



ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

«ПРЕСТОРУСЬ»



***ЗАКЛЮЧЕНИЕ
ПО РАСЧЕТУ КОНСТРУКЦИИ ЗОНЫ
ПАРКОВКИ ТОРГОВО-ДЕЛОВЫХ
ЦЕНТРОВ***

ШИФР: ЭК-ПР-3103-00000001-4

Москва
2021г.



ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

«ПРЕСТОРУСЬ»

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ
ПО РАСЧЕТУ КОНСТРУКЦИИ ЗОНЫ
ПАРКОВКИ ТОРГОВО-ДЕЛОВЫХ
ЦЕНТРОВ**

ШИФР: ЭК-ПР-3103-00000001-4

Начальник технического отдела

Ведущий инженер



А.В. Короткевич

А.С. Гончаров

Москва
2021г.

Оглавление

1. Введение.....	2
2. Цели заключения:.....	2
3. Нормативная документация.....	2
4. Описание конструкций парковки.....	2
5. Выполняемые расчеты.....	4
6. Расчет конструкции.....	5
7. Заключение.....	8

1. Введение

Настоящее Заключение составлено специалистами ООО «ПРЕСТОРУСЬ» по заказу ООО «4ГРАНИ» в соответствии с Договором №3103-00000001 от 31.03.2021г. по расчету конструкции дорожной одежды.

2. Цели заключения:

- ❖ Проверка работоспособности типовых конструкций ООО «4ГРАНИ» на соответствие требованиям нормативных документов и условий строительства.

3. Нормативная документация

Необходимые при подготовке заключения инженерные расчеты выполнены в соответствии с требованиями действующих в Российской Федерации нормативных документов, в частности:

- ПНСТ 265-2018 Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование нежестких дорожных одежд
- ОДМ 218.5.003-2010. Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог. – М.: Информавтодор, 2010. – 141 с.

4. Описание конструкций парковки

Типовая конструкция для зоны парковки с представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Типовая конструкция зоны парковки

Дренирующий слой, работающий по принципу поглощения, выполняется из песка горного с содержанием пылеватой и глинистой фракции не более 5% и коэффициентом фильтрации не менее 2 м/сут. Толщина дренирующего слоя – 5 см.

Между основанием проезда и дренирующим слоем устраивается разделительная прослойка из нетканого геотекстиля, плотностью не менее 150 г/м²

Основание проезда выполняется из сухого бетона, марки В7,5. Толщина слоя сухого бетона – 15 см. Для устранения неровностей, поверх основания устраивается выравнивающий слой, толщиной от 3 до 5 см из речного песка.

В качестве покрытия применена бетонная брусчатка «4ГРАНИ», толщиной 6 см.

5. Выполняемые расчеты

Для установления толщины слоев конструкции проезжей части проведены расчеты по критериям упругого прогиба, статической нагрузки на грунт земляного полотна, а также выполнена проверка на сопротивление морозному пучению.

6. Расчет конструкции

Расчёт конструкции дорожной одежды

Исходные данные

Название объекта: Автомобильная дорога

Район проектирования: Самарская область

Выполняемые расчёты: На упругий прогиб, изгиб, стат. нагрузку, морозостойчивость, дренаж

Дорожно-климатическая зона: III - подзона 1

Схема увлажнения: Схема 1

Расчётная влажность грунта

Среднее многолетнее значение относительной влажности грунта $W_{таб} = 0,65$

Коэффициент нормированного отклонения $t = 1,06$ [1, табл. А.4]

Тип местности по рельефу: Равнинный

Поправка на особенности рельефа территории $\Delta_1 W = 0$

Поправка на конструктивные особенности проезжей части и обочин $\Delta_2 W = 0,03$ [1, табл. А.3]

Поправка на влияние суммарной толщины стабильных слоёв дорожной одежды $\Delta_3 = 0$ [1, примеч. А.2]

Расчётная влажность грунта [1, формула А.1]

$$W_p = (W_{таб} + \Delta_1 W - \Delta_2 W) \times (1 + 0,1 \times t) - \Delta_3 = \\ (0,65 + 0 - 0,03) \times (1 + 0,1 \times 1,06) - 0 = 0,69$$

Коэффициент уплотнения грунта: 1,02

Глубина промерзания дорожной конструкции, м: 1,38

Средняя многолетняя глубина промерзания, м: 1,00

Высота насыпи: 0,00 м

Продольный уклон выше перелома профиля i_1 , ‰: 40,00

Продольный уклон ниже перелома профиля i_2 , ‰: 20,00

Запаздывание работы водоотвода $T_{зад}$, сут.: 1

Коэффициент снижения притока воды K_p : 0,05

Проектные данные

Техническая категория дороги: IV категория

Тип дорожной одежды: Облегченный

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: 7,5

Число полос движения (в обе стороны): 2

Номер расчётной полосы от обочины: 1

Расчётная нагрузка

Расчёт по осевой нагрузке [1, табл. 3]:

Давление в шине p , МПа: 0,6

Диаметр отпечатка шины $D_{шт.}$, см: 28,77

Статическая нагрузка на ось $Q_{ст}$, кН: 60,00

Статическая нагрузка от колеса на поверхность $Q_{ш}$, кН: 30,00

Суммарное число приложений нагрузки

Требуемый модуль упругости $E_{ср} = 120$ МПа

$$\sum N_p = 10^E \cdot e^{-(58,05 \times \sqrt{E/0,6}) + e} = 10^{120 / (58,05 \times \sqrt{120/0,6}) + 2,55} \approx 58401,19 \text{ ед.}$$

Вариант № 1

1) Конструктивный слой № 1: 6,0 см

Брусчатка "4ГРАНИ"

2) Конструктивный слой № 2: 5,0 см

Песок средней крупности, с содержанием пылеватого-глинистой фракции 5%

3) Конструктивный слой № 3: 10,0 см

Сухой бетон В7,5

Нетканый геотекстиль 150г/м²

Грунт земляного полотна

Песок мелкий с содержанием пылеватого-глинистой фракции 8%

Расчёт на упругий прогиб

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

[1, помогр. 4]

$$\frac{E_n}{E_n} = \frac{E_r}{E_2} = \frac{100}{800} = 0,125; \quad \frac{h_n}{D} = \frac{h_2}{D} = \frac{10}{18,57} = 0,539; \quad \frac{E_{\text{ноб}}}{E_n} = \frac{E_{\text{ноб}}^1}{E_2} \approx 0,2672$$

$$E_{\text{ноб}}^1 = 0,2672 \times 800 = 213,76 \text{ МПа}$$

[1, помогр. 4]

$$\frac{E_n}{E_n} = \frac{E_2}{E_1} = \frac{213,76}{2180} = 0,098; \quad \frac{h_n}{D} = \frac{h_1}{D} = \frac{5}{18,57} = 0,269; \quad \frac{E_{\text{ноб}}}{E_n} = \frac{E_{\text{ноб}}^0}{E_1} \approx 0,1539$$

$$E_{\text{ноб}}^0 = 0,1539 \times 2180 = 335,5 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{E_{\text{ноб}}}{E_{\text{тр}}} = \frac{335,5}{120} = 2,8; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{2,8 - 1,06}{1,06} \times 100\% = 164,15\%$$

Расчёт на статическую нагрузку

Грунт земляного полотна

Материал: Песок мелкий с содержанием пылеватого-глинистой фракции 8%

$E = 100,0 \text{ МПа}$, $\phi = 25,46^\circ$, $\phi_{\text{стат}} = 31,00^\circ$, $c = 0,00346 \text{ МПа}$

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

$$E_n = \frac{\sum_{i=1}^2 E_i \times h_i}{\sum_{i=1}^2 h_i} = \frac{2180 \times 5 + 800 \times 10}{5 + 10} = 1260 \text{ МПа}$$

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

$$\frac{E_n}{E_{\text{общ}}} = \frac{1260}{100} = 12,6; \quad \frac{h_n}{D} = \frac{15}{16,3} = 0,92; \quad \tau_n \approx 0,02647 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 14]

$$T = \tau_n \times p = 0,02647 \times 0,6 = 0,01588 \text{ МПа}$$

Коэффициент $k_d = 2$ [2, формула 9.6]

Глубина расположения поверхности проверяемого слоя от верха конструкции

$$z_{\text{ис}} = 5 + 10 = 15 \text{ см}$$

Средневзвешенный удельный вес слоёв, расположенных выше проверяемого

Активное напряжение сдвига [1, формула 14]

$$T = \tau_n \times p = 0,02243 \times 0,6 = 0,01346 \text{ МПа}$$

Коэффициент $k_d = 4$ [2, формула 9.6]

Глубина расположения поверхности проверяемого слоя от верха конструкции

$$z_{\text{от}} = 5 + 15 = 20 \text{ см}$$

Средневзвешенный удельный вес слоёв, расположенных выше проверяемого

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{2300 \times 5 + 2000 \times 15}{5 + 15} = 2075 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,002075 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$$

Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 3.14]

$$T_{\text{пр}} = k_d \times (c_n + 0,1 \times \gamma_{\text{ср}} \times z_{\text{от}} \times \text{tg}\phi_{\text{стат}}) = 4 \times (0,005 + 0,1 \times 0,002075 \times 20 \times \text{tg}33^\circ) \approx 0,03078 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T} = \frac{0,03078}{0,01346} = 2,29; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{2,29 - 0,94}{0,94} \times 100\% = 143,6\%$$

Грунт земляного полотна

Материал: Супесь лёгкая

$E = 50,1 \text{ МПа}$, $\phi = 15,39^\circ$, $\phi_{\text{стат}} = 35,29^\circ$, $c = 0,00588 \text{ МПа}$

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

$$E_n = \frac{\sum_{i=1}^3 E_i \times h_i}{\sum_{i=1}^3 h_i} = \frac{2180 \times 5 + 800 \times 15 + 120 \times 5}{5 + 15 + 5} = 940 \text{ МПа}$$

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

$$\frac{E_n}{E_{\text{обш}}} = \frac{940}{50,1} = 18,75; \quad \frac{h_n}{D} = \frac{25}{25,2} = 0,99; \quad \tau_n \approx 0,01559 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 14]

$$T = \tau_n \times p = 0,01559 \times 0,6 = 0,00935 \text{ МПа}$$

Коэффициент $k_d = 1$

Глубина расположения поверхности проверяемого слоя от верха конструкции

$$z_{\text{от}} = 5 + 15 + 5 = 25 \text{ см}$$

Средневзвешенный удельный вес слоёв, расположенных выше проверяемого

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{2300 \times 5 + 2000 \times 15 + 1950 \times 5}{5 + 15 + 5} = 2050 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,00205 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$$

Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 3.14]

$$T_{\text{пр}} = k_d \times (c_n + 0,1 \times \gamma_{\text{ср}} \times z_{\text{от}} \times \text{tg}\phi_{\text{стат}}) = 1 \times (0,012 + 0,1 \times 0,00205 \times 25 \times \text{tg}35,29^\circ) \approx 0,01563 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T} = \frac{0,01563}{0,00935} = 1,67; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{1,67 - 0,94}{0,94} \times 100\% = 77,7\%$$

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

Грунт по степени пучинистости 3

Высота насыпи 0 м, уровень грунтовых вод 2 м, толщина конструкции 0,25 м

Глубина грунтовых вод (от низа дорожной одежды) $H_{гв} = 0 \text{ м} + 2 \text{ м} = 0,25 \text{ м} = 1,75 \text{ м}$

Величина морозного пучения при усреднённых условиях и глубине промерзания 1,38 м [1, номогр. 11]

$l_{пуч.ср.2} = 8,16 \text{ см}$

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

$K_{гв} = 0,5474$

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

$K_{пл} = 0,8$

Коэффициент, учитывающий влияние гранулометрического состава грунта

$K_{гр} = 1,1$

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

$K_{нагр} = 1,07$

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

$K_{вл} = 1,09$

Величина возможного морозного пучения [1, формула 26]

$$l_{пуч} = l_{пуч.ср.} \times K_{гв} \times K_{пл} \times K_{гр} \times K_{нагр} \times K_{вл} = 8,16 \times 0,5474 \times 0,8 \times 1,1 \times 1,07 \times 1,09 = 4,56 \text{ см}$$

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

Ожидаемая пучинистость грунта 4,56 см < 80% от допустимой 6,00 см

Морозоустойчивость конструкции обеспечена.

7. Заключение

В соответствии с выполненными расчетами, принимается конструкция зоны парковок, включающая:

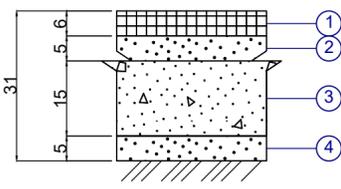
- Дренирующий слой из песка горного – 5 см
- Разделительную прослойку из нетканого геотекстиля, плотностью 150 г/м²;
- Сухой бетон марки В7,5. Толщина слоя – 15 см;
- Монтажный слой из речного песка. Толщина слоя – 5 см;
- Брусчатка бетонная «4ГРАНИ». Толщина слоя – 6 см.

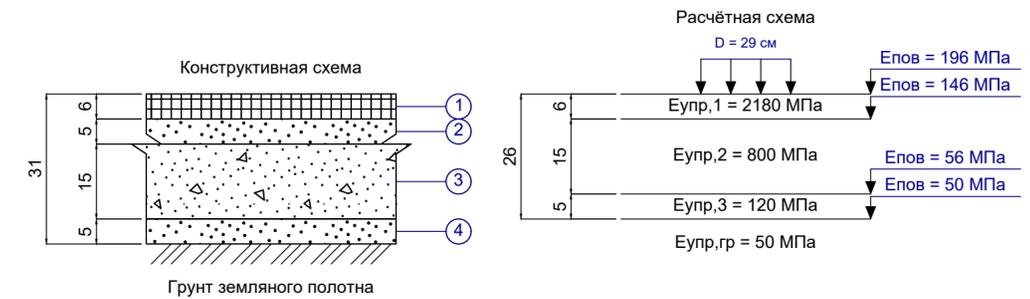
При соблюдении технологии строительства, данная конструкция обеспечит надежную эксплуатацию пешеходной зоны и зоны парковок в течении всего срока службы.

Исходные данные

Название объекта	Автомобильная дорога		
Район проектирования	Самарская область		
Выполняемые расчёты	На упругий прогиб, изгиб, стат. нагрузку, морозоустойчивость, дренаж		
Техническая категория дороги	IV категория	Коэффициент уплотнения грунта	1,02
Тип дорожной одежды	Облегчённый	Требуемый поверхностный модуль упругости, МПа	120
Расчётная влажность грунта Wp	0,69	Суммарное число приложений нагрузки	58401
Нагрузка, кН / Давление, МПа / D штампа, см	60 / 0,60 / 29	Расчётное количество дней в году Трдг	135
Заданная надёжность Кн	0,85	Расчётный срок службы между капитальными ремонтами Тсл, лет	10
Дорожно-климатическая зона	III - подзона 1	Глубина промерзания дорожной конструкции, м	1,38
Схема увлажнения	Схема 1	Уклоны в местах перелома профиля, ‰	40 / 20

Показатель изменения интенсивности: 1,04
 Суммарное число приложений нагрузки: 58401
 Требуемый модуль упругости: 120

№ варианта	Наименование слоёв и материалов конструкции дорожной одежды	Схема конструкции дорожной одежды. Толщина, см	Общий модуль упругости на поверхности слоёв, МПа	Расчётные характеристики			Морозоустойчивость
				Упругий прогиб, МПа	Изгиб, МПа	Статическая нагрузка, МПа	
Вариант № 1	1. Конструктивный слой № 1 — Брусчатка "4ГРАНИ"		Епов = 196	Еупр = 2180 Ктр = 1,060 Красч = 1,640 Запас = 55%	Еизг = 2180	Естат = 2180	
	2. Конструктивный слой № 2 — Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%						
	3. Конструктивный слой № 3 — Сухой бетон В7,5						
	— Нетканый геотекстиль 150г/м2						
	4. Конструктивный слой № 4 — Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%						
Грунт земляного полотна — Супесь лёгкая		Епов = 146	Еупр = 800	Еизг = 800	Естат = 800		
		Епов = 56	Еупр = 120	Еизг = 120	Естат = 120 Ктр = 0,940 Красч = 2,290 Запас = 144%		
		Епов = 50	Еупр = 50		Естат = 50 Ктр = 0,940 Красч = 1,670 Запас = 78%	Лдоп = 6 см Лпуч = 5 см Запас = 0 см	



1. Конструктивный слой № 1 — Брусчатка "4ГРАНИ"
2. Конструктивный слой № 2 — Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%
3. Конструктивный слой № 3 — Сухой бетон В7,5
— Нетканый геотекстиль 150г/м2
4. Конструктивный слой № 4 — Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	Расчет конструкции пешеходной зоны и зоны парковки	Стадия	Лист	Листов	
							П	1	1	
Разраб.		Гончаров			04.21		Расчет конструкции дорожной одежды	ООО "ПРЕСТОПУСЬ"		
Вед.инж.		Гончаров			04.21					
Проверил		Короткевич			04.21					
Нач.отд.		Короткевич			04.21					
Н.контр.		Иванов			04.21					