РАСЧЕТ ОЖИДАЕМЫХ ОСАДОК ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ПРОКЛАДКЕ ФУТЛЯРА МЕТОДОМ ГНБ

Исходные данные

Таблица 1: Характеристики трубопровода и скважины

Параметр	Значение	Ед. изм.
Труба-футляр (ПЭ100 SDR 11)	250x22.7	мм
Нормативный документ на трубу	ГОСТ Р 58121.2-2018	-
Диаметр расширения скважины ($D_{скв}$)	350	мм
Глубина заложения свода скважины (H)	5.09	м

Таблица 2: Характеристики инженерно-геологических элементов

ИГЭ	Описание	Мощность, м	Угол внутреннего трения, φ	Ед. изм.
1	Пески мелкие, ср. плотности, ср. водонасыщ.	4.40	31.00	град
2	Пески мелкие, ср. плотности, ср. водонасыщ.	0.50	21.00	град

Таблица 3: Эксплуатационные параметры

Параметр	Значение	Ед. изм.
Скорость движения поездов	140	км/ч
Объект воздействия	Земляное полотно ОАО «РЖД»	-

Нормативная база расчета

Расчет выполнен в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

- СТО НОСТРОЙ 2.27.17-2011 «Прокладка подземных инженерных коммуникаций методом горизонтального направленного бурения».
- МСП «Подземные инженерные коммуникации. Прокладка горизонтальным направленным бурением».
- Распоряжение ОАО «РЖД» от 28.02.2020 №436/р (ред. от 09.11.2020) «Об утверждении Инструкции по оценке состояния рельсовой колеи...».

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОГО ЗНАЧЕНИЯ ОСАДКИ

Согласно Распоряжению ОАО «РЖД» от 28.02.2020 №436/р, Инструкция, Таблица 6.3, для скорости движения поездов 141-160 км/ч допустимая вертикальная деформация (просадка) земляного полотна составляет:

$$[S] = 5\text{мм}$$

Данная величина является предельной и не должна быть превышена.

2. РАСЧЕТ ОЖИДАЕМОЙ ОСАДКИ ПОВЕРХНОСТИ

Расчет максимальной осадки поверхности земли над осью скважины выполнен по формуле (6.1) СТО НОСТРОЙ 2.27.17-2011:

$$S_{max} = \frac{0.25 \cdot D^2 \cdot \Delta \cdot K}{H \cdot \sqrt{\pi \cdot \lambda}}$$

где:

- $D = 0.350$ м – диаметр расширенной скважины;
- Δ – величина зазора между трубой и грунтом;
- K – коэффициент, зависящий от объема подачи раствора и технологии бурения;
- $H = 5.09$ м – глубина заложения до свода скважины;
- λ – параметр, характеризующий устойчивость стенок скважины.

2.1. Определение промежуточных расчетных величин

1. Величина зазора Δ :

$$\Delta = \frac{D - D}{2} = \frac{0.350 - 0.250}{2} = 0.050 \text{ м}$$

2. Коэффициент K : Согласно Таблице 6.1 СТО НОСТРОЙ 2.27.17-2011 для песков мелких водонасыщенных принимаем:

$$K = 1.2$$

3. Параметр λ : Параметр λ рассчитывается по формуле (6.2) для каждого ИГЭ:

$$\lambda = \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi/2)$$

- Для ИГЭ 1 ($\varphi_1 = 31.00^\circ$):

$$\lambda_1 = \operatorname{tg}^2(45^\circ - 31.00^\circ/2) = \operatorname{tg}^2(29.50^\circ) \approx 0.320$$

- Для ИГЭ 2 ($\varphi_2 = 21.00^\circ$):

$$\lambda_2 = \operatorname{tg}^2(45^\circ - 21.00^\circ/2) = \operatorname{tg}^2(34.50^\circ) \approx 0.471$$

Определяем средневзвешенное значение λ по мощности слоев:

$$\lambda = \frac{\lambda_1 \cdot h_1 + \lambda_2 \cdot h_2}{H} = \frac{0.320 \cdot 4.40 + 0.471 \cdot 0.50}{5.09} = \frac{1.408 + 0.2355}{5.09} \approx 0.323$$

2.2. Вычисление величины осадки S_{max}

Подставляем все полученные значения в основную формулу:

$$S_{max} = \frac{0.25 \cdot (0.350)^2 \cdot 0.050 \cdot 1.2}{5.09 \cdot \sqrt{3.1416 \cdot 0.323}} = \frac{0.25 \cdot 0.1225 \cdot 0.050 \cdot 1.2}{5.09 \cdot \sqrt{1.016}}$$
$$S_{max} = \frac{0.0018375}{5.09 \cdot 1.008} \approx \frac{0.0018375}{5.128} \approx 0.000358 \text{ м}$$

Переводим результат в миллиметры:

$$S = 0.000358 \cdot 1000 \approx 0.36 \text{ мм}$$

3. СРАВНЕНИЕ С ДОПУСТИМЫМ ЗНАЧЕНИЕМ И ВЫВОД

- Расчетная величина осадки: $S = 0.36 \text{ мм}$
- Допустимая величина осадки: $[S] = 5.00 \text{ мм}$

Условие соблюдения норматива:

$$S \leq [S]$$

$$0.36 \text{ мм} < 5.00 \text{ мм}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Расчетная величина ожидаемой осадки земной поверхности (**0.36 мм**) при производстве работ по прокладке футляра методом ГНБ **НЕ ПРЕВЫШАЕТ** предельно допустимое значение для земляного полотна ОАО «РЖД» (**5.00 мм**), установленное для скорости движения поездов 140 км/ч. **Рекомендация:** Производство работ с заданными параметрами (глубина заложения, диаметры скважины и футляра) является допустимым и безопасным для устойчивости рельсового пути.