

Расчёт конструкции дорожной одежды

Исходные данные

Название объекта: Строительство автомобильной дороги V категории переходного типа
Район проектирования: Ханты-Мансийский автономный округ - Югра

Выполняемые расчёты: На упругий прогиб, сдвиг, изгиб, стат. нагрузку, морозоустойчивость

Дорожно-климатическая зона: II - подзона 2

Схема увлажнения: Схема 3

Расчётная влажность грунта W_p : 0,75

Коэффициент уплотнения грунта: 1,00

Глубина промерзания грунтов, м: 2,48

Средняя многолетняя глубина промерзания, м: 1,80

Проектные данные

Техническая категория дороги: V категория

Тип дорожной одежды: Переходный

Требуемые коэффициенты прочности при заданной надёжности $K_n = 0,9$ [1, табл. 3.1]:

Требуемый K_{pr} (упругий прогиб): 1,06

Требуемый K_{pr} (сдвиг, изгиб): 0,94

Коэффициент нормированного отклонения $t = 1,32$

Расчётный срок службы $T_{сл}$, лет: 5

Ширина проезжей части, м: 4,5

Расчётная нагрузка

Группа расчётной нагрузки № 1 [1, табл. П.1.1]:

Давление в шине p , МПа: 0,60

Диаметр отпечатка шины $D_{дин.}$, см: 37,00

Статическая нагрузка на ось Q , кН: 100,00

Суммарное число приложений нагрузки

$\sum N_p = 50000$ ед.

Требуемый модуль упругости

$$E_{tp} = 98,65 \times (\lg \sum N_p - c) = 98,65 \times (\lg 50000 - 3,55) \approx 113,35 \text{ МПа}$$

Вариант № 1

1) Конструктивный слой: 30,0 см

Супесь, укрепленная Стабилизатором ANT в количестве 0,007% совместно с цементом в количестве 5%. М-60, Е = 900,0 МПа

Грунт земляного полотна

Супесь лёгкая

Е = 40,0 МПа, φ = 15,67°, ϕ_{стат.} = 35,00°, c = 0,01700 МПа

Расчёт на упругий прогиб

Расчёт по допускаемому упругому прогибу ведём послойно, начиная с грунта. [1, номогр. 3.1]

$$\frac{E_{\text{н}}}{E_{\text{в}}} = \frac{E_{\text{г}}}{E_1} = \frac{40}{900} = 0,04; \quad \frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{h_1}{D} = \frac{30}{37} = 0,81; \quad \frac{E_{\text{нов}}}{E_{\text{в}}} = \frac{E_{\text{нов}}^0}{E_1} \approx 0,1876$$
$$E_{\text{нов}}^0 = 0,1876 \times 900 = 168,84 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{E_{\text{нов}}}{E_{\text{тр}}} = \frac{168,84}{113,35} = 1,49; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{1,49 - 1,06}{1,06} \times 100\% = 40,57\%$$

Расчёт на сдвигостойчивость

Грунт земляного полотна

Материал: Супесь лёгкая

Е = 40,0 МПа, φ = 15,67°, ϕ_{стат.} = 35,00°, c = 0,01700 МПа

Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв [1, формула 3.12]:

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum_{i=1}^1 E_i \times h_i}{\sum_{i=1}^1 h_i} = \frac{900 \times 30}{30} = 900 \text{ МПа}$$

Удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки [1, номогр. 3.2, 3.3]:

$$\frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{общ}}} = \frac{900}{40} = 22,5; \quad \frac{h_{\text{в}}}{D} = \frac{30}{37} = 0,81; \quad \tau_{\text{н}} \approx 0,0364 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 3.13]

$$T = \tau_{\text{н}} \times p = 0,0364 \times 0,6 = 0,0218 \text{ МПа}$$

Коэффициент k_d = 1

Глубина расположения поверхности проверяемого слоя от верха конструкции

$$z_{\text{оп}} = 30 = 30 \text{ см}$$

Средневзвешенный удельный вес слоёв, расположенных выше проверяемого

$$\gamma_{cp} = \frac{2000 \times 30}{30} = 2000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,002 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$$

Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 3.14]

$$T_{np} = k_d \times c_n + 0,1 \times \gamma_{cp} \times z_{op} \times \operatorname{tg}\phi_{stat.} = 1 \times 0,017 + 0,1 \times 0,002 \times 30 \times \operatorname{tg}35^\circ \approx 0,0212 \text{ МПа}$$

$$K_{pac} = \frac{T_{np}}{T} = \frac{0,0212}{0,0218} = 0,97; \quad \frac{K_{pac} - K_{tp}}{K_{tp}} \times 100\% = \frac{0,97 - 0,94}{0,94} \times 100\% = 3,2\%$$

Расчёт на статическую нагрузку

Грунт земляного полотна

Материал: Супесь лёгкая

$E = 40,0 \text{ МПа}, \phi = 15,67^\circ, \phi_{stat.} = 35,00^\circ, c = 0,01700 \text{ МПа}$

Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв [1, формула 3.12]:

$$E_b = \frac{\sum_{i=1}^1 E_i \times h_i}{\sum_{i=1}^1 h_i} = \frac{900 \times 30}{30} = 900 \text{ МПа}$$

Удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки [1, номогр. 3.2, 3.3]:

$$\frac{E_b}{E_{общ}} = \frac{900}{40} = 22,5; \quad \frac{h_b}{D} = \frac{30}{33} = 0,91; \quad \tau_h \approx 0,0156 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 3.13]

$$T = \tau_h \times p = 0,0156 \times 0,6 = 0,0094 \text{ МПа}$$

Коэффициент $k_d = 1$

Глубина расположения поверхности проверяемого слоя от верха конструкции

$$z_{op} = 30 = 30 \text{ см}$$

Средневзвешенный удельный вес слоёв, расположенных выше проверяемого

$$\gamma_{cp} = \frac{2000 \times 30}{30} = 2000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,002 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$$

Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 3.14]

$$T_{np} = k_d \times c_n + 0,1 \times \gamma_{cp} \times z_{op} \times \operatorname{tg}\phi_{stat.} = 1 \times 0,012 + 0,1 \times 0,002 \times 30 \times \operatorname{tg}35^\circ \approx 0,0162 \text{ МПа}$$

$$K_{pac} = \frac{T_{np}}{T} = \frac{0,0162}{0,0094} = 1,73; \quad \frac{K_{pac} - K_{tp}}{K_{tp}} \times 100\% = \frac{1,73 - 0,94}{0,94} \times 100\% = 84\%$$

Расчёт на изгиб

Расчёт не может быть произведён, так как в конструкции верхний слой не является монолитным.

Результаты расчёта на морозоустойчивость

Материал грунта: Супесь лёгкая

Группа грунта по степени пучинистости 3

Высота насыпи 2 м, уровень грунтовых вод 2 м, толщина конструкции 0,3 м

Глубина грунтовых вод (от низа дорожной одежды) $H_y = 2 \text{ м} + 2 \text{ м} - 0,3 \text{ м} = 3,7 \text{ м}$

Величина морозного пучения при усреднённых условиях и глубине промерзания 2,48 м [1, формула 4.4]

$$l_{\text{пуч.ср.}} = l_{\text{пуч.ср.2}} \times (a + b \times (z_{\text{пп}} - c)) = 8,74 \times (1 + 0,16 \times (2,48 - 2)) = 9,41 \text{ см}$$

Величина морозного пучения при усреднённых условиях и глубине промерзания 2,48 м [1, номогр. 4.3]

$$l_{\text{пуч.ср.2}} = 8,74 \text{ см}$$

Коэффициент, учитывающий влияние расчётной глубины залегания уровня грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод [1, номогр. 4.1]

$$K_{\text{узв}} = 0,4323$$

Коэффициент, зависящий от степени уплотнения грунта рабочего слоя [1, табл. 4.4]

$$K_{\text{пл}} = 1$$

Коэффициент, учитывающий влияние гранулометрического состава грунта [1, табл. 4.5]

$$K_{\text{гр}} = 1,1$$

Коэффициент, учитывающий влияние нагрузки от собственного веса вышележащей конструкции на грунт в промерзающем слое [1, номогр. 4.2]

$$K_{\text{нагр}} = 0,73$$

Коэффициент, зависящий от расчётной влажности грунта [1, табл. 4.6]

$$K_{\text{вл}} = 1,15$$

Величина возможного морозного пучения [1, формула 4.2]

$$l_{\text{пуч}} = l_{\text{пуч.ср.}} \times K_{\text{узв}} \times K_{\text{пл}} \times K_{\text{гр}} \times K_{\text{нагр}} \times K_{\text{вл}} = 9,41 \times 0,4323 \times 1 \times 1,1 \times 0,73 \times 1,15 = 3,78 \text{ см}$$

$$l_{\text{доп.}} = 10 \text{ см} [1, \text{ табл. 4.3}]$$

Ожидаемая пучинистость грунта 3,78 см < допустимой 10,00 см

Морозоустойчивость конструкции обеспечена.

Список нормативных документов

1. ОДН 218.046-01 Проектирование нежёстких дорожных одежд.
2. ОДМ 218.5.003-2010 Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог.