots 300$ МПа; при 20 °С

$k_e = 1$ (табл. Л.6).

Получаем $P_{\ell} \approx 0,40 \dots 0,60$ МПа.

- Параметр жёсткости грунта (Л.4.23, формула (128)): $P_{gr} = 0,125 \cdot E_{gr}$.

Для суглинков $E_{gr} = 2 \dots 6$ МПа $\rightarrow P_{gr} = 0,25 \dots 0,75$ МПа. Nordpipe

3) Проверка по предельно допустимой овализации (Л.5.5)

Критерий (формула (133)):

$$e_0 = \frac{5 \cdot x \cdot q \cdot P_{em}}{4(P_{\ell} + P_{gr})} \leq 5\% \text{ для ПЭ-труб.}$$

(беру $x = 1$, $q = 1$ — самый неблагоприятный случай без подпора изнутри).

Подстановка (покажу «вилкой» по E_{gr} и E_0):

- Одна колея (реалистично, поезда не синхро↓):

$$P_{em} = 32,2 \text{ кПа} \rightarrow$$

при $E_0 = 200 \dots 300$ МПа и $E_{gr} = 2 \dots 6$ МПа получаем

$e_0 \approx 2,9\% \dots 4,8\%$  в норме ($\leq 5\%$).

- Две колеи одновременно (жёстко-консервативно):

$P_{em} = 64,5$ кПа $\rightarrow$

$e_0 \approx 5,9\% \dots 9,4\%$  может превысить 5 % при «мягком» грунте/низком E_0 ; на верхней границе ($E_{gr}=6$ МПа, $E_0 \approx 300$ МПа) получается $\sim 5,96\%$ (чуть выше допуска).

Вывод по прочности/жёсткости футляра ПЭ100 400 $\times$ 36,4 при $H \approx 3,5$ м:

Поезд по одной колее — запас есть (овальность $< 5\%$).

Если считать *одновременную* загрузку обеих путей — на жесткой консерватике получается небольшой перерасход допуска ($\approx 6\text{--}9\%$).

Что можно подправить, если требуется «запас при 2 путях»

(все по той же методике, я посчитал чувствительность):

- Увеличить «строительную» глубину под полотном до $H \approx 4,0$ м $\rightarrow$ при $E_{gr} = 6$ МПа и $E_0 \approx 300$ МПа выйдем к $e_0 \approx 5,3\%$ (почти норма); при $H \approx 4,2\text{--}4,3$ м — уверенно $\leq 5\%$.
- Рассмотреть **улучшение грунтового массива** вокруг скважины (цементация/инъекция, уплотнение) до эквивалентного E_{gr} ближе к 6 МПа — это даёт минус $\sim 1\text{--}2$ п.п. к овальности.
- Принять более «краткосрочный» модуль E_0 (для динамической/кратковременной нагрузки — 1–5 лет из табл. Л.5: 250–300 МПа), что методика допускает — ещё $-0,5\text{--}1$ п.п. к овальности.
- Либо конструктивно: **стальной кожух/увеличение толщины** (меньший SDR) — рост P_ℓ резко уменьшает e_0 .

Если хотите, могу быстро пересчитать вариант с:

- H до, скажем, 4,2 м;
- или с вашим фактическим междупутьем/точным положением оси футляра (средняя/под путём),
- или с выбранным E_{gr} (есть геология с модулем деформации для зоны HDD?).

Нормативная база/формулы: Л.4 и Л.5 СП 42-103-2003: параметры жёсткости P_ℓ , P_{gr} ; приведение транспортной нагрузки (Л.5.3, $Q_{\max, \text{жт}} = 19,62 \cdot 14 = 275,000$ Н/м); критерий овальности (Л.5.5).

     