ОДМ 218.3.041-2020

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
РОСАВТОДОР

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО АРМИРОВАНИЮ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СЛОЁВ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД СТАЛЬНЫМИ СЕТКАМИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
(РОСАВТОДОР)

МОСКВА 2020

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН ООО «Группа Битум РУС» и ООО «БитумРус» совместно с АО «Институт «Стройпроект» при участии к.т.н. Н. Н. Беляева (научный руководитель), инж. А. Ю. Вишневецкой, к.т.н. Д. В. Герчина, к.т.н. Г. Н. Ширунова, инж. А. В. Шутрова

2 ВНЕСЕН Управлением научно-технических исследований и информационного обеспечения Федерального дорожного агентства

3 ИЗДАН на основании распоряжения Федерального дорожного агентства от «12» августа 2020 г. № 2511-р

4 ИМЕЕТ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР

5 ВВЕДЕН ВЗАМЕН ОДМ 218.3.041-2014

Содержание

1 Область применения 4
2 Нормативные ссылки 4
3 Термины и определения 5
4 Требования к стальной сетке для армирования асфальтобетонных слоев дорожных одежд 7
5 Способы армирования стальными сетками асфальтобетонных слоев нежёстких дорожных одежд 10
6 Подготовка к усилению армированными асфальтобетонными слоями цементобетонных покрытий автомобильных дорог 11
7 Проектирование дорожных одежд со стальными сетками 12
8 Подготовка асфальтобетонных покрытий к армированию стальными сетками 15
9 Подготовка к усилению цементобетонных покрытий автомобильных дорог 16
10 Технология армирования асфальтобетонных слоёв стальными сетками 17
11 Контроль качества работ при армировании асфальтобетонных слоёв стальными сетками 22
12 Ремонт армированных стальной сеткой дорожных асфальтобетонных покрытий 24
Библиография 27
Приложение А Расчетные характеристики армирующего слоя и армированного асфальтобетона 29
Приложение Б Методика расчета асфальтобетонного покрытия, армированного стальной сеткой, на устойчивость к образованию отраженных трещин 37
Приложение В Методика проверочного расчета асфальтобетонного покрытия, армированного стальной сеткой, на сдвигоустойчивость 46
Приложение Г Рекомендуемые толщины асфальтобетонных покрытий, армированных стальными сетками, при условии обеспечения их устойчивости к образованию отраженных трещин 62
Приложение Д Примеры расчета конструкций дорожной одежды с асфальтобетонными слоями, армированными стальной сеткой 66
Приложение Е Пример оформления Технологической карты на устройство защитно-армирующего слоя с использованием стальной сетки и литой эмульсионно-минеральной смеси 83

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

Методические рекомендации по армированию асфальтобетонных слоёв дорожных одежд стальными сетками

1 Область применения

1.1 Настоящий отраслевой дорожный методический документ устанавливает рекомендации по проектированию и строительству новых и реконструируемых, а также по ремонту и капитальному ремонту существующих жестких и не жестких дорожных одежд с асфальтобетонными слоями, армированными стальными сетками.

1.2 Методические рекомендации содержат основные требования к стальной сетке, предназначенной для армирования асфальтобетонных слоев и её технические характеристики, описание технологии армирования при строительстве и ремонте автомобильных дорог. Особое внимание уделено вопросам подготовки основания для укладки стальной сетки и её закрепления, а также контролю качества работ.

2 Нормативные ссылки

В настоящем методическом документе использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 2715-75* Сетки металлические проволочные. Типы, основные параметры и размеры

ГОСТ 32708-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Песок природный и дробленый. Определение содержания глинистых частиц методом набухания

ГОСТ 32729-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Метод измерения упругого прогиба нежестких дорожных одежд для определения прочности

ГОСТ 32825-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Дорожные покрытия. Методы измерения геометрических размеров повреждений

ГОСТ 33030-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Определение дробимости

ГОСТ 33049-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Определение сопротивления дроблению и износу

ГОСТ 33101-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Дорожные покрытия. Методы измерения ровности

ГОСТ 33109-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Определение морозостойкости

ГОСТ Р 50575-93 (ИСО 7989-88) Проволока стальная. Требования к цинковому покрытию и методы испытания покрытия

ГОСТ Р 51285-99 Сетки проволочные крученые с шестиугольными ячейками для габионных конструкций. Технические условия

ГОСТ Р 52128-2003 Эмульсии битумные дорожные. Технические условия

ГОСТ Р 54401-2020 Дороги автомобильные общего пользования. Смеси литые асфальтобетонные дорожные горячие и асфальтобетон литой дорожный. Технические условия

ГОСТ Р 58401.1-2019 Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Система объемно-функционального проектирования. Технические требования

ГОСТ Р 58401.2-2019 Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Система объемно-функционального проектирования. Технические требования

ГОСТ Р 58406.1-2020 Дороги автомобильные общего пользования. Смеси щебеночно-мастичные асфальтобетонные и асфальтобетон. Технические условия

ГОСТ Р 58406.2-2020 Дороги автомобильные общего пользования. Смеси горячие асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон.

ПНСТ 265-2018 Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование нежестких дорожных одежд

СП 34.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* «Автомобильные дороги»

СП 78.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85 «Автомобильные дороги»

Примечание - При пользовании настоящим методическим документом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов, составленных по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем методическом документе применены следующие термины с соответствующими определениями:

армирующий слой: Композитный слой, состоящий из армирующей сетки и заполняющего ячейки сетки материала дорожного покрытия;

армированный слой: Слой асфальтобетона, находящийся в зоне депланации и обладающий, в результате армирования, повышенными прочностными и упругими свойствами;

зона депланации: Слой асфальтобетона, прилегающий к армирующему слою и вовлекаемый в деформацию при выдергивании из него армирующего слоя.

литая эмульсионно-минеральная смесь (ЛЭМС): Смесь, состоящая из каменного материала, битумной эмульсии, минерального наполнителя, воды и специальных добавок, подобранных в определенных пропорциях и смешанных при помощи специализированного оборудования при температуре не менее 10 °С;

отраженные трещины: Трещины в асфальтобетонном покрытии, быстро развивающиеся над существующими трещинами или швами в нижележащих слоях дорожной одежды. Отраженные трещины образуются по механизму усталостного трещинообразования.

проволочная сетка двойной скрутки (двойного кручения): Неразрывная сетка, изготовленная из проволочных пар с периодическими двойными скрутками, которые связываются двойными скрутками со смежными аналогичными проволочными парами, образуя между собой шестиугольные ячейки;

стальная проволока двойного кручения: Две проволоки, скрепленные между собой посредством двойного кручения. При этом исходным материалом для неё является стальная оцинкованная проволока.

размер ячейки сетки: Расстояние между скрутками с учетом размера одной скрутки;

скрутка проволок: Свивка двух проволок в одном направлении на полный оборот 360°, проволоки вращаются в одном направлении, минимальное количество скруток три;

срок службы дорожной одежды: Календарная продолжительность эксплуатации дорожной одежды с предусмотренным техническим обслуживанием и ремонтными работами до состояния, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна;

сетка стальная: Сетка двойного кручения с шестиугольными ячейками из стальной проволоки с цинковым покрытием, укреплённая армирующим плоским скрученным прутом, расположенным в поперечном направлении;

трещины на дорожном покрытии: Разрушения дорожного покрытия, выразившиеся в нарушении сплошности покрытия, возникшие в результате воздействия транспортных средств и природно-климатических факторов, и образованные в поперечном и продольном направлениях, а также по диагонали (косые) и в виде сетки трещин;

фрезерование покрытия: Разрушение покрытия с использованием специальных фрез, оснащённых фрезерным валом с закреплёнными на нём резцами и фронтальным транспортёром для погрузки отфрезерованного материала в транспортные средства.

4 Требования к стальной сетке для армирования асфальтобетонных слоев дорожных одежд

4.1 Для изготовления сетки проволочной двойного кручения с шестиугольными ячейками применяется проволока с антикоррозийным покрытием в соответствии с ГОСТ Р 51285-99. Выбор параметров антикоррозионного покрытия определяется проектом с учетом слабоагрессивной среды эксплуатации армирующей сетки внутри монолитного слоя асфальтобетонного покрытия. Для конструктивных элементов дорожных одежд, рекомендуется выбирать антикоррозийное покрытие проволоки со сроком службы не менее 25 лет.

Минимальное количество антикоррозионного покрытия для проволоки ячеек должно быть не менее 100 г/м^2 для сеток из проволоки с цинковым покрытием.

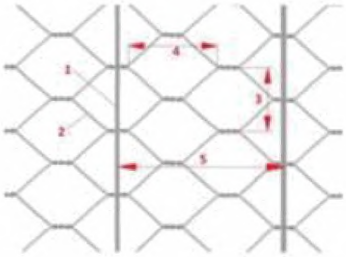
Для изготовления армирующих плоских скрученных прутов применяется металлическая арматура с плотным антикоррозийным покрытием в соответствии с ГОСТ Р 50575-93.

Минимальное количество антикоррозионного покрытия для поперечных скрученных прутов должно быть не менее 100 г/м^2 для арматуры с цинковым покрытием.

Испытания антикоррозийных покрытий на стальной проволоке и на арматуре для поперечных прутов по массе и качеству проводится в соответствии с ГОСТ Р 50575-93. Антикоррозионное покрытие не должно отслаиваться от стальной проволоки или от поперечного стержня при навивании 6 витков на стержень (оправку) диаметром, равным четырёхкратному диаметру проволоки или четырёхкратному наименьшему размеру поперечного сечения стержня. После испытания покрытие должно иметь прочное сцепление со стальной основой и не должно растрескиваться или отслаиваться до такой степени, чтобы чешуйки покрытия можно было удалить с поверхности проволоки пальцами.

4.2 Размеры ячейки сетки, диагонали ячейки, диаметр проволоки указаны в таблице 5.1 и должны соответствовать ГОСТ Р 51285-99. Схема сетки указана на рисунке 5.1.

4.3 Рекомендуется, при легком типе сетки применять проволоку диаметром 2,2 мм, при среднем типе - 2,4 мм и при тяжелом типе - 2,7 мм, с допустимым отклонением в диаметре проволоки ±0,09 мм. Сетка имеет шестиугольные ячейки и жесткие в поперечной плоскости крепления из плоских скрученных прутов профилем 6,0х2,0 мм – при диаметре проволоки 2,2 мм и 7,0х3,0 мм - при диаметре проволоки 2,4 мм и 2,7 мм, располагаемые на расстоянии 235, 265 или 285 мм в зависимости от размера ячейки (рисунок 4.1, таблица 4.1).



1 - плоский скрученный прут; 2 - проволока; 3 - размер ячейки; 4 - размер диагонали ячейки; 5 - расстояние между прутами

Рисунок 4.1 - Конструкция стальной сетки

Допустимые геометрические отклонения профиля плоских скрученных прутов +18/-4 %. Допустимое отклонение расстояния между скрученными прутами составляет ±40,0 мм.

По заявке Заказчика расстояние между прутами может быть изменено в соответствии с проектом или заказом.

Таблица 4.1 - Параметры ячеек сетки

Размер ячейки, мм	Размер диагонали, мм	Предельное отклонение размеров, %	Диаметр проволоки, мм	Сечение поперечных стержней, мм	Шаг поперечных стержней, мм
60	80	+18/-4	2,2	2x6	≤ 235
			2,4	3x7	
			2,7	3x7	
80	100	+16/-4	2,2	2x6	≤ 265
			2,4	3x7	
			2,7	3x7	
100	120	+16/-4	2,2	2x6	≤ 285
			2,4	3x7	
			2,7	3x7	

4.4 Прочность при растяжении проволоки сетки должна быть от 35 до 50 кгс/мм^2 (340 … 490 Н/мм^2) в зависимости от диаметра проволоки. Удлинение проволоки при разрыве должно быть не более 12 %.

Решение о применении того или иного типа стальной сетки в каждом конкретном случае принимает проектная организация на основании положений настоящего ОДМ и результатов проверочного расчета в зависимости от состава и интенсивности движения, климатических и грунтово-гидрологических условий, а также толщины конструктивных слоёв дорожной одежды.

4.6 Стальная сетка должна поставляться в рулонах длиной, как правило, 50…65 м. Допустимые отклонения по длине ±1 % длины. Ширина рулона может быть от 1 м до 4,2 м. По заявке Заказчика длина и ширина рулона может быть изменена в соответствии с проектом или заказом.

Соответствующую ширину рулона выбирают в зависимости от ширины армируемого покрытия автомобильной дороги. Допустимые отклонения по ширине ±10 см. Развернутый рулон сетки не должен иметь видимых повреждений. Структура расположения ячеек должна быть равномерная.

4.7 Сетка должна складироваться, паковаться и храниться в рулонах таким образом, чтобы избежать её повреждения. Рулоны укладываются горизонтально на сухой и ровной поверхности. Рулоны могут укладываться один на другой максимально в девять слоев.

4.8 Технические характеристики стальной сетки для армирования асфальтобетонных слоёв представлены в таблице 4.2. Классификация стальных сеток для армирования асфальтобетонных покрытий по типам представлена в таблице 4.3.

Таблица 4.2 - Технические характеристики стальной сетки

Диаметр проволоки, мм	Размер поперечного сечения прута, мм	Размер ячейки, мм	Нагрузка при разрыве продольная (справочно), кН/м	Нагрузка при разрыве поперечная (справочно), кН /м	Масса сетки (справочно), кг/м2
2,7	7,0х3,0	60х80 80х100 100х120	>40	>50	1,73
2,4	7,0х3,0	60х80 80х100 100х120	>40	>50	1,45
2,2	6,0х2,0	60х80 80х100 100х120	>32	>32	1,30

Таблица 4.3 – Классификация стальных сеток для армирования асфальтобетонных покрытий по типам

Тип сетки	Рекомендуемые параметры сетки			Допускаемые параметры сетки		
	Диаметр проволоки, мм	Размер поперечного сечения прута (высота х толщина),мм	Размер ячейки, мм	Диаметр проволоки, мм	Размер поперечного сечения прута (высота х толщина), мм	Размер ячейки, мм
Тяжелый тип (Т)	2,7	7,0х3,0	60х80	2,4	7,0х3,0	60х80
Средний тип (С)	2,4	7,0х3,0	80х100	2,7	7,0х3,0	80х100
				2,7	7,0х3,0	100х120
				2,2	6,0х2,0	60х80
Легкий тип (Л)	2,2	6,0х2,0	100х120	2,4	7,0х3,0	100х120
				2,2	6,0х2,0	80х100

4.9 Параметры, материал и основные предельные размеры сеток должны соответствовать [14].

5 Способы армирования стальными сетками асфальтобетонных слоев нежёстких дорожных одежд

5.1 Возможны следующие способы применения стальных сеток при ремонте и капитальном ремонте нежёстких дорожных одежд с асфальтобетонным покрытием:

- устройство слоёв усиления из асфальтобетонных смесей поверх старого асфальтобетонного покрытия без нарушения его сплошности;
- устройство слоёв усиления из асфальтобетонных смесей поверх старого асфальтобетонного покрытия с предварительным фрезерованием старого асфальтобетонного покрытия;
- устройство слоёв усиления из асфальтобетонных смесей поверх старого асфальтобетонного покрытия после его холодного рисайклинга.

5.2 Необходимые способы усиления, материалы и конструкции дорожных одежд назначают с учётом состояния асфальтобетонного покрытия, несущей способности существующей дорожной одежды, интенсивности дорожного движения, климатических и грунтово-гидрологических условий.

5.3 Состояние асфальтобетонного покрытия перед ремонтом или усилением допускается определять согласно методики, приведенной в ГОСТ 32729-2014.

5.4 Расчёт толщины слоёв усиления осуществляют после инструментального обследования и расчетов в соответствии с действующими нормативными документами и положениями раздела 7 данных Методических рекомендаций.

5.5 При новом строительстве дорожной одежды стальную сетку можно укладывать и закреплять непосредственно на поверхности нижележащего слоя дорожной одежды из асфальтобетона, а также на поверхности основания из органоминеральных смесей или на поверхности слоев основания из обработанных неорганическим вяжущим материалов.

5.6 При ремонте и капитальном ремонте, стальную армирующую сетку рекомендуется укладывать на выравнивающий слой из асфальтобетона толщиной не менее 4 см. Выравнивающий слой одновременно является армированным слоем, дополнительно усиливающим дорожную одежду. Поэтому, толщина и тип асфальтобетона выравнивающего слоя обосновываются проверочным расчетом в соответствии с требованиями п. 7 настоящего ОДМ.

Укладку стальной сетки на выравнивающий слой следует производить не ранее, чем через 2 … 3 часа после его устройства.

5.7 Допускается укладывать стальную сетку на основание без устройства выравнивающего слоя в тех случаях, когда основание состоит из материала, к которому сетка может быть закреплена дюбелем и т. п. (см.

п.11.10). При этом продольная и поперечная ровность основания, а также его поперечные уклоны должны соответствовать действующим нормам СП 78.13330.2012. На поверхности основания не должно быть не загерметизированных трещин шириной более 5 мм и не заделанных ямок или выбоин глубиной более 1 см и размером, превышающим размер ячейки сетки. Герметизация трещин и заделка ямок производятся с целью сокращения расхода ЛЭМС и могут выполняться любыми ремонтными материалами или смесями, в том числе укладываемыми в холодном состоянии. Отсутствие выравнивающего слоя должно быть обоснованно проверочным прочностным расчетом в соответствии с требованиями п. 7 настоящего ОДМ.

5.8 В том случае, когда образование отраженных трещин является критерием долговечности дорожного покрытия (как при ремонте, так и при новом строительстве), суммарную толщину армирующего слоя и слоёв асфальтобетонного покрытия над ним рекомендуется принимать не менее величины, указанной в Приложении Г.

Допускается принимать иную суммарную толщину армирующего слоя и слоёв асфальтобетонного покрытия над ним, при ее обосновании расчетом в соответствии с ПНСТ 265-2018 и положениями п. 7 настоящего ОДМ.

6 Подготовка к усилению армированными асфальтобетонными слоями цементобетонных покрытий автомобильных дорог

6.1 Для восстановления эксплуатационного состояния цементобетонных покрытий автомобильных дорог применяют следующие основные способы усиления жёстких дорожных одежд:

- устройство слоёв усиления из асфальтобетонных смесей поверх старого цементобетонного покрытия без нарушения его сплошности;
- то же с предварительной фрагментацией старого цементобетонного покрытия и тщательным уплотнением материала основания. Фрагментацию цементобетонного покрытия производят на фрагменты от 0,5х0,5 м до 1,5х1,5 м. Результатом фрагментации должно стать полное отсутствие перемещения фрагментов цементобетона в вертикальном направлении;
- то же с предварительным дроблением старого цементобетонного покрытия (виброрезонансным или другим способами), тщательным уплотнением материала основания.

6.2 В зависимости от принятого способа усиления жёсткой дорожной одежды стальную сетку укладывают:

- на старое цементобетонное покрытие;
- на предварительно фрагментированное и тщательно уплотнённое старое цементобетонное покрытие без нарушения его сплошности;
- на предварительно раздробленное и тщательно уплотнённое старое цементобетонное покрытие.

6.3 Для создания основы под укладку стальной сетки на любое бетонное основание рекомендуется устраивать выравнивающий слой из асфальтобетона толщиной не менее 4 см. Выравнивающий слой

одновременно является армированным слоем, дополнительно усиливающим дорожную одежду. Поэтому, толщина и тип асфальтобетона выравнивающего слоя обосновываются проверочным расчетом в соответствии с требованиями п. 7 настоящего ОДМ.

Укладку стальной сетки на выравнивающий слой следует производить не ранее, чем через 2 - 3 часа после его устройства.

6.4 Допускается укладывать стальную сетку на основание без устройства выравнивающего слоя в тех случаях, когда сетка на основании может быть закреплена дюбелем и т. п. (см. п.11.10). При этом продольная и поперечная ровность основания, а также его поперечные уклоны должны соответствовать действующим нормам СП 78.13330.2012. На поверхности основания не должно быть не загерметизированных швов и трещин шириной более 5 мм и не заделанных ямок или выбоин глубиной более 1 см и размером, превышающим размер ячейки сетки. Герметизация трещин и заделка ямок производятся с целью сокращения расхода ЛЭМС и могут выполняться любыми ремонтными материалами или смесями на основе неорганических или органических вяжущих, в том числе укладываемыми в холодном состоянии. Отсутствие выравнивающего слоя должно быть обоснованно проверочным прочностным расчетом в соответствии с требованиями п.7 настоящего ОДМ.

6.5 В том случае, когда образование отраженных трещин является критерием долговечности асфальтобетонного покрытия, суммарную толщину слоев асфальтобетонного покрытия над армирующим слоем и армирующего слоя рекомендуется принимать не менее величины, указанной в Приложении Г.

Допускается принимать иную суммарную толщину слоёв асфальтобетонного покрытия над армирующим слоем и армирующего слоя при ее обосновании расчетом в соответствии с действующими рекомендациями [13] и положениями п. 7 настоящего ОДМ.

7 Проектирование дорожных одежд со стальными сетками

7.1 Введение в асфальтобетонное покрытие стальной армирующей сетки позволяет перераспределить на неё часть растягивающих напряжений, возникающих при нагружении дорожной конструкции. Кроме того, жесткая сетка, при достаточно эффективном сцеплении с асфальтобетоном, создает в прилегающем к ней слое асфальтобетона (в зоне депланации) «эффект бокового сдерживания» [15]. Что приводит к увеличению жесткости асфальтобетона в этой зоне и повышению, соответственно, таких характеристик асфальтобетона как модуль упругости и пределы прочности на растяжение, сжатие и сдвиг. В результате, в плоскости армирования и прилегающих к ней сверху и снизу зонах депланации [16] образуется композитный «квазислой» армированного асфальтобетона значительной толщины, состоящий из стальной сетки и асфальтобетона с повышенными деформационными и прочностными характеристиками.

Толщина зоны депланации увеличивается по мере увеличения толщины армирующего слоя, а также по мере увеличения отношения модулей упругости армирующего слоя и прилегающего к нему асфальтобетона. В результате изменения модуля упругости асфальтобетона при различных эксплуатационных температурах, отношение модулей упругости армирующего слоя и асфальтобетона в годовом цикле также изменяется. Что приводит к изменению в течение года толщины зоны депланации в одной и той же дорожной одежде. Если при низких температурах толщина зоны депланации составляет 2-3 см, то в жаркий летний период она достигает 10-12 см.

Наличие достаточно выраженной по толщине зоны депланации является характерной особенностью армирования асфальтобетонных покрытий, сравнительно, жесткими стальными сетками, имеющими регулярно расположенные поперечные стержни с высотой сечения, превышающей толщину самой сетки. Наличие таких поперечных стержней увеличивает номинальную толщину армирующего слоя и способствует более эффективному вовлечению прилегающих слоев асфальтобетона в совместную работу с армирующим слоем.

Включение в расчетную схему многослойной дорожной одежды дополнительных слоев – армирующего слоя и слоя (слоев) армированного асфальтобетона с повышенными расчетными характеристиками, соответствующими примененной армирующей сетке, позволяет выполнить по общепринятым методикам все стандартные проверочные расчеты такой нежесткой или жесткой дорожной одежды, предусмотренные действующими нормативными документами. А также рекомендуемые настоящим ОДМ дополнительные проверочные расчеты.

7.2 Общие рекомендации по конструированию дорожных одежд с асфальтобетонными покрытиями, армированными стальными сетками.

- Для улучшения совместной работы армируемого и армирующего материалов, рекомендуется [14] соблюдать следующее соотношение между крупностью зерен каменного материала в асфальтобетоне и размером ячеек армирующей сетки:

$$0{,}8\cdot(d+D) < A, \qquad (7.1)$$

где d - наименьший номинальный размер зерен щебня в асфальтобетоне, мм;

D - наибольший номинальный размер зерен щебня в асфальтобетоне, мм;

А - средний размер ячейки (среднее между значениями размера ячейки и диагонали ячейки), мм.

- Рекомендуемым проектным решением является закрепление стальной сетки на основании с помощью укладки на сетку литой эмульсионно-минеральной смеси (ЛЭМС). В этом случае: сводится до минимума риск смещения сетки построечной техникой в процессе производства

строительно-монтажных работ; обеспечивается достаточно эффективное сцепление для совместной работы армирующего слоя не только с вышележащим слоем асфальтобетона (за счет вдавливания щебенок в ячейки сетки при укладке верхнего слоя), но и с нижележащим слоем (за счет высокой адгезионной способности ЛЭМС); обеспечивается высокая гидроизолирующая способность асфальтобетонного покрытия в процессе эксплуатации. При использовании ЛЭМС не требуется предварительный розлив по нижнему слою подгрунтовки в виде жидкого битума или битумной эмульсии – в том случае, если технологический перерыв между укладкой слоя ЛЭМС и укладкой вышележащего слоя асфальтобетона не превышал 3-х дней и отсутствовало движение по слою ЛЭМС транзитного или построечного транспорта.

- Конкретные проектные решения по армированию асфальтобетонных слоев должны приниматься на основании обосновывающих расчетов.

7.3 Проверочные расчеты армированных дорожных одежд

7.3.1 Проектирование нежестких дорожных одежд с армированными асфальтобетонными слоями.

Проектирование дорожной одежды выполняется с учетом положений ТР ТС 014/2011 Технический регламент Таможенного союза "Безопасность автомобильных дорог» [2] и на основе стандартной методологии по трем условиям: по прочности, по морозоустойчивости и по осушению.

При этом, стандартные расчеты дорожной одежды по морозоустойчивости и по осушению выполняются в соответствии с ПНСТ 265-2018.

Стандартные расчеты дорожной одежды на прочность (по допускаемому общему прогибу конструкции, по допустимым напряжениям при изгибе монолитных слоев дорожной одежды и по допускаемым сдвигающим напряжениям в грунте и в малосвязных дополнительных слоях основания) на действие кратковременных (динамических) и длительных (статических) нагрузок так же выполняются в соответствии с положениями ПНСТ 265-2018.

При этом следует внести ряд уточняющих изменений и дополнений в действующие методики расчетов:

- Расчетные характеристики армирующего слоя и армированных асфальтобетонов, для проверочных расчетов дорожных одежд по различным критериям прочности при различных расчетных температурах и условиях нагружения, допускается принимать с учетом Приложения А.

- При расчете усиления существующей дорожной одежды, имеющей трещины, необходимо выполнить дополнительную проверку асфальтобетонных слоев, лежащих над трещиной блочного основания, на сопротивление растяжению при изгибе от действия транспортной нагрузки (образование отраженной трещины). Методические рекомендации по выполнению такого расчета приведены в Приложении Б.

- При расчете вновь строящихся нежестких дорожных одежд с монолитными слоями основания из материалов на основе неорганических вяжущих, в которых в процессе строительства и эксплуатации могут возникнуть температурные, усадочные и т. п. не силовые трещины, так же необходимо выполнить проверку армирующего слоя и армированных слоев на образование отраженных трещин с учетом Приложения Б.

- На участках автомобильных дорог, где возможно возникновение особо значительных сдвигающих усилий под колесом автомобиля, необходимо выполнить дополнительную проверку асфальтобетонных покрытий на сдвигоустойчивость с учетом Приложения В.

7.3.2 Проектирование усиления жестких дорожных одежд с армированными асфальтобетонными слоями:

- Проверочный расчет асфальтобетонного покрытия жесткой дорожной одежды выполняется по действующей методике [13] с учетом рекомендаций Приложения А.

- Дополнительно выполняется расчет асфальтобетонного покрытия на устойчивость к образованию отраженных трещин над деформационными швами и трещинами бетонного основания. Методика расчета приведена в Приложении Б.

- На участках автомобильных дорог, где возможно возникновение особо значительных сдвигающих усилий под колесом автомобиля, необходимо выполнить дополнительную проверку асфальтобетонного покрытия на сдвигоустойчивость с учетом Приложения В.

8 Подготовка асфальтобетонных покрытий к армированию стальными сетками

8.1 Требования к подготовке асфальтобетонных покрытий устанавливают в зависимости от степени их разрушения и материалов, применяемых для выполнения ремонтных работ. Подготовку выполняют тщательно, так как от неё во многом зависит дальнейшая работоспособность всей конструкции дорожной одежды.

8.2 Перед выполнением подготовительных работ рассматривают результаты обследования и данные оценки эксплуатационного состояния асфальтобетонного покрытия:

- площадь и глубина разрушений поверхности покрытия;
- прочность дорожной одежды;
- ровность покрытия.

Указанные параметры должны определяться в соответствии с ГОСТ 32825-2014, ГОСТ 32729-2014 и ГОСТ 33101-2014.

8.3 При обследовании асфальтобетонного покрытия следует обращать особое внимание на влажность грунтового основания и уровень грунтовых вод.

Причиной переувлажненного основания может быть наличие следующих факторов:

- подъём уровня грунтовых вод, способствующий водонасыщению вышележащих слоёв грунта;

- разрушение и заиливание водопропускных труб;

- нарушение уклонов в дренажной системе;

- образование трещин в покрытии, через которые в основание могут свободно проникать поверхностные воды.

Осушение основания, ремонт и восстановление водоотводных систем являются первоочередными работами при подготовке асфальтобетонного покрытия к усилению.

8.4 При наличии в основании повреждённого покрытия пучинистых грунтов рекомендуется провести замену грунта на не пучинистый.

8.5 Для укладки стальной сетки поверхность основания под укладку должна быть чистой и иметь ровность в соответствии с действующими требованиями СП 78.13330.2012. При наличии в основании трещин шириной 5 мм и более, отдельных раковин, шелушения и других разрушений, перед укладкой выравнивающего слоя проводят ремонт основания в соответствии с действующими нормативами.

8.6 При армировании дорожного покрытия с укладкой стальной сетки в «корыто» после фрезерования, фрезерование должно проводиться на ширину, превышающую на 0,1 м проектную ширину укладываемой армирующей сетки (сеток).

9 Подготовка к усилению цементобетонных покрытий автомобильных дорог

9.1 Требования к подготовке цементобетонных покрытий устанавливают в зависимости от степени их разрушения и материалов, применяемых для выполнения ремонтных работ.

9.2 Наиболее опасными повреждениями, без ликвидации или ремонта которых не рекомендуется укладывать слои усиления, являются:

- вертикальная подвижка плит старого покрытия относительно друг друга;

- уступы в покрытии;

- трещины с шириной раскрытия более 5 мм, повреждённые кромки плит;

- разрушение заполнителя швов;

- переувлажнение в слоях основания;

- коробление плит покрытия;

- просадки и вспучивание.

9.3 Выявленные в период обследования качающиеся плиты и плиты, под которыми имеются пустоты, стабилизируют путём обеспечения плотного контакта плит с основанием. Это способствует предупреждению преждевременного разрушения нового слоя покрытия.

Плиты цементобетонного покрытия могут быть посажены на основание тяжёлыми пневматическими катками. Восстановление опирания плит осуществляют также путём заполнения пустот специальным составом

посредством нагнетания его под плиты. Стабилизацию плит после заполнения пустот проверяют прокаткой тяжёлой техники.

Фрагментация или виброразрушение плит, а затем плотная посадка их на основание, приводят к снижению температурных горизонтальных подвижек и вертикальных перемещений плит, в том числе связанных с температурными деформациями.

9.4 После стабилизации плит цементобетонного покрытия, деформационные швы и трещины тщательно очищают и подготавливают к укладке выравнивающего слоя из асфальтобетонной смеси. Перед укладкой выравнивающего слоя, трещины в основании шириной более 5 мм и деформационные швы должны быть загерметизированы.

10 Технология армирования асфальтобетонных слоёв стальными сетками

10.1 Армирование асфальтобетонных слоёв осуществляют стальной сеткой, которая должна соответствовать требованиям данных методических рекомендаций.

10.2 При армировании асфальтобетонных слоёв стальными сетками технология работ по устройству и усилению асфальтобетонных покрытий жестких и не жестких дорожных одежд включает следующие операции:

- очистка существующего покрытия от загрязнений;
- ликвидация дефектов асфальтобетонного покрытия (ремонт выбоин, герметизация трещин или швов, стабилизация бетонных плит и др.);
- при необходимости фрезерование покрытия;
- при необходимости фрагментация или виброразрушение бетонных плит
- при необходимости устройство выравнивающего слоя;
- доставка и укладка стальной сетки в проектное положение;
- прикатка сетки пневматическим катком;
- закрепление начального поперечного прута каждого рулона сетки к основанию или нижнему слою покрытия;
- нанесение литой эмульсионно-минеральной смеси, в соответствии с технологическими рекомендациями [10];
- распределение по армирующему слою и уплотнение асфальтобетонной смеси слоями необходимой толщины.

Пример оформления Технологической карты на устройство защитно-армирующего слоя с использованием стальной сетки и литой эмульсионно-минеральной смеси представлен в Приложении Е.

10.3 В зависимости от сроков формирования слоя ЛЭМС и условий организации работ, операции по укладке сетки и устройству вышележащего асфальтобетонного слоя допускается устраивать в течение одной смены, либо с технологическим перерывом до 3 и более суток.

10.4 При проведении ремонтных работ на проезжей части без прекращения движения транспорта, место работы должно ограждаться в соответствии с [8]. Выполнение работ предусматривает укладку

асфальтобетонного слоя усиления с армированием стальной сеткой в два этапа: сначала на одной, а затем на другой стороне движения транспорта.

10.5 Существующее дорожное покрытие очищают от пыли и грязи с помощью механических щёток, сжатого воздуха от компрессоров, поливомоечных машин, при необходимости просушивают.

10.6 На участках с выбоинами, трещинами, раковинами, шелушением и другими дефектами асфальтобетонного или бетонного покрытия, выполняют предварительную подготовку ремонтируемого покрытия (разделы 8 и 9).

10.7 Перед укладкой сетки, при необходимости, устраивается выравнивающий слой из асфальтобетона.

10.8 Укладку стальной сетки надлежит выполнять, руководствуясь положениями настоящих Методических рекомендаций. Работы должен осуществлять квалифицированный персонал.

10.9 Укладку стальной сетки можно осуществлять с помощью механического укладчика, фронтального погрузчика со штангой, автомобиля-манипулятора со штангой или автомобиля с прицепом-разматывателем сетки (рисунок 10.1, 10.2).



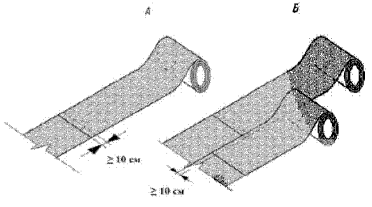
Рисунок 10.1 - Укладка стальной сетки



Рисунок 10.2 - Автомобиль с прицепом-разматывателем сетки

Укладчики обычно выпускают в виде простых навесных траверс. Стальные сетки раскатывают вдоль оси дороги ровно, без волн и складок, внешней стороной сетки наверх.

При сопряжении двух или более рулонов сетки, необходимо соблюдать перекрытие рулонов в продольном и поперечном направлении. В продольном и в поперечном (т.е. между смежными рулонами) направлениях - не менее 10 см. Конец предыдущего рулона должен всегда накрывать начало следующего в направлении укладки, чтобы последний не был сдвинут или завёрнут укладчиком ЛЭМС или асфальтоукладчиком (рисунок 10.3).

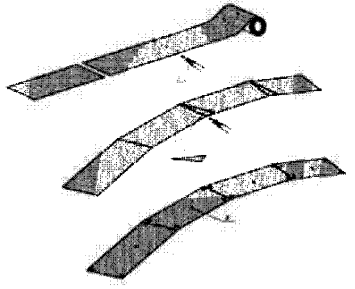


А - поперечный стык; В - продольный стык

Рисунок 10.3 - Перекрытие рулонов в продольном и поперечном направлении

Следует не допускать нахлеста укрепляющих поперечных плоских прутьев одной сетки на такие же прутья второй сетки (т. е. поперечные прутья соседних рулонов должны быть смещены относительно друг друга). Особое внимание необходимо уделять местам сопряжения трёх или более секций сетки. Следует учитывать, что при последующей укладке эмульсионно-минеральной смеси толщина слоя ЛЭМС в данных местах будет больше.

При размещении сетки на криволинейных участках дороги следует вырезать соответствующий кусок сетки с внутренней стороны кривой поворота и методом наложения сформировать криволинейный участок (рисунок 10.4). Вырезка осуществляется ручным или электрическим инструментом.



1 - инструмент; 2 - вырезанный клин сетки; 3 - анкеровка сетки

Рисунок 10.4 - Размещение стальной сетки на криволинейных участках

10.9 После укладки сеток в проектное положение выполняют их прикатку пневматическим катком по всей площади. Разглаживание сетки

начинают с середины рулона, двигаясь катком назад и вперед. Для обеспечения плотного контакта стальной сетки с основанием достаточно четырех проходов катка по одному следу (рисунок 10.5).



Рисунок 10.5 - Прикатка сетки пневматическим катком

10.10 Одной из важных операций, обеспечивающих эффективную работу стальной сетки в конструкциях дорожных одежд, является закрепление сетки к основанию покрытия.

При условии основного крепления сетки эмульсионно-минеральной смесью, первоначально осуществляют крепление сетки дюбелями на первом поперечном укрепляющем плоском пруте каждого рулона. Дополнительное крепление сетки дюбелями производят в местах, где невозможно достичь требуемого прилегания сетки после прикатки пневматическим катком.

Анкеровку производят с помощью монтажного пистолета и пиропатронов, либо газового гвоздезабивного пистолета. В качестве анкеров используют гвозди-дюбели длиной не менее 40 мм и пластины размером не менее 10х50 мм, нарезанные из стального оцинкованного листа, либо крепежный элемент (рисунок 10.6).



Рисунок 10.6 - Крепежный элемент

Для фиксации можно использовать также гвоздь (арматуру соответствующего диаметра), загнутый с одного конца, который надёжно

прижимает сетку к основанию покрытия. На уложенной сетке запрещено движение транспорта. В исключительных случаях может проходить технологический транспорт с малой скоростью, без резкого ускорения, торможения и поворотов.

10.11 После укладки и разглаживания стальной сетки её крепят к основанию эмульсионно-минеральной смесью (ЛЭМС). Ширину укладки смеси по каждой полосе выбирают так, чтобы дважды смесь не попадала на место продольного нахлеста со следующей полосой. При последнем проходе укладчика ЛЭМС, ширина укладки должна полностью закрыть стальную сетку. Слой из эмульсионно-минеральной смеси обеспечивает хорошую гидроизоляцию нижележащих слоёв дорожной одежды, а также хорошее сцепление армирующего слоя с нижележащим выравнивающим асфальтобетонным слоем.

10.12 Перед началом нанесения эмульсионно-минеральной смеси машину-укладчик загружают необходимыми компонентами, определяют их дозировку и производят калибровку распределительного механизма машины. Приготовление эмульсионно-минеральной смеси производят одновременно с нанесением её на поверхность основания с уложенной на нем сеткой.

Поступательное движение машины делает возможным нанесение слоя смеси установленной толщины от 6 до 15 мм (при средней толщине 10 мм) с примерным средним расходом смеси 15 кг/м^2). В местах сопряжения трёх или более секций сетки толщина нанесения слоя из эмульсионно-минеральной смеси больше и расход смеси выше. Кроме того, на средний расход смеси влияют ровность подготовленной под укладку сетки поверхности, а также свойства материалов, применяемых для приготовления эмульсионно-минеральной смеси.

Битумная эмульсия подвергается распаду в течение нескольких минут после приготовления эмульсионно-минеральной смеси, но время окончательного формирования слоя ЛЭМС составляет от 1 до 6 часов, в зависимости от погодных условий. Рекомендуется производить укладку ЛЭМС на армирующую сетку при температурах не ниже 0°С и при отсутствии интенсивных атмосферных осадков.

По окончании формирования слоя ЛЭМС отчетливо видна фактура разложенной в этом слое сетки из стальной проволоки. Уложенный слой ЛЭМС должен быть такой толщины, чтобы превышать вертикальную высоту сечения поперечного стержня стальной сетки не более чем на 3-5 мм.

Слой из эмульсионно-минеральной смеси не нуждается в уплотнении. Для ускорения формирования слоя из эмульсионно-минеральной смеси допускается его прикатка пневматическим катком через некоторое время после начала формирования смеси.

По завершению работ необходимо защитить слой эмульсионно-минеральной смеси от движения транспорта вплоть до достижения требуемой прочности. В дальнейшем, движение по сформировавшемуся слою ЛЭМС строительной техники возможно только в исключительных

случаях и при скорости не выше 30 км/ч без резкого ускорения, торможения или поворотов.

Производство последующих технологических операций, за исключением прикатки пневмокатком с целью ускорения формирования слоя, разрешается только после завершения формирования (затвердевания) слоя ЛЭМС.

10.13 В процессе устройства асфальтобетонного покрытия следует регулировать режим движения автомобилей-самосвалов, гружёных асфальтобетонной смесью, защищая закреплённую стальную сетку от загрязнения, смещения или повреждения.

Асфальтоукладчику и транспортным средствам необходимо двигаться очень осторожно, чтобы свести к минимуму сдвиговые нагрузки в сетке. При подъезде к асфальтоукладчику, транспортные средства должны избегать лишнего маневрирования, резких ускорений или торможений. Желательно, чтобы они при контакте с асфальтоукладчиком двигались своим ходом без торможения.

Заезд автотранспорта на уложенную сетку рекомендуется выполнять задним ходом при медленном движении по одной колее для заезда и съезда с полотна сетки.

10.14 Укладку и уплотнение асфальтобетонной смеси при устройстве слоя покрытия осуществляют в соответствии с СП 78.13330.2012. При этом, не требуется предварительный розлив по слою ЛЭМС подгрунтовки в виде жидкого битума или битумной эмульсии – в том случае, если технологический перерыв между укладкой слоя ЛЭМС и укладкой вышележащего слоя асфальтобетона не превышал 3-х дней, отсутствовало движение по слою ЛЭМС транзитного транспорта и поверхность слоя ЛЭМС не загрязнена.

11 Контроль качества работ при армировании асфальтобетонных слоёв стальными сетками

11.1 При проведении подготовительных операций необходимо контролировать:

- при фрезеровании покрытия: глубину фрезерования, качество разделки участков входа и выхода фрезы на проектную глубину, поперечный уклон отфрезерованной поверхности;
- после проведения работ по очистке покрытия производят визуальный контроль качества.

11.2 Контроль качества герметизации трещин. На стадии герметизации трещин следует визуально контролировать качество очистки трещин и заполнение их герметиком.

11.3 Используемые в слоях усиления асфальтобетонные смеси должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 58401.1-2019, ГОСТ Р 58401.2-2019, ГОСТ Р 58406.1-2020, ГОСТ Р 58406.2-2020 или других действующих нормативных документов. Устройство асфальтобетонных слоёв и качество асфальтобетона контролируют в соответствии с действующей нормативной

документацией. Качество литой эмульсионно-минеральной смеси должно соответствовать утвержденному рецепту на ЛЭМС, а качество битумной эмульсии – ГОСТ Р 52128-2003. С учетом условий эксплуатации ЛЭМС внутри пакета асфальтобетонных слоев, свойства каменных материалов (щебень, дробленый песок, отсев дробления и т. д.) для ЛЭМС должны соответствовать таблице 11.1. Остальные требования к каменным материалам не нормируются.

Таблица 11.1 – Требования к каменным материалам

№ п/п	Наименование показателя	Значение	Метод определения
1.	Марка по дробимости	Не ниже 600	ГОСТ 33030-2014
2.	Марка по истираемости	Не ниже И3	ГОСТ 33049-2014
3.	Марка по морозостойкости:		ГОСТ 33109-2014
4.	Для дорожно-климатических зон 1…3	Не ниже F25	
5.	Для дорожно-климатических зон 4…5	Не ниже F15	
6.	Содержание глинистых частиц	Не выше 1,0 % по массе	ГОСТ 32708-2014

11.4 Физико-механические показатели стальной сетки контролируют согласно пункта 4 настоящих методических рекомендаций.

11.5 Приёмка работ при строительстве, капитальном ремонте и ремонте автомобильных дорог осуществляется в соответствии с законодательными актами, стандартами, строительными нормами и правилами, другими нормативными документами, действующими в Российской Федерации.

Выполненные работы предъявляются подрядчиком к приёмке приёмочной комиссии. Приёмка работ оформляется актами установленной формы. Датой приёмки работ считается дата подписания акта приёмочной комиссией. Для законченных автомобильных дорог с этой даты начинается гарантийный срок.

11.6 Промежуточная приёмка (освидетельствование) скрытых работ производится по мере окончания работ или восстановления конструктивных элементов, отнесённых к категории скрытых работ. К таким работам относят подготовку существующего асфальтобетонного или цементобетонного покрытия к усилению, укладку стальной сетки и укладку ЛЭМС.

Освидетельствование скрытых работ проводит комиссия, включающая представителей подрядчика, заказчика и проектной организации. По решению заказчика для освидетельствования могут привлекаться специалисты-эксперты, лаборанты и геодезисты.

При освидетельствовании скрытых работ производят: проверку правильности их выполнения в натуре; знакомство с технической документацией; изучение материалов технического надзора и независимого контроля качества работ.

По результатам освидетельствования скрытых работ оформляют соответствующий акт. В акте даётся оценка соответствия выполненных работ действующим нормативным документам.

Акты освидетельствования скрытых работ и промежуточной приёмки ответственных конструкций составляют в трёх экземплярах и после подписания хранят у заказчика, подрядчика и в проектной организации.

11.7 Приёмку выполненных работ осуществляет комиссия, состав которой назначают в соответствии с п. 11.6. Материалы и необходимые условия для работы комиссии готовит подрядчик.

Комиссия определяет объёмы работ, осуществляет их освидетельствование (правильность выполнения в натуре), знакомится с технической документацией, изучает материалы технического надзора, рекламации надзорных организаций.

Качество асфальтобетонных покрытий определяют в соответствии с действующими нормативными документами.

Не производится приёмка работ при наличии отступлений от проектной документации, не согласованных в установленном порядке; при наличии нарушений обязательных требований нормативных документов; если нарушение требований норм повлекло за собой снижение уровня безопасности движения, потерю прочности, устойчивости, надёжности сооружений, их частей или отдельных элементов.

12 Ремонт армированных стальной сеткой дорожных асфальтобетонных покрытий

12.1 Ремонт дорожного покрытия с сохранением армирующего слоя из стальной сетки и ЛЭМС.

При выполнении ремонтных работ (в том числе с заменой одного или двух верхних слоев асфальтобетона) без удаления ранее уложенной армирующей сетки, допускается производить фрезерование лежащих над сеткой слоев асфальтобетона при условии, что толщина сохраненного над армирующим слоем, состоящим из стальной сетки и ЛЭМС, асфальтобетона будет не менее 2 см (±0,5 см). При наличии трещин в сохраненном над сеткой слое асфальтобетона, они герметизируются. После фрезерования и герметизации (при необходимости) трещин, по обычной технологии могут укладываться новые слои асфальтобетона в соответствии с проектом усиления ремонтируемой дорожной одежды. При проектном расчете усиления дорожной одежды, толщина асфальтобетона $h_{аб}$, лежащего на армирующем слое, в формулах А.4 и А.5 Приложения А принимается равной сохраненной при фрезеровании толщине ранее уложенного на армирующий слой асфальтобетонного слоя (не менее 2 см). Расчетные характеристики ЛЭМС в составе сохраненного армирующего слоя, при расчете нового

усиления дорожной одежды, принимаются по Приложению А. Расчетные значения модуля упругости сохраненного армированного асфальтобетона в зоне действия армирующего слоя принимаются по нормативной справочной базе в соответствии с типом и маркой асфальтобетона с понижающим коэффициентом 0,9 (при отсутствии в сохраненном асфальтобетоне трещин) или 0,5 (при наличии трещин).

12.2 Капитальный ремонт дорожной одежды с удалением армирующего слоя из стальной сетки и ЛЭМС.

При выполнении работ по капитальному ремонту дорожной одежды с заменой конструктивных слоев, расположенных ниже армирующего слоя, производится фрезерование вышележащих слоев асфальтобетона с сохранением над армирующей сеткой слоя старого асфальтобетона толщиной 1 см (±0,5 см). Фрезерование производится с осторожностью, чтобы не повредить зубья и барабан фрезы. Затем, с помощью дискового нарезчика швов, участок разделяется на захватки длиной и шириной, равной длине и ширине грузовой платформы автотранспортного средства, на которое будет грузиться лом стальной сетки для вывоза на утилизацию. Захватки формируются путем нарезания поперечных и продольных швов в отфрезерованном дорожном полотне на глубину 3…5 см, достаточную для гарантированного перерезания всех проволок и стержней сетки. В начале захватки, вручную или с применением средств малой механизации (отбойный пневмомолоток или электроперфоратор и т. п.) освобождается от остатков асфальтобетона торцевой край стальной сетки на длину не менее двух шагов поперечных стержней. Далее, с помощью фронтального погрузчика (подцепив зубьями ковша освобожденный от асфальтобетона край сетки за второй от края поперечный стержень), сетка вырывается из асфальтобетона резким перемещением ковша вверх. В необходимых случаях дополнительно выполняется движение фронтального погрузчика задним ходом для выдергивания всей зацепленной ковшом сетки из-под остатков асфальтобетона на захватке. При этом производится встряхивание сетки, вертикальными перемещениями ковша, для максимального освобождения ее от остатков асфальтобетона. В необходимых случаях производится дополнительная очистка сетки от остатков асфальтобетона вручную или с применением средств малой механизации. После чего лом сетки с помощью автокрана, фронтального погрузчика или вручную (в зависимости от веса лома сетки) грузится на автотранспортное средство и вывозится на утилизацию как лом черного металла.

После удаления сетки, производится очистка дорожного полотна от лома асфальтобетона с использованием автогрейдера или фронтального погрузчика. Лом асфальтобетона собирается в валы или кучи и затем грузится фронтальным погрузчиком в автотранспортное средство для вывоза на утилизацию.

После очистки дорожного полотна от лома стальной сетки и асфальтобетона, дальнейшая разборка конструктивных слоев ремонтируемой дорожной одежды производится по обычной технологии.

Библиография

[1]		Федеральный закон от 27 декабря 2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании» в редакции, актуальной с 29 ноября 2019 г. (далее - ФЗ «О техническом регулировании»)
[2]	ТР ТС 014/2011	Технический регламент Таможенного союза "Безопасность автомобильных дорог»
[3]	ОДМ 218.1.001-2020	Рекомендации по применению документов технического регулирования и стандартизации в сфере дорожного хозяйства
[4]	ОДМ 218.1.002-2020	Рекомендации по организации и проведению работ по стандартизации в сфере дорожного хозяйства
[5]	ОДМ 218.3.028-2013	Методические рекомендации по ремонту и содержанию цементобетонных покрытий автомобильных дорог
[6]	ОДМ	Рекомендации по выявлению и устранению колей на нежестких дорожных одеждах. М.: Росавтодор, 2002 г.
[7]	ОДМ 218.4.005-2010	Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах
[8]	ОДМ 218.6.019-2016	Рекомендации по организации движения к ограничению мест производства дорожных работ
[9]		Методические рекомендации по ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования (Взамен ВСН 24-88)
[10]		Методические рекомендации по устройству защитного слоя износа из литых эмульсионноминеральных смесей типа «Сларри Сил»
[11]		«Рекомендации по расчёту и технологии устройства оптимальных конструкций дорожных одежд с армирующими прослойками при строительстве, реконструкции и

ремонте дорог с асфальтобетонными покрытиями» - М.:ФДД Минтранс РФ, 1993.

[12] Беляев Н.Н., Нартов А.Н. «Армирование асфальтобетонных покрытий стальной сеткой в слое эмульсионно-минеральной смеси»// - Дороги России, №6 (96), 2016, с. 96-104

[13] Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд (взамен ВСН 197-91)

[14] ОДМ 218.001-2009 Методические рекомендации по применению геосеток и плоских георешеток для армирования асфальтобетонных слоев усовершенствованных видов покрытий при капитальном ремонте и ремонте автомобильных дорог

[15] Федоренко Е.В. «Влияние плоских георешеток на сдвигоустойчивость дорожных одежд»// - Журнал современных строительных технологий «красная линия», 2012, №2 (58), с. 94-97.

[16] Веселов А.А. «Теория сцепления арматуры с бетоном и ее применение». Монография в авторской редакции // – СПб.: 2000, 210 с.

Приложение А
Расчетные характеристики армирующего слоя и армированного асфальтобетона

А.1 Определение расчетных характеристик армирующего слоя следует начинать с определения характеристики жесткости армирующей сетки. В качестве характеристики жесткости армирующей сетки принимается эквивалентный модуль упругости расчетной континуальной модели сетки в виде тонкой сплошной однородной пластины, характеризующейся толщиной $h_{арм}$ и эквивалентной продольной жесткостью $E_{арм}$.

В качестве толщины $h_{арм}$ модели стальной армирующей сетки с поперечными стержнями принимается высота сечения поперечного стержня. Для других типов армирующих сеток в качестве толщины $h_{арм}$ принимается толщина прядей, ребер или проволок сетки.

Расчетное значение $E_{арм}$ определяется по формуле:

$$E_{арм} = 0,5 \cdot K \cdot E_{мс} \cdot (S_1 + S_2) / h_{арм}, \qquad (А.1)$$

где $E_{мс}$ – модуль упругости материала сетки (принимается по данным производителя или по справочным данным), МПа;

S_1 и S_2 – суммарная площадь сечения всех прядей, ребер, стержней или проволок в расчете на один погонный метр сетки, соответственно в продольном и поперечном направлении рулона (площадь прядей, ребер, стержней или проволок сетки принимается в сечении, перпендикулярном к продольной оси этих элементов), м^2;

К – коэффициент перехода от линейного к плоскому напряженно-деформированному состоянию (для стальных сеток с поперечным стержнем принимается К = 1,6, в остальных случаях принимается К = 1,25).

Расчетные значения $E_{арм}$, в зависимости от вида материала и типа армирующей сетки, допускается принимать по таблице А.1.

Таблица А.1 – Значения эквивалентного модуля упругости армирующей сетки

№ п/п	Вид материала сетки	Модуль упругости материала сетки $E_{мс}$, МПа	Тип сетки	Модуль упругости сетки Eарм, МПа	Примечания
1.	Стальная проволока	210000	Тяжелая, hарм = 7 мм	7500	
2.	Стальная проволока	210000	Средняя, hарм = 7 мм	6000	
3.	Стальная проволока	210000	Легкая, hарм = 6 мм	4500	

Окончание таблицы А1.

4.	Стекловолокно	27700	Размер ячейки 50х50 мм, разрывная нагрузка 100 кН/м, относительная деформация при разрыве 3%, толщина прядей сетки hарм = 1 мм	3450	Для технико-экономического сравнения с вариантами асфальтобетонных слоев, армированных стальной сеткой
5.	Поливинилалкоголь (PVA)	4750	Размер ячейки 40х40 мм, разрывная нагрузка 50 кН/м, относительная деформация при разрыве 5%, толщина прядей сетки hарм = 1 мм	590	Для технико-экономического сравнения с вариантами асфальтобетонных слоев, армированных стальной сеткой
6.	Полиэфир	3000	Размер ячейки 50х50 мм, разрывная нагрузка 100 кН/м, относительная деформация при разрыве 13%, толщина ребер сетки hарм = 3 мм	370	Для технико-экономического сравнения с вариантами асфальтобетонных слоев, армированных стальной сеткой

А.2 Определение расчетных характеристик материала, заполняющего ячейки армирующей сетки.

В том случае, когда закрепление сетки на основании осуществляется с использованием ЛЭМС, расчетные характеристики заполняющего ячейки сетки материала (матрицы) принимаются по таблице А.2.

В том случае, когда асфальтобетонная смесь укладывается непосредственно на сетку (без предварительного закрепления сетки с использованием ЛЭМС), расчетные характеристики заполняющего ячейки сетки материала принимаются на основании данных нормативной справочной базы ПНСТ 265-2018, [13] в зависимости от типа укладываемого на сетку асфальтобетона (ГОСТ 9128, ГОСТ 31015, ГОСТ Р 58401.1-2019, ГОСТ Р 58401.2-2019 и др.). Для литого асфальтобетона расчетные характеристики допускается принимать по таблице А.2.

А.3 Определение расчетных характеристик композитного армирующего слоя.

Композитный армирующий слой состоит из армирующей сетки и заполняющего ее ячейки материала (ЛЭМС или асфальтобетон). В данных методических рекомендациях применена расчетная континуальная модель армирующего слоя, характеризующаяся толщиной h_{ac} и эквивалентной жесткостью E_{ac}.

Толщина расчетной модели h_{ac} в случае стальной сетки с поперечными жесткими стержнями равна высоте сечения этого стержня (см. табл. 5.3). В остальных случаях толщина модели h_{ac} равна толщине прядей или ребер сетки (см. табл. А.1 или технические условия на соответствующие армирующие материалы).

В качестве характеристики жесткости армирующего слоя, принят модуль упругости расчетной континуальной модели E_{ac}. При отсутствии экспериментальных данных, допускается определять величину модуля E_{ac} по формуле:

$$E_{ac} = 0{,}0002 \cdot E^2_{арм} + 0{,}3428 \cdot E_{арм} + 0{,}0002 \cdot E_{арм} \cdot E_{м} + 0{,}1813 \cdot E_{м}, \quad (А.2)$$

где E_{ac} – эквивалентный модуль упругости армирующего слоя, МПа;

$E_{арм}$ - эквивалентный модуль упругости армирующей сетки по таблице А.1 или по формуле А.1, МПа;

$E_{м}$ – расчетный модуль упругости материала матрицы, заполняющего ячейки сетки, по таблице А.2 или по нормативной справочной базе (в соответствии с п. А.2), МПа.

В следствие малой толщины армирующего слоя, величина E_{ac} принимается постоянной по всей его толщине.

В расчетной модели принято, что армирование не изменяет физико-химическую природу структурных связей в ЛЭМС или асфальтобетоне. Поэтому, предельная относительная деформация растяжения или сжатия ЛЭМС и асфальтобетона в ячейках сетки сохраняется на уровне не армированного материала. Повышение жесткости и трещиностойкости материала матрицы в композитном армирующем слое происходит в результате механического бокового сдерживания арматурой материала матрицы при совместном деформировании и выражается в повышении эквивалентного модуля упругости и предельной разрушающей нагрузки для всего композитного армирующего слоя. Предельным состоянием по трещиностойкости для армирующего слоя является не разрыв армирующей сетки, а образование трещины в матрице из ЛЭМС или асфальтобетона в результате достижения недопустимой для матрицы предельной относительной деформации при совместном деформировании с арматурой (которая при этом может сохранять свою целостность).

Таблица А.2 – Расчетные характеристики ЛЭМС в ячейках армирующей сетки

Расчетные характеристики ЛЭМС	Температура, °С					
	0	10	20	30	40	50 (60)
Кратковременный модуль упругости Ем, МПа	6000	4500	3000	1800	1000	700
Показатель «m»	6	-	-	-	-	-
Коэффициент «а» *)	5,0/5,6	-	-	-	-	-
Нормативное сопротивление растяжению R0, МПа	10,0	-	-	-	-	-
Коэффициент, учитывающий снижение прочности во времени от воздействия погодно-климатических факторов k2	1,0	-	-	-	-	-
Модуль упругости при длительном нагружении, МПа	-	-	490	420	370	310
Сцепление при сдвиге С, МПа	-	-	-	-	-	0,55
Коэффициент внутренего трения tgφ	-	-	-	-	-	0,8

Примечание: *) – в числителе для II Д.К.З., в знаменателе – для III-V Д.К.З.

Соответственно, нормативное сопротивление растяжению армирующего слоя R_{ac0} допускается определять по формуле:

$$R_{ac0} = R_0 \cdot E_{ac} / E_м, \qquad (А.3)$$

где R_0 - нормативное сопротивление растяжению материала, заполняющего ячейки сетки, в соответствии с п. А.2, МПа;

E_{ac} – эквивалентный модуль упругости армирующего слоя по формуле А.1, МПа;

$E_м$ – расчетный модуль упругости материала, заполняющего ячейки сетки, в соответствии с п. А.2, МПа.

Аналогично, сцепление армирующего слоя при сдвиге C_{ac} допускается определять по формуле:

$$C_{ac} = C_м \cdot E_{ac} / E_м, \qquad (А.4)$$

где $C_м$ – сцепление при сдвиге материала, заполняющего ячейки сетки, в соответствии с п. А.2, МПа.

Коэффициент внутреннего трения армирующего слоя $tg\varphi_{ac}$ допускается определять по формуле:

$$tg\varphi_{ac} = tg\varphi_м \cdot E_{ac} / E_м , \qquad (А.5)$$

где $tg\varphi_м$ – коэффициент внутреннего трения материала, заполняющего ячейки сетки, в соответствии с п. А.2, МПа.

Показатель «m» и коэффициент «а» принимаются для армирующего слоя такими же, как и для материала, заполняющего ячейки сетки (в соответствии с п. А.2).

Следует различать расчетную толщину армирующего слоя h_{ac}, которая используется в прочностных расчетах и строительную толщину армирующего слоя $h_{асст}$, которая указывается в проектной и технологической документации.

С учетом технологических особенностей укладки ЛЭМС, строительная толщина $h_{асст}$, армирующего слоя при любом типе стальной сетки с поперечными стержнями прямоугольного сечения принимается равной не менее 10 мм. Ввиду незначительно толщины армирующих геосинтетических материалов по сравнению с толщиной укладываемого на них слоя асфальтобетона, строительная толщина h_{ac} армирующего слоя при любом типе геосинтетического армирующего материала принимается равной 0,0 мм.

А.4 Определение толщины зоны влияния армирующего слоя на прилегающий к нему асфальтобетон

При нагружении транспортной нагрузкой или при не силовом деформировании дорожного покрытия, более прочный и более жесткий армирующий слой, через эффект бокового сдерживания, оказывает влияние на прилегающие к нему и прочно сцепленные с ним слои асфальтобетона. Это влияние (армирующий эффект) выражается в виде повышения жесткости и прочности асфальтобетона. Влияние армирующего слоя в асфальтобетоне постепенно затухает по мере удаления от плоскости контакта армирующего слоя и асфальтобетона. Поэтому, зона влияния армирующего слоя имеет хотя и достаточно условную «размытую» границу, но, тем не менее, может быть охарактеризована толщиной конечной величины. В качестве оценки толщины зоны влияния армирующего слоя на смежные с ним слои асфальтобетона, принимается эффективная зона депланации $h_э$ (т. е. зона депланации, где модуль упругости асфальтобетона повышается более, чем на 10%). Величина $h_э$ (отдельно для вышележащего и нижележащего слоев асфальтобетона) может быть определена по формуле:

$$h_э = h_{ac} \cdot [0{,}0625 \cdot ((9 + 12 \cdot E_{ac}/E_{аб})^{0,5} - 1)^2 - 0{,}25], \qquad (А.6)$$

где $h_э$ - эффективная зона депланации, мм;

h_{ac} – расчетная толщина армирующего слоя в соответствии с п. А.3, мм;

E_{ac} – эквивалентный модуль упругости армирующего слоя по формуле А.1, МПа;

$E_{аб}$ – расчетный модуль упругости асфальтобетона по нормативной справочной базе (в соответствии с п. А.2), МПа.

В том случае, когда в формуле А.6 принимается значение $E_{аб}$ для асфальтобетона вышележащего слоя ($E_{абв}$), получаем величину эффективной зоны депланации для вышележащего слоя $h_{эв}$. Если в формуле А.6 принимается значение $E_{аб}$ для асфальтобетона нижележащего слоя ($E_{абн}$), получаем величину эффективной зоны депланации для нижележащего слоя $h_{эн}$.

В том случае, если нижний слой представлен старым асфальтобетоном с неизвестными расчетными характеристиками, допускается значение $E_{абн}$ принимать равным $E_{абн} = 0,5 \cdot E_{абнт}$ в случае, если этот слой имеет трещиновато-блочную структуру. При отсутствии в слое трещин допускается принимать $E_{абн} = 0,9 \cdot E_{абнт}$. Где $E_{абнт}$ - нормативное значение модуля упругости соответствующего типа асфальтобетона по нормативной справочной базе (в соответствии с п. А.2).

Армирующий эффект в слое асфальтобетона, лежащем ниже армирующего слоя, учитывается только в случае армирования стальной сеткой, закрепляемой на слое основания ЛЭМС. В случае применения других геосеток, не закрепляемых на слое основания с помощью ЛЭМС, армирующий эффект в нижнем слое асфальтобетона незначителен и не учитывается в расчете.

В общем случае, армирующий эффект в асфальтобетоне проявляется при условии, что модуль упругости материала армирующей сетки превышает модуль упругости асфальтобетона при данной эксплуатационной температуре, т. е. $E_{мс} > E_{аб}$ (где величина $E_{мс}$ может быть принята по п. А.2).

Зона депланации в слое асфальтобетона возникает при условии его эффективного сцепления с армирующим слоем. Такое сцепление обеспечивает слой ЛЭМС, обладающий высокой адгезионной и когезионной прочностью, а так же внутренним трением. В результате термического воздействия и уплотняющего давления при устройстве вышележащего асфальтобетонного слоя, прочностные характеристики ЛЭМС резко возрастают и достигают высоких значений (см. табл. А.2). В тоже время, сцепление между другими конструктивными слоями асфальтобетона в дорожной одежде обеспечивается, как правило, только за счет подгрунтовки. Которая представляет собой достаточно толстую прослойку битума, эффективно сцепляющую слои дорожной одежды за счет когезии при низких температурах. Однако, в этих условиях зона депланации, как правило, не выходит за пределы конструктивного слоя асфальтобетона. В период же высоких летних температур, когда толщина зоны депланации может превышать толщину конструктивного слоя асфальтобетона, внутреннее сцепление в прослойке битумной подгрунтовки снижается и она может не обеспечивать эффективную передачу депланации в следующий слой асфальтобетона.

Поэтому, в расчетной схеме принято, что зона депланации локализуется только в пределах двух асфальтобетонных слоев, смежных с армирующим слоем (вышележащий и нижележащий слои). Эти слои рассматриваются как армированные.

А.5 Определение расчетных характеристик армированного асфальтобетона в зоне депланации.

В зоне депланации упругие (жесткость) и прочностные характеристики асфальтобетона увеличиваются. Максимальные значения они имеют в плоскости контакта асфальтобетона с армирующим слоем. По мере удаления от армирующего слоя, жесткость и прочность армированного асфальтобетона

постепенно (как правило, не линейно) уменьшаются и приближаются к соответствующим характеристикам не армированного асфальтобетона. Для инженерного расчета дорожных одежд, в большинстве случаев, достаточно знать усредненный модуль упругости армированного асфальтобетона. В пределах армированного слоя расчетный (усредненный) модуль упругости армированного асфальтобетона $E_{абар}$, при отсутствии экспериментальных данных, допускается приближенно (в предположении линейного характера затухания эффекта армирования по толщине асфальтобетонного слоя) определять следующим образом.

Если $h_э > h_{аб}$, то $E_{абар}$ вычисляется по формуле:

$$E_{абар} = E_{аб} + 0{,}5 \cdot (E_{ас} - E_{аб}) \cdot (2 \cdot h_э - h_{аб}) / h_э, \qquad (А.7)$$

Если $h_э$ меньше или равно $h_{аб}$, то $E_{абар}$ вычисляется по формуле:

$$E_{абар} = [E_{аб} \cdot (h_{аб} - 0{,}5 \cdot h_э) + 0{,}5 \cdot E_{ас} \cdot h_э] / h_{аб}, \qquad (А.8)$$

где в формулах А.7 и А.8:

$E_{абар}$ – расчетный модуль упругости армированного асфальтобетона, соответственно в вышележащем или нижележащем (при учете в нем армирующего эффекта) слое асфальтобетона, МПа;

$E_{ас}$ – эквивалентный модуль упругости армирующего слоя по формуле А.2, МПа;

$E_{аб}$ – расчетный модуль упругости асфальтобетона, соответственно в вышележащем или нижележащем (при учете в нем армирующего эффекта) слое асфальтобетона по нормативной справочной базе (согласно п. А.2), МПа;

$h_э$ - эффективная зона депланации, соответственно в вышележащем или нижележащем (при учете в нем армирующего эффекта) слое асфальтобетона, мм;

$h_{аб}$ – толщина примыкающего к армирующему слою конструктивного слоя асфальтобетона, соответственно вышележащего или нижележащего (при учете в нем армирующего эффекта), внутри которого реализуется депланация асфальтобетона, мм.

При необходимости, величина усредненного по толщине слоя расчетного модуля упругости армированного асфальтобетона, более точно может быть определена с учетом не линейного характера затухания эффекта армирования путем численного интегрирования функций А.7 и А.8 по толщине конструктивного слоя $h_{аб}$ с пределами интегрирования от 0 (место примыкания армированного асфальтобетонного слоя к армирующему слою) до $h_{аб}$ (удаленная от армирующего слоя граница армированного слоя асфальтобетона). Для вычисления уточненного усредненного модуля упругости армированного асфальтобетона, результат интегрирования следует разделить на толщину конструктивного слоя $h_{аб}$.

Соответственно, нормативное сопротивление растяжению армированного слоя (вышележащего или нижележащего) $R_{абар0}$ допускается определять по формуле:

$$R_{абар0} = R_0 \cdot E_{абар} / E_{аб}, \quad (А.9)$$

где R_0 - нормативное сопротивление растяжению асфальтобетона согласно п. А.2, МПа;

$E_{абар}$ – эквивалентный модуль упругости армированного слоя по формуле А.7 или А.8, МПа;

$E_{аб}$ – расчетный модуль упругости асфальтобетона, по п. А.2, МПа.

Сцепление армированного слоя при сдвиге $C_{абар}$ допускается определять по формуле:

$$C_{абар} = C_{аб} \cdot E_{абар} / E_{аб}, \quad (А.10)$$

где $C_{аб}$ – сцепление при сдвиге не армированного асфальтобетона по п. А.2, МПа.

Коэффициент внутреннего трения армированного слоя $tg\varphi_{абар}$ допускается определять по формуле:

$$tg\varphi_{абар} = tg\varphi_{аб} \cdot E_{абар} / E_{аб}, \quad (А.11)$$

где $tg\varphi_{аб}$ – коэффициент внутреннего трения не армированного асфальтобетона по нормативной справочной базе п. А.2, МПа.

Показатель «m» и коэффициент «a» принимаются для армированного слоя такими же, как и для исходного, не армированного асфальтобетона, по п. А.2, МПа.

Приложение Б
Методика расчета асфальтобетонного покрытия, армированного стальной сеткой, на устойчивость к образованию отраженных трещин

Б.1 В рамках данной расчетной модели рассматриваются отраженные трещины, которые возникают в асфальтобетонном покрытии над трещинами (деформационными швами) в основании по механизму усталостного трещинообразования после многократного приложения транспортной нагрузки. При этом, в результате ослабления (снижения общего модуля упругости) дорожной одежды в зоне влияния существующей в основании трещины или деформационного шва, на подошве вышележащего слоя а/б над трещиной возникает высокое («пиковое») растягивающие напряжение. Многократное возникновение высоких растягивающих напряжений в этой зоне асфальтобетонного покрытия приводит к быстрому наступлению состояния «усталости» материала и к быстрому образованию отраженной трещины.

Б.2 Используемая расчетная модель предполагает, что после «зарождения» отраженной трещины на подошве нижнего слоя расчетной схемы в результате приложения определенного числа расчетных нагрузок, требуется дополнительное число расчетных нагрузок, в результате приложения которых трещина развивается и «прорастает» вверх сквозь дорожное покрытие. Учитывая, что транспортная нагрузка прилагается к дорожному покрытию во времени закономерно, процессы «зарождения» и «прорастания» отраженной трещины можно выразить не только в координатах числа приложенных расчетных нагрузок, но также и в координатах времени, т. е. в виде продолжительности срока службы дорожной одежды до выхода отраженной трещины на поверхность асфальтобетонного дорожного покрытия.

Наиболее медленно этот процесс «зарождения» и «прорастания» отраженных трещин протекает в армирующем слое, обладающем повышенными деформативными и прочностными характеристиками. Существенным трещинопрерывающим эффектом обладают также и смежные с армирующим слоем слои армированного асфальтобетона - вышележащий и нижележащий (в том числе выравнивающий слой). При достаточно высокой прочности армирующего материала и прилегающего к нему асфальтобетона, продолжительность «зарождения» и «прорастания» трещины через армированное асфальтобетонное покрытие может достигать нескольких десятков лет.

Б.3 Расчетная схема (см. таблицу Б.1) включает армирующий слой толщиной h_{ac} (см. Приложение А), нижележащий асфальтобетонный слой при условии отсутствия в нем трещин (в том числе, выравнивающий слой при его наличии) и все вышележащие слои асфальтобетона.

Таблица Б.1 – Пример расчетной схемы для проверки асфальтобетонного покрытия на образование отраженных трещин

Верхний слой а/б покрытия	Слои дорожной одежды, включаемые в расчетную схему
Нижний слой а/б покрытия	
Армирующий слой	
Выравнивающий слой (при наличии)	
Верхний а/б слой основания с трещиновато-блочной структурой	Слои дорожной одежды, не включаемые в расчетную схему
Основание дорожной одежды	

Б.4 Дополнительная проверка на устойчивость к образованию отраженных трещин в асфальтобетонном покрытии проводится для дорожных одежд, прошедших стандартную проверку по другим критериям прочности. Исходными данными для расчета служат следующие данные, принимаемые на основании результатов расчета дорожной одежды на прочность. В том числе:

- диаметр расчетного отпечатка движущегося колеса D, см;
- расчетное давление колеса p, МПа;
- суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки по рассматриваемой полосе движения $\sum N_{1p}$ (ед.) в первый год после завершения работ по армированию асфальтобетонного покрытия, определяемое по формуле:

$$\sum N_{1p} = 0{,}7 \cdot f_п \cdot N_{1p} \cdot T_{рдг} \cdot k_п, \quad (Б.1)$$

где N_{1p} – средняя суточная интенсивность расчетной нагрузки по автомобильной дороге в первый год после завершения работ по армированию асфальтобетонного покрытия (принимается по данным проекта или по результатам натурных наблюдений, ед./сут.;

$T_{рдг}$ – число расчетных дней в году (принимается по ПНСТ 265-2018), дни;

$f_п$ - коэффициент полосности для рассматриваемой полосы движения (принимается по ПНСТ 265-2018);

$k_п$ - коэффициент неравномерности движения, принимаемый по табл. 9 ПНСТ 265-2018.

Б.5 В армированных асфальтобетонных покрытиях на устойчивость к образованию отраженных трещин проверяется армирующий слой и прилегающие к нему снизу и сверху слои из армированного асфальтобетона, не имеющие трещин. В том числе, выравнивающий слой, при его наличии.

Б.6 Расчет выполняется при значениях нормативных кратковременных модулей упругости асфальтобетонов E_i и других расчетных параметрах, соответствующих температуре 0°С. Эти расчетные характеристики

принимаются в соответствии с нормативной справочной базой и рекомендациями Приложения А.

Б.7 Для каждого из слоев (с текущим номером i) расчетной схемы по методикам Приложения А определяются модуль упругости слоя E_{aci} или $E_{абарi}$ (далее по тексту E_i) и нормативное сопротивление растяжению R_{ac0i} или $R_{абар0i}$ (далее по тексту R_{0i}) Кроме того, по Приложению А определяются значения показателя m_i, а также коэффициентов a_i и k_{2i}.

Б.8 Расчет выполняется послойно, снизу вверх, по ходу «зарождения» и «прорастания» восходящей отраженной трещины. Первым рассчитывается самый нижний слой расчетной схемы.

Б.9 Для расчета времени $T_{зтi}$ (год), в течение которого на подошве нижнего i–го слоя может «зародиться» отраженная трещина, вычисляется общая толщина расчетной модели многослойной плиты дорожного покрытия $H_{вi}$ (см), расположенной на трещиновато-блочном основании:

$$H_{вi} = \sum h_i, \qquad (Б.2)$$

где h_i – толщины асфальтобетонных слоев по п. Б.3 (номер конструктивного слоя i изменяется сверху вниз от 1 до номера нижнего слоя расчетной схемы), см.

Далее, вычисляется отношение $H_{вi}$ /D.

Б.10 В качестве модуля упругости $E_{нi}$ нижнего слоя расчетной модели плиты покрытия принимается модуль упругости проверяемого i–го нижнего слоя E_i:

$$E_{нi} = E_i, \qquad (Б.3)$$

Б.11 На основании значений $H_{вi}$/D и $E_{нi}$, по номограмме на рисунке Б.1 [11], определяется растягивающее напряжение σ_{ri} (МПа) от единичной нагрузки в нижнем слое расчетной модели многослойной плиты покрытия, лежащего над швом или трещиной блочного основания.

Для определения растягивающего напряжения σ_{ri} от единичной нагрузки (при интерполяции или экстраполяции номограммы на рис. Б.1) допускается применять также зависимость:

$$\sigma_{ri} = [27{,}35 \cdot \exp(-4.5 \cdot H_{вi}/D) + E_{нi} \cdot 0{,}0018 \cdot \exp(-2{,}785 \cdot H_{вi}/D)] \cdot (1+0{,}02 \cdot t), \qquad (Б.4)$$

где σ_{ri} - растягивающее напряжение σ_{ri} от единичной нагрузки в нижнем слое расчетной модели многослойной плиты покрытия, МПа;

$H_{вi}$ - общая толщина расчетной модели многослойной плиты дорожного покрытия $H_{вi}$, см;

D – диаметр отпечатка колеса, см;

$E_{нi}$ - модуль упругости нижнего слоя расчетной модели плиты, МПа;

t - коэффициент нормированного отклонения при заданном уровне надежности (принимается по ПНСТ 265-2018);

После чего, вычисляется расчетное растягивающее напряжение $\sigma_{грi}$ от расчетного давления колеса р на подошве проверяемого i-го слоя (МПа):

$$\sigma_{грi} = К_в \cdot К_{ур} \cdot \sigma_{гi} \cdot р, \qquad (Б.5)$$

$К_б$ – коэффициент, учитывающий тип колеса (при однобаллонном колесе $К_в = 1,0$, при спаренном баллоне колеса $К_в = 0,85$);

$К_{ур}$ – коэффициент, учитывающий условия работы асфальтобетонного покрытия на трещиновато-блочном основании (при расстоянии между трещинами в основании более 1,5 … 2,0 м $К_{ур} = 1,0$, при расстоянии между трещинами в основании менее 1,5 … 2,0 м $К_{ур} = 0,83$).

Б.12 Определяется прогнозируемое суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки $\sum N_{рпi}$ до зарождения отраженной трещины на подошве проверяемого i-го слоя:

$$\sum N_{рпi} = [a_i \cdot R_{0i} \cdot k_{2i} \cdot (1 - \nu \cdot t)/(К_{пр} \cdot \sigma_{грi})]^{mi}, \qquad (Б.6)$$

где ν и t - значения статистических параметров – коэффициент вариации и коэффициент нормированного отклонения (принимается по ПНСТ 265-2018);

$К_{пр}$ - требуемый коэффициент прочности по критерию растяжения при изгибе;

a_i, k_{2i} и m_i – коэффициенты, используемые для определения расчетной прочности асфальтобетона на растяжение с учетом усталости и влияния погодно-климатических факторов (принимаются по п. Б.7).

Б.13 Определяется прогнозируемый срок службы дорожного покрытия $Т_{зтi}$ (год) до зарождения отраженной трещины на подошве проверяемого i-го слоя:

$$Т_{зтi} = \log [(q-1) \cdot (\sum N_{рпi} / \sum N_{1р}) + 1] / \log q , \qquad (Б.7)$$

где q – показатель изменения интенсивности расчетной нагрузки;

$\sum N_{1р}$ – вычисленное ранее суммарное число приложений расчетной нагрузки по рассматриваемой полосе движения в первый год после завершения работ по армированию асфальтобетонного покрытия, ед..

Б.14 Далее определяется продолжительность периода времени $Т_{итi}$ (год), в течение которого образовавшаяся восходящая отраженная трещина «прорастает» вверх сквозь данный проверяемый конструктивный i-й слой. Для этого, конструктивный слой толщиной h_i условно разбивается на «n» более тонких подслоев толщиной Δh_{ij} (где номер подслоя j изменяется по ходу развития трещины снизу вверх от 1 до n, а номера границ между подслоями – от 0 до n).

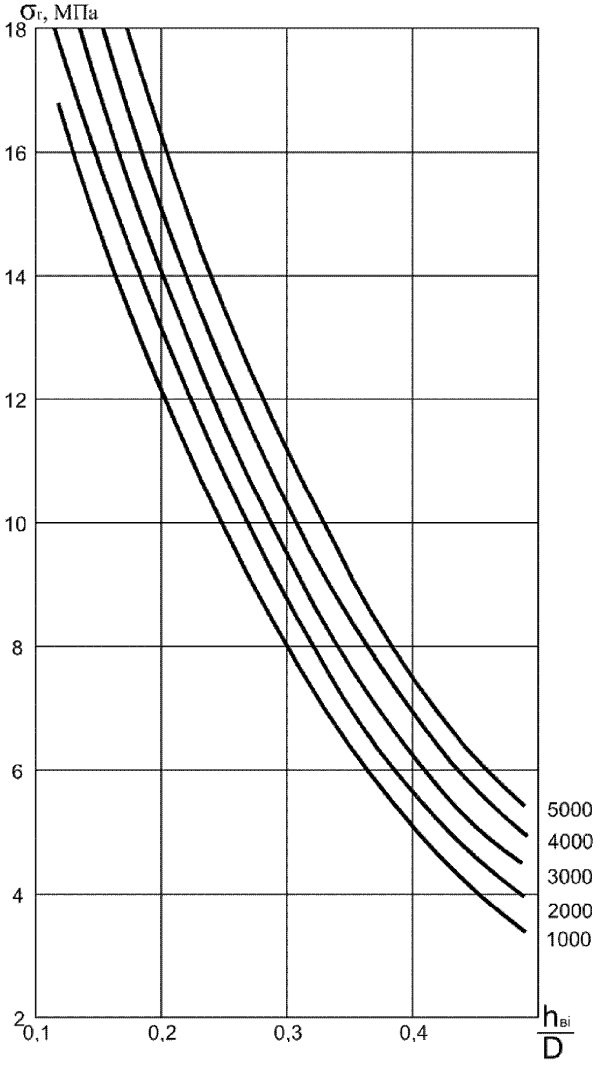


Рис. Б.1 Номограмма для определения растягивающего напряжения σ_r в нижнем слое многослойной плиты покрытия, лежащего над швом или трещиной блочного основания, от единичной нагрузки: цифры у кривых – модуль упругости нижнего слоя многослойной плиты покрытия $E_н$

Б.15 В данной расчетной модели принята рабочая гипотеза о том, что, в пределах рассматриваемого конструктивного слоя, продолжительность «прорастания» трещины через нижележащий подслой $\Delta T_{\text{пт}i(j+1)}$ приближенно равна продолжительности времени, необходимого по формуле вида Б.7 для «зарождения» трещины в вышележащем подслое $\Delta T_{\text{зт}ij}$ при условии, что в

нижележащем подслое трещина уже образовалась на всю его толщину (т. е. вышележащий подслой располагается на блочно-трещиноватом основании).

Таким образом, послойно снизу вверх, с использованием формул вида Б.2 -Б.7 выполняется расчет продолжительностей $\Delta T_{\text{пт}ij}$ «прорастания» трещины через все j-е подслои рассматриваемого i-го конструктивного слоя. При достаточно большом числе подслоев, такая расчетная схема позволяет, с использованием любого метода численного интегрирования зависимости вида Б.7 по толщине конструктивного слоя (например, с использованием метода трапеций), вычислить продолжительность $T_{\text{пт}i}$ (год) «прорастания» трещины через рассматриваемый конструктивный слой. При этом, пределы интегрирования изменяются от h_i (трещина «зародилась» на подошве i-го слоя, но еще не проникла в него) до 0 (трещина «проросла» на всю толщину i-го конструктивного слоя).

Б.16 После определения величин $T_{\text{зт}i}$ и $T_{\text{пт}i}$, определяется срок службы $T_{\text{сл}i}$ (год) i-го конструктивного слоя до завершения в нем цикла «зарождения» и «прорастания» восходящей отраженной трещины:

$$T_{\text{сл}i} = T_{\text{зт}i} + T_{\text{пт}i}, \qquad (Б.7)$$

Б.17 Затем, аналогичный расчет послойно выполняется для вышележащих конструктивных слоев расчетной схемы армированного асфальтобетонного покрытия. При расчете продолжительности «прорастания» отраженной трещины через армирующий слой, ввиду его малой толщины, значение E_i принимается постоянным во всех подслоях с индексом j. Однако, при расчете продолжительности «прорастания» отраженной трещины через слои армированного асфальтобетона (имеющие толщину на порядок больше, по сравнению с армирующим слоем) необходимо учитывать изменение модуля упругости E_i при переходе от одного подслоя с индексом j к следующему подслою. По мере «прорастания» трещины вглубь слоя армированного асфальтобетона через нижние его подслои, эти подслои исключаются из расчета оставшейся толщины $h_{\text{аб}}$, уменьшая ее. Что, в соответствии с формулами А.7 и А.8, будет приводить к изменению величины E_i в каждом следующем подслое. Соответственно, жесткость и прочность оставшихся не треснувшими подслоев будет изменяться.

Причем в слое, лежащем ниже армирующего слоя, по мере приближения трещины к армирующему слою жесткость и прочность оставшихся подслоев будет возрастать. Соответственно, в слое асфальтобетона выше армирующего слоя, по мере прорастания трещины, жесткость и прочность оставшихся не треснувшими подслоев будут

снижаться. Примерные расчетные схемы для вычисления продолжительности «прорастания» трещины через различные слои дорожной одежды представлены в таблицах Б.2 и Б.3.

Б.18 Полный срок службы дорожной одежды $T_{сл}$ (год) от момента начала эксплуатации армированной дорожной одежды и до выхода отраженной трещины на поверхность дорожного покрытия составит:

$$T_{сл} = \Sigma T_{слi}, \quad (Б.8)$$

Б.19 Проверяемая дорожная одежда является достаточно устойчивой к образованию отраженных трещин при выполнении условия:

$$T_{сл} \geq T_{слр}, \quad (Б.9)$$

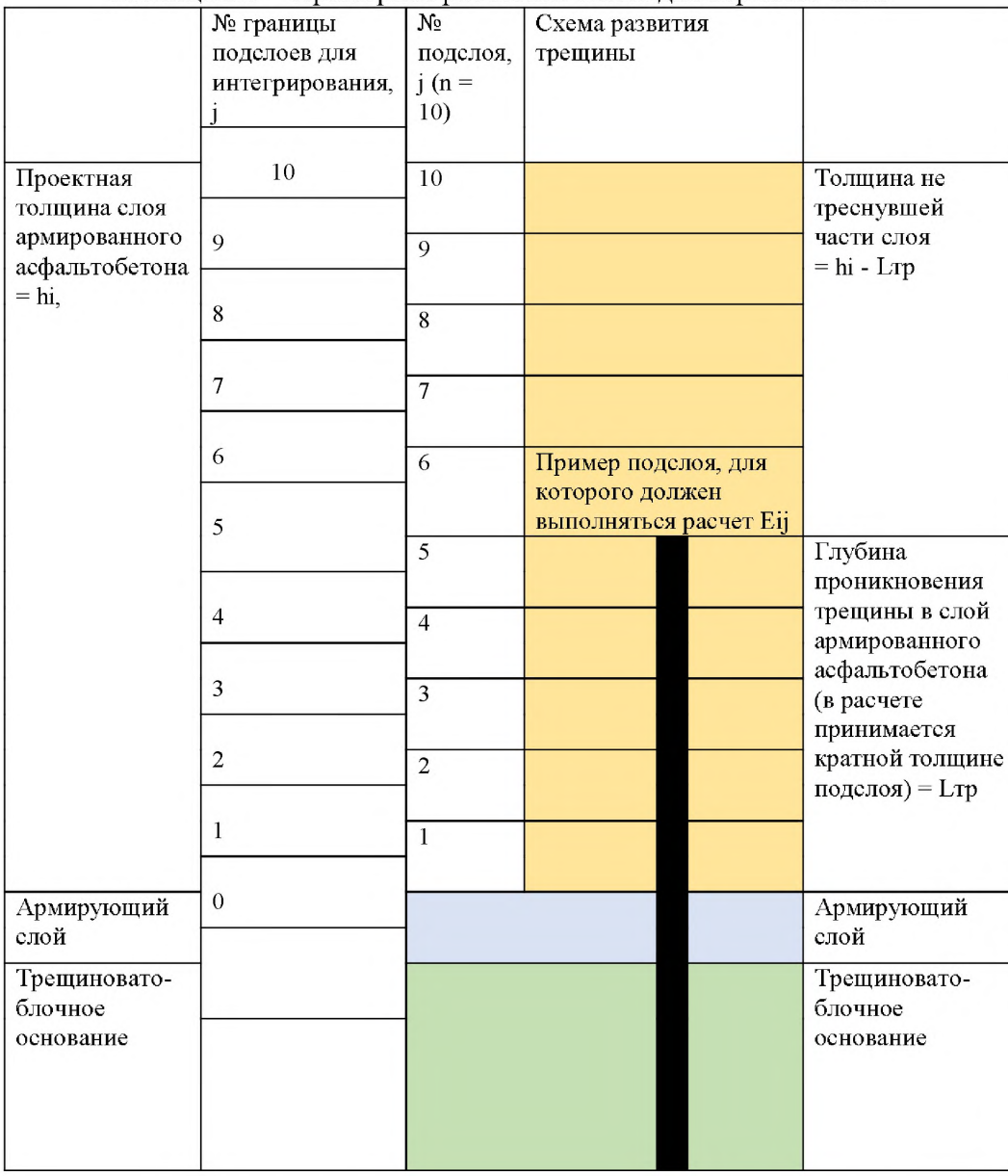
где $T_{слр}$ - расчетный срок службы; рекомендуется принимать $T_{слр}$ равным не менее периодичности замены слоя износа дорожного покрытия, не менее межремонтного срока 12 лет при ремонте существующей дорожной одежды или не менее 24 лет при капитальном ремонте и строительстве новой дорожной одежды с армированным асфальтобетонным покрытием (допускается принимать иные сроки службы в зависимости от задач проектирования).

Таблица Б.2– Примерная расчетная схема для нижнего слоя

<table>
<tr><td></td><td>№ границы подслоев для интегрирования, j</td><td>№ подслоя, j (n = 10)</td><td>Схема развития трещины</td><td></td></tr>
<tr><td>Армирующий слой</td><td></td><td></td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">Армирующий слой</td></tr>
<tr><td></td><td>10</td></tr>
<tr><td rowspan="11">Проектная толщина слоя армированного асфальтобетона = hi,</td><td>9</td><td>10</td><td rowspan="5"></td><td rowspan="5">Толщина не треснувшей части слоя = hi - Lтр</td></tr>
<tr><td>8</td><td>9</td></tr>
<tr><td>7</td><td>8</td></tr>
<tr><td>6</td><td>7</td></tr>
<tr><td>5</td><td>6</td><td>Пример подслоя, для которого должен выполняться расчет Eij</td></tr>
<tr><td>4</td><td>5</td><td rowspan="6"></td><td rowspan="6">Глубина проникновения трещины в слой армированного асфальтобетона (в расчете принимается кратной толщине подслоя) = Lтр</td></tr>
<tr><td>3</td><td>4</td></tr>
<tr><td>2</td><td>3</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td></tr>
<tr><td>0</td><td>1</td></tr>
<tr><td>Трещиновато-блочное основание</td><td></td><td></td><td></td><td>Трещиновато-блочное основание</td></tr>
</table>

При расчете продолжительности «прорастания» отраженной трещины через слой армированного асфальтобетона, расположенного ниже армирующего слоя, величина $h_{аб}$ (см) в формулах А.7 и А.8 принимается для каждого подслоя равной $h_{аб} = h_i - L_{тр}$. Где h_i – проектная толщина слоя асфальтобетона (см) и $L_{тр}$ – суммарная толщина всех нижележащих подслоев.

Таблица Б.3 – Примерная расчетная схема для верхнего слоя



При расчете продолжительности «прорастания» отраженной трещины через слой армированного асфальтобетона, расположенного выше армирующего слоя, величина $h_{аб}$ (см) в формулах А.7 и А.8 принимается для каждого подслоя равной $h_{аб} = L_{тр}$. Где $L_{тр}$ – суммарная толщина всех нижележащих подслоев.

Приложение В
Методика проверочного расчета асфальтобетонного покрытия, армированного стальной сеткой, на сдвигоустойчивость

В.1 Настоящая методика предназначена для предотвращения недопустимых сдвиговых деформаций асфальтобетонных покрытий в виде наплывов, гребенки и разрывов на участках автомобильных дорог, где могут иметь место высокие сдвигающие усилия под действием колес разгоняющихся, тормозящих или совершающих поворот автомобилей. В том числе на участках спусков и подъемов, на участках поворотов, на участках остановок общественного транспорта, на участках регулируемых пересечений с автомобильными и железными дорогами, на участках контроля доступа и т. д.. Проверка проводится для условий жаркого летнего периода, когда, в результате нагревания до +50°С и выше, асфальтобетоны имеют минимальную сдвигоустойчивость.

В.2 Сдвигоустойчивость асфальтобетонного покрытия считается обеспеченной при выполнении в каждом слое условия:

$$\tau_{сдz} \leq \tau_{допz} / К_{пр}, \quad (В.1)$$

где $К_{пр}$ – требуемый коэффициент прочности по критерию сдвига, принимаемый в соответствии с действующими нормативными требованиями ПНСТ 265-2018;

$\tau_{допz}$ – предельное напряжение сдвига неармированного или армированного асфальтобетона в плоскости асфальтобетонного покрытия на глубине «Z» от поверхности покрытия (вычисляется в соответствии с п. В.3), МПа;

$\tau_{сдz}$ – напряжение сдвига в плоскости асфальтобетонного покрытия на глубине «Z» от поверхности покрытия (вычисляется в соответствии с п. В.4), МПа.

В.3 Величина $\tau_{допz}$ вычисляется по формуле:

$$\tau_{допz} = (C_z + \sigma_z \cdot tg\varphi_z) \cdot К_у, \quad (В.2)$$

где $\tau_{допz}$ - предельное напряжение сдвига в плоскости «Z», действующее в центре проекции отпечатка колеса, МПа;

C_z – сцепление при сдвиге в материале дорожного покрытия, расположенного в плоскости «Z» (определяется по Приложению А), МПа;

φ_z - угол внутреннего трения в материале дорожного покрытия, расположенного в плоскости «Z» (определяется по Приложению А), градусы;

σ_z – нормальное (сжимающее) напряжение, возникающее в плоскости «Z» дорожного покрытия в центре проекции площадки нагружения в результате действия нормального давления p_0 и сдвигающего усилия T_0:

$$\sigma_z = \sigma_{pz} + \sigma_{тz}, \quad (В.3)$$

где σp_z - нормальное (сжимающее) напряжение, возникающее в плоскости «Z» дорожного покрытия в центре проекции площадки нагружения в результате действия нормального давления p_0 (вычисляется в соответствии с п. В.7), МПа;

$\sigma_{\tau z}$ - нормальное (сжимающее) напряжение, возникающее в плоскости «Z» дорожного покрытия в центре проекции площадки нагружения в результате действия сдвигающего усилия T_0 (вычисляется в соответствии с п. В.7), МПа.

При динамическом нагружении (движущийся автомобиль) в расчете учитываются оба компонента сжимающего напряжения - σ_{pz} и $\sigma_{\tau z}$. При статическом нагружении (автомобиль длительное время, 1 минута и более, стоит на месте) в формуле В.3 учитывается только σ_{pz}.

K_y - коэффициент усталости асфальтобетона под воздействием сдвиговых напряжений при температуре +50 °С, при отсутствии фактических данных может быть вычислен по формуле:

$$K_y = [t_л/(t_ц \cdot \sum N_{сд})]^{M_{пл}}, \qquad (В.4)$$

где $t_л$ – продолжительность нагружения образца асфальтобетона при стандартных лабораторных испытаниях по определению характеристик сдвигоустойчивости (п.18 ГОСТ 12801-98) при температуре +50°С и скорости перемещения плиты пресса 50 мм/мин, с. При отсутствии фактических данных допускается принимать $t_л = 20$ с;

$t_ц$ - длительность воздействия транспортной нагрузки под колесом автомобиля, с. При отсутствии фактических данных допускается принимать $t_ц$ для движущегося автомобиля по таблице В.4, либо рассчитывать по формуле:

$$t_ц = Д_д \cdot 3{,}6 / V_{ср}, \qquad (В.5)$$

где $V_{ср} = (V_{max} – V_{min})/2$, км/ч;

V_{max} и V_{min} – соответственно, максимальная и минимальная скорости при движении автомобиля в режиме разгона или торможения. При торможении до полной остановки или при начале движения после остановки, $V_{min} = 0$;

$Д_д$ – диаметр отпечатка колеса движущегося автомобиля по ПНСТ 265-2018, м.

В местах остановок транспортных средств (регулируемые пересечения с автомобильными или железными дорогами, остановочные площадки общественного транспорта, зоны контроля доступа) допускается принимать $t_ц$ = 60 с, в местах стоянки транспортных средств (парковки и т. п.) допускается принимать $t_ц = 600$ с;

$\sum N_{сд}$ – суммарное, за период эксплуатации дорожного покрытия, число приложений расчетной нагрузки, приводящей к накоплению сдвиговых деформаций формоизменения асфальтобетона. Вычисляется по формуле:

$$\sum N_{сд} = T_{рег} \cdot N_{p1} \cdot f_п \cdot K_п \cdot K_А \cdot K_с \cdot K_п \cdot K_т, \qquad (В.6)$$

где $T_{рег}$ – расчетное количество дней в году, сдвигоопасных для асфальтобетонного покрытия (приведенное к температуре асфальтобетонного покрытия +50 °С и выше), дни. Определяется по методике п. 5.1 части 2 ОДМ «Рекомендации по выявлению и устранению колей на нежестких дорожных одеждах. М.: Росавтодор, 2002 г» [6]. Допускается принимать значение $T_{рег}$ по аналогии с ближайшим населенным пунктом по таблице В.5;

N_{p1} – среднесуточная интенсивность расчетной нагрузки по автомобильной дороге в первый год после ее строительства или ремонта, ед/сут. Принимается на основании натурных наблюдений, данных проекта, справочных данных или определяется по методике ПНСТ 265-2018;

$f_п$ - коэффициент полосности для рассматриваемой полосы движения (принимается по ПНСТ 265-2018);

$K_п$ – коэффициент неравномерности движения по ПНСТ 265-2018;

K_A – безразмерный коэффициент приведения расчетной нагрузки N_{p1} к расчетным условиям по сдвигоустойчивости, вычисляется по формуле:

$$K_A = (Q_A /10)^4, \qquad (В.7)$$

где Q_A - нагрузка на ось расчетного автомобиля (А), т;

K_c – коэффициент суммирования расчетной нагрузки за период срока службы $T_{сл}$ дорожного покрытия, определяется по формуле:

$$K_c = (q^{Tсл} – 1)/(q – 1), \qquad (В.8)$$

где q – показатель изменения интенсивности движения, доли единицы (принимается на основании результатов натурных наблюдений, по данным проекта или по справочным данным);

$T_{сл}$ - срок службы дорожного асфальтобетонного покрытия, принимается равным сроку службы дорожной одежды, межремонтному сроку, периодичности замены верхнего слоя дорожного асфальтобетонного покрытия или в соответствии с заданием на проектирование, год;

$K_п$ - коэффициент повторяемости (смещения) расчетной нагрузки относительно рассматриваемой при расчете точки на поверхности дорожного покрытия, определяется по результатам натурных наблюдений. При отсутствии фактических данных допускается для движущегося автомобиля принимать $K_п = 0,7$ и для остановившегося или начинающего движение после остановки автомобиля $K_п = 0,5$;

$K_т$ – коэффициент транзитности, отражающий долю транспортного потока, которая будет участвовать в режиме движения, создающем повышенные сдвиговые усилия (например, доля автомобилей, которые будут останавливаться на включенный запрещающий сигнал светофора, в отличие от автомобилей, проходящих транзитом через пересечение а/д в фазе включенного разрешающего сигнала светофора). Коэффициент транзитности может определяться по результатам натурных наблюдений, на основании данных проекта или на основании справочных данных. При отсутствии фактических данных допускается для полос движения основного хода

автомобильной дороги в зоне регулируемого пересечения с другой равнозначной а/д принимать $К_т$ = 0,5, в зоне регулируемого пересечения с ж/д допускается принимать $К_т$ = 0,1. В остальных случаях допускается принимать $К_т$ = 1,0.

$М_{ш}$ – коэффициент пластичности асфальтобетона, при наличии фактических данных вычисляется по формуле:

$$М_{ш} = (\ln R^{50}_{50} - \ln R^{3}_{50}) / 2{,}813, \quad (В.9)$$

где R^{50}_{50} и R^{3}_{50} – определенные по стандартной лабораторной методике показатели прочности асфальтобетона при сжатии, соответственно при скорости деформирования 50 и 3 мм/мин, МПа. При отсутствии фактических данных допускается принимать $М_{ш}$ = 0,15.

В.4 Величина $\tau_{сдz}$ вычисляется как сумма сдвигающих напряжений, действующих в плоскости «Z» в центре проекции отпечатка колеса:

$$\tau_{сдz} = \tau_{pz} + \tau_{тz}, \quad (В.10)$$

где τ_{pz} - напряжение сдвига в плоскости «Z» (вычисляется в соответствии с п. В.8), обусловленное действием на дорожное покрытие нормального, распределенного по площади контакта колеса с покрытием, давления p_0, МПа;

$\tau_{тz}$ - напряжение сдвига в плоскости «Z» (вычисляется в соответствии с п. В.9), обусловленное действием на дорожное покрытие горизонтального, распределенного по площади контакта колеса с покрытием, усилия $Т_0$, МПа.

В.5 Давление p_0 (МПа) равно расчетному давлению колеса р по ПНСТ 265-2018. Сдвигающее усилие $Т_0$ (МПа), в зависимости от режима движения автомобиля, допускается принимать в соответствии с таблицей В.1.

В.6 Используемые для дальнейших расчетов значения сдвигающего усилия $Т_0$ должны соответствовать условию:

$$Т_0 \le p_0 \cdot \varphi_т, \quad (В.11)$$

где $\varphi_т$ – коэффициент сцепления колеса с дорожным покрытием, при отсутствии фактических данных допускается принимать $\varphi_т$ = 0,5.

Таблица В.1 – Расчетные значения $Т_о$ (МПа) для расчетных нагрузок в зависимости от режима движения

Режим движения	Скорость движения, км/ч				Продольный уклон, ‰
	40	60	90	110	
1. Начало движения, ускорение до заданной скорости (прямой участок, поворот)	$p_0 \cdot \varphi_т$	$p_0 \cdot \varphi_т$	$p_0 \cdot \varphi_т$	$p_0 \cdot \varphi_т$	Любой

Окончание таблицы В.1

2. Установившийся скоростной режим (прямой участок)	0,17 0,16	0,21 0,20	0,31 0,29	0,39 0,36	Горизонтальный участок
3. Подъем (прямой участок)	0,27 0,25	0,32 0,30	0,42 0,39	p0·φт	10
	0,38 0,35	0,42 0,39	p0·φт	p0·φт	20
	p0·φт	p0·φт	p0·φт	p0·φт	>30
4. Спуск (прямой участок)	0,0	0,0	0,0	0,0	<10
	0,04 0,04	0,0	0,0	0,0	20
	0,15 0,14	0,1 0,09	0,0	0,0	30
	0,25 0,23	0,21 0,20	0,11 0,10	0,03 0,03	40
	0,36 0,33	0,32 0,30	0,22 0,20	0,14 0,13	50
	p0·φт	0,41 0,38	0,32 0,30	0,24 0,22	60
	p0·φт	p0·φт	p0·φт	p0·φт	>70
5. Движение на повороте	p0·φт	p0·φт	p0·φт	p0·φт	Любой
6. Торможение (прямой участок, поворот)	p0·φт	p0·φт	p0·φт	p0·φт	Любой

Примечание: В числителе приведены значения для расчетной нагрузки А 11,5 т при довлении колеса p=0,8 МПа, в знаменателе – для расчетной нагрузки А 10 т при давлении колеса p=0,6 МПа.

В.7 Сжимающие напряжения в плоскости «Z» допускается вычислять по приближенным зависимостям, применимым при $Z/D \leq 1$:

$$\sigma_{pz} = p_0 \cdot \exp(-0{,}5 \cdot Z/D), \quad (В.12)$$

$$\sigma_{\tau z} = T_0 \cdot 1{,}272 \cdot \exp(-1{,}467 \cdot Z/D), \quad (В.13)$$

где Z – глубина расположения плоскости «Z» от поверхности дорожного покрытия, м;

D – диаметр отпечатка колеса, м.

В.8 Сдвигающие напряжения τ_{pz} в плоскости «Z» допускается вычислять с использованием номограммы на рисунке В.1.

Порядок расчета τ_{pz} по номограмме следующий. По формуле (В.14) вычисляют средний модуль упругости $E_{ср.асф}$ (МПа) слоев асфальтобетона, расположенных выше плоскости Z (на номограмме глубина Z обозначена как h, м).

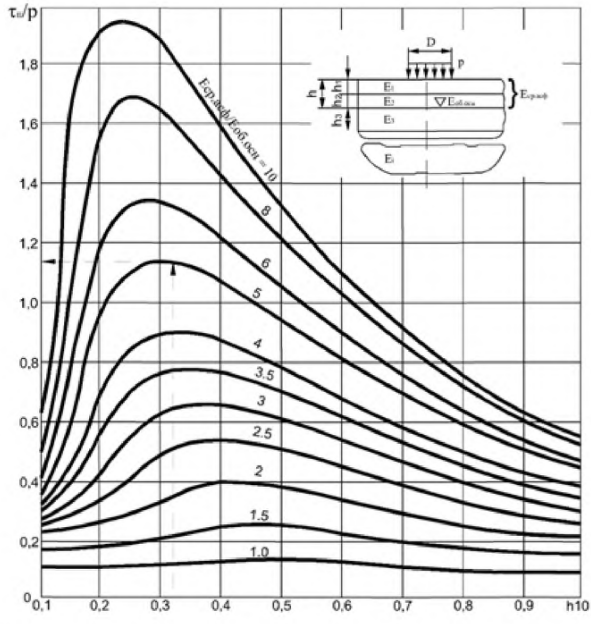


Рис. В.1 - Номограмма для определения напряжения сдвига $\tau_н/p$ в слое асфальтобетона от единичной нагрузки p = 1

$$E_{ср.асф} = \frac{\sum_{i=1}^{n} E_i \cdot h_i}{\sum_{i=1}^{n} h_i}, \qquad (В.14)$$

где n - число слоев дорожной одежды выше плоскости Z (включая неполный слой, если проверяется сдвигоустойчивость внутри этого слоя);

h_i - толщина i-го слоя (включая полную толщину слоя, если проверяется сдвигоустойчивость внутри этого слоя), м;

E_i - модуль упругости i-го слоя, МПа.

В том случае, когда плоскость «Z» проходит внутри конструктивного слоя, с целью унификации расчетов с действующими методиками проектирования дорожных одежд, соответствующая толщина h_i приближенно принимается, при вычислении $E_{ср.асф}$, равной проектной толщине этого слоя.

При этом, в условиях динамического нагружения (движущиеся автомобили), в расчете принимаются значения кратковременных модулей упругости асфальтобетонов при температуре +50 °С по ПНСТ 265-2018. При статическом нагружении (остановки общественного транспорта, стоянки, зоны образования колонны стоящих автомобилей при остановке перед стоплинией) – принимаются соответствующие значения модулей упругости асфальтобетонов при расчете на длительную нагрузку.

Далее, по стандартной методике ПНСТ 265-2018 (или аналогичной) определяют общий модуль упругости $E_{об.осн}$ на поверхности подстилающего основания. При этом, расчетные модули упругости материалов (в том числе – асфальтобетонов, расположенных ниже плоскости «Z») принимаются в зависимости от расчетного режима нагружения – при наличии информации о влиянии режима нагружения на расчетный модуль упругости конкретного материала. При отсутствии данных о фактической влажности грунтов в жаркий летний период, расчетная влажность подстилающих дорожную одежду грунтов принимается по стандартной методике ПНСТ 265-2018. По известным из предварительных расчетов данным, находят отношения $E_{ср.асф}/E_{об.осн}$ и $\sum h_i/D$, где $\sum h_i$ - суммарная толщина пакета проверяемых слоев асфальтобетона (соответствует глубине Z). В том случае, когда плоскость «Z» проходит внутри конструктивного слоя, с целью унификации расчетов с действующими методиками проектирования дорожных одежд, соответствующая толщина h_i приближенно принимается, при вычислении $\sum h_i/D$, равной проектной толщине этого слоя. При $E_{ср.асф}/E_{об.осн} < 2$, принимается $E_{ср.асф}/E_{об.осн} = 2$.

Затем по номограмме (см. рис. В.1) находят на вертикальной оси напряжение сдвига $\tau_н/p$ от единичной вертикальной нагрузки (МПа).

Расчетное напряжение сдвига в плоскости «Z» от действия нормального давления p_0 составит $\tau_{pz} = K_p \cdot (\tau_н/p) \cdot p_0$. Где p_0 - расчетное давление на покрытие, а K_p – поправочный коэффициент, учитывающий условия контакта между слоями асфальтобетона. При наличии битумной подгрунтовки между слоями или при наличии в зоне контакта между слоями ЛЭМС $K_p = 0,7$, при сцеплении слоев только за счет трения - $K_p = 0,9$.

В соответствии с границами номограммы, данная методика расчета рекомендуется при $Z/D \leq 1$.

В.9 Сдвигающие напряжения τ_{rz} в плоскости «Z» допускается вычислять при $Z/D \leq 1$ по приближенной зависимости:

$$\tau_{rz} = K_\tau \cdot T_0 \cdot \exp(-3,0 \cdot Z/D), \qquad (В.15)$$

где T_0 – сдвигающее напряжение на поверхности дорожного покрытия под колесом движущегося автомобиля (для неподвижно стоящего автомобиля $T_0 = 0$), МПа;

K_τ – поправочный коэффициент, учитывающий условия контакта между слоями асфальтобетона. При наличии битумной подгрунтовки между слоями или при наличии в зоне контакта между слоями ЛЭМС $K_\tau = 1$, при сцеплении слоев только за счет трения - $K_\tau = 1,1$;

Z – глубина расположения плоскости «Z» от поверхности дорожного покрытия, м;

D – диаметр отпечатка колеса, м.

В.10 Рекомендуется обязательно проводить дополнительную проверку на сдвигоустойчивость асфальтобетонных покрытий на участках автомобильных дорог, указанных в таблице В.2. Дополнительная проверка на сдвигоустойчивость асфальтобетонных покрытий на других участках автомобильных дорог, в том числе на прямых участках с установившимся скоростным режимом дорожного движения, может проводиться по мере необходимости.

Таблица В.2 - Участки автомобильных дорог, рекомендуемые для дополнительной проверки на сдвигоустойчивость асфальтобетонных покрытий

Участок а/д	Параметр	Разрешенная скорость движения, км/ч			
		40	60	90	110
1. Регулируемые пересечения с а/д и ж/д, пункты взимания платы за проезд, зоны контроля доступа а/т	Длина зоны разгона после стоп-линии по основному ходу а/д, м	20	70	240	435
	Длина зоны торможения перед стоп-линией по основному ходу а/д*), м	25	50	115	175
2. Регулируемые и не регулируемые пересечения автомобильных дорог в одном уровне	Переходно-скоростные полосы	По всей длине переходно-скоростных полос			
3. Места остановки общественного транспорта	Остановочная площадка (ОП) и переходно-скоростные полосы (ПСП)	По всей длине ОП и ПСП			
4. Участки подъема	С продольным уклоном более 20‰	По всей длине участка			

Окончание таблицы В.2

5. Участки спуска	С продольным уклоном более 30‰	По всей длине участка
6. Участки поворота	Круговые кривые (КК) и переходные кривые (ПК)	По всей длине КК и ПК

Примечание*): Длина зоны торможения, в зависимости от категории дороги, увеличивается на длину колонны $L_к$ автомобилей, скапливающихся за время остановки перед стоп-линией. Рекомендуемая усредненная длина колонны приведена в таблице В.3.

Таблица В.3 – Длина колонны остановившихся автомобилей $L_к$, на которую необходимо увеличить протяженность зоны торможения перед стоп-линией.

Категория а/д	I	II	III	IV
Длина колонны, м	180	180	90	25

Таблица В.4 - Длительность воздействия транспортной нагрузки $t_ц$ при движении на подъем

Характер местности	Категория дороги	Длительность (с) воздействия транспортной нагрузки $t_ц$, при продольном уклоне ‰						
		< 30	30 ... 40	41 ... 50	51 ... 60	61 ... 70	71 ... 80	> 80
Равнинный	Iа	0,011	0,012	0,013	0,014	0,014	0,015	0,018
	Iб	0,013	0,014	0,016	0,017	0,018	0,019	0,022
	II	0,016	0,017	0,02	0,021	0,022	0,024	0,028
	III	0,02	0,021	0,024	0,025	0,027	0,029	0,035
	IV	0,025	0,027	0,03	0,033	0,035	0,039	0,047
	V	0,035	0,038	0,044	0,047	0,052	0,057	0,073
Пересеченный	Iа	0,013	0,014	0,016	0,017	0,018	0,019	0,022
	Iб	0,016	0,017	0,018	0,02	0,021	0,022	0,026
	II	0,02	0,021	0,024	0,025	0,027	0,029	0,035
	III	0,025	0,027	0,03	0,033	0,035	0,039	0,047
	IV	0,035	0,038	0,044	0,047	0,052	0,057	0,073
	V	0,062	0,067	0,08	0,089	0,101	0,116	0,165
Горный	Iа	0,019	0,02	0,023	0,024	0,026	0,027	0,032
	Iб	0,026	0,027	0,03	0,032	0,034	0,036	0,042
	II	0,035	0,038	0,044	0,047	0,052	0,057	0,073
	III	0,045	0,048	0,056	0,062	0,068	0,076	0,101
	IV	0,062	0,067	0,08	0,089	0,101	0,116	0,165
	V	0,101	0,110	0,14	0,165	0,197	0,244	0,471

Примечание: При движении на спуск, во всех случаях, значения $t_ц$ принимают по столбцу «< 30» с понижением на 20 % (умножив на 0,8).

Таблица В.5 - Расчетное количество дней в году $T_{рсг}$, сдвигоопасных для асфальтобетонного покрытия.

/п	Географический пункт	$T_{рсг}$, дни
	Майкоп	9
	Барнаул	4,5
	Благовещенск	6,5
	Архангельск	2
	Астрахань	13
	Уфа	4,5
	Белгород	8
	Брянск	4
	Улан-Уде	9,5
0	Владимир	3,5
1	Волгоград	14
2	Вологда	2,5
3	Воронеж	8
4	Махачкала	24,5
5	Иваново	2,5
6	Иркутск	5,5
7	Нальчик	12,5
8	Калининград	3,5

Продолжение таблицы В.5

9	Элиста	16,5
0	Калуга	3,5
1	Петропавловск-Камчатский	1,0
2	Черкесск	7,5
3	Петрозаводск	3
4	Кемерово	2,5
5	Вятка	3
6	Ухта	2
7	Кострома	2,5
8	Краснодар	11,5
9	Сочи	11
0	Красноярск	9
1	Курган	4
2	Курск	5,5
3	Липецк	7,5
4	С-Петербург	2

Продолжение таблицы В.5

5	Магадан	0,5
6	Йошкар-Ола	3
7	Саранск	5
8	Москва	3
9	Мурманск	1
0	Нижний Новгород	3,5
1	Новосибирск	3
2	Омск	3,5
3	Оренбург	12,5
4	Орел	4,5
5	Пенза	6
6	Пермь	3,5
7	Владивосток	2,5
8	Псков	2,5
9	Ростов-на-Дону	22
0	Рязань	4,5

Продолжение таблицы В.5

1	Самара	8,5
2	Саратов	12,5
3	Южно-Сахалинск	2,5
4	Екатеринбург	2,5
5	Владикавказ	9
6	Смоленск	2
7	Ставрополь	16,5
8	Тамбов	7,5
9	Казань	4,5
0	Тверь	2,5
1	Томск	6,5
2	Кызыл	4
3	Тула	4,5
4	Тюмень	2
5	Ижевск	3
6	Ульяновск	5

Продолжение таблицы В.5

7	Хабаровск	7,5
8	Челябинск	3,5
9	Грозный	8
0	Чита	6,5
1	Якутск	6,5
2	Ярославль	2,5
3	Симферополь	6,5
4	Ялта	12
5	Феодосия	12
6	Клепенино	7,5
7	Тихорецк	10
8	Миллерово	16
9	Братск	4,5
0	Ачинск	6
1	Сыктывкар	3,5
2	Ханты-Мансийск	3,5

Продолжение таблицы В.5

3	Сургут	3
4	Абакан	3,5
5	В. Новгород	2
6	Тура	2
7	Дальнереченск	8,5
8	Оха	1
9	Ноглики	1
0	Поронайск	2
1	Александровск-Сахалинский	2
2	Советская Гавань	1,5
3	Комсомольск на Амуре	7,5
4	Николаевск на Амуре	2
5	Свободный	3,5
6	Сковородино	5,5
7	Ерофей Павлович	6
8	Тында	3,5

Окончание таблицы В.5

9	Алдан	3
00	Нера	2
01	Салехард	1
02	Игарка	1,5
03	Верхоянск	1,5
04	Бийск	3,5
05	Змеиногорск	4
06	Кош-Агачь	1,5

Приложение Г
Рекомендуемые толщины асфальтобетонных покрытий, армированных стальными сетками, при условии обеспечения их устойчивости к образованию отраженных трещин

В данном Приложении представлены рекомендации по назначению минимально допустимых толщин асфальтобетонных покрытий, армированных стальными сетками, при условии обеспечения их устойчивости к образованию отраженных трещин. Под толщиной армированных асфальтобетонных покрытий понимается суммарная толщина самого армирующего слоя и всех вышележащих асфальтобетонных слоев. При этом, толщина армирующего слоя, независимо от типа стальной сетки, принимается равной 1,0 см. При наличии выравнивающего асфальтобетонного слоя ниже армирующего слоя, толщина выравнивающего слоя в состав рекомендуемой минимальной толщины асфальтобетонного покрытия не включается. Примерная схема для назначения минимальной толщины армированных асфальтобетонных покрытий, устойчивых к образованию отраженных трещин, представлена в таблице Г.1.

Таблица Г.1 – Примерная схема для назначения минимальной толщины армированных асфальтобетонных покрытий, устойчивых к образованию отраженных трещин

Верхний слой а/б покрытия	Слои дорожной одежды, суммарная толщина которых включается в состав минимальной толщины армированных асфальтобетонных покрытий
Нижний слой а/б покрытия	
Армирующий слой	
Выравнивающий слой (при наличии)	Слои дорожной одежды, не включаемые в состав минимальной толщины армированных асфальтобетонных покрытий
Верхний а/б слой основания с трещиновато-блочной структурой	
Основание дорожной одежды	

Рекомендуемые минимально допустимые толщины асфальтобетонных покрытий, армированных стальными сетками, в зависимости от категории дороги и наличия выравнивающего слоя представлены в таблицах Г.2, Г.3, Г.4 и Г.5. Рекомендации таблиц Г.2 … Г.5 являются ориентировочными и предназначены для предварительного назначения толщины асфальтобетонного покрытия. Они актуальны при спаренном баллоне колеса и расстоянии между трещинами в основании более 1,5 …2,0 м. В необходимых случаях рекомендации данного Приложения должны уточняться расчетом по методике Приложения Б.

Таблица Г.2 - Минимальная толщина армированных асфальтобетонных покрытий для автомобильных дорог 1 категории.

№ п/п	Тип стальной сетки	Продолжительность расчетного периода $T_{рдг}$, сут	Минимально допустимая толщина армированного а/б покрытия (см)	
			При наличии выравнивающего слоя толщиной 4 см	При отсутствии выравнивающего слоя
1.	Т	< 150	10,5/12	13/14
2.	Т	> 200	11/12,5	13,5/15
3.	С	< 150	12/13	14/15
4.	С	> 200	12,5/13,5	14,5/16
5.	Л	< 150	13,5/14,5	15,5/16,5
6.	Л	> 200	14/15	16/17

Примечание: В числителе – для $T_{сл}$ = 6 лет, в знаменателе – для $T_{сл}$ = 12 лет.

Таблица Г.3 - Минимальная толщина армированных асфальтобетонных покрытий для автомобильных дорог 2 категории.

№ п/п	Тип стальной сетки	Продолжительность расчетного периода $T_{рдг}$, сут	Минимально допустимая толщина армированного а/б покрытия (см)	
			При наличии выравнивающего слоя толщиной 4 см	При отсутствии выравнивающего слоя
1.	Т	< 150	8/9,5	10,5/12
2.	Т	> 200	9/10	11/12,5
3.	С	< 150	9,5/11	11,5/13
4.	С	> 200	10/11,5	12/13,5
5.	Л	< 150	11/12,5	13/14,5
6.	Л	> 200	11,5/13	13,5/15

Примечание: В числителе – для $T_{сл}$ = 6 лет, в знаменателе – для $T_{сл}$ = 12 лет.

Таблица Г.4 - Минимальная толщина армированных асфальтобетонных покрытий для автомобильных дорог 3 категории.

№ п/п	Тип стальной сетки	Продолжительность расчетного периода Трдг, сут	Минимально допустимая толщина армированного а/б покрытия (см)	
			При наличии выравнивающего слоя толщиной 4 см	При отсутствии выравнивающего слоя
1.	Т	< 150	5/6,5	6,5/8
2.	Т	> 200	5,5/7	7/8,5
3.	С	< 150	6,5/7,5	7,5/9
4.	С	> 200	7/8,5	8,5/9,5
5.	Л	< 150	8/9	9/10,5
6.	Л	> 200	8,5/10	10/11

Примечание: В числителе – для $T_{сл}$ = 6 лет, в знаменателе – для $T_{сл}$ = 12 лет.

Таблица Г.5 - Минимальная толщина армированных асфальтобетонных покрытий для автомобильных дорог 4 категории.

№ п/п	Тип стальной сетки	Продолжительность расчетного периода Трдг, сут	Минимально допустимая толщина армированного а/б покрытия (см)	
			При наличии выравнивающего слоя толщиной 4 см	При отсутствии выравнивающего слоя
1.	Т	< 150	Без ограничения	4/5,5
2.	Т	> 200	Без ограничения	4,5/6
3.	С	< 150	4/5,5	5,5/6,5
4.	С	> 200	4,5/6	6/7

Окончание таблицы Г.5

5.	Л	< 150	6/7	7/8
6.	Л	> 200	6,5/7,5	7,5/8,5

Примечание: В числителе – для $T_{сл}$ = 6 лет, в знаменателе – для $T_{сл}$ = 12 лет.

Приложение Д
Примеры расчета конструкций дорожной одежды с асфальтобетонными слоями, армированными стальной сеткой

Пример расчета: Выполнить расчет на прочность, включая дополнительные проверки на устойчивость к отраженным трещинам и на сдвигоустойчивость асфальтобетонных слоев, для армированной дорожной одежды, представленной в таблице Д.1.

Таблица Д.1 – Конструкция дорожной одежды

№ слоя	Материал слоя	Проверяемый диапазон толщин, см	Плотность, кг/см^3
1.	Асфальтобетон м/з, плотный тип А, на вязком битуме 60/90	4	2400
2.	Асфальтобетон пористый крупнозернистый, на вязком битуме 60/90	8	2300
3.	Асфальтобетон пористый крупнозернистый, на вязком битуме 60/90	6	2300
4.	Армирующий слой по ОДМ 218.3.041 (стальная сетка легкого типа, закрепленная ЛЭМС)	1	2400
5.	Щебеночно-песчаная смесь оптимального состава, обработанная цементом (ЩЦПС) М60	37	2100
6.	Песок средней крупности с содержанием пылевато-глинистой фракции 0%	48	1950
Грунт суглинок легкий		-	-

Область проектирования – г. Хабаровск, Хабаровский край;
Категория проектируемой дороги - II;
Число полос движения – 2;
Дорожно-климатическая зона – II; Подзона – 2;
Тип местности по увлажнению – 3;
Грунт рабочего слоя земляного полотна – Грунт суглинок легкий;
Коэффициент уплотнения грунта земляного полотна Купл = 1,01 … 0,98.
Тип дорожной одежды – капитальный;
Срок службы дорожной одежды, лет - 24;
Межремонтный срок, лет – 12;
Заданная надежность - Кн = 0,98;
Расчетная нагрузка – АК 11,5 (ГОСТ 32960-2014);
Параметры расчетной нагрузки:
Нагрузка на колесо Q = 57,5 кН;
Давление в шине Р = 0,8 МПа;
Диаметр штампа движущегося колеса $Д_д$ = 34 см;
Диаметр штампа колеса от статической нагрузки $Д_{ст}$ = 30 см;
Расчет выполняется для спаренного баллона;

Расчетная нагрузка на автомобильную дорогу в первый год службы N_{p1} = 1364 авт/сут;

Показатель изменения интенсивности движения q = 1,02;

Расчетное число дней в году $T_{рдг}$ = 140;

Коэффициент, учитывающий вероятность отклонения дорожного движения от среднего ожидаемого k_n = 1,49;

Суммарное расчетное число приложений нагрузки за нормативный срок службы ΣN_p - 3331650;

Минимальный требуемый модуль упругости конструкции E_{min} = 378,49 МПа.

Расчетные характеристики материалов.

Расчетная влажность связного грунта:

$$W_p = (W_{табл} + \Delta + \Delta_{1W} + \Delta_{2W})\cdot(1 + 0{,}1\cdot t) - \Delta_3 = (0{,}67 + 0{,}03 + 0 - 0)\cdot(1 + 0{,}1\cdot 2{,}19) - 0 = 0{,}853$$

Расчетные характеристики (модуль упругости и сдвиговые характеристики) грунта и песка приведены в таблице Д.2:

Таблица Д.2 – Расчетные характеристики грунта и песка

Материал слоя	E, МПа	Угол внутреннего трения, градусы	Угол внутреннего трения (статика), градусы	Сцепление, МПа	Сцепление (статика), МПа
Песок средней крупности	120	27	32	0,002	0,004
Грунт суглинок легкий	24,9	2,23	12,20	0,0015	0,0094

Расчетные характеристики материалов слоев дорожной одежды, на которые не влияет армирование, приведены в таблице Д.3:

Таблица Д.3 – Расчетные характеристики слоев дорожной одежды

№ и материал слоя	Модуль упругости по упругому прогибу (t = +10°C), МПа	Модуль упругости по сдвигу (t = +20°C), МПа	Модуль упругости на изгиб (t = 0°C), МПа	Сопротивление растяжению при изгибе R0 (t = 0°C) , МПа	m	α	k2
1. Асфальтобетон плотный тип А, на вязком битуме 60/90	3200	1800	4500	9,8	5,5	5,2	0,95
2. Асфальтобетон пористый крупнозернистый, на	2000	1200	2800	8	4,3	5,9	0,8

вязком битуме 60/90							
5. ЩЦПС М-60	800	800	800	0,47	-	-	-
6. Песок средней крупности	120	120	120	-	-	-	-

Исходные расчетные характеристики материалов слоев дорожной одежды, на которые влияет армирование, приведены в таблице Д.4:

Таблица Д.4 – Исходные расчетные характеристики слоев дорожной одежды

№ и материал слоя	Модуль упругости по упругому прогибу (t = +10°С), МПа	Модуль упругости по сдвигу (t = +20°С), МПа	Модуль упругости на изгиб (t = 0°С), МПа	Сопротивление растяжению при изгибе R0 (t = 0°С), МПа	m	α	k2
3. Асфальтобетон пористый крупнозернистый, на вязком битуме 60/90	2000	1200	2800	8	4,3	5,9	0,8
4. Литая эмульсионно-минеральная смесь	4500	3000	6000	10	6,0	5,0	1,0
4. Стальная сетка легкого типа	4500	4500	4500	Расчетная толщина армирующего слоя hас = 0,6 см			

Примеры определения расчетных характеристик материалов, на которые влияет армирование.

Модуль упругости композитного армирующего слоя при температуре 0°С:

$$E_{ас} = 0{,}0002 \cdot E^2_{арм} + 0{,}3428 \cdot E_{арм} + 0{,}0002 \cdot E_{арм} \cdot E_м + 0{,}1813 \cdot E_м =$$
$$0{,}0002 \cdot 4500^2 + 0{,}3428 \cdot 4500 + 0{,}0002 \cdot 4500 \cdot 6000 + 0{,}1813 \cdot 6000 = 12080{,}4 \text{ МПа}$$

Нормативное сопротивление растяжению армирующего слоя при температуре 0°С:

$$R_{ас0} = R_0 \cdot E_{ас} / E_м = 10 \cdot 12080{,}4 / 6000 = 20{,}1 \text{ МПа}$$

Эффективная зона депланации в пористом асфальтобетоне 3-го слоя, примыкающего к армирующему слою, при температуре 0°С составляет:

$$h_э = h_{ас} \cdot [0{,}0625 \cdot ((9 + 12 \cdot E_{ас}/E_{аб})^{0,5} - 1)^2 - 0{,}25] = 6 \cdot [0{,}0625 \cdot ((9 +$$
$$12 \cdot 12080{,}4/2800)^{0,5} - 1)^2 - 0{,}25] = 15{,}6 \text{ мм} < 60 \text{ мм}$$

Модуль упругости армированного слоя из пористого асфальтобетона при температуре 0°С определяются при толщине эффективной зоны депланации менее толщины конструктивного слоя асфальтобетона:

$E_{абар} = [E_{аб} \cdot (h_{аб} - 0,5 \cdot h_э) + 0,5 \cdot E_{ас} \cdot h_э] / h_{аб} = [2800 \cdot (60 - 0,5 \cdot 15,6) + 0,5 \cdot 12080,4 \cdot 15,6] / 60 = 4023,3$ МПа

Нормативное сопротивление растяжению армированного слоя из пористого асфальтобетона при температуре 0°С:

$$R_{ас0} = R_0 \cdot E_{ас} / E_м = 8 \cdot 4023,3 / 2800 = 11,5 \text{ МПа}$$

Расчетные характеристики материалов слоев дорожной одежды, на которые влияет армирование, при других расчетных условиях также определяются по методикам Приложения А. Значения этих расчетных характеристик приведены в таблице Д.5:

Таблица Д.5 – Расчетные характеристики армированных слоев дорожной одежды

№ и материал слоя	Модуль упругости по упругому прогибу (t = +10°С), МПа	Модуль упругости по сдвигу (t = +20°С), МПа	Модуль упругости на изгиб (t = 0°С), МПа	Сопротивление растяжению при изгибе R0 (t = 0°С), МПа	m	α	k2
3. Армированный асфальтобетон пористый крупнозернистый, на вязком битуме 60/90	3369	2981	4023	11,5	4,3	5,9	0,8
4. Армирующий слой (композит из стальной сетки и ЛЭМС); расчетная толщина армирующего слоя*) hас = 0,6 см	10458	8836	12080	20,1	6,0	5,0	1,0

Примечание: При выполнении прочностных расчетов используется расчетная толщина армирующего слоя, зависящая от типа стальной сетки; в проектной документации, с учетом технологических допусков, указывается строительная толщина армирующего слоя, которая, независимо от типа стальной сетки, принимается равной 1,0 см.

Расчет дорожной одежды по упругому прогибу.

Общий расчетный модуль упругости конструкции определяют с помощью номограммы рис. 4 ПНСТ 265-2018 (далее по тексту – ПНСТ), построенной по решению теории упругости для модели многослойной среды.

Схема расчета конструкции приведена ниже:

E_7 = 570,07 МПа
E_6 = 497,60 МПа
E_5 = 377,68 МПа
E_4 = 283,96 МПа
E_3 = 280,00 МПа
E_2 = 71,65 МПа
E_1 = 24,93 МПа

Минимальный требуемый модуль упругости конструкции E_{min} = 378,49 МПа.

Общий расчетный модуль упругости конструкции $E_{об}$ = 570,07 МПа.

Коэффициент прочности конструкции по упругому прогибу:

$$К_{пр} = E_{об}/E_{min} = 570,07/378,49 = 1,51$$

Требуемый коэффициент прочности $К_{пр}^{тр}$ равен 1,50. Прочность по упругому прогибу в весенний расчетный период обеспечена.

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

Расчет выполняется исходя из условия:

$$\sigma_r \leq \frac{R_N}{К_{пр}^{тр}},$$

где $К_{пр}^{тр}$ – требуемый коэффициент прочности с учетом заданной надежности (таблица 11 ПНСТ), равный 1.10;

R_N – прочность материала слоя на растяжение при изгибе с учетом усталостных явлений;

σ_r – наибольшее растягивающее напряжение в рассматриваемом слое, устанавливаемое расчетом.

Наибольшее растягивающее напряжение σ_r при изгибе в монолитном слое определяем с помощью номограммы, приводя реальную конструкцию к двухслойной модели. К верхнему слою модели относят все асфальтобетонные слои, включая рассчитываемый.

Толщину верхнего слоя модели принимаем равной сумме толщин, входящих в пакет асфальтобетонных слоев – 18.60, см.

Модуль упругости верхнего слоя модели вычисляют как средневзвешенный по формуле 16, ПНСТ:

$$E_в = \frac{\sum_{i=1}^{n} E_i \cdot h_i}{\sum_{i=1}^{n} h_i} = 3859.46 \text{ МПа},$$

где n – число слоев дорожной одежды;

E_i – модуль упругости i-го слоя;

h_i – толщина i-го слоя.

Нижним слоем модели служит часть конструкции, расположенная ниже пакета асфальтобетонных слоев, включая грунт рабочего слоя земляного полотна.

Общий модуль упругости нижних слоев, определяют с помощью номограммы рисунок 4 ПНСТ:

E_3 = 280.00 МПа
E_2 = 71.65 МПа
E_1 = 24.93 МПа

Общий модуль упругости нижних слоев - 280.00 МПа.

При использовании номограммы рисунок 9 расчетное растягивающее напряжение определяют по формуле 20, ПНСТ:

$$\sigma_r = \overline{\sigma}_r \cdot p \cdot k_в = 1.240 \cdot 0.80 \cdot 0.85 = 0.843 \text{ МПа}$$

где $\overline{\sigma}_r$ - растягивающее напряжение от единичной нагрузки при расчетных диаметрах площадки, передающей нагрузку, рисунок 10 ПНСТ, МПа;

$k_в$ - коэффициент, учитывающий особенности напряженного состояния покрытия конструкции под спаренным баллоном;

p - расчетное давление от колеса на покрытие, МПа.

Прочность материала монолитного слоя при многократном растяжении при изгибе определяют по формуле 18, ПНСТ:

$$R_n = R_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot (1 - \gamma_r \cdot t) = 20.10 \cdot 0.41 \cdot 0.80 \cdot (1 - 0.1 \cdot 2.19) = 5.14 \text{ МПа}$$

где R_0 - нормативное значение предельного сопротивления растяжению при изгибе при расчетной низкой весенней температуре при однократном приложении нагрузки (таблица 5.5, приложение Б ПНСТ), МПа;

k_1 - коэффициент, учитывающий снижение прочности вследствие усталостных явлений при многократном приложении нагрузки, (формула 19, ПНСТ, с учетом ОДМ 218.05.001-2009):

$$k_1 = \frac{\alpha}{\sqrt[m]{\sum N_p}} = \frac{5.00}{\sqrt[6.00]{3331650.27}} = 0.41$$

k_2 - учитывающий снижение прочности во времени от воздействия погодно-климатических факторов (таблица 14 ПНСТ);

γ_r - коэффициент вариации прочности на растяжение, равный 0.1;

t - коэффициент нормативного отклонения (таблица А.4, ПНСТ).

Коэффициент прочности конструкции полученный по расчету, равен:

$$K_{пр} = \frac{R_N}{\sigma} = \frac{5.14}{0.843} = 6.09,$$

Требуемый коэффициент прочности $K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 1.10$.

Прочность обеспечена.

Расчет монолитных оснований (полужестких) на изгиб

Расчет выполняется исходя из условия:

$$\sigma_r \leq \frac{R_{\text{пр}}}{\text{К}_{\text{пр}}^{\text{тр}}},$$

где $\text{К}_{\text{пр}}^{\text{тр}}$ – требуемый коэффициент прочности с учетом заданной надежности (таблица 11 ПНСТ), равный 1.10;

$R_{пр}$ – предельное напряжение на растяжение при изгибе с учетом усталостных явлений материалов, укрепленных неорганическими или комплексными вяжущими, определяемое по ПНСТ ф-ла 22;

σ_r – наибольшее растягивающее напряжение в рассматриваемом слое, устанавливаемое расчетом.

Наибольшее растягивающее напряжение σ_r при изгибе в монолитном слое определяем с помощью номограммы, приводя реальную конструкцию к трехслойной модели, где средним будет рассматриваемый слой.

Определяется средневзвешенный модуль упругости верхних слоев, по формуле 16, ПНСТ:

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} E_i \cdot h_i}{\sum_{i=1}^{n} h_i} = 2149.87 \text{ МПа},$$

где n – число слоев дорожной одежды;

E_i – модуль упругости i-го слоя;

h_i – толщина i-го слоя.

Общий модуль упругости нижних слоев – 71.65 МПа.

При использовании номограммы рисунок 10, расчетное растягивающее напряжение определяют по формуле 20, ПНСТ:

$$\sigma_r = \overline{\sigma}_r \cdot p = 0.17536 \cdot 0.80 = 0.14029 \text{ МПа},$$

где $\overline{\sigma}_r$ – растягивающее напряжение при изгибе от единичной нагрузки, МПа, определяемое по номограмме рисунок 10 ПНСТ;

p - расчетное давление от колеса на покрытие, МПа;

Рассчитывается предельное напряжение на растяжение при изгибе, с учетом усталостных процессов, по формуле 22, ПНСТ:

$$R_{\text{пр}} = R_{\text{укр}} \cdot \text{К}_{\text{у}} = 0.47 \cdot 0.98 = 0.46 \text{ МПа},$$

где $R_{\text{укр}}$ – предельное напряжение на растяжение при изгибе (таблица Б.1 ПНСТ);

$\text{К}_{\text{у}}$ – коэффициент усталости, учитывающий снижение прочности материалов, укрепленных неорганическими и комплексными вяжущими, при многократном приложении нагрузки определяемый по формуле 23, ПНСТ:

$$\text{К}_{\text{у}} = 1.525 \cdot N_p^{-0.0673} = 0.98$$

Коэффициент прочности конструкции полученный по расчету, равен:

$$K_{\text{пр}} = \frac{R_{\text{пр}}}{\sigma_r} = \frac{0.46}{0.14029} = 3.27.$$

Требуемый коэффициент прочности $K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 1.10$

Прочность обеспечена.

Расчет по сдвигу для слоя «грунт суглинок легкий»

Недопустимые деформации сдвига в конструкции не будут накапливаться, если в грунте земляного полотна и в малосвязных (песчаных) слоях обеспечено условие:

$$T \leq \frac{T_{\text{пр}}}{K_{\text{пр}}^{\text{тр}}},$$

где $K_{\text{пр}}^{\text{тр}}$ - требуемое минимальное значение коэффициента прочности, (таблица 11, ПНСТ), равный 1.10;

T_{np} - предельная величина активного напряжения сдвига, превышение которой вызывает нарушение прочности на сдвиг, МПа.

T - расчетное активное напряжение сдвига от статической нагрузки, МПа;

Предельное активное напряжение сдвига в слое определяют по формуле 13, ПНСТ:

$$T_{\text{пр}} = k_d \cdot (c_{N\text{ст}} + 0.1 \cdot \gamma_{\text{ср}} \cdot z_{\text{оп}} \cdot \tan \varphi_{\text{ст}})$$

где $c_{N\text{ст}}$ – сцепление в рассматриваемом слое при статической нагрузке;

k_d - коэффициент, учитывающий особенности рабочей конструкции на границе проверяемого слоя с вышележащим слоем основания;

z_{on} - глубина расположения поверхности проверяемого на сдвигоустойчивость слоя, от верха конструкции, см;

$\gamma_{\text{ср}}$- средневзвешенный удельный вес конструктивных слоев, расположенных выше проверяемого слоя, кг/с;

$\varphi_{\text{ст}}$ величина угла внутреннего трения материала проверяемого слоя при статическом действии нагрузки.

Действующие активные напряжения сдвига в слое вычисляют по формуле 14, ПНСТ:

$$T = \bar{\tau}_{\text{н}} \cdot p$$

где $\bar{\tau}_{\text{н}}$ – удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки p = 1 МПа, определяемое с помощью номограмм рисунок 5 и рисунок 6 ПНСТ, в зависимости от угла внутреннего трения;

p – расчетное давление от колеса на покрытие, равное 0.80 МПа;

При практических расчетах многослойную дорожную конструкцию приводят к двухслойной расчетной модели и рассчитывают для каждого требуемого слоя в отдельности.

Модуль упругости верхнего слоя модели вычисляют как средневзвешенный по формуле 16, ПНСТ:

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} E_i \cdot h_i}{\sum_{i=1}^{n} h_i} = 727.29 \text{ МПа},$$

где n – число слоев дорожной одежды до рассматриваемого слоя;
E_i – модуль упругости i-го слоя;
h_i – толщина i-го слоя.

Общий модуль упругости нижних слоев, определяют с помощью номограммы рисунок 4 ПНСТ:

E_1 = 24.93 МПа

Общий модуль упругости нижних слоев - 24.93 МПа.

Активное напряжение сдвига $\bar{\tau}_{\text{н}}$ от единичной нагрузки p = 1 МПа определяют по номограммам рисунок 5 или рисунок 6 ПНСТ, при угле внутреннего трения φ = 2.233 оно составляет 0.00658.

Активное напряжение сдвига при p = 0.80 МПа, по формуле 14 ПНСТ:

$$T = 0.0049 \cdot 0.80 = 0.00392 \text{ МПа},$$

Предельное активное напряжение сдвига в слое:

$$T_{\text{пр}} = 1.00 \cdot (0.001 + 0.1 \cdot 0.00200 \cdot 103.60 \cdot \tan 12.200) = 0.00595 \text{ МПа}$$

Коэффициент прочности конструкции:

$$K_{\text{пр}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T} = \frac{0.00595}{0.00392} = 1.52.$$

Требуемый коэффициент прочности, $K_{\text{пр}}^{\text{тр}}$ = 1.10

Прочность обеспечена.

Расчет по сдвигу для слоя «песок средней крупности» с содержанием пылевато-глинистой фракции 0%

Модуль упругости верхнего слоя модели вычисляют как средневзвешенный по формуле 16, ПНСТ:

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} E_i \cdot h_i}{\sum_{i=1}^{n} h_i} = 1251.58 \text{ МПа},$$

где n – число слоев дорожной одежды до рассматриваемого слоя;
E_i – модуль упругости i-го слоя;
h_i – толщина i-го слоя.

Общий модуль упругости нижних слоев, определяют с помощью номограммы рисунок 4 ПНСТ:

E_2 = 75.19 МПа
E_1 = 24.93 МПа

Общий модуль упругости нижних слоев - 75.19 МПа.

Активное напряжение сдвига $\bar{\tau}_н$ от единичной нагрузки p = 1 МПа определяют по номограммам рисунок 5 или рисунок 6 ПНСТ, при угле внутреннего трения φ = 27.000 оно составляет 0.00991.

Активное напряжение сдвига при p = 0.80 МПа, по формуле 14 ПНСТ:

$$T = 0.00991 \cdot 0.80 = 0.00793 \text{ МПа},$$

Предельное активное напряжение сдвига в слое:

$$T_{пр} = 4.00 \cdot (0.002 + 0.1 \cdot 0.00200 \cdot 55.60 \cdot \tan 32.000) = 0.03579 \text{ МПа}$$

Коэффициент прочности конструкции:

$$K_{пр} = \frac{T_{пр}}{T} = \frac{0.03579}{0.00793} = 4.51.$$

Требуемый коэффициент прочности, $K_{пр}^{тр} = 1.10$

Прочность обеспечена.

Расчет на статическую нагрузку

Расчет для слоя «грунт легкий суглинок»

Модуль упругости верхнего слоя модели вычисляют как средневзвешенный по формуле 16, ПНСТ:

$$E_в = \frac{\sum_{i=1}^{n} E_i \cdot h_i}{\sum_{i=1}^{n} h_i} = 611.46 \text{ МПа},$$

где n – число слоев дорожной одежды;

E_i – модуль упругости i-го слоя;

h_i – толщина i-го слоя.

Общий модуль упругости нижних слоев, определяют с помощью номограммы рисунок 4, ПНСТ:

E_1 = 24.93 МПа

Общий модуль упругости нижних слоев – 24.93 МПа.

Активное напряжение сдвига $\bar{\tau}_н$ от единичной нагрузки p = 1 МПа определяют по номограммам рисунок 5 или рисунок 6 ПНСТ, при угле внутреннего трения φ = 12.200 оно составляет 0.00302.

Активное напряжение сдвига при p = 0.80 МПа, по формуле 14 ПНСТ:

$$T = 0.00302 \cdot 0.80 = 0.00242 \text{ МПа},$$

Предельное активное напряжение сдвига в слое:

$$T_{пр} = 1.00 \cdot (0.009 + 0.1 \cdot 0.00200 \cdot 103.60 \cdot \tan 12.200) = 0.01388 \text{ МПа}$$

Коэффициент прочности конструкции:

$$K_{пр} = \frac{T_{пр}}{T} = \frac{0.01388}{0.00242} = 5.75.$$

Требуемый коэффициент прочности, $K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 1.10$

Прочность обеспечена.

Расчет для слоя «песок средней крупности» с содержанием пылевато-глинистой фракции 0%

Модуль упругости верхнего слоя модели вычисляют как средневзвешенный по формуле 16, ПНСТ:

$$E_{\text{в}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} E_i \cdot h_i}{\sum_{i=1}^{n} h_i} = 1035.75 \text{ МПа},$$

где n – число слоев дорожной одежды;

E_i – модуль упругости i-го слоя;

h_i – толщина i-го слоя.

Общий модуль упругости нижних слоев, определяют с помощью номограммы рисунок 4, ПНСТ:

E_2 = 74.99 МПа
E_1 = 24.93 МПа

Общий модуль упругости нижних слоев - 74.99 МПа.

Активное напряжение сдвига $\bar{\tau}_{\text{н}}$ от единичной нагрузки p = 1 МПа определяют по номограммам рисунок 5 или рисунок 6 ПНСТ, при угле внутреннего трения φ = 32.000 оно составляет 0.00803.

Активное напряжение сдвига при p = 0.80 МПа, по формуле 14 ПНСТ:

$$T = 0.00803 \cdot 0.80 = 0.00643 \text{ МПа},$$

Предельное активное напряжение сдвига в слое:

$$T_{\text{пр}} = 4.00 \cdot (0.004 + 0.1 \cdot 0.00200 \cdot 56.00 \cdot \tan 32.000) = 0.04379 \text{ МПа}$$

Коэффициент прочности конструкции:

$$K_{\text{пр}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T} = \frac{0.04379}{0.00643} = 6.82.$$

Требуемый коэффициент прочности, $K_{\text{пр}}^{\text{тр}} = 1.10$

Прочность обеспечена.

Таблица Д.6 - Сводная таблица результатов расчета

№ слоя	Материал слоя	Толщина слоя, см	Критерий расчета	Предельное значение	Фактическое значение	$K_{\text{пр}}$	$K_{\text{пр}}^{\text{тр}}$
1	Асфальтобетон плотный тип А на БНД 60/90	4	Упругий прогиб	378.488	570.069	1.51	1.50

Окончание таблицы Д.6

2	Асфальтобетон пористый крупнозернистый на БНД 60/90	8					
3	Армированный асфальтобетон пористый крупнозернистый на вязком битуме БНД 60/90	6					
4	Армирующий слой (композит из стальной сетки и ЛЭМС)	1	Растяжение при изгибе	5.138	0.843	6.09	1.10
5	Щебеночно-песчаный, обработанный цементом М60	37	Растяжение при изгибе в слоях основания	0.45907	0.14029	3.27	1.10
6	Песок средней крупности с содержанием пылевато-глинистой фракции 0%	48	**Сдвиг** **Статика**	0.03579 0.04379	0.00793 0.00643	4.51 6.82	1.10 1.10
6	Легкий суглинок	-	**Сдвиг** **Статика**	0.00595 0.01388	0.00392 0.00242	1.52 5.75	1.10 1.10

Расчет на устойчивость к образованию отраженных трещин

В рассматриваемой дорожной одежде использована ЩПС, укрепленная цементом. Что позволяет значительно повысить прочность и снизить стоимость дорожной одежды. Но у таких дорожных одежд существует риск быстрого появления на поверхности асфальтобетонного покрытия трещин, «отраженных» от трещин, образующихся в монолитных основаниях, содержащих цемент. В соответствии с положениями п. 7.5.4 ПНСТ 265-2018, для обеспечения устойчивости дорожного покрытия к образованию «отраженных» трещин, толщина пакета асфальтобетонных слоев должна быть не менее толщины слоя укрепленного основания. Для рассматриваемой дорожной одежды это составляет 37 см, что экономически не целесообразно т. к. технически обоснованная толщина пакета асфальтобетонных слоев равна 19 см. Армирование асфальтобетонного покрытия стальными сетками является эффективным способом повышения устойчивости дорожного покрытия к образованию «отраженных» трещин.

Так, согласно Приложение Г настоящего ОДМ, минимальная необходимая толщина армированного асфальтобетонного покрытия для предотвращения образования «отраженных» трещин в течение межремонтного срока 12 лет составляет для рассматриваемой дорожной одежды не 37 см, а 14,5 см. Рекомендации Приложения Г являются ориентировочными, поэтому целесообразно выполнение дополнительного проверочного расчета на устойчивость дорожной одежды к образованию отраженных трещин при толщине асфальтобетонного покрытия 19 см. Расчет выполняется послойно, начиная с армирующего слоя № 4 снизу вверх, при температуре 0°С.

Первоначальная расчетная схема для данного проверочного расчета включает пакет из асфальтобетонных слоев №1, №2 и №3, а также армирующий слой №4. Толщина расчетной схемы $H_{в4}$ для расчета армирующего слоя составляет:

$$H_{в4} = \Sigma H_i = 4+8+6+0,6 = 18,6 \text{ см}.$$

Отношение $H_{в4} / D = 18,6/34 = 0,547$.

Модуль упругости нижнего слоя расчетной модели (армирующий слой) равен вычисленной ранее по методике Приложения А величине $E_{н4} = 12080$ МПа.

В соответствии с экстраполяцией номограммы на рис. Б.1 по формуле Б.4 для данных значений $H_{в4} / D$ и $E_{н4}$:

$\sigma_{гi} = [27,35 \cdot \exp(-4.5 \cdot H_{вi} /D) + E_{нi} \cdot 0,0018 \cdot \exp(-2,785 \cdot H_{вi} /D)] \cdot (1+0.02 \cdot t) = [27,35 \cdot \exp(-4.5 \cdot 0,547) + 12080 \cdot 0,0018 \cdot \exp(-2,785 \cdot 0,547)] \cdot (1+0.02 \cdot 2,19) = 7,45$ МПа

С учетом величины расчетного давления колеса p = 0,8 МПа, типа колеса и условий работы дорожного покрытия над трещиной, расчетное растягивающее напряжение $\sigma_{гр4}$ по подошве армирующего слоя непосредственно над трещиной, ранее возникшей в основании, составит:

$$\sigma_{гр4} = \sigma_{г4} \cdot K_в \cdot K_{ур} \cdot p = 7,45 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 5,06 \text{ МПа}.$$

Определяется прогнозируемое суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки $\sum N_{рпi}$ до зарождения отраженной трещины на подошве проверяемого 4-го слоя:

$$\sum N_{рп4} = [a_4 \cdot R_{04э} \cdot k_{24} \cdot (1 - \nu \cdot t)/(K_{пр} \cdot \sigma_{гр4})]^{m4} = [5,0 \cdot 20,1 \cdot 1 \cdot (1 - 0,1 \cdot 2,19)/(1,1 \cdot 5,06)]^{6,0}$$

$$= 11330028 \text{ приложений расчетной нагрузки.}$$

Вычисляется суммарное число приложений расчетной нагрузки за 1-й год эксплуатации дорожной одежды $\sum N_{1р}$:

$$\sum N_{1р} = 0,7 \cdot f_п \cdot N_{1р} \cdot T_{рдг} \cdot k_п = 0,7 \cdot 0,55 \cdot 1364 \cdot 140 \cdot 1,49$$

$$= 109515,00 \text{ приложений расчетной нагрузки.}$$

Далее, определяется прогнозируемый срок службы армирующего слоя $T_{эт4}$ (год) до зарождения отраженной трещины на его подошве:

$$T_{зт4} = \log [(q-1)\cdot(\sum N_{рп4} / \sum N_{1р}) +1] / \log q = \log [(1{,}02-1)\cdot(\sum 11330028/ 109515{,}00) +1] / \log 1{,}02 = 34{,}07 \text{ лет.}$$

Продолжительность периода $T_{пт4}$, в течение которого образовавшаяся на подошве армирующего слоя трещина «прорастет» вверх через этот слой, определяется с помощью численного интегрирования по методу трапеций с разбиением армированного слоя толщиной $h_4 = 0{,}6$ см на $n = 10$ равных по толщине участков (подслоев) толщиной $\Delta h_4 = 0{,}6/10 = 0{,}06$ см (соответственно, нумерация слоев j изменяется от 1 до n = 10, а нумерация границ подслоев изменяется от 0 до n = 10):

$$T_{пт4} \approx \Delta h_4 \cdot [(\Delta T_{пт0} + \Delta T_{птn})/2 + \sum_{j=1}^{n-1} (\Delta T_{пт\,j})] ,$$

(Д.1)

При этом время «прорастания» трещины через нижележащий подслой $\Delta T_{пт(j-1)}$ принимается равным времени «зарождения» трещины $\Delta T_{зтj}$ на подошве вышележащего подслоя, вычисленному по формуле Б.6.

В формуле (Д.1) время «прорастания» трещины $\Delta T_{пт0}$ через нижнюю границу с номером $j = 0$ первого подслоя равно ранее вычисленному времени зарождения трещины на подошве армирующего слоя (которая совпадает с этой границей) $\Delta T_{пт0} = T_{зт4} = 34{,}07$ лет.

Для расчета следующего члена формулы Д.1 $\Delta T_{пт41}$, соответствующего границе с номером $j = 1$ (нижняя граница следующего подслоя), выполняется определение толщины расчетной схемы $\Delta H_{в41}$ для данного подслоя:

$$\Delta H_{в41} = \Sigma H_i - \Delta h_4 \cdot j = 4 + 8 + 6 + 0{,}6 - 0{,}06\cdot 1 = 18{,}54 \text{ см.}$$

Отношение $\Delta H_{в41} / D = 18{,}54/34 = 0{,}545$.

Модуль упругости нижнего слоя схемы в пределах армирующего слоя не меняется, поэтому для рассматриваемого подслоя $\Delta E_{н41} = 12080$ МПа. Соответственно, $\Delta R_{041} = 20{,}1$ МПа. В пределах подслоев армирующего слоя сохраняются постоянными и другие расчетные параметры слоя: коэффициенты a, m и k_2.

В соответствии с экстраполяцией номограммы на рис. Б.1 для данных значений $\Delta H_{в41} / D$ и $\Delta E_{н41}$, а также с учетом типа колеса, условий работы и величины давления колеса расчетное растягивающее напряжение $\sigma_{гр41}$ по подошве подслоя №1 непосредственно над трещиной составит $\sigma_{гр41} = 7{,}49 \cdot 0{,}85 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}8 = 5{,}09$ МПа. Далее определяется прогнозируемое суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки $\Delta\sum N_{рп41}$ до «прорастания» отраженной трещины через первый подслой к подошве второго подслоя:

$$\Delta\sum N_{рп41} = [a_4\cdot\Delta R_{041}\cdot k_{24}\cdot(1-\nu\cdot t)/(K_{пр}\cdot\sigma_{гр41})]^{m4} = [5{,}0\cdot 20{,}1\cdot 1\cdot(1-0{,}1\cdot 2{,}19)/(1{,}1\cdot 5{,}09)]^{6{,}0} = 10935162 \text{ приложений расчетной нагрузки.}$$

Прогнозируемый срок $\Delta T_{пт41}$ (в годах) до «прорастания» отраженной трещины через подошву подслоя №1 составит:

$$\Delta T_{пт41} = \log [(q-1)\cdot(\Delta\sum N_{рп41} / \sum N_{1р}) +1] / \log q = \log [(1{,}02-1)\cdot(\sum 10935162 / 109515{,}00) +1] / \log 1{,}02 = 33{,}2 \text{ лет.}$$

В качестве примера приведен также расчет времени «прорастания» трещины $\Delta T_{пт410}$ через верхний подслой к границе между слоями с номером j = 10 последнего, самого верхнего, подслоя армирующего слоя.

Толщина расчетной схемы $\Delta H_{в410}$ для данного случая составляет:

$$\Delta H_{в410} = \Sigma H_i - \Delta h_4 \cdot j = 4 + 8 + 6 + 0{,}6 - 0{,}06\cdot 10 = 18 \text{ см.}$$

Отношение $\Delta H_{в410} / D = 18/34 = 0{,}529$.

Модуль упругости нижнего слоя расчетной модели в пределах армирующего слоя не меняется, поэтому для рассматриваемого подслоя $\Delta E_{н410} = 12080$ МПа. Соответственно, $\Delta R_{0410} = 20{,}1$ МПа. В пределах подслоев армирующего слоя сохраняются постоянными и другие расчетные параметры слоя: коэффициенты a, m и k_2.

В соответствии с экстраполяцией номограммы на рис. Б.1 для данных значений $\Delta H_{в410} / D$ и $\Delta E_{н410}$, а также с учетом типа колеса, условий работы и величины давления колеса расчетное растягивающее напряжение $\sigma_{гр410}$ по подошве подслоя №10 непосредственно над трещиной составит $\sigma_{г410} = 7{,}9 \cdot 0{,}85 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}8 = 5{,}37$ МПа.

Определяется прогнозируемое суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки $\Delta\sum N_{рп410}$ до «прорастания» отраженной трещины через последний подслой к верхней границе слоя №4:

$$\Delta\sum N_{рп410} = [a_4 \cdot \Delta R_{0410} \cdot k_{24} \cdot (1-\nu \cdot t)/(K_{пр} \cdot \sigma_{гр410})]^{m4} = [5{,}0 \cdot 20{,}1 \cdot 1 \cdot (1-0{,}1 \cdot 2{,}19)/(1{,}1 \cdot 5{,}37)]^{6{,}0} = 7942129 \text{ приложений расчетной нагрузки.}$$

Далее, определяется прогнозируемый срок $\Delta T_{пт410}$ (в годах) до «прорастания» отраженной трещины через последний подслой к верхней границе слоя №4:

$\Delta T_{пт410} = \log [(q-1)\cdot(\Delta\sum N_{рп410} / \sum N_{1р}) +1] / \log q = \log [(1{,}02-1)\cdot(\sum 7942129 / 109515{,}00) +1] / \log 1{,}02 = 26{,}06$ лет.

Это значение $\Delta T_{пт410}$ принимается в качестве $\Delta T_{пт}$ в формуле Д.1.

Результаты промежуточных расчетов для других подслоев представлены в табличной форме (см. таблицу Д.7).

Таблица Д.7 – Результаты промежуточных расчетов

№ границы подслоя в слое №4	Толщина верхнего слоя расчетной схемы, см	Напряжения над трещиной, МПа	Число приложений расчетной нагрузки, ед.	Прогнозируемый срок $\Delta T_{пт}$, год
j = 0	18,6	5,06	11330028	34,070
j = 1	18,54	5,09	10935162	33,200
j = 2	18,48	5,12	10553930	32,345
j = 3	18,42	5,15	10185866	31,505
j = 4	18,36	5,18	9830520	30,681
j = 5	18,3	5,21	9487455	29,872
j = 6	18,24	5,25	9156251	29,078

Окончание таблицы Д.7

j = 7	18,18	5,28	8836503	28,300
j = 8	18,12	5,31	8527817	27,538
j = 9	18,06	5,34	8229814	26,791
j = 10	18	5,37	7942129	26,060

В соответствии с формулой (Д.1) суммарное время $T_{пт4}$ «прорастания» восходящей отраженной трещины через армирующий слой №4 составит:

$$T_{пт4} = 0,06 \cdot [(34,07 + 26,06)/2 + 32,2 + 32,345 + 31,505 + 30,681 + 29,872 + 29,078 + 28,3 + 27,538 + 29,791] = 17,96 \text{ лет.}$$

Таким образом, общий прогнозируемый срок службы $T_{сл4}$ армирующего слоя №4 в качестве трещинопрерывающей прослойки составит:

$$T_{сл4} = T_{зт4} + T_{пт4} = 34,07 + 17,96 = 52,03 \text{ года} > 12 \text{ лет}$$

Следовательно, композитный армирующий слой, состоящий из стальной армирующей сетки и ЛЭМС, обеспечивает в рассмотренной конструкции дорожной одежды устойчивость к образованию отраженных трещин на протяжении срока службы более требуемых 12 лет. Поэтому дополнительная проверка других слоев асфальтобетонного покрытия на устойчивость к образованию отраженных трещин не требуется.

В заданных эксплуатационных условиях увеличение суммарной толщины асфальтобетонных слоев сверх толщины 19 см, обоснованной по другим критериям прочности, для данной конструкции дорожной одежды не требуется.

Расчет асфальтобетонных слоев на сдвигоустойчивость

Дополнительный расчет на сдвигоустойчивость выполняется для участков дорожной одежда в зоне светофорного объекта на регулируемом пересечении с равнозначной автомобильной дорогой. Продолжительность работы разрешающего и запрещающего сигнала светофора принимается одинаковой ($К_т$ = 0,5) и равной 1 минуте. Разрешенная скорость движения по дороге 90 км/ч. Коэффициент сцепления колеса с дорожным покрытием принимается $\varphi_т$ = 0,5. В зоне пересечения, на рассматриваемой автомобильной дороге, имеются три характерных участка, длина которых принимается в соответствии с рекомендациями Приложения В:

1) участок торможения автомобилей - 115 м;
2) участок остановки колонны автомобилей перед светофором - 180 м;
3) участок разгона автомобилей от стоп-линии - 240 м.

На участках 1) и 3) имеет место динамический режим нагружения со средней скоростью движения $V_{ср}$ = (90-0)/2 = 45 км/ч и со средней продолжительностью контакта колеса и дорожного покрытия в расчетной точке $t_ц = Д_д \cdot 3,6 / V_{ср} = 0,34 \cdot 3,6 / 45 = 0,027$ с. На участке 2) имеет место статический режим нагружения с продолжительностью контакта колеса и дорожного покрытия в расчетной точке $t_ц$ = 60 с.

Расчет выполняется для жаркого летнего периода, когда температура асфальтобетонных слоев достигает +50°С и выше. Продолжительность такого ежегодного периода для г. Хабаровска принимается по Приложению В равной $T_{рсг}$ = 7,5 суток.

Расчетное давление колеса на дорожное покрытие, создающее сдвигающие напряжения в слоях дорожной одежды, $p_0 = p = 0,8$ МПа. В соответствии с рекомендациями Приложения В, расчетное значение сдвигающего усилия в плоскости контакта движущегося колеса с дорожным покрытием для участков 1) и 3) принимается $T_0 = p_0 \cdot \varphi_т = 0,8 \cdot 0,5 = 0,4$ МПа. Для участка 2) со статическим режимом нагружения, на котором отсутствуют сдвигающие усилия от движущихся автомобилей, $T_0 = 0$.

Срок службы асфальтобетонных слоев дорожного покрытия принимается равным межремонтному сроку 12 лет, срок службы асфальтобетонных слоев основания принимается равным сроку службы дорожной одежды 24 года.

Суммарное число приложений расчетной нагрузки $\sum N_{сд}$, приводящей к накоплению сдвиговых деформаций формоизменения асфальтобетона, в зависимости от срока службы и особенностей эксплуатации определяется по формуле $\sum N_{сд} = T_{рсг} \cdot N_{p1} \cdot K_п \cdot f_п \cdot K_А \cdot K_с \cdot K_п \cdot K_т$, при следующих значениях коэффициентов (таблица Д.8):

Таблица Д.8 – Расчет суммарного числа приложения расчетных нагрузок

Участок	Срок Тсл, год	Трсг, сут.	Np1, ед/сут	Кп	fп	КА	Кс	Кп	Кт	∑Nсд, ед
1), 3)	12	7,5	1364	1,49	0,55	1,749	13,41	0,7	0,5	68820
	24	7,5	1364	1,49	0,55	1,749	30,42	0,7	0,5	156114
2)	12	7,5	1364	1,49	0,55	1,749	13,41	0,5	0,5	49157
	24	7,5	1364	1,49	0,55	1,749	30,42	0,5	0,5	111511

Результаты расчета коэффициента усталости асфальтобетона $K_у = [t_л/(t_ц \cdot \sum N_{сд})]^{Мпл}$ для различных условий эксплуатации представлены в таблице Д.9.

Таблица Д.9 – Результаты расчета коэффициента усталости $K_у$

Участок	Срок, год	tл, с	tц, с	∑Nсд, ед	Мпл	Ку
1), 3)	12	20	0,027	68820	0,15	0,507
	24	20	0,027	156114	0,15	0,448
2)	12	20	60	49157	0,15	0,168
	24	20	60	111511	0,15	0,148

Расчетные характеристики материалов конструктивных слоев дорожной одежды приведены в таблице Д.10.

Таблица Д.10 - Расчетные характеристики материалов с учетом режима нагружения

№ слоя и материал	Модуль	Сцепление	Коэффициент	Обоснование

	упругости, МПа	при сдвиге С, МПа	внутреннего трения tgφ	для принятия расчетных характеристик
1. а/б тип А (БНД 60/90)	460/300	0,25	0,87	ПНСТ 265-2018, ГОСТ 9128-2009
2. к/з пористый а/б (БНД 60/90)	360/250	0,23	0,84	ПНСТ 265-2018, ГОСТ 9128-2009
3.Армированный к/з пористый а/б (БНД 60/90)	3800/4155	2,4/3,8	8,44/13,3	По расчету, ГОСТ 9128-2009
4. Армирующий слой (стальная сетка, закрепленная ЛЭМС)	6350/5930	5,0/19,1	7,46/15,3	По расчету, Приложение А
5. ЩЦПС М60	800/800	-	-	ПНСТ 265-2018
6. Песок средней крупности	120/120	-	-	ПНСТ 265-2018
Грунт з/п	29,8/29,8	-	-	ПНСТ 265-2018

Примечание*): В числителе – для динамического режима нагружения, в знаменателе – для статического.

Определение расчетных характеристик армирующего слоя и армированного асфальтобетона

Модуль упругости армирующего слоя №4, состоящего из стальной сетки легкого типа и ЛЭМС, в соответствии с Приложением А, равен:

- при динамических условиях нагружения $E_{ас} = 0{,}0002 \cdot E^2_{арм} + 0{,}3428 \cdot E_{арм} + 0{,}0002 \cdot E_{арм} \cdot E_м + 0{,}1813 \cdot E_м = 0{,}0002 \cdot 4500^2 + 0{,}3428 \cdot 4500 + 0{,}0002 \cdot 4500 \cdot 700 + 0{,}1813 \cdot 700 = 6350$ МПа;

- при статических условиях нагружения $E_{ас} = 0{,}0002 \cdot E^2_{арм} + 0{,}3428 \cdot E_{арм} + 0{,}0002 \cdot E_{арм} \cdot E_м + 0{,}1813 \cdot E_м = 0{,}0002 \cdot 4500^2 + 0{,}3428 \cdot 4500 + 0{,}0002 \cdot 4500 \cdot 310 + 0{,}1813 \cdot 310 = 5930$ МПа.

Эффективная толщина зоны депланации армированного асфальтобетонного слоя №3, примыкающего к армирующему слою, в соответствии с Приложением А, равна:

- при динамических условиях нагружения $h_э = h_{ас} \cdot [0{,}0625 \cdot ((9 + 12 \cdot E_{ас}/E_{аб})^{0,5} - 1)^2 - 0{,}25] = 6 \cdot [0{,}0625 \cdot ((9 + 12 \cdot 6350/360)^{0,5} - 1)^2 - 0{,}25] = 70{,}5$ мм;

- при статических условиях нагружения нагружения $h_э = h_{ас} \cdot [0{,}0625 \cdot ((9 + 12 \cdot E_{ас}/E_{аб})^{0,5} - 1)^2 - 0{,}25] = 6 \cdot [0{,}0625 \cdot ((9 + 12 \cdot 5930/250)^{0,5} - 1)^2 - 0{,}25] = 96{,}1$мм.

Поскольку, при всех условиях нагружения, $h_э$ больше толщины 6,0 см, то модуль упругости армированного асфальтобетонного слоя №3 вычисляется по формуле (А.4):

- для условий динамического нагружения

$E_{абар} = E_{аб} + 0,5 \cdot (E_{ас} – E_{аб}) \cdot (2 \cdot h_э – h_{аб}) / h_э = 360 + 0,5 \cdot (6350 – 360) \cdot (2 \cdot 7,05 – 6,0) / 7,05 = 3800$ МПа.

- для условий статического нагружения

$E_{абар} = E_{аб} + 0,5 \cdot (E_{ас} – E_{аб}) \cdot (2 \cdot h_э – h_{аб}) / h_э = 250 + 0,5 \cdot (5930 – 250) \cdot (2 \cdot 9,61 – 6,0) / 9,61 = 4155$ МПа.

В соответствии с Приложением А, сцепление при сдвиге для армирующего и армированного слоев составит:

- для армирующего слоя №4 при динамических условиях нагружения

$C_{ас} = 0,55 \cdot 6350/700 = 5,0$ МПа;

- для армирующего слоя №4 при статических условиях нагружения

$C_{ас} = 0,55 \cdot 5930/310 = 19,1$МПа;

- для армированного слоя №3 при динамических условиях нагружения

$C_{абар} = 0,23 \cdot 3800/360 = 2,4$ МПа;

- для армированного слоя №3 при статических условиях нагружения

$C_{абар} = 0,23 \cdot 4155/250 = 3,8$ МПа.

В соответствии с Приложением А, коэффициент внутреннего трения для армирующего и армированного слоев составит:

- для армирующего слоя №4 при динамических условиях нагружения

$tg\varphi_{ас} = 0,8 \cdot 6530/700 = 7,46$;

- для армирующего слоя №4 при статических условиях нагружения

$tg\varphi_{ас} = 0,8 \cdot 5930/310 = 15,3$;

- для армированного слоя №3 при динамических условиях нагружения

$tg\varphi_{абар} = 0,84 \cdot 3800/360 = 8,44$;

- для армированного слоя №3 при статических условиях нагружения

$tg\varphi_{абар} = 0,84 \cdot 4155/250 = 13,3$.

Ниже представлен детальный расчет нормальных и сдвиговых напряжений, а также коэффициента прочности для армированного слоя №3 при статическом и динамическом режимах нагружения.

Глубина заложения проверяемой плоскости Z, совпадающей с серединой слоя №3:

$$Z = 4+8+6 \cdot 0,5 = 15 \text{ см}.$$

Сжимающие напряжения в плоскости «Z» для динамического режима нагружения:

$\sigma_{pz} = p_0 \cdot \exp(-0,5 \cdot Z/D) = 0,8 \cdot \exp(-0,5 \cdot 15/34) = 0,637$ МПа,

$\sigma_{тz} = T_0 \cdot 1,272 \cdot \exp(-1,467 \cdot Z/D) = 0,4 \cdot 1,272 \cdot \exp(-1,467 \cdot 15/34) = 0,261$ МПа,

$\sigma_z = \sigma_{pz} + \sigma_{тz} = 0,637 + 0,261 = 0,898$ МПа.

Сжимающие напряжения в плоскости «Z» для статического режима нагружения:

$\sigma_{pz} = p_0 \cdot \exp(-0,5 \cdot Z/D) = 0,8 \cdot \exp(-0,5 \cdot 15/30) = 0,618$ МПа,

$\sigma_{тz} = T_0 \cdot 1,272 \cdot \exp(-1,467 \cdot Z/D) = 0,4 \cdot 1,272 \cdot \exp(-1,467 \cdot 15/30) = 0,238$ МПа,

$\sigma_z = \sigma_{pz} + \sigma_{тz} = 0,618 + 0,238 = 0,856$ МПа.

Суммарное число приложений расчетной нагрузки при сроке службы верхнего слоя основания №3 24 года составит:

- для динамического режима нагружения

$\sum N_{сд} = T_{рег} \cdot N_{pl} \cdot K_п \cdot f_п \cdot K_А \cdot K_с \cdot K_п \cdot K_т = 7,5 \cdot 1364 \cdot 1,49 \cdot 0,55 \cdot (11,5/10)^4 \cdot (1,02^{24} - 1)/(1,02 - 1) \cdot 0,7 \cdot 0,5 = 156114$ ед.,

- для статического режима нагружения

$\sum N_{сд} = T_{рег} \cdot N_{pl} \cdot K_п \cdot f_п \cdot K_А \cdot K_с \cdot K_п \cdot K_т = 7,5 \cdot 1364 \cdot 1,49 \cdot 0,55 \cdot (11,5/10)^4 \cdot (1,02^{24} - 1)/(1,02 - 1) \cdot 0,5 \cdot 0,5 = 111511$ ед.

Коэффициент усталости асфальтобетона на сдвиг составит:

- для динамического режима нагружения

$K_у = [t_л/(t_ц \cdot \sum N_{сд})]^{Mпл} = [(20/((Д_д \cdot 3,6 / V_{ср}) \cdot \sum N_{сд})]^{Mпл} = [20/((0,34 \cdot 3,6 / 45) \cdot \sum 156082)]^{0,15} = [20/(0,027 \cdot \sum 156082)]^{0,15} = 0,448$,

- для статического режима нагружения

$K_у = [t_л/(t_ц \cdot \sum N_{сд})]^{Mпл} = [20/(60 \cdot \sum 111487)]^{0,15} = 0,148$.

Предельное напряжение сдвига для асфальтобетона в плоскости Z составит:

- для динамического режима нагружения

$\tau_{допZ} = (C_Z + \sigma_Z \cdot tg\varphi_Z) \cdot K_у = (2,4 + 0,898 \cdot 8,44) \cdot 0,448 = 4,47$ МПа,

- для статического режима нагружения

$\tau_{допZ} = (C_Z + \sigma_Z \cdot tg\varphi_Z) \cdot K_у = (3,8 + 0,856 \cdot 13,3) \cdot 0,148 = 2,25$ МПа.

Сдвигающие напряжения $\tau_{тZ}$ в плоскости «Z», с учетом условий контакта между смежными слоями (наличие битумной подгрунтовки между слоями №1, №2 и №3, а также наличие ЛЭМС на контакте между слоями №3 и №4), составят:

- для динамического режима нагружения

$\tau_{тZ} = K_т \cdot T_0 \cdot \exp(-3,0 \cdot Z/D) = 1 \cdot 0,4 \cdot \exp(-3,0 \cdot 15/34) = 0,304$ МПа,

- для статического режима нагружения $\tau_{тZ} = 0$, т. к. под колесом неподвижно стоящего автомобиля отсутствуют сдвигающие усилия этого вида.

Сдвигающие напряжения τ_{pZ} в плоскости «Z» вычисляются с использованием номограммы на рисунке В.1.

Первоначально вычисляется средний модуль упругости $E_{ср.асф}$ (МПа) слоев асфальтобетона, расположенных выше плоскости Z (на номограмме глубина Z обозначена как h, м):

- для динамического режима нагружения

$$E_{ср.асф} = \frac{\sum_{i=1}^{n} E_i \cdot h_i}{\sum_{i=1}^{n} h_i} = (460 \cdot 4 + 360 \cdot 8 + 3800 \cdot 6)/(4+8+6) = 1573,3 \text{ МПа},$$

- для статического режима нагружения

$$E_{ср.асф} = \frac{\sum_{i=1}^{n} E_i \cdot h_i}{\sum_{i=1}^{n} h_i} = (300 \cdot 4 + 250 \cdot 8,5 + 4155 \cdot 6)/(4+8+6) = 1585,1 \text{МПа}.$$

Далее, по методике ПНСТ 265-2018 определяется общий модуль упругости на поверхности нижележащего слоя №4 (см таблицу Д.11):

Таблица Д.11 – Расчет общего модуля упругости на поверхности слоев

Динамический режим нагружения, Д = 34 см		Статический режим нагружения, Д = 30 см	
№ слоя, расчетный модуль упругости и толщина слоя	Общий модуль упругости на поверхности слоя, МПа	№ слоя, расчетный модуль упругости и толщина слоя	Общий модуль упругости на поверхности слоя, МПа
4. 4270 МПа, 1 см	337,4	4. 3920 МПа, 1 см	379,0
5. 800 МПа, 37 см	304,3	5. 800 МПа, 37 см	340,7
6. 120 МПа, 48 см	75,19	6. 120 МПа, 48 см	74,99
Грунт 29,8 МПа	29,8	Грунт 29,8 МПа	29,8

С использованием номограммы на рисунке В.1 определяются значения τ_{pz}:

- для динамического режима нагружения

$\sum hi/D = (4+8+6)/34 = 0,53,$

$E_{ср.асф}/E_{об.осн} = 1573,3 /337,4 = 4,7,$

$\tau_н/p = 0,836$ МПа,

С учетом условий контакта между смежными слоями

$\tau pz = Кр\cdot(\tau н/p)\cdot p0 = 0,7\cdot0,836\cdot0,8 = 0,468$ МПа ;

- для статического режима нагружения

$\sum hi/D = (4+8+6)/30 = 0,6,$

$E_{ср.асф}/E_{об.осн} = 1585,1/379 = 4,2,$

$\tau_н/p = 0,673$МПа,

С учетом условий контакта между смежными слоями

$\tau_{pz} = К_р\cdot(\tau_н/p)\cdot p_0 = 0,7\cdot0,673\cdot0,8 = 0,377$ МПа.

Полная величина сдвигающих напряжений:

- для динамического режима нагружения

$\tau_{сдz} = \tau_{pz} + \tau_{тz} = 0,468 + 0,304 = 0,772$ МПа,

- для статического режима нагружения

$\tau_{сдz} = \tau_{pz} + \tau_{тz} = 0,377+ 0,0 = 0,377$ МПа.

На основании полученных данных может быть вычислен коэффициент прочности по сдвигу в асфальтобетоне слоя №3:

- для динамического режима нагружения $К_{пр} = \tau_{допz}/ \tau_{сдz} = 4,47/0,772 = 5,79,$

- для статического режима нагружения $К_{пр} = \tau_{допz}/ \tau_{сдz} = 2,25/0,377 = 5,97.$

Расчетные коэффициенты прочности выше требуемого коэффициента прочности $К^{тр}_{пр} = 1,1$, следовательно, сдвигоустойчивость армированного асфальтобетонного слоя №3 обеспечена как в условиях динамического нагружения (участки 1 и 3), так и в условиях статического нагружения (участок 2).

Результаты расчетов на сдвигоустойчивость других асфальтобетонных слоев представлены в табличной форме (см. таблицы Д.12 и Д.13). Из полученных данных следует, что сдвигоустойчивость как при динамическом, так и при статическом режимах нагружения, достаточно высока в слоях, армированных стальной сеткой. Но сдвигоустойчивость не обеспечена во втором слое из пористого к/з асфальтобетона. Необходимо заменить асфальтобетон во втором слое дорожного покрытия на более сдвигоустойчивый и повторить проверочный расчет. Измененная, более сдвигоустойчивая конструкция дорожной одежды должна применяться на всех участках зоны регулируемого пересечения, включая участок длиной 115 + 180 = 295 м перед стоп-линией и участок длиной 240 м после стоп-линии.

Таблица Д.12 - Результаты расчета на сдвигоустойчивость асфальтобетонных слоев при динамическом режиме нагружения

№ слоя, расчетный модуль упругости и толщина слоя	Е общ, МПа	Е ср, МПа	Т сл, год	∑Nсд, ед	Ку	Z, см	σpz, МПа	σtz, МПа	σz, МПа	τдопz, МПа	τpz, МПа	Кр	τtz, МПа	Кτ	τсдz, МПа	Кпр
1. 460 МПа, 4 см	456,9	460,0	12	68812	0,506	2	0,777	0,467	1,244	0,674	0,168	0,7	0,386	1,0	0,506	1,34
2. 360 МПа, 8 см	452,0	460,0	12	68812	0,506	8	0,711	0,360	1,071	0,598	0,29	0,7	0,345	1,0	0,598	1,09<1,1
3.3800 МПа, 6 см	465,5	1573,3	24	156082	0,448	15	0,642	0,266	0,908	4,691	0,304	0,7	0,772	1,0	0,772	6,08
4. 6350 МПа, 1 см	337,4	1824,7	24	156082	0,448	18,5	0,609	0,229	0,838	4,957	0,758	0,9*)	0,285	1,1*)	0,995	4,47
5. 800 МПа, 37 см	304,3															
6. 120 МПа, 48 см	75,19															
Грунт 29,8 МПа	29,8															

Примечание:

1) Расчет выполнен при значениях Е, С и tgφ, приведенных в таблице Д.10. Значение коэффициента пластичности принято для всех асфальтобетонов $М_{пл}$ = 0,15.

2) *) В результате низкой адгезии битумосодержащего слоя №4 к слою ЩЦПС М60, контакт между слоями №4 и №5 реализуется за счет трения ($К_р$ = 0,9, $К_τ$ = 1,1).

Таблица Д.13 - Результаты расчета на сдвигоустойчивость асфальтобетонных слоев при статическом режиме нагружения

№ слоя, расчетный модуль упругости и толщина слоя	E общ, МПа	E ср, МПа	T сл, год	∑Nсд, ед	Ку	Z, см	σpz , МПа	σtz , МПа	σz , МПа	τдопz , МПа	τpz , МПа	Кр	τtz , МПа	Кτ	τсдz , МПа	Кпр
1. 300 МПа, 4 см	401,7	300,0	12	49151	0,168	2	0,774	0,461	1,235	0,222	0,166	0,7	0,0	1,0	0,166	1,91
2. 250 МПа, 8 см	426,2	300,0	12	49151	0,168	8	0,697	0,34	1,037	0,194	0,311	0,7	0,0	1,0	0,218	0,85< 1,1
3. 4155 МПа, 6 см	541,0	1585,1	24	111487	0,148	15	0,618	0,238	0,856	2,364	0,539	0,7	0,0	1,0	0,377	6,27
4. 5930 МПа, 1 см	379,0	1813,7	24	111487	0,148	18,5	0,588	0,206	0,794	3,362	0,611	0,9*)	0,0	1,1*)	0,55	6,12
5. 800 МПа, 37 см	340,7															
6. 120 МПа, 48 см	74,99															
Грунт 29,8 МПа	29,8															

Примечание:

1) Расчет выполнен при значениях E, C и tgφ, приведенных в таблице Д.10. Значение коэффициента пластичности принято для всех асфальтобетонов $M_{шл} = 0,15$.

2) *) В результате низкой адгезии битумосодержащего слоя №4 к слою ЩЦПС М60, контакт между слоями №4 и №5 реализуется за счет трения ($К_р = 0,9$, $К_τ = 1,1$).

Приложение Е

Типовая технологическая карты на устройство защитно-армирующего слоя с использованием стальной сетки и литой эмульсионно-минеральной смеси

Е.1 Общие положения

Настоящая технологическая карта предназначена для выполнения работ по устройству защитно-армирующего слоя в асфальтобетонном покрытии с использованием стальной армирующей сетки и литой эмульсионно-минеральной смеси.

Технологией строительства предусмотрены следующие основные виды работ:

- Подготовительные работы;

- Укладка сетки из стальной проволоки;

- Крепление сетки при помощи нанесения литой эмульсионно-минеральной смеси (ЛЭМС);

- Устройство двухслойного асфальтобетонного покрытия (не входит в комплекс работ по устройству защитно-армирующего слоя).

Для армирования применяется сетка из стальной проволоки легкого типа (Л), изготовленная из круглой проволоки, а шестигранные ячейки должны иметь размер 80 х 100 мм. В плоскости сетки находятся жесткие поперечные стержни, выполненные из скрученной плоской проволоки с прямоугольным профилем 2 х 6 мм, расположенные с шагом 230 мм. Проволока и поперечные стержни сетки покрыты стойкой антикоррозийной оболочкой из сплава цинка. Физико-механические показатели сетки должны соответствовать нормам показателей качества, указанным в таблице Е.1.

Таблица Е.1 – Показатели качества сетки

Наименование показателей	Сетка легкого типа
1. Диаметр/поперечное сечение, мм: - проволока ячеек - скрутка (плоская проволока)	 2,20±0,09 (6,0±0,20)х(2,0 ±0,05)
2. Устойчивость к растяжению (прочность), Н: - проволока ячеек - скрутка (плоская проволока)	 ≥ 1 450 ≥ 7 500
3. Масса антикоррозийного оболочки, г/м^2: - проволока ячеек - скрутка (плоская проволока)	 ≥ 100 ≥ 100
4. Адгезия антикоррозийной оболочки: - проволока ячеек - скрутка (плоская проволока)	 ≤ 2 Отсутствие Трещин/отслоений
5. Масса рулона длиной 50 м, при номинальной ширине рулона, кг: 2 м, 3 м, 3,3 м, 3,75 м, 4 м	 130 195 215 245 260

Развернутый рулон сетки не должен иметь видимых повреждений.

- Для крепления сетки к основанию применяется литая эмульсионно-минеральная смесь (ЛЭМС). Для приготовления данной смеси используется медленнораспадающаяся катионная эмульсия, модифицированная

полимером. Смесь должна иметь крупность заполнителя до 5 (10) мм, зерновой состав минеральной части должен соответствовать требованиям, указанным в таблице Е.2.

Т а б л и ц а Е.2 – Гранулометрический состав минеральной части смеси

Размер ячейки сита, мм	Проход через сито, % по массе
10	100
5	90…100
2,5	65…90
1,25	45…70
0,63	30…50
0,315	18…30
0,16	10…21
0,071	5…15

Минерально-эмульсионная смесь» имеет следующий состав:

- 90% отсев дробления каменных материалов;

- 1-1,5% цемент;

- 12% модифицированная битумная эмульсия, состоящая из 64% битума, 32% воды и 4% эластомера;

- химическая добавка (по необходимости), регулирующая скорость распада битумной эмульсии в смеси; количество добавки определяется на основе лабораторного подбора смеси.

Конкретный состав смеси отражен в рабочем рецепте.

В составе эмульсионной смеси необходимо использовать питьевую воду, соответствующую требованиям по качеству воды, используемой при производстве цементобетона, а также отсев дробления каменных материалов по ГОСТ 31424-2010 и битумную эмульсию по ГОСТ Р 52128-2003.

Укладка ЛЭМС на объекте устраивается для обеспечения плоскостности и омоноличивания уложенной стальной армирующей сетки. А также слой ЛЭМС является дополнительным гидроизолирующим слоем в

составе дорожной одежды и защитным слоем износа уложенной сетки до момента укладки асфальтобетонного слоя.

При производстве работ производитель, в соответствии с положениями Правил производства работ, нормативными документами в сфере организации и обеспечения безопасности дорожного движения и техники безопасности в строительстве, обязан выполнять следующие условия:

- Зону производства работ оградить типовыми, травмобезопасными ограждениями;
- В темное время суток в зоне производства работ обеспечить обустройство дополнительного освещения и устройство сигнальных аварийных огней (в случае необходимости);
- Не использовать для складирования материалов, отстоя строительной техники территорию за пределами границ участка работ;
- Обеспечить установку знаков, обозначающих зону работ, места проходов и движения техники и их сохранность в период производства работ;
- Место производства работ оборудовать информационным щитом установленной формы;
- После производства работ немедленно убрать временные дорожные знаки, ограждения, произвести очистку территории производства работ от строительного мусора.

Е.2 Организация и методы производства основных строительно-монтажных работ

До начала строительства должны быть выполнены все необходимые разбивочные геодезические работы. Геодезическое обеспечение строительства выполняют работники геодезической службы генподрядной организации в соответствии с рабочей документацией.

На специально отведенной площадке складирования должны быть подготовлены все, применяемые материалы.

Сетка должна быть упакована и храниться в рулонах таким образом, чтобы избежать ее повреждения. Рулоны укладываются горизонтально на сухой и ровной поверхности площадки, один на другой, но не более чем в девять слоев.

Эмульсия должна храниться в транспортной упаковке либо в стационарной вертикальной цистерне с донной заливкой.

Песок из отсевов дробления, завезенный на площадку складирования для приготовления ЛЭМС должен быть защищен от попадания пыли, грязи.

Основные дорожно-строительные работы выполняются специальным механизированным звеном:

Кадровый состав бригады:

Работы по строительству участка с устройством защитно-армирующего слоя с использованием стальной армирующей сетки ДОРКАРС-Л выполняет бригада общей численностью 17 чел.

Машинист катка 6 разряда	– 1 чел.
Водитель Сларри-машины	– 1 чел.
Оператор Сларри-машины	– 1 чел.
Водитель уборочной машины	– 1 чел.
Машинист погрузчика 6 разряда	– 1 чел.
Водитель автомобиля-битумовоза	– 1 чел.
Водитель автомобиля с прицепом-разматывателем	– 1 чел.
Дорожный рабочий 4 разряда	– 10 чел.

Состав механизированного звена (табл. Е.3):

Таблица Е.3 – Состав механизированного звена

№ п/п	Наименование оборудования	Количество, шт.
1.	Поливомоечная машина ЗиЛ КО-713 или аналог	1
2.	Автомобиль с прицепом-разматывателем	1
3.	Пневмокаток ДУ-100-Д или аналог	1
4.	Машина для устройства слоев типа «Сларри Сил» «МР-12» или аналог	1
5.	Камаз-манипулятор или аналог	1

Е.3 Подготовительные работы

Работы на захватке по устройству защитно-армирующего слоя с использованием стальной сетки и литой эмульсионно-минеральной смеси типа должны быть организованы с учетом Технологической схемы (см. Приложение Е.9 к настоящей Технологической карте).

В подготовительный период должны быть выполнены работы по выравниванию старого покрытия с помощью холодной фрезы (фрезерование не входит в состав работ по устройству защитно-армирующего слоя).

После окончания фрезерования, поверхность покрытия очищается механической щеткой, установленной на поливомоечной машине.

Трещины в основании с раскрытием более 5 мм, а также ямы и выбоины глубиной более 1 см и размером, превышающим размер ячейки сетки, должны быть заделаны асфальтобетонной смесью или иной ремонтной смесью, в том числе применяемой в холодном состоянии. Подготовительные работы выполняются генеральной подрядной организацией. Допускается заполнение трещин в основании, с шириной раскрытия более 5 мм, литой эмульсионно-минеральной смесью непосредственно в процессе устройства защитно-армирующего слоя (при этом расход смеси на 1 м^2 увеличивается в зависимости от состояния покрытия и дополнительный расход ЛЭМС определяется фактически на месте).

Е.4 Укладка сетки из стальной проволоки

Основные работы по армированию асфальтобетонных слоев с использованием стальной сетки выполняются в сухую погоду, с положительной температурой не ниже 5°С - оптимальная температура от 15°С до 25°С.

Сетка может укладывается различными вариантами:

- фронтальным погрузчиком с применением специального устройства для закрепления и разматывания рулона,
- автомобилем-манипулятором с применением специального устройства для закрепления и разматывания рулона,
- автомобилем с прицепом-разматывателем сетки.

Рекомендуемым вариантом является использование автомобилей с прицепом-разматывателем, т. к. в этом случае исключается проезд колес по уложенной, но еще не закрепленной, сетке.

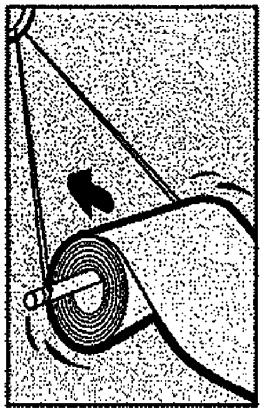
Рулоны могут иметь различную ширину: 1,22 м; 2,56 м; 3,15 м; 3,74 м и т.д..

Рулон закрепляется таким образом, чтобы сетка разматывалась в противоположном направлении свертывания рулона.

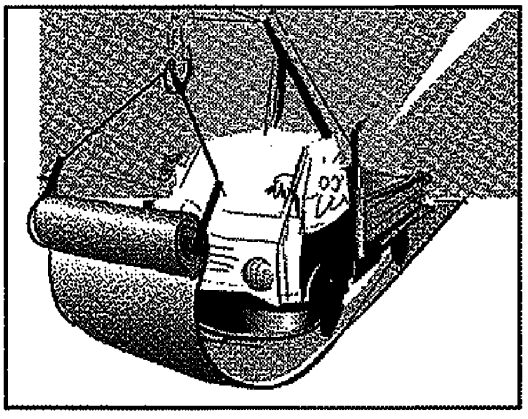
Начало сетки необходимо зафиксировать, придавив колесами, как

показано на схеме 2 рис. Е.1 в случае использования фронтального погрузчика или автомобиля-манипулятора.

Начало сетки фиксируется ногами дорожных рабочих (2 человека) в случае использования автомобиля с прицепом-разматывателем.



1



2

1. Рулон сетки закреплен к прицепу-разматывателю. Машина разматывает сетку в противоположную сторону от ее смотки. Движение колес по уложенной сетке исключено.

2. Рулон сетки закреплен на специальном устройстве для разматывания. Машина разматывает сетку в противоположную сторону от ее смотки и движется по уложенной сетке.

Рис. Е.1 – Схемы размотки сетки

Во время распределения сетки машина должна двигаться прямо.

После машинной укладки полосы сетки, необходимо вручную ликвидировать большие складки на ней.

Уложенную сетку необходимо разгладить при помощи пневмоколесного катка. (Рекомендуемые требования к пневмоколесному катку: давление в шинах не должно превышать 0,25 МПа, снаряженная масса – не менее 8 тонн). Разглаживание сетки следует начать с середины рулона, двигаясь катком назад и вперед, вплоть до полного прилегания сетки к основанию, без видимых складок на сетке.

Размотанную и полностью разглаженную сетку предварительно прикрепляют к основанию металлическими дюбелями через металлическую пластину. Прикрепление выполняют на первом, по ходу раскатывания сетки, поперечном укрепляющем плоском пруте каждого рулона. Размеры пластины 30х100 мм. Длина дюбелей 50-60 мм. (рисунок Е.2) Локально в местах, где невозможно пневмокатком достичь плотного прилегания сетки к основанию, производят дополнительное крепление дюбелями.

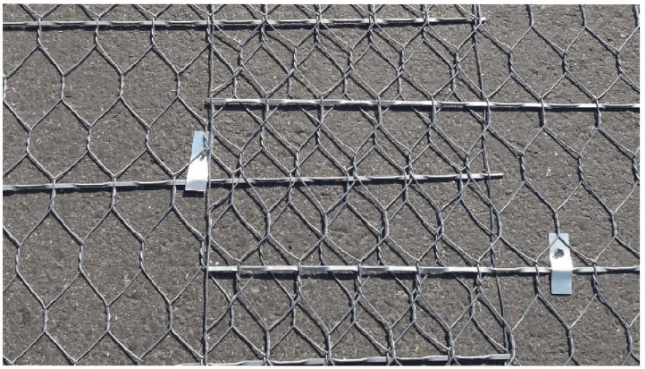


Рис. Е.2 – Предварительное крепление сетки к нижележащему слою.

После этого укладывается следующая полоса сетки (в зависимости от схемы размещения стальной сетки). Укладку производят с нахлестом в поперечном направлении 25 см с ранее уложенной полосой таким образом, чтобы, по меньшей мере, одно поперечное укрепление плоским прутом оказалось за первым прутом второй сетки. Допустимо отклонение ширины нахлеста в меньшую сторону до 10 см, отклонение ширины в большую сторону не ограничено и зависит от геометрии участка автомобильной дороги.

При укладке сетки необходимо стремиться не допускать нахлеста укрепляющих поперечных плоских прутьев одной сетки на такие же прутья другой сетки.

Допускается образование нахлеста укрепляющих плоских прутьев в пределах 15% в местах поперечного нахлеста.

После этого производятся аналогичные операции по креплению сетки к основанию, как и после укладки 1-ой полосы сетки.

Затем производится основное крепление сетки при помощи устройства слоя из литой эмульсионно-минеральной смеси (ЛЭМС) соответствии с требованиями п.п Е.5 настоящей технологической карты в два прохода на определенную ширину в зависимости от геометрии дороги и геометрии уложенной полосы сетки.

В местах поворота автомобильной дороги сетка укладывается отрезными полотнами по радиусу закругления. Размер полотна определяется визуально на месте производства работ в зависимости от конкретных условий.

На уложенной сетке запрещено движение транспорта. В исключительном порядке, может проходить технологическое движение с малой скоростью, без резкого ускорения, торможения и поворотов.

Е.5 Крепление сетки к основанию при помощи нанесения литой эмульсионно-минеральной смеси

После укладки и разглаживания первой полосы сетки необходимо прикрепить ее к основанию ЛЭМС. При последнем проходе ширина укладки ЛЭИС должна быть такая, чтобы полностью закрыть сетку.

Перед началом нанесения литой эмульсионной смеси следует загрузить машину необходимыми компонентами, определить их дозировку и произвести калибровку распределительной машины.

Приготовление ЛЭМС производится одновременно с нанесением ее на сетку.

Поступательное движение распределительной машины делает возможным нанесение слоя смеси установленной толщины от 10 до 15 мм, с расходом 20 кг/м² на поверхность покрытия с ровностью, соответствующей требованиям СП 78.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85 «Автомобильные дороги», либо от 20 до 25 кг/м² на отфрезерованной поверхности покрытия. В местах нахлеста сеток допускается большая толщина смеси, достаточная для закрытия сетки смесью, но не более 25 мм. Утолщение слоя технологически обеспечивается короткими остановками распределительной машины в местах нахлеста.

Битумная эмульсия подвергается распаду в течение нескольких минут после изготовления эмульсионной смеси. Капли осажденного битума соединяются и создают пленку вяжущего вещества на отсеве дробления, которая покрывает и склеивает минеральные частицы.

Время затвердения эмульсионной смеси зависит от полного склеивания минеральных частиц, обычно это происходит в течение от 0,5 до 3 часов, в зависимости от погодных условий. Полную стабильность нанесенный слой достигает после высыхания.

Слой из эмульсионной смеси не нуждается в уплотнении. После ее нанесения отчетливо видна фактура разложенной в этом слое сетки из стальной проволоки.

Скорость движения технологического транспорта по нанесенному слою ЛЭМС должна быть ограничена до 30 км/ч. После открытия движения по слою ЛЭМС допускается образование мест, не закрытых ЛЭМС (особенно чувствительны к износу места нахлеста сетки) на площади не более 20%.

Не следует допускать движения технологического транспорта по уложенной сетке более 2 суток, т.к. это влечет за собой, в том числе, нарушение целостности антикоррозионного покрытия сетки.

Оптимальным решением в условиях невозможности ограничения скорости движения будет недопущение движения по слою ЛЭМС до момента укладки асфальтобетонного слоя.

Для предотвращения перемещения сетки в вертикальном направлении в местах ее оголения необходимо дополнительно закрепить ее при помощи

дюбелей.

Е.7 Устройство двухслойного асфальтобетонного покрытия.

После открытия движения построечного транспорта по слою ЛЭМС, работы по устройству асфальтобетонного покрытия должны быть выполнены как можно быстрее, но не позднее 48 часов.

До начала устройства двухслойного покрытия из асфальтобетонных смесей должны быть приняты и оформлены по актам скрытых работ все работы по строительству защитно-армирующего слоя с использованием стальной армирующей сетки.

Слои двухслойного асфальтобетонного покрытия, укладываемые на сетку из стальной проволоки, закрепленную нижележащему слою литой эмульсионно-минеральной смесью, должны устраиваться в соответствии с требованиями проектной документации и типовой технологией производства работ.

Начало укладки асфальтобетонной смеси может производиться только после полного отвердения ЛЭМС а также после ее очищения (при допущении движения технологического транспорта по слою из ЛЭМС.

Не требуется устройства битумной подгрунтовки на поверхности слоя из ЛЭМС перед устройством нижнего слоя асфальтобетонного покрытия в том случае, если отсутствовало движение по слою ЛЭМС автотранспорта (в том числе технологического транспорта).

Е.6 Организация и проведения входного контроля материалов, контроль качества работ.

В состав входного контроля качества включается освидетельствование подготовленного для укладки сетки нижележащего слоя. Входной контроль качества материалов выполняется как до начала, так и в процессе строительства.

Входной контроль при строительстве может быть сплошным или выборочным.

При проведении входного контроля строительных материалов следует рассматривать сопроводительную документацию, оформленную в установленном порядке. В необходимых случаях может проводиться выборочный инструментальный или лабораторный контроль.

Проверка соответствия маркировки поставленных материалов данным сопроводительной документации должна включать контроль фактической маркировки на соответствие указанной в сопроводительной документации (ярлыки, бирки и т.д.).

Входной контроль материалов должен выполняться в специально оборудованных складских помещениях или на смотровой площадке, специально организованной в непосредственной близости от площадки строительства для входного контроля крупногабаритного или крупнотоннажного материала. Специально оборудованные складские помещения и смотровые площадки должны удовлетворять требованием охраны труда и техники безопасности.

При входном контроле качества материалов и изделий по установленным параметрам проверки, составляется документация:

- протокол проведения измерений контролируемых параметров;
- заявка на испытание в лаборатории по которой передают выборки или пробы для испытаний в лабораторию;
- акт об отборе образцов (проб);

Выборки или пробы, отобранные от проверяемой партии продукции для предоставления в лабораторию на испытание, маркируются ярлыком продукции.

При операционном контроле качества устройства слоя из литой эмульсионно-минеральной смеси, проверяют соответствие дозировки битумной эмульсии и песка из отсевов дробления требованиям утвержденного рецепта и настоящей технологической карты.

Точность дозирования определяют оперативно на пульте управления машины, распределяющей литую эмульсионно-минеральную смесь, по показаниям расходомеров битумной эмульсии и отсева дробления.

Точность дозирования материалов должна соответствовать:

битумной эмульсии – не более ±1 % по массе;

отсева дробления – не более ±1 % по массе.

Результаты контроля входят в состав исполнительной документации.

При операционном контроле качества укладки сетки стальной проверяют визуально:

- укладку сетки (равномерность);
- крепление сетки к основанию;
- целостность сетки,
- ширины поперечного нахлеста – не менее 20 см,
- ширины продольного нахлеста – не более 20 см,
- наличие нахлеста поперечных укрепляющих плоских прутьев – не более 15%,
- наличие мест на сетке не закрытых «Сларри Сил» после открытия движения - не более 20%.

Операционный контроль качества работ по устройству слоев асфальтобетонного покрытия выполняется в соответствии с требованиями СП 78.13330-2012.

Допускаемые отклонения геометрических размеров при устройстве слоев покрытия должны соответствовать СП 78.13330-2012 и настоящей Технологиической карты.

Е.8. Техника безопасности и охрана труда

Перед началом работ все работающие должны быть ознакомлены с теми правилами и нормами техники безопасности, которые необходимо соблюдать в конкретных условиях ведения тех или иных видов работ с учетом требований «Правил техники безопасности при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог».

Укладку ЛЭМС производят, в основном, без перерыва в движении комплекса, поэтому необходимо обеспечить безопасность рабочих, безопасную работу дорожно-строительных машин и движение транспорта.

До начала работ необходимо наметить безопасную для производства работ и движения транспорта схему завоза материалов и работы дорожно-строительных машин.

С каждой стороны движения необходимо установить по два переносных знака «Ремонтные работы». Первый устанавливают за 150-250 м (в зависимости от скорости движения автомобилей на участке производства работ и дорожных условий) на правой, со стороны движения, обочине; второй знак (дублирующий) устанавливают за 10 м непосредственно на проезжей части у места работ. Место работ с каждой стороны ограждают переносными барьерами, а боковую сторону по оси проезжей части - переносными стойками, вехами или конусами.

При производстве работ на сложных для организации движения участках (ограниченная видимость, интенсивное движение и пр.) должны привлекаться работники ГИБДД.

Бригада рабочих должна быть обеспечена средством укрытия в плохую погоду, местом хранения аптечки, бачка с питьевой водой, инструментов (грузопассажирский вариант автомобиля «Газель»).

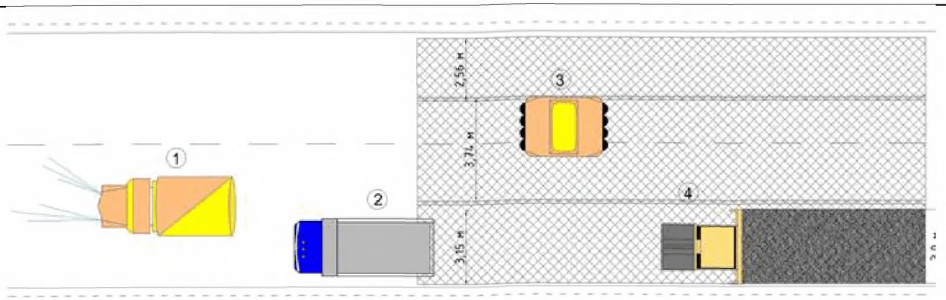
Во время производства работ рабочие должны быть обеспечены сигнальной спецодеждой.

При попадании эмульсии на лицо, руки следует быстро смыть ее холодной водой, а остатки битума снять керосином, соляровым маслом, бензином, а затем эти места промыть теплой водой с мылом.

При несчастных случаях в процессе выполнения работ пострадавшим немедленно оказывают необходимую доврачебную помощь и принимают меры по вызову специалистов-медиков или доставке пострадавшего в медицинское учреждение.

Приложение Е.9 к Технологической карте

Технологическая схема на устройства защитно-армирующего слоя на объекте: «Капитальный ремонт автомобильной дороги ….»

№ захваток	1
Краткое описание рабочих процессов	Очистка основания от пыли и грязи механической щёткой КДМ 130 Размотка стальной сетки Устройство слоя ЛЭМС
Длина захватки, м	L=220 м (для одной загрузки распределяющей машины)
Машины, потребные на каждую смену и их загрузка на захватках	1. Поливомоечная машина 1 2. Автомобиль-манипулятор 1 3. Пневмокаток ДУ-100-Д 1 4. Распределяющая-машина МР-12 1
План и размещение машин	

Ключевые слова: автомобильные дороги, дорожная одежда, стальная сетка, эмульсионно-минеральная смесь, асфальтобетон, цементобетон, отражённые трещины, сдвигоустойчивость

gost.e-ecolog.ru