

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ НИЖНИХ СЛОЕВ ОСНОВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД.....	6
2. АРМИРОВАНИЕ НАСЫПЕЙ НА СЛАБЫХ ОСНОВАНИЯХ.....	22
3. ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМАХ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	24
4. ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В КАЧЕСТВЕ ГИБКОГО РОСТВЕРКА ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ МЕЖСВАЙНОГО ПРОСТРАНСТВА	32
5. ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОТИВОЭРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ НАСЫПЕЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	38
Библиографический список.....	42

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие предназначено для обучающихся по образовательным программам по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, профиль «Дорожное строительство». Материал пособия направлен на выстраивание методики выполнения практических заданий и самостоятельных работ, а также на систематизацию знаний, полученных при изучении дисциплины.

Методические рекомендации пособия определяют порядок разработки заданий, планирования структуры, объема, содержания и оформления курсовой работы/проекта, сроки ее подготовки, представления к защите и организации защиты, а также соответствующего контроля и помощи обучающимся на всех этапах работы над темой.

Геосинтетические материалы в дорожном строительстве в России начали применяться еще в 70-х гг. прошлого века на легендарной автомобильной дороге Москва – Рига, где использовался нетканый геотекстиль для армирования и дренирования выемки из переувлажненных грунтов (суглинков). Применение геотекстиля продемонстрировало его высокую эффективность. Кроме того, геосинтетические материалы получили широкое распространение в нефтегазовых районах Западной Сибири, полуострова Ямал, Республике Коми и в других районах по добыче энергоресурсов, там, где требовалось обеспечить сокращение неравномерности осадки на слабых грунтах, армирование оснований, применение мерзлых и комковатых грунтов в теле насыпи земляного полотна, а также под железобетонными плитами для предотвращения выхода песка через швы на первой стадии строительства.

В 80-е гг. XX в. институтом транспортного строительства (ЦНИИС) внедрялись геосинтетические материалы из стеклоровинговых тканей в качестве армирующих элементов мостовых устоев диванного типа, а также для армирования откосов насыпей на слабых основаниях. На тот момент в СССР из геосинтетических материалов в основном применялся «Дорнит» (нетканый геотекстиль из полиэфирных волокон), а также стеклоткани и стеклосетки такого завода, как Стеклонит (г. Уфа), фабрика нетканых материалов (г. Туймазы, Республика Башкортостан). В 90-х гг. XX в. из отечественных производителей можно отметить компании, выпускающие объемные георешетки для армирования слабых оснований, а также противозрозионной защиты откосов насыпей. Появились такие материалы, как Геокаркас® (ООО «Геотехкомплекс»), Прудон® (УНР-494), Геовеб® (ООО «Престорусь»). Также на российский рынок пришли и зарубежные геосинтетические материалы таких производителей, как Colbond Geosynthetics (Нидерланды – Германия), Huesker Geosynthetics и NAUE (Германия), Polyfelt (Австрия), Tensar (Англия), Tenaх, Maccaferry (Италия), DuPont (США – Люксембург), Ten Cate Nikolon (Нидерланды – США).

На данный момент в России геосинтетические материалы производят более 30 заводов, а ассортимент практически не уступает зарубежным ведущим производителям. В российском научном мире проводятся различные эксперименты, идет внедрение новых геосинтетических материалов, совершенствуются нормативная база, методики расчета, апробируются технологии и методы строительства.

1. ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ НИЖНИХ СЛОЕВ ОСНОВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Когда применяются геосинтетические материалы (георешетки, геосетки), происходит усиление дорожной одежды, а также предотвращение смешивания материалов контактирующих слоев.

Армирование конструкции наступает из-за комплексной работы геосинтетических материалов (георешеток, геосеток) с зернистым материалом основания, приводящей к фиксации (невозможности перемещений) отдельных зерен этого материала в ячейках георешетки (геосетки). Полученный композит «зернистый материал + георешетка» обладает наилучшими механическими свойствами, особенно отличной устойчивостью к воздействию динамических нагрузок.

Для армирования используются георешетки с размерами ячеек в пределах 33...41 мм или более для обеспечения максимального сцепления слоев дорожной одежды. В итоге армирования основания дорожной одежды увеличиваются сроки службы, повышается эксплуатационная надежность дорожных конструкций, улучшаются транспортно-эксплуатационные показатели автомобильных дорог, появляется возможность уменьшения толщин слоев дорожной одежды, а следовательно, снижения материалоемкости, сокращения транспортных расходов и сроков строительства [1].

Выбирать конструкцию дорожных одежд требуется на основе технико-экономического сравнения вариантов. При этом следует учитывать возникающий в сопоставлении с традиционными решениями технический эффект, связанный с повышением надежности дорожных конструкций, качества строительства, долговечности, что не всегда может быть точно оценено количественно. При строительстве и ремонте автомобильных дорог, особенно высоких технических категорий, а также в сложных погодных-климатических и грунтово-гидрологических условиях, наличие такого эффекта при его надлежащем техническом обосновании может оказаться более существенным с точки зрения работоспособности, транспортно-эксплуатационных качеств дорожной конструкции, чем получение единовременной экономии средств по другим из сопоставляемых вариантов [1].

Для эффективной работы в композитной конструкции рекомендуется соблюдать определенные соотношения между крупностью зерен материала армируемого основания и размером ячеек георешеток (геосеток) для совместной их работы.

Требования к геосинтетическим материалам для армирования нижних слоев дорожной одежды представлены в табл. 1 в соответствии с нормативным документом [2].

Таблица 1

Требования к геосинтетическим материалам для армирования нижних слоев дорожной одежды

Показатель	Значение показателя	Метод испытаний
Прочность при растяжении в продольном и поперечном направлениях, кН/м, не менее	30*	По ГОСТ Р 55030-2012 «Дороги автомобильные общего пользования»
Расчетная прочность при растяжении в продольном и поперечном направлениях, кН/м, не менее	17	По ГОСТ Р 70060-2022 (подразд. 4.3, табл. 2) [4]
Относительное удлинение при максимальной нагрузке в продольном и поперечном направлениях, %, не более	20	По ГОСТ Р 55030-2012
Напряжения в материале для продольного и поперечного направлений, кН/м, не менее, при относительном удлинении, %:		То же
2	3,0	
5	7,5	
10	15,0	

*Для материалов, предназначенных для использования при устройстве временных дорог и технологических проездов, допускается снижение показателя до 20 кН/м.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

(основана на данных по [2]) на примере конструкции дорожной одежды

Задача. Необходимо уменьшить толщину основания дорожной одежды, используя армирующие геосинтетические материалы.

Исходные данные

Район проектирования — Ленинградская область; категория проектируемой дороги — II; количество полос движения — 4; дорожно-климатическая зона — II; подзона — 1; тип местности по рельефу — равнинные районы; схема увлажнения грунта рабочего слоя — 3; номер района проектирования, соответствующий количеству расчетных дней в году $T_{р.д.г}$ — 3; количество расчетных дней в году — 125; тип дорожной одежды — капитальный; заданная надежность — $K_n = 0,95$; тип земполотна — насыпь; грунт рабочего слоя земляного полотна — очень мелкий песок с содержанием пылеватых частиц св. 1 до 5 %; глубина промерзания грунта — 1,33; уровень грунтовых вод, считая от верха дорожной одежды, — 1,50 м; коэффициент уплотнения грунта земляного полотна $K_{упл} = 0,99 \dots 0,98$. Поправка на влажность $\Delta_2 W$ — 0,02.

Определение суммарного числа приложений расчетной нагрузки

Группа расчетной нагрузки — А-11,5 ($P = 0,8$ МПа); срок работ: по капитальному ремонту — 24 года, по ремонту — 12 лет; параметры расчетной нагрузки: нагрузка на колесо — $P = 57,50$ кН; давление колеса на покрытие — $p = 0,80$ МПа, диаметр штампа колеса — $D_d = 34,50$ см, диаметр штампа колеса от статической нагрузки — $D_{ст} = 30,30$ см, показатель изменения интенсивности движения — $q = 1,013$.

Интенсивность движения и расчет приведенной интенсивности движения приведены в табл. 2, 3.

Таблица 2

Интенсивность движения

Состав транспортного потока	Интенсивность движения, авт./сут
Легковые автомобили, небольшие грузовики (фургоны) и другие автомобили с прицепом и без него	4800,00
Грузовые автомобили:	
двухосные	310,00
трехосные	160,00
четырёхосные	70,00
Автопоезда:	
четырёхосные (двухосный грузовой автомобиль с прицепом)	150,00
пятиосные (трехосный грузовой автомобиль с прицепом)	100,00
Седельные автопоезда:	
трехосные (двухосный седельный тягач с полуприцепом)	30,00
четырёхосные (двухосный седельный тягач с полуприцепом)	50,00
пятиосные (двухосный седельный тягач с полуприцепом)	550,00
то же (трехосный седельный тягач с полуприцепом)	15,00
шестиосные	230,00
Автомобили с семью и более осями и др.	30,00
Автобусы	230,00

Расчет приведенной интенсивности движения

Тип автомобиля	Коэффициент приведения S_m	Интенсивность N_m , авт./сут	Приведенная интенсивность $N_m S_m$, ед./сут
Легковые автомобили, небольшие грузовики (фургоны) и другие автомобили с прицепом и без него	0,0015	4800,00	7,20
Грузовые автомобили:			
двухосные	1,810	310,00	561,10
трехосные	2,84	160,0	454,40
четырёхосные	3,51	70,0	245,70
Автопоезда:			
четырёхосные (двухосный грузовой автомобиль с прицепом)	2,65	150,0	397,50
пятиосные (трехосный грузовой автомобиль с прицепом)	3,28	100,0	328,00
Седельные автопоезда:			
трехосные (двухосный седельный тягач с полуприцепом)	2,9	30,0	87,00
четырёхосные (двухосный седельный тягач с полуприцепом)	3,67	50,0	183,50
пятиосные (двухосный седельный тягач с полуприцепом)	3,76	550,0	2068,00
пятиосные (трехосный седельный тягач с полуприцепом)	4,13	15,0	61,95
шестиосные	2,99	230,0	687,70
Автомобили с семью и более осями и др.	2,19	30,0	65,70
Автобусы	1,81	230,0	416,30
Итого: $\sum_{m=1}^n N_m S_m = 5564,05$ ед./сут.			

Приведенная интенсивность движения к воздействию расчетной нагрузки N_p на полосу движения на 1 год (t) эксплуатации дороги определяется по формуле [3]

$$N_p = f_{\text{пол}} \sum_{m=1}^n N_m S_m = 0,45 \cdot 5564,05 = 2503,82 \text{ ед./сут}, \quad (1)$$

где $f_{\text{пол}}$ — коэффициент распределения интенсивности движения для самой нагруженной полосы движения, зависящий от числа полос движения, принимаемый при отсутствии данных натурных наблюдений по табл. 2. В расчете $f_{\text{пол}} = 0,45$;

N_m — интенсивность m -й марки на 1 год эксплуатации дороги;

S_m — суммарный коэффициент приведения к расчетной нагрузке автомобиля m -й марки (ГОСТ Р 71405-2024).

Суммарное число приложений приведенной расчетной нагрузки за срок службы до капитального ремонта ($T_{\text{сл}} = 24$), при известной приведенной интенсивности движения к расчетной нагрузке на 1 год, t , эксплуатации дороги, определяют по [3, формула (4)]:

$$\sum N_p = 0,7 N_p \frac{K_c}{q^{(T_{\text{сл}}-1)}} T_{\text{р.д.г}} k_n = 0,7 \cdot 2503,82 \frac{27,92}{1,013^{1-1}} 125 \cdot 1,49 = 9114497,64 \text{ ед.}, \quad (2)$$

здесь K_c — коэффициент суммирования:

$$K_c = \frac{q^{T_{\text{сл}}} - 1}{q - 1} = \frac{1,013^{24} - 1}{1,013 - 1} = 27,92; \quad (3)$$

$T_{\text{сл}}$ — нормативный межремонтный срок службы дорожных одежд между капитальными ремонтами, годы. Если год, на который задана интенсивность, не является последним, то в знаменателе формулы $\sum N_p$ в качестве $T_{\text{сл}}$ используется год t , на который задана интенсивность;

$T_{p,д.г}$ — расчетное количество дней в году, зависящее от района проектирования, соответствующее определенному состоянию деформируемости дорожной конструкции, дни. В расчете $T_{p,д.г} = 125$ дней [3, табл. 3 и рис. 1];

k_n — коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого. В расчете принят равным 1,49 [3, табл. 4].

Расчетные характеристики слоев дорожной одежды

Расчетные характеристики приведены в табл. 4.

Таблица 4

Расчетные характеристики слоев дорожной одежды

Номер слоя	Материал слоя	Толщина, см	Модуль упругости, МПа			Сопротивление растяжению при изгибе R_0 , МПа	Показатель степени m	Коэффициент α
			по упругому прогибу	по сдвигу	на изгиб			
1	SMA-16 на битумном вяжущем PG X (от 58,1 до 70,0) — Y	5,0(2,5)*	3300	2115	4950	9,50	5,50	5,20
2	SP-32Э на битумном вяжущем PG X (от 58,1 до 70,0) — Y	9,0	4100	2550	6100	9,50	5,50	5,20
3	SP-32Э на битумном вяжущем PG X (от 58,1 до 70,0) — Y	12,0	3150	2000	5200	8,50	4,76	5,20
4	Щебеночно-песчаная смесь 0/63, размер зерен 63 мм	31,0	275	275	275	0,00	—	—
5	Очень мелкий песок с содержанием пылеватых частиц св. 1 до 5 %	20,0	100	100	100	—	—	—
6	То же	Нижний слой	100	100	100	—	—	—

*При расчете учитывается толщина слоя (в скобках), без учета слоя износа в 2,50 см.

Общая толщина дорожной одежды 74,50 см.

Толщина дорожной одежды с учетом толщины слоя износа — 77,00 см.

Расчет на прочность по допускаемому упругому прогибу

Расчет выполняется в следующей последовательности:

1) определяют минимальный требуемый модуль упругости конструкции по формуле (9) [3] при $C = 3,20$:

$$E_{\min} = \frac{\sqrt{p}}{0,6} 98,65 (\log_{10} \sum N_p - C) = \frac{\sqrt{0,80}}{0,6} 98,65 [\log_{10} 9114497,64 - 3,20] = 428,28 \text{ МПа.} \quad (4)$$

Независимо от результата, полученного по формуле, $E_{\min}$ должен быть не менее указанного в табл. 7 [3] (для дорог категорий IVA(Б)-р(п) и VA принимается в соответствии с табл. 26 ГОСТ Р 588818-2020 «Дороги автомобильные с низкой интенсивностью движения. Проектирование, конструирование и расчет»), равного 325,00 МПа. В расчете $E_{\min} = 428,276$ МПа;

2) определяют общий модуль упругости конструкции $E_{\text{общ}}$ по номограмме [3, рис. Е.1, Е.2]. Расчет выполняют снизу вверх.

Результаты расчета общего модуля упругости $E'_{\text{общ}}$ дорожной одежды приведены в табл. 5.

Таблица 5

Результаты расчета общего модуля упругости дорожной одежды

Номер слоя	Модуль упругости E , МПа	Толщина слоя h , см	h_i/D_d	Модуль упругости нижнего слоя/верхнего слоя E_n/E_b	Общий модуль упругости на поверхности слоя $E_{\text{общ}}^I$, МПа
1	3300,00	2,50	$2,50 / 34,50 = 0,072$	$574,00 / 3300 = 0,174$	$0,1840 \cdot 3300 = 607,11$
2	4100,00	9,00	$9,00 / 34,50 = 0,261$	$368,31 / 4100 = 0,090$	$0,1400 \cdot 4100 = 574,00$
3	3150,00	12,00	$12,00 / 34,50 = 0,348$	$179,99 / 3150 = 0,057$	$0,1169 \cdot 3150 = 368,31$
4	275,00	31,00	$31,00 / 34,50 = 0,899$	$100,00 / 275 = 0,364$	$0,6545 \cdot 275 = 179,99$
5	100,00	20,00	$20,00 / 34,50 = 0,580$	$100,00 / 100 = 1,000$	$1,0000 \cdot 100 = 100$
6	—	—	—	—	100

Общий модуль $E_{\text{общ}}^I = 607,11$ МПа;

3) определяют требуемый коэффициент прочности конструкции $K_{\text{пр}}^{\text{тр}}$ [3, табл. 5]. В расчете $K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 1,20$;

4) вычисляют коэффициент прочности конструкции:

$$K_{\text{пр}} = \frac{E_{\text{общ}}^I}{E_{\text{мин}}} = \frac{607,107}{428,276} = 1,418. \quad (5)$$

Коэффициент запаса

$$K_{\text{зап}} = \frac{(E_{\text{общ}}^I - E_{\text{мин}} \cdot K_{\text{пр}}^{\text{тр}})}{(E_{\text{мин}} \cdot K_{\text{пр}}^{\text{тр}})} 100 \% = \frac{(607,107 - 428,276 \cdot 1,20)}{(428,276 \cdot 1,20)} 100 \% = 18,13 \%. \quad (6)$$

Условие прочности по усталостному разрушению при изгибе *выполнено*, коэффициент запаса составляет 18,1 %.

Расчет дорожной одежды на сопротивление слоев асфальтобетона усталостному разрушению от растяжения при изгибе

Расчетная схема конструкции приведена табл. 6.

Таблица 6

Толщина i -го слоя, см	Модуль упругости, МПа
$h_1 = 2,50$	$E_1 = 4950,00$
$h_2 = 9,00$	$E_2 = 6100,00$
$h_3 = 12,00$	$E_3 = 5200,00$
—	$E_{\text{общ,н}} = 179,99$

Расчет по усталостному разрушению при изгибе монолитных слоев конструкции выполняется в следующей последовательности:

1) определяют средневзвешенный модуль упругости слоев асфальтобетона E_b по формуле (16) [2]:

$$E_b = \frac{\sum_{i=1}^n E_i \cdot h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} = \frac{129675,00}{23,50} = 5518,09 \text{ МПа}, \quad (7)$$

включая рассчитываемый слой, в соответствии с табл. 7.

Таблица 7

Средневзвешенный модуль упругости слоев асфальтобетона

Номер слоя i	h_i , см	E_i , МПа	$E_i h_i$
1	2,50	4950,00	12375,00
2	9,00	6100,00	54900,00
3	12,00	5200,00	62400,00
Итого	$\sum h_i = 23,50$ см	—	$\sum E_i \cdot h_i = 129675,00$ см

При новом строительстве или капитальном ремонте с заменой всех слоев асфальтобетона нижним слоем модели служит часть конструкции, расположенная ниже пакета асфальтобетонных слоев, включая грунт рабочего слоя земляного полотна.

При ремонтах (замене двух и более слоев покрытия) нижним слоем модели служит нижний существующий слой асфальтобетона при его наличии;

2) определяют общий модуль упругости $E_{\text{общ}}$ на поверхности нижних слоев с помощью номограмм [3, рис. Е.1, Е.2].

Таблица 8

Общий модуль упругости на поверхности слоя

Номер слоя i	Модуль упругости E_i , МПа	Толщина слоя h_i , см	h_i/D_d	E_n/E_b	$E_{\text{общ}}^i$, МПа
4	275,00	31,00	$31,00 / 34,50 = 0,899$	$100,00 / 275,00 = 0,364$	$0,6545 \cdot 275,00 = 179,99$
5	100,00	20,00	$20,00 / 34,50 = 0,580$	$100,00 / 100,00 = 1,000$	$1,0000 \cdot 100,00 = 100,00$
6	—	—	—	—	100

Общий модуль упругости нижних слоев конструкции $E_{\text{общ.н}} = 179,99$ МПа (табл. 8);

3) по отношениям $E_b/E_{\text{общ.н}} = 5518,09/179,99 = 30,658$, $h_i/D_d = 23,50/34,50 = 0,681$ с использованием номограммы [3, прил. Е, рис. Е.51, Е.52] определяют растягивающее напряжение в монолитном слое от единичной нагрузки $\bar{\sigma}_r = 1,486$ МПа;

4) расчетное растягивающее напряжение в монолитном слое вычисляют по формуле (9) [3]:

$$\sigma_r = \bar{\sigma}_r p k_b = 1,486 \cdot 0,80 \cdot 0,85 = 1,011 \text{ МПа}, \quad (8)$$

где $\bar{\sigma}_r$ — растягивающее напряжение от единичной нагрузки [3, рис. 5], определяемое: по номограмме рис. Е.51 для спаянного контакта, между слоями из асфальтобетона, а также между слоем из асфальтобетона и монолитным слоем основания, содержащим органическое вяжущее; по номограмме рис. Е.52 для гладкого контакта, между нижним слоем из асфальтобетона и слоем основания дорожной одежды под ним из неукрепленных материалов, а также между слоем из асфальтобетона и монолитным слоем основания, не содержащим органическое вяжущее;

p — расчетное давление от колеса на покрытие, МПа;

k_b — коэффициент, учитывающий особенности напряженного состояния покрытия конструкции под спаренным баллоном;

5) определяют предельное растягивающее напряжение с учетом усталостных явлений R_N в монолитном слое по формуле (18) [3]:

$$R_N = R_0 k_1 k_2 (1 - V_r t) = 8,50 \cdot 0,1794 \cdot 0,80 (1 - 0,1 \cdot 1,71) = 1,011 \text{ МПа}, \quad (9)$$

где R_0 — нормативное значение предельного сопротивления растяжению при изгибе (табл. Г.5, прил. Г [3]), МПа;

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru