МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СОЮЗДОРНИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРИМЕНЕНИЮ АРМИРУЮЩИХ СЕТОК ИЗ СТЕКЛОВОЛОКНА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД С ЗЕРНИСТЫМ ОСНОВАНИЕМ

Утверждены зам.директора Союздорнии
канд.техн.наук Б.С.Марышевым

Одобрены Минтрансстроем
(письмо № АВ-191 от 28.03.88г.)

МОСКВА 1988

gost.e-ecolog.ru

УДК 625.855.3:691.87-427(083.131)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ АРМИРУЮЩИХ СЕТОК ИЗ СТЕКЛОВОЛОКНА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД С ЗЕРНИСТЫМ ОСНОВАНИЕМ. Союздорнии. М., 1988.

Предложены конструкции нежестких дорожных одежд с зернистым основанием (покрытием), армированным сеткой, которые по сравнению с традиционными обеспечивают экономию зернистого материала, обладают высокой надежностью и долговечностью.

Отражены требования к материалам и дана методика расчета армированных дорожных одежд. Приведены технология устройства армированного зернистого основания, область рационального применения армированных конструкций, пример расчета.

Табл. 3, рис. 3.

УДК 625.855.3:691.87-427(083.131)

Предисловие

Широко используемые в практике строительства конструкции нежестких дорожных одежд с неукрепленным зернистым основанием (покрытием), имея ряд преимуществ, главным образом технологического характера (простота устройства зернистых слоев, возможность производства работ в любое время года, использование традиционного парка дорожно-строительных машин и др.), обладают существенным недостатком - пониженной по сравнению с конструкциями с укрепленным основанием прочностью на сдвиг в подстилающем грунте.

Исследованиями Союздорнии установлено, что этот недостаток полностью или в значительной мере устраняется, если в процессе устройства основания (покрытия) между подстилающим грунтом и зернистым материалом укладывается армирующая сетка с высоким модулем упругости при растяжении. При этом обеспечивается экономия зернистого материала, повышается надежность и удлиняется срок службы дорожной одежды.

Применение в конструкциях дорожных одежд геотекстильных рулонных материалов (особенно в виде сеток) - новое направление в отечественной и зарубежной практике дорожного строительства. Исследования особенностей работы и возможностей использования сеток для армирования зернистых материалов проводились в Союздорнии с 1982 по 1987 г. при участии Всесоюзного научно-исследовательского института стеклопластиков и стекловолокна (ВНИИСПВ) Минхимпрома и его украинского филиала, Союздорпроекта, строительного треста УС автомобильной дороги Москва-Рига Минтрансстроя и предприятия-изготовителя сетки - Астраханского завода стекловолокна им.50-летия ВЛКСМ.

На основе проведенных исследований, анализа зарубежного опыта и результатов опытно-экспериментальной проверки на автомобильной дороге Москва-Рига разработаны настоящие "Методические рекомендации по применению армирующих сеток из стекловолокна при строительстве нежестких дорожных одежд с зернистым основанием". В них отражены требования к материалам и методике расчета армированных дорожных одежд, технология устройства армированного зернистого основания (покрытия) и область рационального применения армированных конструкций; дан пример расчета. При разработке Методических рекомендаций использовано изобретение[x)].

Методические рекомендации разработали кандидаты технических наук В.Ю.Гладков, А.Е.Мерзликин и доктор технических наук В.Д.Казарновский.

Замечания и предложения по данной работе просьба направлять по адресу: 143900, Московская обл., г.Балашиха-6, Союздорнии.

---

x) Авт.свид. № 1139790.

1. Общие положения

1.1. "Методические рекомендации по применению армирующих сеток из стекловолокна при строительстве нежестких дорожных одежд с зернистым основанием" разработаны в развитие главы СНиП 3.06.03-85 и "Инструкции по проектированию дорожных одежд нежесткого типа" ВСН 46-83 (М.: Транспорт, 1985) и предназначены для использования при проектировании и строительстве нежестких дорожных одежд с зернистыми слоями на автомобильных дорогах общей сети, временных, подъездных, промышленных и специального назначения: нефтепромысловых, лесных, сельскохозяйственных.

1.2. При расчете армированных конструкций предлагаемым способом использован полуэмпирический метод, справедливый для определенных, строго заданных условий, указанных в п.1.3

Проверка метода в условиях строительства позволит выявить закономерности в работе армированных дорожных одежд в процессе длительной эксплуатации и оценить их фактическую долговечность, чтобы в последующем уточнить отдельные положения настоящих Методических рекомендаций.

1.3. Полуэмпирический метод расчета можно применять только при использовании в конструкции:

зернистых оснований (покрытий) из фракционированного (фракции 20-40, 20-70, 40-70 и 40-90 мм) или рядового щебня;

песка, легкой супеси или тяжелого суглинка, подстилающих щебеночное основание (покрытие);

сеток из стекловолокна с размерами ячеек 5х5 . . . 25х25 мм.

1.4. Армирующую сетку укладывают на контакте ще-

беночного основания (покрытия) с грунтом земляного полотна или песчаным подстилающим слоем, как показано на рис. 1.

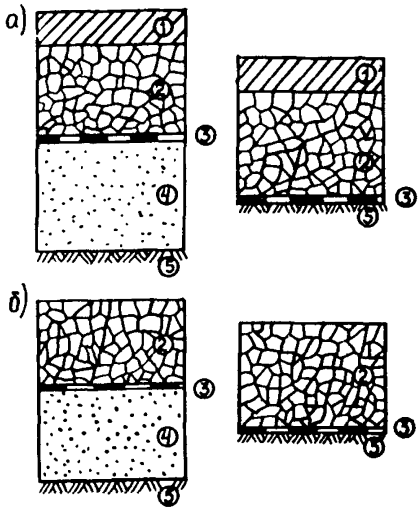


Рис.1. Конструкции армированных дорожных одежд усовершенствованного (а) и переходного (б) типов: 1–слои (слой) асфальтобетона; 2–щебеночный слой основания (покрытия); 3–армирующая сетка; 4–песчаный подстилающий слой; 5–грунт земляного полотна

1.5. Армирующая сетка в контактной зоне системы "щебень – подстилающий грунт" способствует снижению расчетных активных сдвигающих напряжений в грунте и повышению прочности дорожных конструкций по критерию сдвига. Роль сетки сводится главным образом к усилению дорожной одежды и предупреждению диффузии материалов контактирующих слоев.

Эффект армирования (усиления) проявляется благодаря совместной работе сетки с дискретным материалом основания (покрытия), обеспечиваемой их зацеплением.

1.6. Применение армирующих сеток при строительстве дорожных одежд с щебеночными слоями позволяет уменьшить расход щебня; сократить объемы перевозок дорожно-строительных материалов, транспортные рас –

ходы; сроки строительства; улучшить транспортно-эксплуатационные характеристики дорог, повысить эксплуатационную надежность дорожных конструкций и продлить срок их службы.

Вопрос о целесообразности и эффективности использования армирующих сеток при строительстве автомобильной дороги необходимо решать на основе технико-экономического сравнения традиционного и предлагаемого вариантов дорожных конструкций с обязательным учетом темпов производства работ, транспортных расходов, затрат труда и материалов, ожидаемых сроков службы дороги.

1.7. Укладку армирующей сетки следует относить к скрытым работам и оформлять соответствующим актом; при этом обязательно регистрировать качество полотна сетки, однородность пропитки, способ стыковки полотен, паспортные данные сетки и результаты контрольных испытаний ее заказчиком.

При определении норм расхода сетки следует учитывать, что при укладке полотен с перехлестом допускается ее перерасход (3-5% длины участка).

2. Требования к материалам

2.1. При использовании армирующих сеток в конструкциях дорожных одежд с зернистыми слоями дополнительные требования к материалам конструктивных слоев не предъявляются; дорожно-строительные материалы должны удовлетворять требованиям ГОСТ 8267-82, ГОСТ 3344-83, ГОСТ 23254-78, ГОСТ 25607-83.

2.2. Щебень для слоев оснований и покрытий может быть из пород как осадочного, так и изверженного происхождения, фракционированным (фракции 20-40, 20-70 40-70 и 40-90 мм) или рядовым.

2.3. В качестве армирующих используют сетки на ос-

нове стекловолокна, обработанные водостойким связующим, с квадратными или прямоугольными ячейками; максимальный размер ячеек не должен превышать нижнего предела фракции щебня.

2.4. Полотна армирующих сеток, предназначенных для использования в дорожном строительстве, должны отвечать требованиям по массе, толщине, однородности, ширине, деформативности, прочности на растяжение, устойчивости к различным воздействиям.

2.5. Поверхностная плотность армирующей сетки m служит показателем материалоемкости и учитывается при назначении длины полотна в рулоне. Поверхностную плотность выражают в виде характеристики, приведенной к 1 $м^2$ полотна, и определяют в соответствии с ГОСТ 6943.7-79^{X} взвешиванием образца размером 500х500 мм с точностью до 0,01 г, увеличивая полученный результат в 4 раза.

2.6. Толщина армирующей сетки определяет ее способность противостоять разрывным нагрузкам. От толщины зависит также удобство транспортирования сетки, скрученной в рулон. Толщину определяют на образце размером 500х500 мм как среднее арифметическое из замеров толщин четырех ровингов, оконтуривающих образец, с помощью толщиномера, отвечающего требованиям ГОСТ 11358-74.

В условиях строительных организаций для замеров толщины образцов сетки допускается использовать штангенциркуль.

2.7. Однородность армирующей сетки служит одним из критериев ее качества и эксплуатационной надежности. Показателем однородности является выраженное в процентах отклонение массы по площади полотна; это отклонение не должно превышать 15% в сторону уменьшения от среднего значения.

Однородность пропитки армирующей сетки оценивают визуально, по цвету полотна.

2.8. Ширина полотна сетки оказывает большое влияние на технологичность, трудоемкость и экономичность дорожной конструкции с армирующей сеткой. Ширину – расстояние между продольными кромками сетчатого полотна – измеряют с точностью до 1 см. При укладке армирующей сетки встык применять полотна с неровными кромками не допускается.

2.9. Деформативность – основное свойство армирующей сетки, определяющее ее способность выполнять функцию усиления дорожной одежды, характеризуется относительной упругой деформацией или условным модулем упругости при одноосном растяжении.

Относительную упругую деформацию ε определяют в процессе испытания образцов сетки шириной 50 мм и длиной 250 мм на растяжение на разрывной машине (в ручном режиме), укомплектованной с помощью специального приспособления индикатором часового типа с ценой деления 0,01 мм для измерения деформации образца в процессе его нагрузки в диапазоне 20÷100 Н (большую нагрузку принимают при большей толщине сетки) и разгрузки:

$$\varepsilon = \frac{l_1 - l}{l_0}, \qquad (1)$$

где l_0 – первоначальная длина образца (база), на которой измеряется относительная упругая деформация, мм; $l_0 = 100$ мм;

l_1, l – длина образца (базы) при нагрузке и разгрузке соответственно, мм.

Условный модуль упругости E_c представляет собой отношение удельной нагрузки, действующей на образец, к относительной упругой деформации и определяется в процессе испытания образцов на растяжение:

$$E_c = \frac{P\, l_0}{b\, h_c (l_1 - l)}, \qquad (2)$$

где P – нагрузка, действующая на образец сетки, Н;
b – ширина образца сетки, мм; $b = 50$ мм;
h_c – толщина сетки, мм.

Условный модуль упругости устанавливают на пяти образцах как в продольном, так и поперечном направлении, затем вычисляют среднее арифметическое значение для каждого направления; за расчетный условный модуль упругости при растяжении принимают минимальное из двух среднеарифметических значений.

Одним из основных параметров, участвующих в расчете и характеризующих деформативные свойства армирующей сетки, является ее показатель деформативности – $E_a F_a$, Н. Здесь E_a – модуль упругости одного ровинга сетки, МПа, определяемый по формуле

$$E_a = \frac{E_c\, b}{n\, a}, \qquad (3)$$

где n – количество ровингов сетки в испытуемом образце;
a – ширина (диаметр) одного ровинга сетки, мм.

Площадь поперечного сечения одного ровинга сетки F_a, мм^2, определяется по формулам:
для прямоугольного сечения ровинга

$$F_a = a h_c;$$

для круглого сечения ровинга

$$F_a = \pi a^2 / 4.$$

2.10. Прочность, как и деформативность, определяет армирующий эффект сетки и ее способность противостоять местным разрывам. Прочность определяют согласно ГОСТ 6943.10-79 испытанием на разрывной машине образцов с установленной ранее деформативностью (см.п.2.9 настоящих Методических рекомендаций) и вы-

ражают величиной разрывной нагрузки R, Н, приходящейся на 50 мм ширины образца.

На разрыв испытывают по пять образцов сетки в продольном и поперечном направлениях и затем вычисляют среднее арифметическое значение для каждого направления; за расчетную разрывную нагрузку принимают минимальное из двух среднеарифметических значений.

2.11. Устойчивость армирующей сетки представляет собой комплексный показатель, выражаемый отношением прочности сетки, подвергавшейся агрессивным воздействиям (биологическим, химическим, механическим, температурным и т.д.), к ее исходной прочности.

В связи с отсутствием стандартных методов оценки устойчивости к различным видам агрессивных воздействий армирующих сеток, предназначенных для дорожного строительства, допускается оценивать их по индивидуальным методикам или использовать данные, полученные для различных видов синтетических волокон.

2.12. Водостойкость пропитки армирующей сетки из стекловолокна определяют путем испытания на разрыв образцов, выдержанных в дистиллированной воде в течение 30 сут и высушенных до постоянного веса, и образцов во влажном состоянии после выдерживания их в воде в течение 15 сут. Методика испытаний представлена в п.2.10 настоящих Методических рекомендаций.

О степени водостойкости пропитки судят по падению прочности находившихся в воде образцов относительно исходных, принимая прочность последних за 100%; водостойкость выражают в процентах.

2.13. Морозостойкость армирующих сеток оценивают путем испытания на разрыв образцов, выдержавших в климатической камере 50 циклов замораживания до минус 20°С и оттаивания. Степень морозостойкости армирующих сеток определяют аналогично степени водостойкости.

2.14. Устойчивость армирующих сеток к механическим воздействиям устанавливают путем испытания на разрыв образцов, выдержавших многократное приложение циклической нагрузки (не менее 10^5 циклов) в модели, имитирующей контактную зону системы "подстилающий грунт-щебень". При этом сжимающее напряжение на уровне сетки должно быть не менее 0,25 МПа.

Степень устойчивости армирующей сетки к механическим воздействиям определяют аналогично степени водостойкости.

Таблица 1

Характеристика армирующей сетки из стекловолокна	Значение характеристики сеток различных марок		
	СПАП-Кама	СПАП-2000	НПС-390
Размер ячейки, мм	5х5	5х7	15х15
Поверхностная плотность m, т г/м^2	370	470	470
Толщина h_c, мм	1,0	1,2	1,0
Ширина, м	1,0	2,0	1,0
Длина в рулоне, м	100	50	100
Условный модуль упругости при растяжении E_c, МПа	700	230	460
Показатель деформативности $E_a F_a$, Н	2500	1750	3700
Разрывная нагрузка R, Н, на 50 мм ширины образца	3200	4400	2800
Удлинение при разрыве, %	1-3	1-3	1-3
Водостойкость, %	>50	>75	>70
Категория водостойкости	II Ограниченно стойкая	1 Стойкая	II Ограниченно стойкая

Примечания: 1. Приводятся нижние пределы расчетных характеристик.

2. Сетка СПАП-2000 находится в стадии опытного производства.

2.15. При проектировании армированных дорожных одежд следует использовать характеристики сеток, приведенные в табл.1.

3. Область рационального применения армирующих сеток

3.1. Целесообразность применения армирующей сетки под слоем зернистого материала вытекает из совокупности условий, для которых определяющим критерием прочности при расчете дорожной одежды является сдвиг в грунте, подстилающем зернистое основание. Это или грунт земляного полотна, или дополнительный слой основания. Рационально запроектированная дорожная одежда в этих условиях будет иметь минимальный коэффициент прочности по сдвигу $K_{сдв}$ и излишний запас прочности по двум другим критериям.

В табл.2 представлены полученные путем расчетов по Инструкции ВСН 46-83 области, в которых определяющим критерием прочности является сдвиг в грунте, подстилающем зернистое основание.

3.2. Применение сеток для армирования зернистых слоев наиболее целесообразно в конструкциях дорожных одежд:

усовершенствованных облегченных, подстилаемых песчаными грунтами;

усовершенствованных капитальных, подстилаемых песчаными грунтами (расчетная перспективная интенсивность движения на дорогах с такими конструкциями должна составлять не более 1000 авт./сут);

усовершенствованных облегченных, подстилаемых суглинками и глинами с расчетной влажностью более $0{,}85\ W_т$, где $W_т$ – влажность на границе текучести;

переходных, подстилаемых любыми видами грунтов (см.табл.2) с любой расчетной влажностью.

Таблица 2

Расчетная перспективная интенсивность движения, авт./сут	Области с различными критериями прочности при подстилающем грунте						
	супеси легкой		суглинке легком и тяжелом, глине		песке		
	0,70–0,80	0,85–0,95	0,70–0,80	0,85–0,95	крупном	средней крупности	мелком
100	+	+	+	+	+	+	+
300	–	–	–	+	+	+	+
500	–	–	–	+	+	+	+
1000	–	–	–	–	+	+	+
3000	–	–	–	–	–	–	–
5000	–	–	–	–	–	–	–

Примечания: 1. Знаком "плюс" обозначена область, в которой определяющим критерием прочности является сдвиг в подстилающем грунте, знаком "минус" – какой-либо другой критерий прочности.

2. 0,70 . . . 0,95 – расчетная влажность подстилающего грунта, доли от границы текучести.

4. Методика расчета дорожных одежд с зернистым основанием, армированным сеткой

4.1. Армирующая сетка снижает расчетное активное напряжение сдвига $\tau_н$ в грунте, подстилающем зернистое основание (покрытие), незначительно влияя на упругий прогиб всей дорожной конструкции. Исходя из этого расчет армированной дорожной одежды ведут по следующей общей схеме: рассчитывают вначале конструкцию по упругому прогибу так, чтобы запас прочности по этому критерию был минимальным, затем путем

подбора армирующей сетки снижают величину $\tau_н$ до допускаемого значения.

Расчет армированной дорожной одежды разбивают на несколько этапов и ведут в последовательности, представленной далее.

4.2. Рассчитывают нежесткую дорожную одежду с зернистым основанием (покрытием) по упругому прогибу в соответствии с Инструкцией ВСН 46-83 при общем модуле упругости на поверхности дорожной одежды, равном $E_{тр} K_{пр}$, где $E_{тр}$-требуемый модуль упругости на поверхности дорожной одежды, МПа; $K_{пр}$-коэффициент прочности дорожной одежды для проектируемой категории дороги.

4.3. Определяют величину $\tau_н$ в грунте, подстилающем зернистое основание (покрытие), в соответствии с Инструкцией ВСН 46-83; для дорожных одежд, при расчете которых определяющим критерием прочности является сдвиг в грунте, подстилающем зернистое основание (покрытие), значение $\tau_н$ будет всегда больше $T_{доп}$, где $T_{доп}$ – допускаемое напряжение сдвига, МПа, обусловленное сцеплением в подстилающем грунте и определяемое по Инструкции ВСН 46-83.

4.4. Выбирают такую армирующую сетку, которая сможет обеспечить эффект армирования (усиления) дорожной одежды:

$$E_c > E^{o}_{гр} , \qquad (4)$$

где $E^{o}_{гр}$ – общий модуль упругости на поверхности грунта, подстилающего зернистое основание (покрытие), МПа.

Если условие (4) не выполняется, то выбирают сетку с более высокими деформативными характеристиками.

4.5. Проверяют выполнение условия предельного равновесия по прочности армирующей сетки в конструкции нежесткой дорожной одежды:

$$\frac{62{,}5\,p\,Д^2\,K_1\,K_2}{H(E_{ср}/E^{o}_{гр})^{0,4}} \leq R\,, \qquad (5)$$

где 62,5 – комплексный коэффициент, учитывающий размерность и приведение разрывной нагрузки, действующей в плоскости сетки, к ширине испытываемого на разрыв образца;

p – давление на покрытие, создаваемое задним спаренным колесом расчетного автомобиля, МПа;

Д – диаметр круга, равновеликого площади отпечатка спаренного колеса расчетного автомобиля, см;

K_1 – коэффициент, учитывающий повторное приложение нагрузки; $K_1 = 1{,}15$;

K_2 – коэффициент, учитывающий условия работы армирующей сетки в дорожной конструкции; $K_2 = 1{,}3$;

H – суммарная толщина слоев дорожной одежды, лежащих над армирующей сеткой, см;

$E_{ср}$ – средний модуль упругости лежащих над сеткой слоев дорожной одежды, МПа:

$$E_{ср} = \frac{E_1 h_1 + E_2 h_2 + \ldots + E_n h_n}{h_1 + h_2 + \ldots + h_n}\,; \qquad (6)$$

E_n – модуль упругости лежащего над сеткой n-го слоя дорожной одежды, МПа;

h_n – толщина n-го слоя, см.

Если условие (5) не выполняется, то необходимо либо использовать армирующую сетку с более высокой разрывной нагрузкой, либо увеличить толщину слоев дорожной одежды, лежащих над сеткой.

4.6. Устанавливают вертикальное главное напряжение σ_1 на уровне армирующей сетки по номограмме (рис.2).

4.7. Определяют по номограмме (рис.3) в соответствии с ключом коэффициент эффективности армирования $K^{\varphi}_{эф}$, показывающий степень снижения $\tau_н$ при армировании.

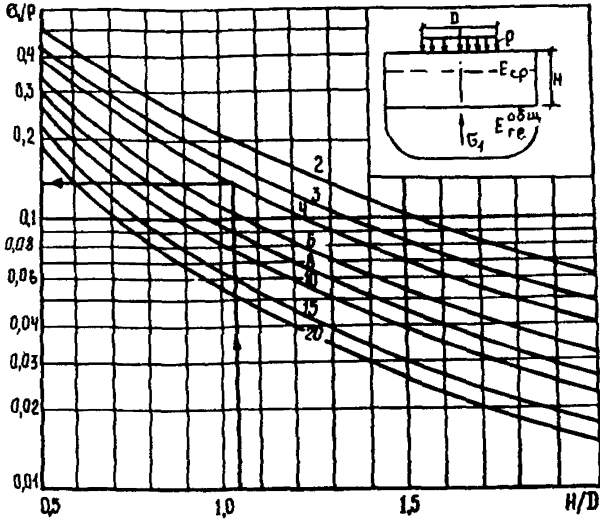


Рис.2. Номограмма для определения вертикального главного напряжения на уровне сетки (цифры на кривых – $E_{ср}/E^{o}_{гр}$)

Указанная номограмма ограничивает параметры, используемые в полуэмпирическом методе расчета.

4.8. Вычисляют расчетное активное напряжение сдвига в грунте, подстилающем армированное зернистое основание (покрытие):

$$\tau^{*}_{н} = \tau_{н} / K^{\varphi}_{эф} \quad . \qquad (7)$$

Проверяют условие прочности по сдвигу в подстилающем грунте армированной дорожной одежды:

$$\tau^{*}_{н} + \tau_{в} \leq \tau_{доп} \quad , \qquad (8)$$

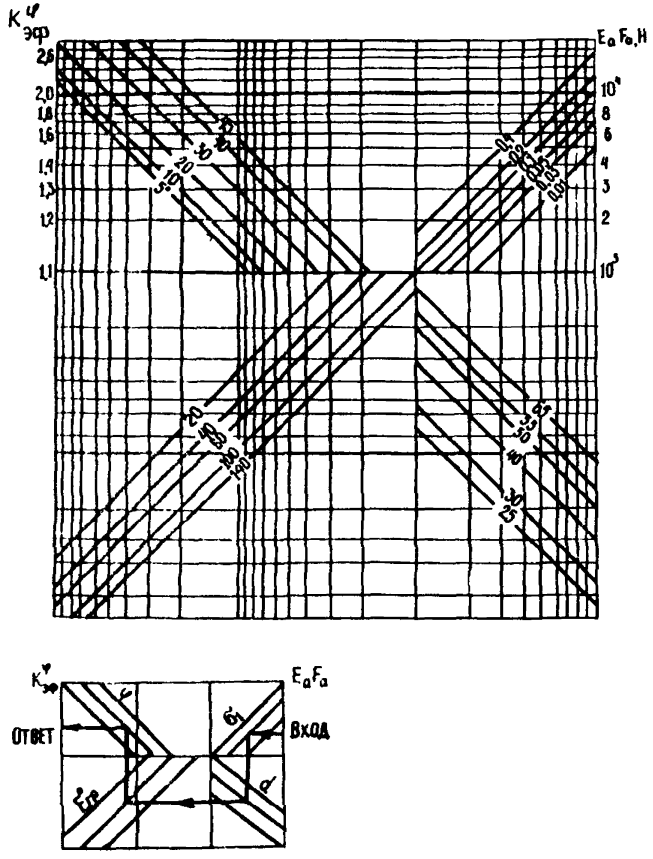


Рис.3. Номограмма для определения коэффициента эффективности армирования $K^{\varphi}_{эф}$. d – средняя крупность зерен материала основания (покрытия) в зоне контакта с подстилающим грунтом, определяемая как среднее арифметическое между верхним и нижним пределами фракции щебня, мм; φ – угол внутреннего трения грунта, подстилающего щебеночный слой, град.

где τ_b – активное напряжение сдвига от веса слоев дорожной одежды, лежащих над сеткой.

Если условие (8) не выполняется, то дорожную одежду усиливают армирующей сеткой с более высоким показателем деформативности $E_a F_a$ или утолщением слоев, лежащих над сеткой.

Рассчитанную по упругому прогибу и сдвигу в подстилающем грунте дорожную одежду проверяют на прочность на растяжение при изгибе в монолитных слоях в соответствии с Инструкцией ВСН 46-83.

5. Технология устройства армированного зернистого основания

5.1. Дорожные одежды с зернистым основанием (покрытием), армированным сеткой, устраивают в соответствии с главой СНиП 3.06.03-85. При этом учитывают некоторые особенности, связанные с укладкой и закреплением армирующей сетки и отсыпкой на нее щебня.

Все технологические операции по устройству конструктивных слоев выполняются с использованием машин и механизмов; ручной труд допускается лишь при укладке рулонного сетчатого материала и скреплении отдельных полотен сетки.

5.2. Работы по устройству слоев, расположенных ниже и выше армированного зернистого основания, ведутся в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

5.3. Устройство армированного зернистого основания включает следующие этапы:

планировку и уплотнение подстилающего грунта земляного полотна или дополнительного слоя основания;

укладку полотен рулонного сетчатого материала и их соединение;

устройство зернистого основания (покрытия) в один или два слоя.

5.4. Полотна армирующей сетки укладывают на подстилающий грунт либо вдоль земляного полотна с перехлестом, либо поперек - с перехлестом или встык; величина перехлеста - 3-5 см.

5.5. При укладке полотен вдоль оси земляного полотна рулоны сетки раскатывают, начиная от края дорожной одежды. После раскатки первого рулона рабочие возвращаются к началу участка и раскатывают второй рулон и так до второго края дорожной одежды. В процессе раскатки рулонов периодически разравнивают полотна, чтобы не образовывались складки.

Длину захватки (скорость потока в смену) назначают кратной длине текстильного сетчатого материала в рулоне.

5.6. При укладке полотен поперек оси земляного полотна рулон сетки предварительно разрезают на куски длиной, равной ширине основания дорожной одежды понизу.

Схема раскладки сетки поперек земляного полотна с перехлестом должна быть такой, чтобы каждое последующее полотно частично перекрывалось предыдущим сверху в направлении отсыпки щебня.

5.7. Места перехлеста или стыковки соединяют металлическими анкерами-скобами с шагом 20 м при укладке полотен вдоль земляного полотна (порядок соединения полотен в плане - шахматный), а при укладке поперек - по оси и у кромок дорожной одежды. Анкеры-скобы изготавливают длиной 100 мм из проволоки диаметром 4-6 мм.

Края торцевой части армирующего слоя при раскладке сетки вдоль земляного полотна заанкериваются у начала участка с шагом 0,5-1,0 м в поперечном направлении.

Все работы по устройству армирующего слоя на захватке выполняет звено из двух-трех человек.

5.8. Созданный армирующий слой необходимо в течение рабочего дня присыпать щебнем.

Устройство зернистого основания (покрытия) начинают с выгрузки первых партий щебня на край созданного армирующего слоя. Постепенно щебень сдвигают на сетку автогрейдером, оборудованным бульдозерным отвалом. В дальнейшем все работы по устройству зернистого основания (покрытия) ведут способом "от себя". При этом строительные машины не должны наезжать на открытую поверхность армирующего материала.

5.9. Армированное щебеночное основание (покрытие) допускается устраивать без соединения отдельных полотен сетки анкерами-скобами, если сетку вдоль земляного полотна раскатывать, начиная одновременно от краев дорожной одежды, а оставшуюся полосу подстилающего грунта у оси дороги перекрывать полотном сверху. При этом щебень размещают вдоль оси дорожной одежды в виде валика (что сопряжено с разовыми наездами автомобилей-самосвалов на сетку), а дальнейшее распределение щебня к краям производят способом "от себя" автогрейдером, оборудованным бульдозерным отвалом, под углом 45° к оси дороги. При таком способе не происходит, во-первых, смещения армирующих полотен друг относительно друга, поскольку перехлест полотен в этом случае оказывается направленным по ходу движения механизма, во-вторых, механических повреждений сетки при наезде на нее механизмов на пневмоколесном ходу. Возможно, однако, образование складок, которые необходимо периодически устранять.

5.10. Производительность устройства армированного зернистого основания (покрытия) не сдерживается укладкой армирующего слоя, даже если ширина сетки в рулоне не превышает 1 м, и составляет в среднем 250–300 м в смену при ширине устраиваемого основания 9 м.

6. Техника безопасности

6.1. При устройстве армированных зернистых слоев необходимо соблюдать требования техники безопасности, предусмотренные главой СНиП III-4-80 и "Правилами техники безопасности при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог" (М.: Транспорт, 1978).

6.2. Засыпку уложеннои армирующей сетки следует вести не ближе чем за 20 м от места раскатки рулонов или соединения полотен, если последняя операция предусмотрена технологией работ.

6.3. Рабочие, укладывающие армирующую сетку, обеспечиваются средствами индивидуальной защиты (рукавицами, комбинезонами). При обрезке полотен сетки ручным инструментом необходимо соблюдать соответствующие правила техники безопасности.

Пример
расчета конструкции нежесткой дорожной одежды с зернистым основанием, армированным сеткой

В качестве примера запроектируем дорожную одежду для дороги III категории, проходящей в 1У дорожно-климатической зоне при 1-м типе местности по условиям увлажнения.

Исходные данные

Приведенная перспективная интенсивность воздействия нагрузки группы А составляет 500 расчетных автомобилей в 1 сут на полосу.

Параметры нагрузки: давление на покрытие $p = 0{,}6$ МПа, диаметр отпечатка колеса движущегося автомобиля $Д = 37$ см.

Материал для сооружения основания - щебень изверженных пород фракции 20-40 мм.

Подстилающий грунт - песок мелкозернистый; грунт земляного полотна - супесь пылеватая.

Конструирование и расчет

1. Предварительно намечаем конструкцию дорожной одежды:

асфальтобетонное покрытие;

основание из фракционированного щебня 2-го класса прочности, укладываемого с расклинкой;

подстилающий слой из мелкозернистого песка.

2. Требуемые коэффициенты прочности (см.Инструкцию ВСН 46-83) проектируемой дорожной одежды, соответствующие коэффициенту надежности 0,85 для дороги III категории, должны быть не менее $K_{пр} = 0{,}9$.

3. Расчетные характеристики материалов и грунта назначаем в соответствии с Инструкцией ВСН 46-83:

а) динамический модуль упругости материала покрытия – горячего плотного асфальтобетона 1 марки (битума БНД 60/90):

при 40°С

$E_1 = 550 \cdot (1 - 1{,}06 \cdot 0{,}1) = 492$ МПа;

при 10°С

$E_1 = 3200 \cdot (1 - 1{,}06 \cdot 0{,}1) = 2860$ МПа;

при расчете на изгиб

$E_1 = 4500 \cdot (1 + 1{,}06 \cdot 0{,}1) = 4977$ МПа;

сопротивление растяжению при изгибе

$R_{изг} = 2{,}8 \cdot (1 - 1{,}06 \cdot 0{,}1) \cdot 1{,}09 \cdot 1{,}0 = 2{,}72$ МПа;

б) динамический модуль упругости материала основания – фракционированного щебня 2-го класса прочности из изверженных пород, укладываемого с расклинкой, $E_2 = 350$ МПа;

в) динамический модуль упругости и характеристики прочности песка мелкозернистого:

$E_3 = 100$ МПа, $\varphi = 38°$, $C_3 = 0{,}005$ МПа;

допускаемое напряжение сдвига в песке

$T^{п}_{доп} = K_1 K_2 K_3 C_3 = 0{,}6 \cdot 0{,}88 \cdot 6{,}4 \cdot 0{,}005 = 0{,}0169$ МПа;

г) динамический модуль упругости и расчетные характеристики грунта земляного полотна – супеси пылеватой – при расчетной влажности

$W_р = 0{,}53 \cdot (1 + 1{,}06 \cdot 0{,}1)$ $W_т = 0{,}59 W_т$:

при расчете по упругому прогибу и на изгиб

$E_{гр} = 85 \cdot (1 - 1{,}06 \cdot 0{,}08) = 78$ МПа;

при расчете на сдвиг

$E_{гр} = 85 \cdot (1 + 1{,}06 \cdot 0{,}08) = 92$ МПа, $\varphi = 37°$;

сцепление в грунте

$C_{гр} = 0{,}0225 \cdot (1 - 1{,}06 \cdot 0{,}15) = 0{,}019$ МПа;

допускаемое напряжение сдвига в грунте

$T^{гр}_{доп} = 0{,}6 \cdot 0{,}88 \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}019 = 0{,}015$ МПа.

4. Согласно табл. 2 настоящих Методических рекомендаций определяющим критерием прочности при расчете дорожной одежды для данных условий является сдвиг в песке. Поэтому для повышения прочности до-

рожной одежды на сдвиг целесообразно применять армирующую прослойку в виде сетки под слоем щебня.

Требуемый модуль упругости при заданной интенсивности воздействия нагрузки в соответствии с Инструкцией ВСН 46-83 составляет 240 МПа.

Допускаемый общий модуль упругости на поверхности дорожной одежды при коэффициенте прочности 0,9

$E_{общ} = 0,9\ E_{тр} = 0,9 \cdot 240 = 216$ МПа.

Запроектированная по упругому прогибу согласно Инструкции ВСН 46-83 оптимальная дорожная одежда имеет при этом характеристики, приведенные в таблице настоящего приложения.

Материал слоя	Модуль упругости слоя E, МПа	Толщина слоя h, см	$h/Д$	Общий модуль упругости на поверхности слоя, МПа
Асфальтобетон покрытия	2860	7	0,19	216
Щебень гранитный	350	24	0,64	157
Песок мелкий	100	20	0,54	85
Грунт земляного полотна - супесь пылеватая	78	-	-	78

5. Рассчитаем конструкцию по сдвигу в песке.

Вначале определим общий модуль упругости на поверхности песка: при $h_з/Д = 0,54$ и $E_{гр}/E_з = \frac{92}{100} = 0,92$ по номограмме (рис. 3.3 Инструкции ВСН 46-83) найдем $E''_{общ}/E_з = 1$, откуда

$E''_{общ} = E^{o}_{гр} = 1 \cdot 100 = 100$ МПа.

Средний модуль упругости вышележащих слоев

$$E_{ср}=\frac{492\cdot 7+350\cdot 24}{31}=382 \text{ МПа}.$$

При $E_{ср}/E^{o}_{гр}=\frac{382}{100}=3,82$, $H/Д=\frac{31}{37}=0,84$, где $H=\Sigma h=h_1+h_2$, и $\varphi=38^{o}$ по номограмме (рис.3.5 Инструкции ВСН 46-83) находим $\tau_н/p=0,045$, откуда

$\tau_н=0,045\cdot 0,6=0,027$ МПа.

$\tau_н > T^{п}_{доп}=0,0169$ МПа.

Снизим величину $\tau_н$ путем армирования слоя щебня сеткой СПАП-Кама с условным модулем упругости при растяжении $E_c=700$ МПа (см.табл.1 настоящих Методических рекомендаций). Поскольку $E_c > E^{o}_{гр}$, где $E^{o}_{гр}=100$ МПа, эффект усиления дорожной одежды при использовании армирующей сетки будет обеспечен.

Проверяем выполнение условия предельного равновесия по прочности армирующей сетки в конструкции дорожной одежды:

$$\frac{62,5\cdot 0,6\cdot 37^{2}\cdot 1,15\cdot 1,3}{31\cdot (382/100)^{0,4}}<3200,$$

или, после вычислений, имеем $1450<3200$ – условие выполняется; следовательно, армирующую сетку СПАП-Кама в данном случае использовать можно.

Для определения коэффициента эффективности армирования определим вначале σ_1 по номограмме рис. 2 настоящих Методических рекомендаций:

при $\frac{E_{ср}}{E^{o}_{гр}}=\frac{382}{100}=3,82$ и $\frac{H}{Д}=\frac{31}{37}=0,84$,

$\sigma_1/p=0,192$,

откуда $\sigma_1=0,192\cdot 0,6=0,115$ МПа.

Коэффициент эффективности армирования $K^{\varphi}_{эф}$ определим по номограмме в соответствии с ее ключом (см. рис.3 настоящих Методических рекомендаций):

при $E_a F_a=2,5\cdot 10^{3} H_1\sigma_1=0,115$ МПа, $d=30$ мм, $E^{o}_{гр}=100$ МПа и $\varphi=38^{o}$ – $K^{\varphi}_{эф}=1,57$.

Активное напряжение сдвига в песке с учетом ар-

мирования в соответствии с формулой (7) настоящих Методических рекомендаций

$$\tau_н^* = \tau_н / K_{эф}^{\varphi} = 0{,}027/1{,}57 = 0{,}0172 \text{ МПа}.$$

Составляющая напряжения сдвига от веса слоев, лежащих над сеткой, при $H = 31$ см и $\varphi = 38^\circ$ в соответствии с номограммой (рис. 3.7 Инструкции ВСН 46-83) $\tau_в = -0{,}002$ МПа.

Суммарное действующее напряжение сдвига в песке

$$\tau_н^* + \tau_в = 0{,}0172 - 0{,}002 = 0{,}0152 \text{ МПа}.$$

При $\tau_н^* + \tau_в = 0{,}0152$ МПа и $T_{доп}^{п} = 0{,}0169$ МПа условие прочности по сдвигу в песке (8) настоящих Методических рекомендаций выполняется.

Коэффициент прочности по сдвигу в песке $K_{сдв} = T_{доп}^{п} / \tau_н^* + \tau_в = 0{,}0169/0{,}0152 = 1{,}11$, т.е. $K_{сдв} > 0{,}9$.

Без армирующей сетки согласно расчетам по Инструкции ВСН 46-83 условие прочности достигается лишь при толщине слоя щебня 30 см.

6. Проверяем устойчивость конструкции по сдвигу в грунте.

В соответствии с Инструкцией ВСН 46-83 находим:

$$E'_{ср} = \frac{492 \cdot 7 + 350 \cdot 24 + 100 \cdot 20}{51} = 271 \text{ МПа};$$

$$\frac{H_1}{Д} = \frac{51}{37} = 1{,}38, \text{ где } H_1 = \sum h = h_1 + h_2 + h_3; \quad \frac{E_{ср}}{E_{гр}} = \frac{271}{92} = 2{,}95.$$

При этих отношениях и $\varphi = 37^\circ$ по номограмме (рис. 3.5 Инструкции ВСН 46-83) находим $\tau_н / p = 0{,}027$, откуда

$$\tau_н = 0{,}027 \cdot 0{,}6 = 0{,}0162 \text{ МПа}.$$

Составляющая напряжения сдвига от веса дорожной одежды $\tau_в = -0{,}0029$ МПа.

Действующее в грунте напряжение сдвига

$$T_{гр} = \tau_н + \tau_в = 0{,}0162 - 0{,}0029 = 0{,}0133 \text{ МПа}.$$

Коэффициент прочности по сдвигу в грунте

$$K_{сдв} = \frac{T_{доп}^{гр}}{T_{гр}} = \frac{0{,}015}{0{,}0133} = 1{,}13.$$

7. Проверяем конструкцию на растяжение при изгибе в асфальтобетонном слое:

$E''_{ср} = E_1 = 4977$ МПа.

При отношениях $\frac{E''_{ср}}{E'_{общ}} = \frac{4977}{157} = 31,7$ и $\frac{h_1}{Д} = \frac{7}{37} = 0,19$ по номограмме (рис.3.11 Инструкции ВСН 46-83) находим $\bar{\sigma}_r = 4,1$, откуда действующее растягивающее напряжение при изгибе

$\sigma_r = 4,1 \cdot 0,6 = 2,46$ МПа.

Коэффициент прочности на растяжение при изгибе в асфальтобетонном слое $K_{изг} = \frac{2,72}{2,46} = 1,11$, тогда как наименьший допускаемый к концу межремонтного срока коэффициент прочности дорожной одежды $K_{пр} = 0,9$.

Таким образом, запроектированная дорожная одежда удовлетворяет всем трем критериям прочности.

gost.e-ecolog.ru