

Расчёт конструкции дорожной одежды

Исходные данные

Название объекта: Строительство автодороги IV категории с применением технологии АНТ.
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]

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

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

[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]:

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

Активное напряжение сдвига [1, формула 14]

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

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]

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

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

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

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

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

Расчётное напряжение [1, формула 20]

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

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

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

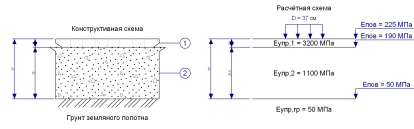
Название объекта	Строительство автодороги IV категории с применением технологии АНТ.		
Район проектирования	Ленинградская область		
Выполненные расчеты	На уступной прогиб, м/кгб, стат. нагрузку, мерзлостойкость		
Техническое задание на дороги	IV категория	Дорожно-техническая зона	II - подзона 1
Тип дорожной 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 приравненной нагрузки	377894
Уклоны в местах перелома профиля, %		Расчетное количество дней в году Тред	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 приравненной 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 (правый) 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 (правый) 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.	
			Количество	Стоимость
Асфальтобетон порней укладки плотный II марки из щебеночной (правый) 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.