



ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

«ПРЕСТОРУСЬ»



***ЗАКЛЮЧЕНИЕ
ПО РАСЧЕТУ КОНСТРУКЦИИ ПРОЕЗЖЕЙ
ЧАСТИ ДОРОГ С НАГРУЗКОЙ
СВЫШЕ 3,5 Т***

ШИФР: ЭК-ПР-3103-00000001-2

Москва
2021г.



ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

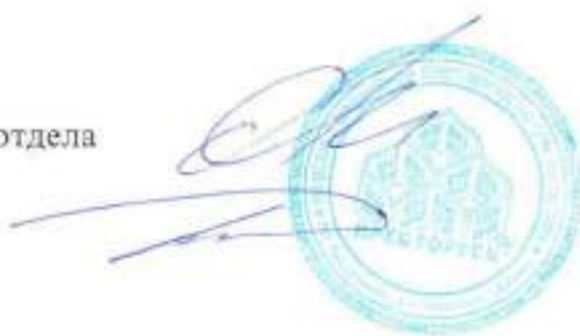
«ПРЕСТОРУСЬ»

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ
ПО РАСЧЕТУ КОНСТРУКЦИИ ПРОЕЗЖЕЙ
ЧАСТИ ДОРОГ С НАГРУЗКОЙ
СВЫШЕ 3,5 Т**

ШИФР: ЭК-ПР-3103-00000001-2

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 проезжей части	2
5. Выполняемые расчеты.....	4
6. Расчет конструкции	5
7. Заключение	9

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 проезжей части

Типовая конструкция для проезжей части дорог с возможностью проезда автомобилей с массой свыше 3,5т представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Типовая конструкция проезжей части

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 выполняется 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 8 см.

5. Выполняемые расчеты

Для установления толщины слоев конструкции проезжей части проведены расчеты по критериям упругого прогиба, сдвигоустойчивости в песчаном слое и в основании, а также выполнены проверка на сопротивление морозному пучению.

6. Расчет конструкции

Расчёт конструкции дорожной одежды

Исходные данные

Название объекта: Автомобильная дорога

Выполняемые расчёты: На упругий прогиб, сдвиг, изгиб, морозоустойчивость, дренаж

Дорожно-климатическая зона: II - подзона I

Схема увлажнения: Схема I

Расчётная влажность грунта

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

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 обочины $\Delta_2 W = 0$ [1, табл. А.3]

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

Расчётная влажность грунта [1, формула А.1]

$$W_p = (W_{\text{таб}} + \Delta_1 W - \Delta_2 W) \times (1 + 0,1 \times t) - \Delta_3 = \\ (0,65 + 0 - 0) \times (1 + 0,1 \times 1,06) - 0 = 0,72$$

Коэффициент уплотнения грунта: 1,00

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 $T_{\text{зед}}$, сут.: 1

Коэффициент снижения притока воды K_p : 1,00

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 $K_{\text{упр}}$ (упругий прогиб): 1,06

Требуемый $K_{\text{сдв}}$ (сдвиг, изгиб): 0,94

Коэффициент нормированного отклонения $t = 1,06$

Расчётный срок службы $T_{\text{сл}}$, 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 $D_{\text{отп}}$, см: 26,26

Статическая нагрузка на ось $Q_{\text{ст}}$, кН: 50,00

Статическая нагрузка от колеса на поверхность Q_w , кН: 25,00

Суммарное число приложений нагрузки

Требуемый модуль упругости $E_{\text{тр}} = 180$ МПа

$$\sum N_p = 10^E \cdot p / (98,65 \times \sqrt{p/0,6}) + c = 10^{180 / (98,65 \times \sqrt{0,6/0,6}) + 2,55} \approx 236936,81 \text{ ед.}$$

Вариант № 1

1) Конструктивный слой № 1: 8,0 см

Каменные мостовые

2) Конструктивный слой № 2: 5,0 см

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

3) Конструктивный слой № 3: 15,0 см

Сухой бетон В7,5

Нетканый геотекстиль 150г/м²

4) Конструктивный слой № 4: 5,0 см

Песок средней крупности, с содержанием пылеато-глинистой фракции 0%

Грунт земляного полотна

Песок мелкий с содержанием пылеато-глинистой фракции 5%

Расчёт на упругий прогиб

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

[1, номогр. 4]

$$\frac{E_n}{E_3} = \frac{E_7}{E_3} = \frac{100}{120} = 0,833; \quad \frac{h_2}{D} = \frac{h_3}{D} = \frac{5}{26,26} = 0,19; \quad \frac{E_{\text{ном}}}{E_n} = \frac{E_{\text{ном}}^2}{E_3} \approx 0,842$$

$$E_{\text{ном}}^2 = 0,842 \times 120 = 101,04 \text{ МПа}$$

[1, номогр. 4]

$$\frac{E_n}{E_2} = \frac{E_3}{E_2} = \frac{101,04}{800} = 0,126; \quad \frac{h_2}{D} = \frac{h_2}{D} = \frac{15}{26,26} = 0,571; \quad \frac{E_{\text{ном}}}{E_n} = \frac{E_{\text{ном}}^1}{E_2} \approx 0,2786$$

$$E_{\text{ном}}^1 = 0,2786 \times 800 = 222,88 \text{ МПа}$$

[1, номогр. 4]

$$\frac{E_n}{E_1} = \frac{E_2}{E_1} = \frac{222,88}{2180} = 0,102; \quad \frac{h_1}{D} = \frac{h_1}{D} = \frac{8}{26,26} = 0,305; \quad \frac{E_{\text{ном}}}{E_n} = \frac{E_{\text{ном}}^0}{E_1} \approx 0,1698$$

$$E_{\text{ном}}^0 = 0,1698 \times 2180 = 370,16 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{E_{\text{ном}}}{E_{\text{тр}}} = \frac{370,16}{180} = 2,06; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \times 100\% = \frac{2,06 - 1,06}{1,06} \times 100\% = 94,34\%$$

Расчёт на сдвигустойчивость

Конструктивный слой № 4

Материал: Песок средней крупности, с содержанием пылеато-глинистой фракции 0%

$E = 120,0 \text{ МПа}$, $\phi = 27,70^\circ$, $\phi_{\text{свт}} = 32,00^\circ$, $c = 0,00285 \text{ МПа}$

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

$$E_n = \frac{\sum_{i=1}^z E_i \times h_i}{\sum_{i=1}^z h_i} = \frac{2180 \times 8 + 800 \times 15}{8 + 15} = 1280 \text{ МПа}$$

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

$$\frac{E_n}{E_{\text{обш}}} = \frac{1280}{101} = 12,67; \quad \frac{h_n}{D} = \frac{23}{26,3} = 0,88; \quad \tau_n \approx 0,03186 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 14]

$$T = \tau_n \times p = 0,03186 \times 0,6 = 0,01912 \text{ МПа}$$

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

Глубина расположения поверхности проверяемого слоя от верха конструкции

$$z_{\text{от}} = 8 + 15 = 23 \text{ см}$$

Средневзвешенный удельный вес слоёв, расположенных выше проверяемого

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{2300 \times 8 + 2000 \times 15}{8 + 15} = 2104,3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,002104 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$$

Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 3.14]

$$T_{\text{пр}} = k_d \times (c_n + 0,1 \times \gamma_{\text{ср}} \times z_{\text{от}} \times tg\phi_{\text{стат}}) = 4 \times (0,003 + 0,1 \times 0,002104 \times 23 \times tg32^\circ) \approx 0,0241 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T} = \frac{0,0241}{0,01912} = 1,26; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тп}}}{K_{\text{тп}}} \times 100\% = \frac{1,26 - 0,94}{0,94} \times 100\% = 34\%$$

Грунт земляного полотна

Материал: Песок мелкий с содержанием пылеато-глинистой фракции 5%

$E = 100,0$ МПа, $\phi = 26,00^\circ$, $\phi_{\text{стат}} = 31,00^\circ$, $c = 0,00400$ МПа

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

$$E_n = \frac{\sum_{i=1}^3 E_i \times h_i}{\sum_{i=1}^3 h_i} = \frac{2180 \times 8 + 800 \times 15 + 120 \times 5}{8 + 15 + 5} = 1072,9 \text{ МПа}$$

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

$$\frac{E_n}{E_{\text{обш}}} = \frac{1072,9}{100} = 10,73; \quad \frac{h_n}{D} = \frac{28}{26,3} = 1,07; \quad \tau_n \approx 0,02657 \text{ МПа}$$

Активное напряжение сдвига [1, формула 14]

$$T = \tau_n \times p = 0,02657 \times 0,6 = 0,01594 \text{ МПа}$$

Коэффициент $k_d = 2$

Глубина расположения поверхности проверяемого слоя от верха конструкции

$$z_{\text{от}} = 8 + 15 + 5 = 28 \text{ см}$$

Средневзвешенный удельный вес слоёв, расположенных выше проверяемого

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{2300 \times 8 + 2000 \times 15 + 1950 \times 5}{8 + 15 + 5} = 2076,8 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 0,002077 \frac{\text{кг}}{\text{см}^3}$$

Предельное активное напряжение сдвига [1, формула 3.14]

$$T_{\text{пр}} = k_d \times (c_n + 0,1 \times \gamma_{\text{ср}} \times z_{\text{от}} \times tg\phi_{\text{стат}}) = 2 \times (0,004 + 0,1 \times 0,002077 \times 28 \times tg31^\circ) \approx 0,01499 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T} = \frac{0,01499}{0,01594} = 0,94; \quad \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тп}}}{K_{\text{тп}}} \times 100\% = \frac{0,94 - 0,94}{0,94} \times 100\% = 0\%$$

Расчёт на изгиб

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

Результаты расчёта на морозоустойчивость

Материал грунта: Песок мелкий с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%

Группа грунта по степени пучинистости 2

Высота насыпи 0 м, уровень грунтовых вод 2 м, толщина конструкции 0,28 м

Глубина грунтовых вод (от низа дорожной одежды) $H_y = 0 \text{ м} + 2 \text{ м} - 0,28 \text{ м} = 1,72 \text{ м}$

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

$l_{\text{пуч.ср.2}} = 4,7 \text{ см}$

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

$K_{\text{утв}} = 0,5505$

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

$K_{\text{пл}} = 1$

Коэффициент, учитывающий влияние гранулометрического состава грунта

$K_{\text{гр}} = 1$

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

$K_{\text{нагр}} = 1,07$

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

$K_{\text{вл}} = 1,12$

Величина возможного морозного пучения [1, формула 26]

$$l_{\text{пуч}} = l_{\text{пуч.ср.2}} \times K_{\text{утв}} \times K_{\text{пл}} \times K_{\text{гр}} \times K_{\text{нагр}} \times K_{\text{вл}} = 4,7 \times 0,5505 \times 1 \times 1 \times 1,07 \times 1,12 = 3,1 \text{ см}$$

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

Ожидаемая пучинистость грунта 3,10 см < 80% от допустимой 6,00 см

Морозоустойчивость конструкции обеспечена.

Расчёт дренажного слоя

Расчёт не может быть произведён, так как в конструкции отсутствует дренажный слой.

7. Заключение

В соответствии с выполненными расчетами, принимается конструкция проезжей части, включающая:

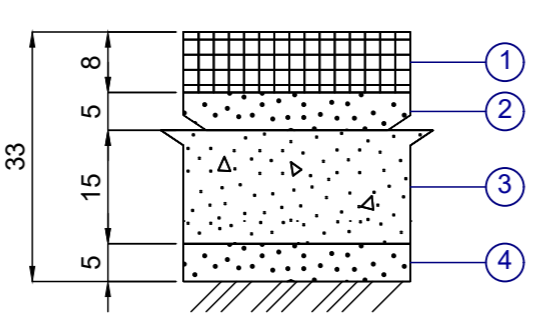
- Дренирующего слоя из песка средней крупности с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%. Толщина слоя – 5 см;
- Разделительную прослойку из нетканого геотекстиля, плотностью 150 г/м²;
- Сухой бетон марки В7,5. Толщина слоя – 15 см;
- Монтажный слой из речного песка. Толщина слоя – 5 см;
- Брусчатка бетонная «4ГРАНИ». Толщина слоя – 8 см.

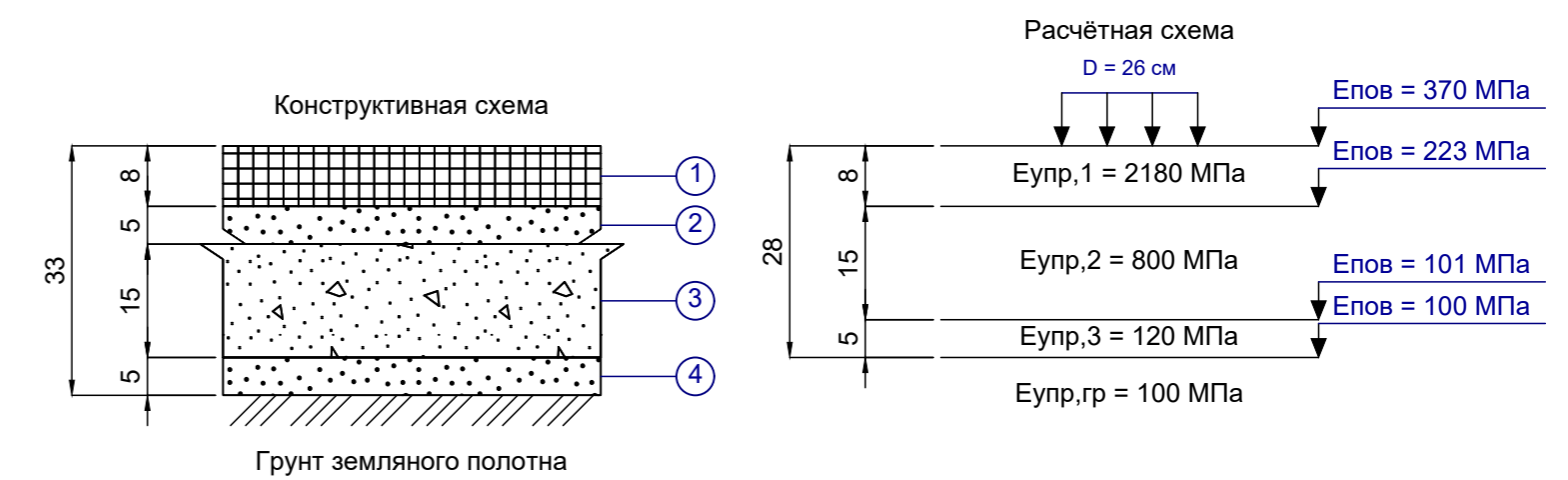
При соблюдении технологии строительства, данная конструкция обеспечит надежную эксплуатацию проездов в течении всего срока службы.

Исходные данные

Название объекта	Конструкции проезжей части дорог с нагрузкой свыше 3,5 т		
Район проектирования	Самарская область		
Выполняемые расчёты	На упругий прогиб, сдвиг, изгиб, морозоустойчивость		
Техническая категория дороги	IV категория	Коэффициент уплотнения грунта	1,00
Тип дорожной одежды	Облегчённый	Требуемый поверхностный модуль упругости, МПа	180
Расчётная влажность грунта W_p	0,69	Суммарное число приложений нагрузки	236937
Нагрузка, кН / Давление, МПа / D штампа, см	50 / 0,60 / 26	Расчётное количество дней в году Трдг	135
Заданная надёжность K_n	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: 236937
 Требуемый модуль упругости: 180

№ 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	Сдвиг, МПа	Изгиб, МПа					
Вариант № 1	1. Конструктивный слой № 1 — Брусчатка "4ГРАНИ"		Епов = 370	Еупр = 2180 Ктр = 1,060 Красч = 2,060 Запас = 94%	Есдв = 2180	Еизг = 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							Епов = 223	Еупр = 800	Есдв = 800	Еизг = 800
	4. Конструктивный слой № 4 — Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 0%							Епов = 101	Еупр = 120	Есдв = 120 Ктр = 0,940 Красч = 1,260 Запас = 34%	Еизг = 120
	Грунт земляного полотна — Песок мелкий с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%							Епов = 100	Еупр = 100	Есдв = 100 Ктр = 0,940 Красч = 0,940 Запас = 0%	Еизг = 100



- Конструктивный слой № 1 — Брусчатка "4ГРАНИ"
- Конструктивный слой № 2 — Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 5%
- Конструктивный слой № 3 — Сухой бетон В7,5
— Нетканый геотекстиль 150г/м2
- Конструктивный слой № 4 — Песок средней крупности, с содержанием пылевато-глинистой фракции 0%

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата	Конструкции проезжей части дорог с нагрузкой свыше 3,5 т	Стадия	Лист	Листов			
Разраб.	Гончаров				04.21					П	1	1
Вед.инж.	Гончаров				04.21							
Проверил	Короткевич				04.21							
Нач.отд.	Короткевич				04.21							
Н.контр.	Иванов				04.21							
Расчет конструкции дорожной одежды							ООО "ПРЕСТОПУСЬ"					