

Расчёт конструкции дорожной одежды

Исходные данные

Название объекта: Строительство автодороги IV категории с применением технологии ANT.
Район проектирования: Ленинградская область
Выполняемые расчёты: На упругий прогиб, изгиб, стат. нагрузку, морозоустойчивость
Дорожно-климатическая зона: II - подзона 1
Схема увлажнения: Схема 1
Расчётная влажность грунта W_p : 0,65
Коэффициент уплотнения грунта: 0,99
Глубина промерзания грунтов, м: 1,50

Проектные данные

Техническая категория дороги: IV категория
Тип дорожной одежды: Облегчённый

Требуемые коэффициенты прочности при заданной надёжности $K_n = 0,85$ [1, табл. 11]:
Требуемый $K_{пр}$ (упругий прогиб): 1,06
Требуемый $K_{пр}$ (сдвиг, изгиб): 0,94
Коэффициент нормированного отклонения $t = 1,06$

Расчётный срок службы $T_{сл}$, лет: 10
Ширина проезжей части, м: 6,0

Расчётная нагрузка

Группа расчётной нагрузки № 1 [1, табл. 3]:
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

Требуемый модуль упругости $E_{тр} = 200$ МПа

$$\sum N_p = 10^{E_{тр}/98,65 + c} = 10^{200/98,65 + 3,55} \approx 377893,56 \text{ ед.}$$

Вариант №1 Применение технологии АНТ усовершенствованное покрытие

1) Покрытие: 4,0 см

Асфальтобетон горячей укладки плотный II марки из щебёночной (гравийной) смеси типа Б, марка битума БНД/БН-60/90, $E = 3200,0$ МПа

2) Основание: 25,0 см

Отсев дробления осадочных пород фр.0-5мм, укрепленный стабилизатором АНТ (0,007%) совместно с цементом (5%). Марка по прочности М80., $E = 1100,0$ МПа

Грунт земляного полотна

Суглинок тяжёлый, $E = 50,0$ МПа

Расчёт на упругий прогиб

Расчёт по допускаемому упругому прогибу ведём послойно, начиная с грунта.

[1, номогр. 4]

$$\frac{E_H}{E_B} = \frac{E_T}{E_2} = \frac{50}{1100} = 0,045; \quad \frac{h_B}{D} = \frac{h_2}{D} = \frac{25}{37} = 0,676; \quad \frac{E_{пов}}{E_B} = \frac{E_{пов}^1}{E_2} \approx 0,1725$$

$$E_{пов}^1 = 0,1725 \times 1100 = 189,75 \text{ МПа}$$

[1, номогр. 4]

$$\frac{E_H}{E_B} = \frac{E_2}{E_1} = \frac{189,75}{3200} = 0,059; \quad \frac{h_B}{D} = \frac{h_1}{D} = \frac{4}{37} = 0,108; \quad \frac{E_{пов}}{E_B} = \frac{E_{пов}^0}{E_1} \approx 0,0704$$

$$E_{пов}^0 = 0,0704 \times 3200 = 225,28 \text{ МПа}$$

$$K_{расч} = \frac{E_{пов}}{E_{тр}} = \frac{225,28}{200} = 1,13; \quad \frac{K_{расч} - K_{тр}}{K_{тр}} \times 100\% = \frac{1,13 - 1,06}{1,06} \times 100\% = 6,6\%$$

Расчёт на статическую нагрузку

Грунт земляного полотна

Материал: Суглинок тяжёлый

$E = 50,0$ МПа, $\phi = 7,69^\circ$, $\phi_{стат.} = 21,00^\circ$, $c = 0,01038$ МПа

Средневзвешенный модуль упругости верхних слоёв [1, формула 16]:

$$E_B = \frac{\sum_{i=1}^2 E_i \times h_i}{\sum_{i=1}^2 h_i} = \frac{400 \times 4 + 1100 \times 25}{4 + 25} = 1003,4 \text{ МПа}$$

Удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки [1, номогр. 5, 6]:

$$\frac{E_B}{E_{общ}} = \frac{1003,4}{50} = 20,07; \quad \frac{h_B}{D} = \frac{29}{33} = 0,88; \quad \tau_n \approx 0,0298 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 14]

$$T = \tau_n \times p = 0,0298 \times 0,6 = 0,0179 \text{ МПа}$$

Коэффициент $k_d = 1$

Глубина расположения поверхности проверяемого слоя от верха конструкции

$$z_{оп} = 4 + 25 = 29 \text{ см}$$

Средневзвешенный удельный вес слоёв, расположенных выше проверяемого

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{2400 \times 4 + 2000 \times 25}{4 + 25} = 2055 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,0021 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$$

Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 3.14]

$$T_{\text{пр}} = k_d \times (c_n + 0,1 \times \gamma_{\text{ср}} \times z_{\text{оп}} \times tg\phi_{\text{срат.}}) = 1 \times (0,024 + 0,1 \times 0,0021 \times 29 \times tg21^\circ) \approx 0,0263 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T} = \frac{0,0263}{0,0179} = 1,47; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{1,47 - 0,94}{0,94} \times 100\% = 56,4\%$$

Расчёт на изгиб

Материал нижнего слоя монолитного блока: Асфальтобетон горячей укладки плотный II марки из щебёночной (гравийной) смеси типа Б, марка битума БНД/БН-60/90

Нормативное сопротивление весной $R_0 = 9,8$ МПа

Коэффициент, учитывающий реальный режим растяжения повторной нагрузкой $\alpha = 5,2$ [1, табл. В.4]

Коэффициент, зависящий от свойств материала рассчитываемого монолитного слоя $m = 5,5$ [1, табл. В.4]

Коэффициент, учитывающий влияние на прочность усталостных процессов [1, формула 19]

$$k_1 = \frac{\alpha}{\sqrt[m]{(\sum N_p)}} = \frac{5,2}{\sqrt[5,5]{(377894)}} = 0,503$$

Коэффициент снижения прочности $k_2 = 0,9$

Прочность материала монолитного слоя при многократном растяжении при изгибе [1, формула 18]

$$R_n = R_0 \times k_1 \times k_2 \times (1 - v_r \times t) = 9,8 \times 0,503 \times 0,9 \times (1 - 0,1 \times 1,06) = 3,97 \text{ МПа}$$

$$E_b = \frac{\sum_{i=1}^1 E_i \times h_i}{\sum_{i=1}^1 h_i} = \frac{4500 \times 4}{4} = 4500 \text{ МПа}$$

Общий модуль упругости основания $E_{\text{общ}} = 189,7$ МПа

Растягивающее напряжение от единичной нагрузки при расчётных диаметрах площадки, передающей нагрузку [1, номогр. 9]

$$\frac{E_b}{E_{\text{общ}}} = \frac{4500}{189,7} = 23,7; \quad \frac{h}{D} = \frac{4}{37} = 0,11; \quad \bar{\sigma}_r = 3,39 \text{ МПа}$$

Расчётное напряжение [1, формула 20]

$$\sigma_r = \bar{\sigma}_r \times p \times k_b = 3,39 \times 0,6 \times 0,85 = 1,728 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{R_n}{\sigma_r} = \frac{3,97}{1,728} = 2,3; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{2,3 - 0,94}{0,94} \times 100\% = 144,39\%$$

Результаты расчёта на морозоустойчивость

Материал грунта: Суглинок тяжёлый

Группа грунта по степени пучинистости 3

Высота насыпи 1 м, уровень грунтовых вод 5 м, толщина конструкции 0,29 м

Глубина грунтовых вод (от низа дорожной одежды) $H_y = 1 \text{ м} + 5 \text{ м} - 0,29 \text{ м} = 5,71 \text{ м}$

Величина морозного пучения при усреднённых условиях и глубине промерзания 1,50 м [1, номогр. 11]

$l_{\text{пуч.ср.2}} = 7,66 \text{ см}$

Коэффициент, учитывающий влияние расчётной глубины залегания уровня грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод [1, номогр. 12]

$$K_{угв} = 0,54$$

Коэффициент, зависящий от степени уплотнения грунта рабочего слоя [1, табл. 19]

$$K_{пл} = 1$$

Коэффициент, учитывающий влияние гранулометрического состава грунта

$$K_{гр} = 1,3$$

Коэффициент, учитывающий влияние нагрузки от собственного веса вышележащей конструкции на грунт в промерзающем слое [1, номогр. 13]

$$K_{нагр} = 1,01$$

Коэффициент, зависящий от расчётной влажности грунта [1, табл. 20]

$$K_{вл} = 1,05$$

Величина возможного морозного пучения [1, формула 26]

$$l_{пуч} = l_{пуч.ср.} \times K_{угв} \times K_{пл} \times K_{гр} \times K_{нагр} \times K_{вл} = 7,66 \times 0,54 \times 1 \times 1,3 \times 1,01 \times 1,05 = 5,71 \text{ см}$$

$$l_{доп.} = 6 \text{ см [1, табл. 15]}$$

Ожидаемая пучинистость грунта 5,71 см < допустимой 6,00 см

Морозоустойчивость конструкции обеспечена.

Исходные данные

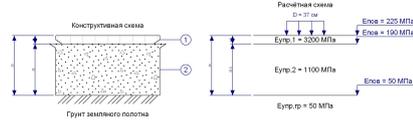
Название объекта	Строительство автодороги IV категории с применением технологии АНТ.		
Район проектирования	Ленинградская область		
Выполненные расчеты	На уступной прогиб, м/кгб, стат. нагрузку, мерзлостойкость		
Техническое задание на дороги	IV категория	Дорожно-техническая зона	II - подзона 1
Тип дорожной одежды	Объемный	Схема укладки	Схема 1
Число полос движения (в обе стороны)	2	Коэффициент уплотнения грунта	0,99
Номер расчетной полосы от обочины	1	Суммарное число приложенных нагрузки	377894
Уклоны в местах перелома профиля, %		Расчетное количество дней в году Труд	140
Расчетная влажность грунта Wp	0,65	Расчетный срок службы Тсл, лет	10
Нагрузка, кН / Давление, МПа / D шпала, см	100 / 0,60 / 37		
Заданная надежность Nn	0,85	Глубина промерзания грунтов, м	1,50

Состав транспортного потока

№	Транспортное средство	Интенсивность движения, авто/сут	Коэффициент преобразования	Преобразованная интенсивность
1	Легковые автомобили	0	0	0
2	Легкие грузовые автомобили грузоподъемностью от 1 до 2 т	0	0,005	0
3	Средние грузовые автомобили грузоподъемностью от 2 до 5 т	0	0,2	0
4	Тяжелые грузовые автомобили грузоподъемностью от 5 до 8 т	0	0,7	0
5	Очень тяжелые грузовые автомобили грузоподъемностью более 8 т	0	1,25	0
6	Автобусы	0	0,7	0
Итого		0		0

Показатель изменения интенсивности: 1,04
 Суммарное число приложенных нагрузки: 377894
 Требуемый модуль упругости: 200

№ варианта	Наименование слоев и материалов конструкции дорожной одежды	Схема конструкции дорожной одежды Толщина, см	Расчетные характеристики			Общий модуль упругости по вертикали слоев, МПа	Морозостойкость
			Упругий прогиб, МПа	Итого, МПа	Статическая нагрузка, МПа		
1	1. Пыльце — Асфальтобетон порней укладки плотный II марки из щебеночной (правинной) смеси типа Б, марка битума БНД-ЕН-40/50		Етр = 3200	Еки = 4500 Кр = 0,940 Крас = 2,200 Запас = 144%	Естат = 400	Елок = 235 Кр = 0,900 Крас = 1,100 Запас = 7%	
			Етр = 1100	Еки = 1100	Естат = 1100	Елок = 190	
			Етр = 50	Естат = 50 Кр = 0,940 Крас = 1,470 Запас = 50%	Елок = 50	Цоп = 6 см Лпу = 6 см Запас = 6 см	
2	2. Основание — Отсев дробления осадочных пород фр 0-5мм, укрепленный стабилизатором АНТ (0,007%) совместно с цементом (5%). Марка по прочности М50.						
	Грунт земляного полотна — Супесь тяжелая						



1. Асфальтобетон порней укладки плотный II марки из щебеночной (правинной) смеси типа Б, марка битума БНД-ЕН-40/50
 2. Отсев дробления осадочных пород фр 0-5мм, укрепленный стабилизатором АНТ (0,007%) совместно с цементом (5%). Марка по прочности М50.

Технико-экономические характеристики конструкции дорожной одежды

Наименование материала	Ед. изм.	Стоимость, кв. км.	Расход материалов на 1000 п.м.	
			1 вариант	
			Количество	Стоимость.
Асфальтобетон порней укладки плотный II марки из щебеночной (правинной) смеси типа Б, марка битума БНД-ЕН-40/50	м ³	1	400	400
Отсев дробления осадочных пород фр 0-5мм, укрепленный стабилизатором АНТ (0,007%) совместно с цементом (5%). Марка по прочности М50.	м ³	1	2500	2500
Итоговая стоимость:	—	—	—	2900

Список нормативных документов

1. ПНСТ 265-2018. Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование нежестких дорожных одежд. — Введ. 2018-05-15 до 2021-05-15. — М.: Стандартиформ, 2018. — 78 с.