
Общество с ограниченной ответственностью
«Тенсар Инновэйтив Солюшнз»

ООО «Тенсар
Инновэйтив
Солюшнз»

СТАНДАРТ
ОРГАНИЗАЦИИ

СТО 09686559-
002-2015

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ООО «Тенсар
Инновэйтив Солюшнз»
М.А. Соловьев



2015 г.

**ГЕОРЕШЕТКИ ПЛАСТМАССОВЫЕ ЭКСТРУДИРОВАННЫЕ
ГЕКСАГОНАЛЬНЫЕ TENSAR СЕРИИ TX**

Технические условия

г. Санкт-Петербург
2015 г.

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Тенсар Инновэйтив Солюшнз» (ООО «Тенсар Инновэйтив Солюшнз») совместно с Обществом с ограниченной ответственностью «Автодор-Инжиниринг» (ООО «Автодор-Инжиниринг»)

2 ВНЕСЕН Обществом с ограниченной ответственностью «Тенсар Инновэйтив Солюшнз» (ООО «Тенсар Инновэйтив Солюшнз»)

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ: Приказом Генерального директора ООО «Тенсар Инновэйтив Солюшнз» приказ №1-12С.

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

5 СОГЛАСОВАН письмом _____

Информация об изменениях к настоящему стандарту размещается на официальном сайте ООО «Тенсар Инновэйтив Солюшнз» www.tensar.ru в сети Интернет. В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта, соответствующее уведомление будет размещено на вышеуказанном сайте.

© ООО «Тенсар Инновэйтив Солюшнз»

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован, распространен и использован другими организациями в своих интересах без согласования с ООО «Тенсар Инновэйтив Солюшнз».

Содержание

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки.....	1
3 Термины и определения	3
4 Классификация, условные обозначения	4
5 Технические требования	5
5.1 Общие положения	5
5.2 Основные показатели и характеристики	5
5.3 Требования к сырью	7
5.4 Маркировка	8
5.5 Упаковка.....	9
6 Требования безопасности и охраны окружающей среды	9
7 Правила приемки	10
8 Методы контроля	12
9 Транспортирование и хранение	17
10 Указания по применению	18
11 Гарантии изготовителя	19
Приложение А (обязательное) Методика расчета дорожных одежд с применением георешеток серии ТХ	20
Приложение Б (обязательное) Коэффициенты для расчетов конструкции	29
Приложение В (рекомендуемое) Пример расчета дорожной одежды, с применением георешеток серии ТХ	31
Библиография	37

С Т А Н Д А Р Т О Р Г А Н И З А Ц И И

**Георешетки пластмассовые
гексагональные Tensar серии ТХ.
Технические условия**

Дата введения – 2015 - 12 -01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на георешетки пластмассовые экструдированные гексагональные Tensar серии ТХ (далее по тексту - георешетки), предназначенные для выполнения функции армирования дополнительно к разделению и разделению конструктивных слоев дорожных одежд, защитных и балластных слоев, транспортных площадок, основания насыпей, фундаментов, для устройства подпорных стен и устоев мостов, при производстве противооползневых мероприятий, для борьбы с эрозией.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 9.049-91 Единая система защиты от коррозии и старения. Материалы полимерные и их компоненты. Методы лабораторных испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов

ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

ГОСТ 12.3.009-76 Система стандартов безопасности труда. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.4.121-2015 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Противогазы фильтрующие. Общие технические условия

ГОСТ 427-75 Линейки измерительные металлические. Технические условия

ГОСТ 11645–73 Пластмассы. Метод определения показателя текучести расплава термопластов

ГОСТ 7502-98 Рулетки измерительные металлические. Технические условия

ГОСТ 14192-96 Маркировка грузов

ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды

ГОСТ 26433.1-89 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. Элементы заводского изготовления

ГОСТ Р 50275-92 Материалы геотекстильные. Метод отбора проб

ГОСТ Р 50277-92 Материалы геотекстильные. Метод определения поверхностной плотности

ГОСТ Р 55028-2012 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Классификация, термины и определения

ГОСТ Р 55030-2012 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Метод определения прочности при растяжении

ГОСТ Р 55031-2012 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Метод определения устойчивости к ультрафиолетовому излучению

ГОСТ Р 55032-2012 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Метод определения устойчивости к многократному замораживанию и оттаиванию

ГОСТ Р 55033-2012 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Метод определения гибкости при отрицательных температурах

ГОСТ Р 55035-2012 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Метод определения устойчивости к агрессивным средам

ГОСТ Р 56336-2015 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические. Метод определения стойкости к циклическим нагрузкам

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому указателю «Национальные стандарты», составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (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 стандарте применены термины по ГОСТ Р 55028, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 георешетка пластмассовая экструдированная гексагональная: Георешетка пластмассовая экструдированная, представляющая собой комбинацию диагональных и поперечных ребер с отверстиями треугольной формы, обладающая заданной изотропной жесткостью и заданной прочностью во всех направлениях.

3.2 ребро георешетки: Линейный элемент, соединяющий два узла.

3.3 узел георешетки: Точка соединения шести ребер.

3.4 эффективность узла: Способность узла передавать нагрузку от одного ребра к другим ребрам в различных направлениях и определяемая

отношением предельной нагрузки, действующей на узел, к предельной нагрузке, действующей на одно ребро, выраженное в процентах.

3.5 шаг шестиугольника: Расстояние, измеряемое между двумя параллельными его ребрами.

3.6 радиальная жесткость георешетки: Отношение прочности к деформации, измеренное при низких заданных значениях деформации в этом же направлении.

3.7 коэффициент изотропности радиальной жесткости: Степень однородности значений радиальной жесткости во всех направлениях.

3.8 элементарный треугольник георешетки: Равносторонний треугольник, образованный тремя смежными ребрами.

3.9 элементарный шестиугольник (гексагон) георешетки: Равносторонний шестиугольник, образованный шестью смежными элементарными треугольниками.

3.10 направление середины ребра георешетки: Направление биссектрисы между двумя смежными ребрами элементарного треугольника.

3.11 зернистый материал: Строительный материал, состоящий из отдельных зерен, не имеющих между собой сцепления (щебень, гравий, песок).

3.12 конструктивный слой геотехнического объекта: Слой расположенный выше поверхности грунта, выполняющий одну функцию или более в составе геотехнических объектов

4 Классификация, условные обозначения

4.1 В зависимости от назначения и характеристик георешетки выпускают следующих марок:

- Tensar TriAx® TX150;
- Tensar TriAx® TX160;
- Tensar TriAx® TX170;
- Tensar TriAx® TX180;

– Tensar TriAx® TX1520.

Примечание – Марка TX1520 полностью идентична TX170, и маркировку TX1520 применяют только в случае поставки этой георешетки для строительства железных дорог.

4.2 Условное обозначение георешетки должно включать ее наименование, марку, указание через тире размеров полотна (длина и ширина в метрах), обозначение настоящего стандарта. Пример условного обозначения георешетки пластмассовой экструдированной гексагональной Tensar TriAx® марки TX170 с длиной полотна в рулоне 50 м, шириной полотна в рулоне 4 м:

Георешетка пластмассовая экструдированная гексагональная Tensar TriAx® TX170 - 50x4, СТО 09686559-002-2015.

5 Технические требования

5.1 Общие положения

5.1.1 Георешетки должны изготавливаться в соответствии с требованиями настоящего стандарта и технологической инструкции, утвержденными в установленном порядке.

5.1.2 Георешетки поставляют в рулонах. Рулон состоит из одного полотна. По согласованию с заказчиком возможна поставка георешетки в мерных кусках.

5.2 Основные показатели и характеристики

5.2.1 Внешний вид георешеток должен соответствовать образцу-эталону, утвержденному в установленном порядке. Цвет георешеток — черный.

5.2.2 На полотне георешеток не допускаются разрывы, расслоения и посторонние включения.

5.2.3 Геометрические характеристики георешеток должны соответствовать следующим параметрам:

– шаг шестиугольника (80 ± 4) мм.

5.2.4 Размер стандартных рулонов составляет:

- длина для марок ТХ150, ТХ160 – не менее 75 м, для ТХ170 и ТХ180 - не менее 50 м, для ТХ1520 – не менее 30м;
- ширина – (4.00+0,13) м;
- диаметр от 0,3 до 0,5 м в зависимости от марки георешетки.

5.2.5 Георешетки в рулонах должны быть плотно намотаны. Торцы рулонов должны быть ровными. Допускаются выступы на торцах рулона высотой не более 500 мм.

5.2.6 Физико-механические показатели георешеток должны соответствовать требованиям и нормам, указанным в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-механические показатели георешеток.

Наименование показателя	Норма			
	ТХ150	ТХ160	ТХ170 (ТХ1520)	ТХ180
Поверхностная плотность, г/м ² , не менее	170	185	235	280
Прочность при растяжении по четырем основным направлениям: вдоль полотна – 0°; 30° и 60° к продольному направлению; поперек полотна – 90°, кН/м, не менее	15	16	20	22
Относительное удлинение при максимальной нагрузке по четырем основным направлениям: вдоль полотна – 0°; 30° и 60° к продольному направлению; поперек полотна – 90, %, не более	15	15	15	13
Относительное удлинение при максимальной нагрузке по четырем основным направлениям: вдоль полотна – 0°; 30° и 60° к продольному направлению; поперек полотна – 90°, % (ISO 10319:2015)	7-15	7-15	7-15	5-13
Средняя радиальная жесткость при 0,5 % деформации, кН/м, не менее	285	315	390	450
Средняя радиальная жесткость при 2,0 % деформации, кН/м, не менее	185	225	295	355

Продолжение таблицы 1

Коэффициент изотропности радиальной жесткости, не менее	0,65			
Устойчивость к ультрафиолетовому излучению, %, не менее	90	90	90	90
Морозостойкость (30 циклов), %, не менее	90			
Устойчивость к циклическим нагрузкам, %, не менее	90			
Эффективность узла, % не менее	90			
Гибкость при отрицательной температуре, минус 40 °С	изгиб в продольном и поперечном направлениях на брус диаметром 50 мм без визуально наблюдаемого разрушения			
Грибостойкость	не более ПГ ₁₁₃			
Устойчивость к агрессивным средам, %, не менее	90			
Шаг шестиугольника, мм, в пределах	80±4			

5.3 Требования к сырью

5.3.1 Сырье, применяемое для изготовления георешетки, должно соответствовать требованиям действующей нормативной документации, иметь все необходимые документы, предусмотренные действующим законодательством Российской Федерации и выпускаться в промышленном объеме.

5.3.2 Георешетка должна изготавливаться из полимерных материалов экструзивных марок, преимущественно из первичного полипропилена, с добавлением технического углерода не менее 2 %. При этом допускается добавление собственных отходов производства одной и той же марки первичного полимера, используемой при изготовлении продукта.

5.3.3 Массовая скорость течения расплава экструдированного листа (ПТР) по ГОСТ 11645 должна быть в диапазоне от 0,1 до 5,0 г/10 мин (контроль по паспорту качества производителя полимера).

5.3.4 Входной контроль поступающих в производство сырьевых материалов осуществляется по паспортам качества, предоставляемым

поставщиком отдельно на каждую партию сырьевых материалов. При отсутствии паспорта качества на поставленную партию, сырьевые материалы этой партии не допускаются к использованию в производстве продукции. Визуальный контроль целостности тары, наличия маркировки (этикеток), годности (по дате выпуска) обязателен.

5.4 Маркировка

5.4.1 К каждому рулону в двух местах прикрепляют скотч, на котором нанесена следующая информация:

- наименование или товарный знак предприятия – изготовителя, его юридический адрес;
- шаг шестиугольника георешетки;
- поверхностную плотность;
- условное обозначение георешетки;
- масса брутто рулона;
- гарантийный срок хранения;
- обозначение настоящего стандарта.

5.4.2 Дополнительно на скотч крепят два ярлыка, на которые нанесена следующая информация:

- условное обозначение георешетки;
- дата изготовления;
- размер рулона;
- номер партии;
- номер рулона.

5.4.3 К торцу рулона крепят двойную бирку со следующей информацией:

- условное обозначение георешетки;
- дата изготовления;
- размер рулона;
- номер партии;

– номер рулона.

Примечание – При отгрузке половину бирки отрывают и хранят в архиве для идентификации продукции в случае предъявления претензий.

5.4.4 Маркировка должна быть отчетливой, без исправления информационных данных.

5.4.5 Транспортная маркировка – по ГОСТ 14192.

5.5 Упаковка

5.5.1 Георешетки наматывают в рулоны и стягивают полипропиленовой лентой по окружности в трех местах.

5.5.2 Допускается применять другие виды упаковки для обеспечения сохранности георешетки в процессе транспортирования и хранения.

5.5.3 Упаковка должна обеспечивать сохранность георешетки при проведении погрузочно-разгрузочных работ и в период гарантийного срока хранения.

6 Требования безопасности и охраны окружающей среды

6.1 Георешетки, не оказывают вредного влияния на организм человека при непосредственном контакте, т.к. изготавливаются из малотоксичных компонентов.

6.2 Изготовитель гарантирует отсутствие самовоспламенения и взрывоопасности георешетки при соблюдении потребителем правил транспортирования и хранения, указанных в настоящем стандарте.

6.3 Средствами пожаротушения являются распыленная вода, пенные установки, огнетушители любого типа, песок. Тушить пожар необходимо в противогазах марки В по ГОСТ 12.4.121.

6.4 Процесс производства георешеток должен удовлетворять требованиям санитарных правил СП 2.2.2.1327 [1].

6.6 Контроль воздуха рабочей зоны должен быть организован в соответствии с ГОСТ 12.1.005 и ГН 2.2.5.1313 [2].

6.7 К работам по производству георешетки допускаются лица, достигшие 18-летнего возраста, прошедшие первичный медицинский осмотр и не имеющие медицинских противопоказаний, получившие необходимые инструктажи по охране труда и прошедшие стажировку на рабочем месте.

6.8 При погрузочно-разгрузочных работах должны соблюдаться требования безопасности по ГОСТ 12.3.009.

6.9 С целью защиты атмосферного воздуха от выбросов вредных веществ при изготовлении георешетки, на предприятии должен быть организован производственный контроль в области охраны окружающей среды (производственный экологический контроль) в соответствии с утвержденным проектом ПДВ, а также на основании ФЗ РФ №7 от 10.01.2002 г. «Об охране окружающей среды» и ФЗ РФ № 96 от 04.05.1999 г. «Об охране атмосферного воздуха».

6.10 При изготовлении георешетки технологические сточные воды не образуются.

6.11 С целью защиты окружающей среды от негативного воздействия отходов производства, обращение с отходами на предприятии осуществляется в соответствии с требованиями ФЗ РФ №7 от 10.01.2002 г. «Об охране окружающей среды», а также ФЗ РФ № 89 от 24.06.1998 г. «Об отходах производства и потребления».

7 Правила приемки

7.1 Георешетки предъявляют к приемке партиями. К партии относят количество рулонов георешетки одной марки, изготовленных на одной линии, из одной экструдированной бобины, по одной технологической инструкции, в объеме не более суточной выработки.

7.2 Качество георешетки проверяют по всем показателям, установленным в настоящем стандарте, путем проведения приемосдаточных, периодических и типовых испытаний.

7.2.1 Объем приемо-сдаточных, периодических и типовых испытаний для георешетки приведен в таблице 4.

Т а б л и ц а 4 – Виды испытаний

Наименование показателя	Приемо-сдаточные	Периодические	Типовые
Внешний вид	+	+	+
Размер рулона и качество намотки	+	+	+
Поверхностная плотность	+	+	+
Прочность при растяжении	+	+	+
Относительное удлинение при максимальной нагрузке	+	+	+
Средняя радиальная жесткость при 0,5 % деформации	+	+	+
Средняя радиальная жесткость при 2,0 % деформации	-	+	+
Коэффициент изотропности радиальной жесткости,	-	+	+
Эффективность узла	-	+	+
Гибкость при отрицательной температуре	-	-	+
Грибостойкость	-	-	+
Устойчивость к агрессивным средам	-	+	+
Устойчивость к ультрафиолетовому излучению	-	-	+
Шаг шестиугольника	+	+	+
Устойчивость к многократному замораживанию и оттаиванию (морозостойкость)	-	+	+
Устойчивость к циклическим нагрузкам	-	+	+
Содержание технического углерода в экструдированном листе	-	+	+

7.3 Проверку внешнего вида, упаковки, маркировки изготовитель осуществляет на 100 % единиц продукции.

7.4 Испытания проводят на выборке от 2 % упаковочных единиц, но не менее чем из трех рулонов. Способ отбора образцов и их количество должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 50275.

7.5 Для проведения испытаний от каждого отобранного рулона отрезают два погонных метра по длине рулона георешетки. Индивидуальные

образцы вырезают, отступив не менее 0,5 м от края полотна. Разрезы полотна георешетки по длине и ширине проводят точно по серединам сторон ячеек.

7.6 Если проверяемая георешетка хотя бы по одному показателю не будет удовлетворять требованиям настоящего стандарта, проводят повторную проверку по этому показателю удвоенного количества рулонов данной партии.

7.7 Если при повторной проверке хотя бы один образец не удовлетворяет требованиям настоящего стандарта, то партию бракуют.

7.8 Забракованная партия может быть подвергнута полному контролю по всем показателям для разбраковки.

7.9 Периодические испытания проводят для периодического подтверждения качества продукции и стабильности технологического процесса 1 раз в год.

7.10 При изменении сырья, поставщика и/или технологии производства, при постановке продукции на производство проводят типовые испытания.

7.11 Организация-изготовитель должна сопровождать партию георешетки документом о качестве (паспортом), в котором указывают:

- наименование и адрес организации-изготовителя;
- условное обозначение георешетки;
- номер партии и дату изготовления;
- результаты испытаний;
- условия и сроки хранения;
- обозначение настоящего стандарта;
- штамп и подпись лица, ответственного за технический контроль.

8 Методы контроля

8.1 Контроль внешнего вида

8.1.1 Контроль упаковки и маркировки георешетки проводят визуально.

8.1.2 Качество намотки георешетки в рулоны проверяют визуально и измерением выступов на торцах рулона с использованием измерительной металлической линейки по ГОСТ 427.

8.1.3 Внешний вид георешетки проверяют визуально, путем сравнения с образцом - эталоном, утвержденным в установленном порядке, на длине проверяемой георешетки не менее 10 м, при равномерной освещенности не менее 30 лк.

8.2 Определение геометрических параметров

8.2.1 Ширину георешетки определяют в начале и конце рулона с использованием рулетки по ГОСТ 7502. За значение показателя ширины принимают среднее арифметическое значение двух измерений.

8.2.2 Длину рулона определяют в процессе изготовления счетчиком метража, установленным в технологической линии, или с использованием рулетки по ГОСТ 7502.

8.2.3 Размер шага шестиугольника определяют по ГОСТ 26433.1.

8.3 Поверхностную плотность георешетки определяют по ГОСТ Р 50277.

8.4 Прочность при растяжении и относительное удлинение при максимальной нагрузке определяют по ГОСТ Р 55030 минимум на шести образцах для направления 0° и 90° и на трех образцах для 30° и 60° . Образцы вырезают таким образом, чтобы ни один образец не являлся непосредственным продолжением другого. Схематическое изображение направлений вырезки образцов представлено на рисунке 1. Удлинения при максимальной нагрузке определяют с помощью экстензометра. При определении удлинения по расстоянию между зажимами, в качестве зажимной длины образца принимается расстояние между центрами зафиксированных узлов.

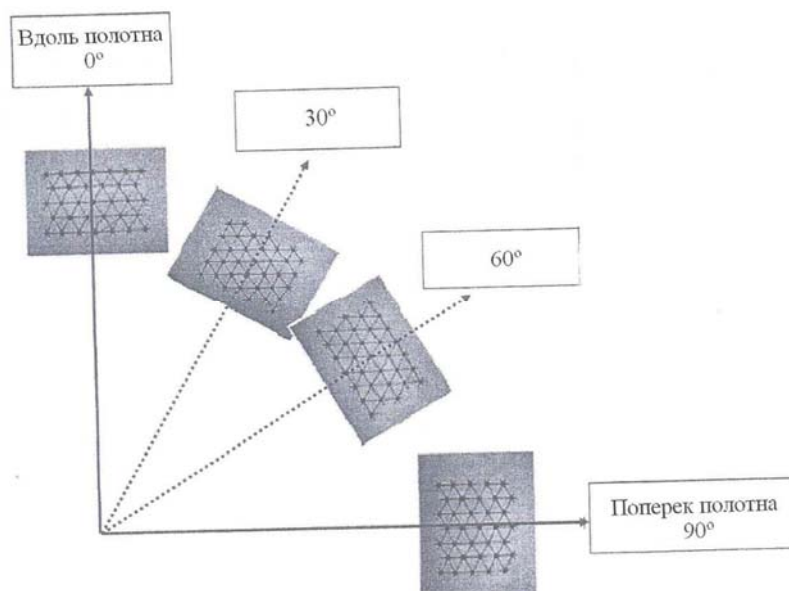


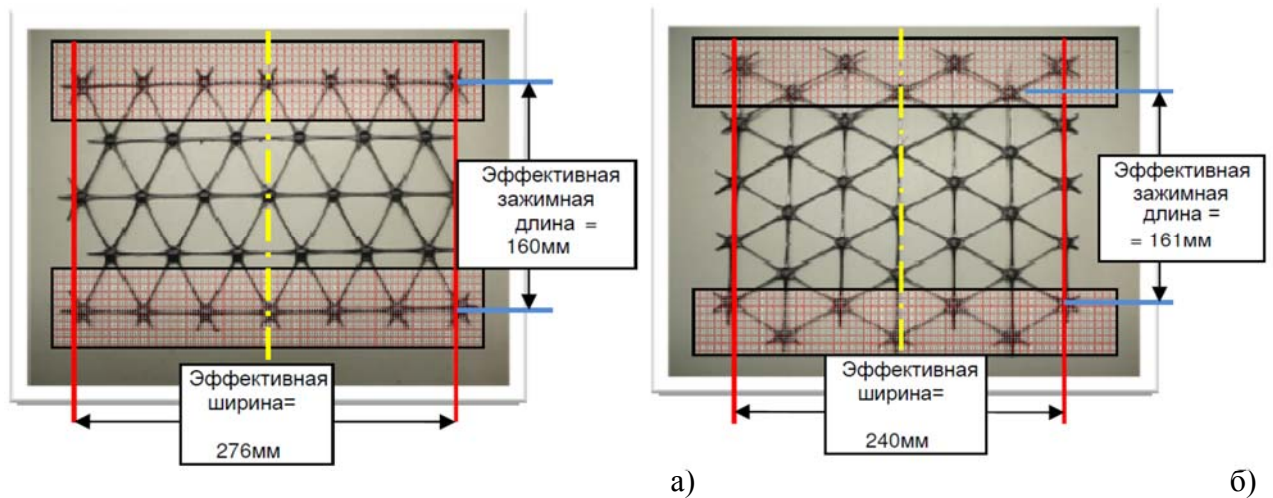
Рисунок 1 - Схематическое изображение направлений вырезки образцов

8.5 Для дополнительного контроля качества прочность при растяжении и относительное удлинение при максимальной нагрузке определяют по ISO 10319:2008 со следующими дополнениями:

- способ вырезки образцов представлен на рисунке 2;
- размеры образцов приведены в таблице 4;
- при определении удлинения по расстоянию между зажимами, в качестве зажимной длины образца принимается расстояние между центрами зафиксированных узлов.

Т а б л и ц а 4 – Размеры образцов

Номинальные размеры образца, мм	
Длина для направлений середины ребра / ребра	Ширина для направлений середины ребра / ребра
160 / 160	276 / 240



- а) образцы, вырезанные вдоль полотна (0°) и под углом 60° ;
 б) образцы, вырезанные поперек полотна (90°) и под углом 30°

Рисунок 2 – Способ вырезки образцов

8.6 Определение радиальной жесткости

8.6.1 Радиальную жесткость (j) при фиксированном относительном удлинении в кН/м вычисляют для образцов, вырезанных в каждом из заданных направлений (0° , 90° , 30° , 60°) по формуле (1):

$$j = \frac{F * 100}{b * \varepsilon} \quad (1)$$

где F – нагрузка при заданном удлинении, кН;
 b – ширина образца, мм;
 ε – фиксированное относительное удлинение, %.

8.6.2 Среднюю радиальную жесткость, кН/м, при фиксированной деформации вычисляют как среднее арифметическое радиальной жесткости в четырех тестовых направлениях (0° , 30° , 60° , 90°)

8.7 Коэффициент изотропности радиальной жесткости при заданном удлинении рассчитывают как соотношение минимальной и максимальной жесткости при данном удлинении.

8.8 Для определения эффективности узла определяют прочность одного ребра и прочность узла.

8.8.1 Отбор образцов

Для испытаний вырезают в каждом из трех направлений (30° ; 90° и 150°) по шесть образцов, имеющих три узла и два ребра между ними.

На девяти образцах (по три образца, вырезанных в каждом направлении), определяют прочность ребра, на остальных девяти - прочность узла.

8.8.2 Испытательное оборудование - по ГОСТ Р 55030.

При определении прочности ребра применяют самозажимные захваты.

При определении прочности узла применяют нижний - самозажимной захват, изображение верхнего зажима представлено на рисунке 3.

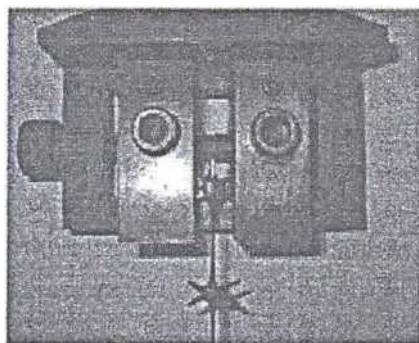


Рисунок 3 - Верхний зажим испытательной машины

8.8.3 Определение прочности ребра

Образец закрепляют в зажимах по центру, и проводят испытание до разрыва.

Среднюю прочность одного ребра определяют как среднее арифметическое значение прочности при растяжении в кН, полученной на всех девяти образцах.

8.8.4 Определение прочности узла

Образец закрепляют в верхний зажим так, как показано на рисунке 3, а другой конец образца в нижний самозажимной захват, и проводят испытание до разрыва.

Среднюю прочность узла определяют как среднее арифметическое

значение разрывной нагрузки в кН, полученной на всех девяти образцах.

8.8.5 Эффективность узла (в процентах) определяют как отношение средней прочности узла в кН к среднему значению прочности ребра в кН.

8.9 Устойчивость к действию агрессивных сред определяют в соответствии с ГОСТ Р 55035.

8.10 Определение грибостойкости проводят по ГОСТ 9.049.

8.11 Гибкость при отрицательных температурах определяют по ГОСТ Р 55033. Испытание проводят на трех образцах, вырезанных в продольном и поперечном направлениях, при температуре минус 40°С на брус с закруглением диаметром 50 мм.

8.12 Устойчивость к действию ультрафиолетового излучения определяют в соответствии с ГОСТ Р 55031.

8.13 Устойчивость к циклическим нагрузкам определяют по ГОСТ Р 56336.

8.14 Морозостойкость определяется по ГОСТ Р 55032.

9 Транспортирование и хранение

9.1 Транспортирование

9.1.1 Погрузку в транспортные средства рулонов георешетки производят всеми видами погрузочного транспорта в паллетах или навалом в соответствии с правилами перевозки грузов, действующими на данном виде транспорта.

9.1.2 Георешетку транспортируют всеми видами транспортных средств, обеспечивающими сохранность георешетки и упаковки, в соответствии с правилами перевозки грузов, действующими на данном виде транспорта.

9.2 Хранение

9.2.1 Георешетку рекомендуется хранить по навесом или в помещении в условиях хранения 5 (ОЖ4) по ГОСТ 15150, допускается хранение на

открытых площадках в условиях хранения 8 (ОЖЗ) по ГОСТ 15150. Условия хранения должны исключать механические или химические воздействия.

9.2.2 Не допускается складирование более 15 рулонов по высоте и размещение сверху других грузов.

10 Указания по применению

10.1 Полотна георешетки могут быть уложены как в направлении, параллельном оси трассы, так и перпендикулярном ей. Если проектом предусмотрена также укладка геотекстиля, то георешетка укладывается на него (с тем, чтобы частицы каменного материала засыпки могли заклинить в ячейках георешетки). Величина нахлеста смежных рулонов зависит от размера фракции материала засыпки и состояния грунтового основания. Минимальный нахлест составляет 30см, максимальный – 60см.

Методика расчета конструкций с применением георешеток приведена в приложении А.

Коэффициенты для расчетов конструкции приведены в приложении Б.

Пример расчета конструкции приведен в приложении В.

Для усиления конструкций дорожных одежд капитального, облегченного и переходного типа используются материалы ТХ 150, 160, 170.

Для усиления конструкций временных дорог используются материалы ТХ 160, 170, 180.

Для усиления основания насыпи на слабых грунтах используются материалы ТХ170, ТХ180.

Для усиления балластных, подбалластных слоев и основания насыпи железных дорог используется материал ТХ1520.

10.2 После укладки на объекте георешетка должна быть перекрыта грунтом не позднее 30 дней.

Эксплуатацию и применение георешеток проводят в соответствии с нормативными документами и проектной документацией.

Георешетки следует располагать между верхним слоем из зернистого материала и нижним подстилающим слоем, представленным местным грунтом, песком или щебнем (гравием).

10.3 Срок службы георешетки соответствует сроку службы сооружения/конструкции. Предполагаемый срок службы георешеток в естественном грунте при рН от 4 до 9 составляет 100 лет при температуре грунта не выше 15°C и 50 лет при температуре менее 25°C при условии соблюдения всех требований настоящего стандарта и проектной документации на строительные геоконструкции, включающие данные георешетки.

11 Гарантии изготовителя

11.1 Предприятие-изготовитель гарантирует соответствие георешеток требованиям настоящего стандарта при условии полного соблюдения правил хранения, транспортирования и эксплуатации, установленных настоящим стандартом.

11.2 Гарантийный срок хранения – 5 лет.

11.3 По истечении гарантийного срока хранения георешетки могут быть рекомендованы к использованию только после проверки на соответствие всем требованиям настоящего стандарта (в объеме типовых испытаний).

Приложение А (обязательное)

Методика расчета дорожных одежд с применением георешеток серии ТХ

А.1 Расчет нежестких дорожных одежд капитального и облегченного типов

Расчет выполняют по ОДН 218.046-01 [4] с введением коэффициентов усиления, зависящих от деформативных свойств георешеток, толщин слоев, механических свойств материалов дорожных одежд и грунтов рабочего слоя земляного полотна. Приводимые корреляционно-регрессивные уравнения и коэффициенты усиления справедливы для материалов серии ТХ, расположенных под несущим основанием дорожной одежды.

Коэффициенты усиления (армирования) вводят при расчете по критерию упругого прогиба, критерию сдвигоустойчивости слабо связанных слоев и подстилающего грунта (грунта земляного полотна) и критерию сопротивления материалов монолитных слоев возникающим в них растягивающим напряжениям.

А.2 Расчет армированных дорожных одежд по допускаемому упругому прогибу выполняют с учетом расчетной схемы на рисунке А.1.

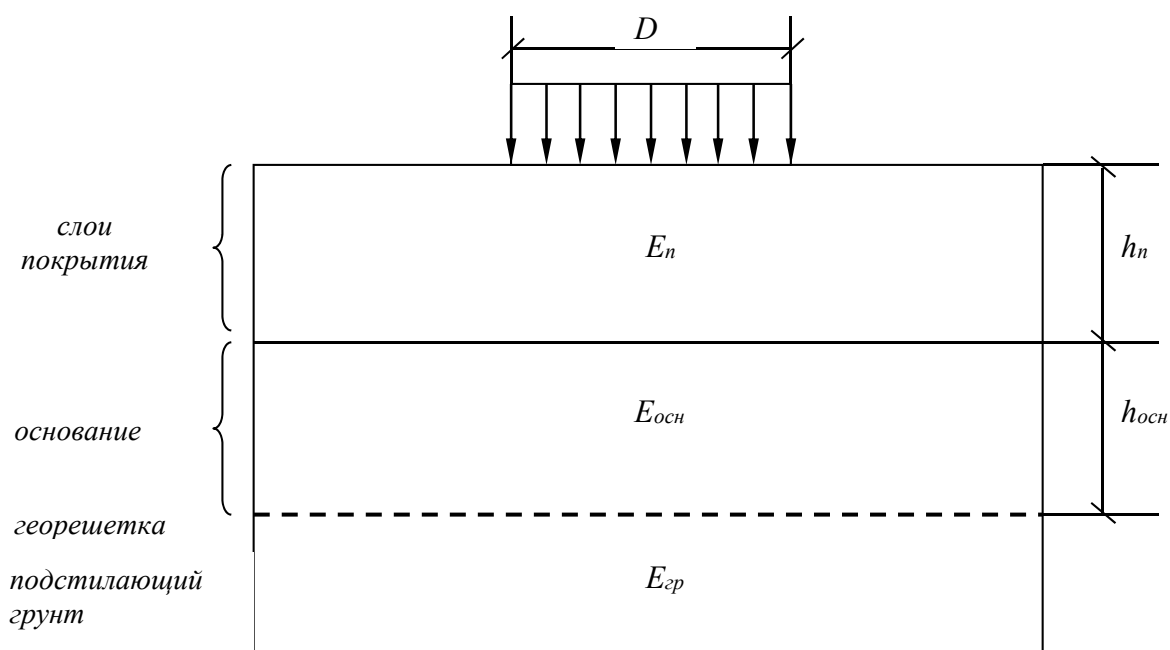


Рисунок А.1 – Расчетная схема дорожных одежд капитального и облегченного типов, армированных георешеткой серии ТХ

Конструкция в целом удовлетворяет требованиям прочности и надежности по величине упругого прогиба при условии определенной формулой (А.1).

$$\alpha_1 \cdot E_{\text{общ}} \geq E_{\text{min}} \cdot K_{\text{ny}}^{mp}, \quad (\text{A.1})$$

где $E_{\text{общ}}$ – расчетный модуль упругости неармированной конструкции, определяемый по 3.27 [4], либо по формуле (A.2)

$$E_{\text{общ}} = \frac{E_n}{1 - \frac{2}{\pi} \left[1 - \left(\frac{E_n}{E_\epsilon} \right)^{\frac{4}{3}} \right] \cdot \arctg \left[1,1 \cdot \left(\frac{E_\epsilon}{E_n} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \cdot \frac{h}{D}}, \quad (\text{A.2})$$

где E_n – модуль упругости нижнего слоя конструкции, МПа;

E_ϵ – модуль упругости вышележащего слоя конструкции, МПа;

E_{min} – минимальный требуемый общий модуль упругости конструкции, определяемый по п.3.25 [4];

K_{ny}^{mp} – требуемый коэффициент прочности конструкции по критерию упругого прогиба, определяемый по п. 3.6 [4];

α_1 – коэффициент усиления (коэффициент увеличения общего модуля упругости армированной конструкции), определяемый по формуле (A.3)

$$\alpha_1 = \left[a_0 + a_1 \frac{h_n}{D} + a_2 \frac{h_{\text{осн}}}{D} + b_1 \cdot E_n + b_2 \cdot E_{\text{осн}} + b_3 \cdot E_{\text{зр}} \right]^{-1}, \quad (\text{A.3})$$

где h_n – суммарная толщина монолитных слоев покрытия, см (м);

$h_{\text{осн}}$ – суммарная толщина несущих слоев основания, см (м);

D – диаметр отпечатка колеса расчетного транспортного средства, см (м);

E_n – средневзвешенный модуль упругости монолитных слоев покрытия, МПа;

$E_{\text{осн}}$ – средневзвешенный модуль упругости несущих слоев основания, МПа;

$E_{\text{зр}}$ – общий модуль упругости на поверхности грунтового основания, подстилающего армирующий слой, МПа;

$a_0, a_1, a_2, b_1, b_2, b_3$ – коэффициенты уравнения, принимаемые по таблице Б.1 Приложения Б

А.3 Критерий сдвигоустойчивости грунта, подстилающего армирующий слой «зернистый материал плюс георешетка серии ТХ, обеспечивается при соблюдении условия (A.4)

$$\frac{1}{\alpha_3} \cdot T \leq \frac{T_{\text{np}}}{K_{\text{nc}}^{mp}}, \quad (\text{A.4})$$

где T – активное расчетное напряжение сдвига, принимаемое по 3.34 [4];

T_{np} – предельная величина активного напряжения сдвига, определяемая по 3.35 [4];

K_{nc}^{mp} – требуемый коэффициент прочности, принимаемый по п. 3.6 [4];

α_3 – коэффициент усиления (коэффициент снижения активных напряжений сдвига), определяемый по уравнению (A.5)

$$\begin{aligned} \alpha_3 = & (a_0 + a_1 \frac{h_n}{D} + a_2 \frac{h_{осн}}{D} + a_3 \frac{E_n}{E_{арм}} + a_4 \frac{E_{осн}}{E_{арм}} + a_5 \frac{E_{зр}}{E_{арм}} + a_{11} \left(\frac{h_n}{D} \right)^2 + a_{12} \frac{h_n}{D} \frac{h_{осн}}{D} + a_{13} \frac{h_n}{D} \frac{E_n}{E_{арм}} + \\ & + a_{14} \frac{h_n}{D} \frac{E_{осн}}{E_{арм}} + a_{15} \frac{h_n}{D} \frac{E_{зр}}{E_{арм}} + a_{22} \left(\frac{h_{осн}}{D} \right)^2 + a_{23} \frac{h_{осн}}{D} \frac{E_n}{E_{арм}} + a_{24} \frac{h_{осн}}{D} \frac{E_{осн}}{E_{арм}} + a_{25} \frac{h_{осн}}{D} \frac{E_{зр}}{E_{арм}} + \\ & + a_{33} \left(\frac{E_n}{E_{арм}} \right)^2 + a_{34} \frac{E_n}{E_{арм}} \frac{E_{осн}}{E_{арм}} + a_{35} \frac{E_n}{E_{арм}} \frac{E_{зр}}{E_{арм}} + a_{44} \left(\frac{E_{осн}}{E_{арм}} \right)^2 + a_{45} \frac{E_{осн}}{E_{арм}} \frac{E_{зр}}{E_{арм}} + a_{55} \left(\frac{E_{зр}}{E_{арм}} \right)^2)^{-1} \end{aligned} \quad (A.5)$$

где $E_{арм}$ – условный модуль упругости композитного слоя «зернистый материал плюс георешетка», принимаемый по таблице Б.6 Приложения Б настоящего стандарта;

$a_0, a_1, \dots, (a_{ij})$ – коэффициенты для различных значений угла внутреннего трения грунта основания, назначаемые по таблице Б.3 Приложения Б.

Остальные обозначения в уравнении (A.5) те же, что и в формуле (A.3) настоящего стандарта.

A.4 Критерий сопротивления материалов монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе для конструкций, армированных георешеткой, соблюдается при обеспечении условия (A.6)

$$K_{np}^{mp} \leq \frac{R_N}{\sigma_r^{арм}}, \quad (A.6)$$

где K_{np}^{mp} – требуемый коэффициент прочности по данному критерию, определяемый по таблице 3.1 [4];

R_N – прочность материала слоя на растяжение при изгибе с учетом усталостных явлений, определяемый по п. 3.41 [4];

$\sigma_r^{арм}$ – наибольшие растягивающие напряжения в рассматриваемых слоях.

Наибольшие растягивающие напряжения при изгибе в монолитном слое армированной конструкции $\sigma_r^{арм}$ определяются по формуле (A.7) после приведения реальной конструкции к двухслойной модели

$$\sigma_r^{арм} = 1,53 \cdot P \cdot \frac{h_1}{D} \cdot \frac{E_1}{E_{общ.арм}} \cdot \left(1 - \frac{2}{\pi} \cdot \arctg \frac{h_2}{D} \right) \cdot \arctg^2 \frac{D}{h_3}, \quad (A.7)$$

где P – удельное давление колеса расчетного автомобиля, МПа;

D – расчетный диаметр отпечатка колеса, см;

h_1 – толщина покрытия, см;

E_1 – модуль упругости материала покрытия, МПа;

$h_{э}$ – эквивалентная толщина искусственного основания, см;

$E_{общ.арм}$ – общий модуль армированного основания, подстилающего покрытие, МПа;

При армировании несущего слоя основания георешеткой общий модуль основания определяется по выражению (А.8)

$$E_{общ.арм} = \alpha_2 \cdot E_{общ}, \quad (\text{А.8})$$

где $E_{общ}$ – общий модуль упругости основания, подстилающего покрытие, МПа;

α_2 – коэффициент усиления (коэффициент увеличения общего модуля упругости основания армированной дорожной конструкции), определяемый по формуле (А.9)

$$\alpha_2 = \left[a_0 + a_1 \frac{h_n}{D} + a_2 \frac{h_{осн}}{D} + b_1 \cdot E_n + b_2 \cdot E_{осн} + b_3 \cdot E_{зр} \right]^{-1}, \quad (\text{А.9})$$

где h_n – суммарная толщина монолитных слоев покрытия, см;

$h_{осн}$ – суммарная толщина несущих слоев основания дорожной одежды, см;

D – диаметр отпечатка колеса расчетного автомобиля, см;

E_n – средневзвешенный модуль упругости монолитных слоев покрытия, МПа;

$E_{осн}$ – средневзвешенный модуль упругости несущих слоев основания, МПа;

$E_{зр}$ – общий модуль упругости основания, подстилающего армирующий слой, МПа;

$a_0, a_1, a_2, b_1, b_2, b_3$ – коэффициенты уравнения, назначаемые по таблице Б.2

Приложения Б.

А.5 Расчет дорожных одежд переходного типа

Расчет армированных дорожных одежд переходного типа по критерию упругого прогиба выполняют с учетом расчетной схемы на рисунке А.2.

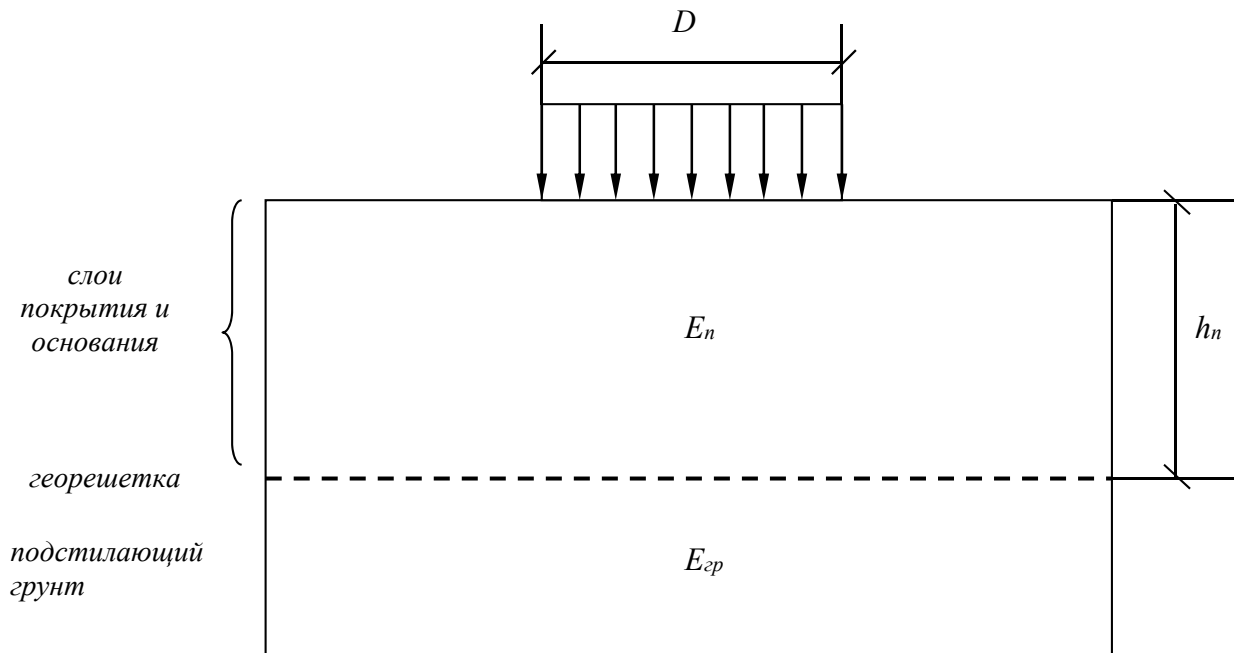


Рисунок А.2 – Расчетная схема дорожной одежды переходного типа, армированной георешеткой серии ТХ

Конструкция в целом удовлетворяет требованиям прочности и надежности по величине упругого прогиба при выполнении условия (А.10)

$$\alpha_5 \cdot E_{общ} \geq E_{min} \cdot K_{ny}^{mp}, \quad (A.10)$$

где K_{ny}^{mp} – требуемый коэффициент прочности по 3.6 [4];

α_5 – коэффициент усиления (коэффициент увеличения общего модуля упругости армированной дорожной конструкции), определяемый по уравнению (А.11)

$$\alpha_5 = \left[a_0 + \frac{h_n}{D} \cdot \left(a_1 + a_2 \frac{h_n}{D} \right) + b_1 \cdot E_{сп} + b_2 \cdot E_n + b_3 \cdot E_{сп} \cdot E_n \right]^{-1}, \quad (A.11)$$

где h_n – суммарная толщина слоев покрытия и основания, расположенных над решеткой, см;

D – расчетный диаметр отпечатка колеса, см;

E_n – средневзвешенный модуль упругости слоев покрытия и основания, расположенных над георешеткой, МПа;

$E_{сп}$ – общий (эквивалентный) модуль упругости на поверхности грунтового основания, подстилающего армирующий слой, МПа;

$a_0, a_1, a_2, b_1, b_2, b_3$ – коэффициенты уравнения, принимаемые по таблице Б.4 Приложения Б.

А.6 Отсутствие накопления недопустимых деформаций сдвига при воздействии нагрузки для дорожных одежд с армированными основаниями обеспечивается при соблюдении условия (А.12)

$$\frac{1}{\alpha_6} \cdot T \leq \frac{T_{np}}{K_{nc}^{mp}}, \quad (\text{А.12})$$

где T – активное расчетное напряжение сдвига, принимаемое по 3.34 [4];

T_{np} – предельная величина активного напряжения сдвига, определяемая по п. 3.35 [4];

K_{nc}^{mp} – требуемый коэффициент прочности, принимаемый по 3.6 [4];

α_6 – коэффициент усиления (коэффициент снижения активных напряжений сдвига), определяемый по уравнению (А.13)

$$\alpha_6 = (a_0 + a_1 \frac{h_n}{D} + a_2 \frac{E_{cp}}{E_{арм}} + a_3 \frac{E_n}{E_{арм}} + a_{11} \left(\frac{h_n}{D} \right)^2 + a_{12} \frac{h_n}{D} \frac{E_{cp}}{E_{арм}} + a_{13} \frac{h_n}{D} \frac{E_n}{E_{арм}} + a_{22} \left(\frac{E_{cp}}{E_{арм}} \right)^2 + a_{23} \frac{E_{cp}}{E_{арм}} \frac{E_n}{E_{арм}} + a_{33} \left(\frac{E_n}{E_{арм}} \right)^2)^{-1}, \quad (\text{А.13})$$

где $E_{арм}$ – условный модуль упругости композитного слоя «зернистый материал плюс георешетка», принимаемый по таблице Б.6 Приложения Б настоящего стандарта;

Остальные обозначения аналогичны обозначениям в уравнении (А.11).

Коэффициенты уравнения для различных значений угла внутреннего трения грунтов основания назначаются по таблице Б.5 Приложения Б.

А.7 Расчет дорожных одежд временных автомобильных дорог

Конструктивные решения для временных автомобильных дорог аналогичны представленным конструкциям дорожных одежд с переходным типом покрытия. Назначение дорожных одежд выполняют на основе расчета по допустимой величине деформации покрытия, допустимому давлению на поверхности грунтового основания и допустимой относительной деформации армирующего материала.

А.8 Расчет по допустимой величине деформации покрытия

Конструкция дорожной одежды удовлетворяет требованиям прочности и надежности при соблюдении условия (А.14)

$$E_{эkv} \geq E_{тр}, \quad (\text{А.14})$$

где $E_{эkv}$ – расчетный эквивалентный модуль деформации на поверхности покрытия, МПа;

$E_{тр}$ – требуемый модуль деформации на поверхности покрытия с учетом допустимой, величины деформации покрытия, МПа;

Требуемый модуль деформации дорожной одежды определяется из условия, чтобы накапливающаяся под действием повторных нагрузок деформация (S) не превысила нормированную величину. Требуемый модуль деформации назначается по зависимости (A.15)

$$E_{mp} = 1,57 \cdot \frac{P \cdot D}{S} \cdot k, \quad (\text{A.15})$$

где P – удельное давление на покрытие от расчетной нагрузки, МПа;
 D – диаметр отпечатка колеса расчетного автомобиля, м;
 S – допускаемая вертикальная осадка поверхности покрытия, м;
 k – коэффициент, отражающий агрессивность повторных нагрузок, вызывающих

нарастание остаточных деформаций, определяемый по выражению (A.16)

$$k = 0,5 + 0,65 \cdot \lg N_c, \quad (\text{A.16})$$

где N_c – число проходов (воздействий) расчетной нагрузки в грузовом направлении за расчетный период.

Расчетный эквивалентный модуль деформации на поверхности покрытия ($E_{эке}$) определяют по зависимости (A.17)

$$E_{эке} = \frac{E_{сп}}{1 - \frac{2}{\pi} \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{E_{од}}{E_{сп}} \right)^{1,4}} \right] \cdot \arctg \left(\frac{h_{од}}{D} \cdot \left(\frac{E_{од}}{E_{сп}} \right)^{0,4} \right)}, \quad (\text{A.17})$$

где $E_{сп}$ – модуль деформации грунтового основания, МПа;
 $E_{од}$ – модуль деформации дорожной одежды, МПа;
 $h_{од}$ – толщина дорожной одежды, м.

Эквивалентный модуль деформации армированной дорожной конструкции определяют по зависимости (A.18)

$$E_{эке.арм} = K_a \cdot E_{эке}, \quad (\text{A.18})$$

где $E_{эке.арм}$ – эквивалентный модуль деформации армированной конструкции, МПа;
 $E_{эке}$ – эквивалентный модуль деформации неармированной конструкции, МПа.
 Значения коэффициентов упрочнения (K_a) определяют с помощью выражений:
 - для георешеток марки Tensar TriAx® TX160 (A.19)

$$K_a = 2,34 - 1,08 \cdot \frac{E_{zp}}{E_{od}} + 0,077 \cdot \frac{h_{od}}{D} + 0,693 \cdot \left(\frac{E_{zp}}{E_{od}} \right)^2 - 0,09 \cdot \frac{E_{zp}}{E_{od}} \cdot \frac{h_{od}}{D} - 0,201 \cdot \left(\frac{h_{od}}{D} \right)^2 \quad (\text{A.19})$$

- для георешеток марки Tensar TriAx® TX170 (A.20)

$$K_a = 2,68 - 1,08 \cdot \frac{E_{zp}}{E_{od}} + 0,077 \cdot \frac{h_{od}}{D} + 0,693 \cdot \left(\frac{E_{zp}}{E_{od}} \right)^2 - 0,09 \cdot \frac{E_{zp}}{E_{od}} \cdot \frac{h_{od}}{D} - 0,201 \cdot \left(\frac{h_{od}}{D} \right)^2 \quad (\text{A.20})$$

- для георешеток марки Tensar TriAx® TX180 (A.21)

$$K_a = 2,92 - 1,08 \cdot \frac{E_{zp}}{E_{od}} + 0,077 \cdot \frac{h_{od}}{D} + 0,693 \cdot \left(\frac{E_{zp}}{E_{od}} \right)^2 - 0,09 \cdot \frac{E_{zp}}{E_{od}} \cdot \frac{h_{od}}{D} - 0,201 \cdot \left(\frac{h_{od}}{D} \right)^2 \quad (\text{A.21})$$

А.8 Расчет дорожных одежд по допустимому давлению на поверхности грунтового основания.

Конструкция удовлетворяет требованиям прочности при соблюдении условия (A.22)

$$\sigma \leq \sigma_{дон}, \quad (\text{A.22})$$

где σ – вертикальные напряжения, возникающие в грунте с учетом распределяющей способности дорожной одежды, МПа;

$\sigma_{дон}$ – максимальное допускаемое напряжение в грунте, при котором сохраняется линейная зависимость между давлением и осадкой, МПа.

Действующие вертикальные напряжения определяются по зависимости (A.23)

$$\sigma = \frac{P}{\omega}, \quad (\text{A.23})$$

где P – давление на покрытие от расчетной нагрузки, МПа;

ω – коэффициент, характеризующий убывание вертикальных напряжений в дорожной одежде и определяемый по зависимости (A.24)

$$\omega = 1 + a \cdot \left(\frac{h_{od}}{D} \right)^2 \cdot \left(\frac{E_{od}}{E_{zp}} \right)^{0,8}, \quad (\text{A.24})$$

где a – коэффициент, учитывающий влияние георешеток, принимаемый по таблице Б.6 Приложения Б.

Допускаемые напряжения ($\sigma_{дон}$) определяют по зависимости (A.25)

$$\sigma_{дон} = \frac{\pi \cdot \gamma_{od} \cdot h_{od} + \frac{\pi \cdot c}{\text{tg} \varphi}}{\text{ctg} \varphi + \varphi - \frac{\pi}{2}} + \gamma_{od} \cdot h_{od}, \quad (\text{A.25})$$

где $\gamma_{од}$ – удельный вес дорожной одежды, МН/м³;
 c – удельное сцепление грунта основания, МПа;
 φ – угол внутреннего трения грунта основания, град;
 $h_{од}$ – толщина дорожной одежды, м.

А.9 Расчет по допустимой относительной деформации армирующего материала.

Для исключения возникновения пластических деформаций армирующих материалов должно выполняться условие (А.26)

$$\varepsilon \leq \varepsilon_{np}, \quad (\text{А.26})$$

где ε – относительная деформация георешетки в конструкции;
 ε_{np} – предельная относительная деформация георешетки, равная 0,1 (10 %).

Значение относительной деформации (ε) определяется по формуле (А.27)

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \frac{S}{D} \cdot 2,68 \cdot \frac{h_{од}}{D} \cdot \arctg^2 \frac{D}{h_{од} \cdot \left(\frac{E_{од}}{E_{gp}} \right)^{0,4}}, \quad (\text{А.27})$$

где ε_0 – деформация, возникающая в период строительства ($\varepsilon_0 = 0,007$).
 Остальные обозначения принимаются по А.8 настоящего стандарта.

Приложение Б

(обязательное)

Коэффициенты для расчетов конструкции

Таблица Б.1 – Коэффициенты для определения α_1 (к расчету по п. А.2)

a_0 (ТХ150/ТХ160/ТХ170)	a_1	a_2	b_1	b_2	b_3
0,4574/0,3717/0,3243	0,2774	0,352	-6,83333E-06	0,00035	0,000131

Таблица Б.2 – Коэффициенты для определения α_2 (к расчету по п. А.4)

a_0 (ТХ150/ТХ160/ТХ170)	a_1	a_2	b_1	b_2	b_3
0,4817/0,3574/0,3137	0,2373	0,2894	-7,22222E-07	0,000341	-0,0000025

Таблица Б.3 – Коэффициенты для определения α_3 (к расчету по п.А.3)

Коэф-ты	φ , град						
	2-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35
a_0 (ТХ150 ТХ160/ ТХ170)	0,1698/ 0,1674/ 0,1559	0,1673/ 0,1650/ 0,1539	0,1621/ 0,1607/ 0,1508	0,1580/ 0,1546/ 0,1460	0,1496/ 0,1452/ 0,1378	0,1352/ 0,1314/ 0,1259	0,1133/ 0,1098/ 0,1063
a_1	0,3045	0,2895	0,2703	0,2497	0,2267	0,2010	0,1744
a_2	0,1533	0,1207	0,0801	0,0339	-0,0174	-0,0742	-0,1342
a_3	-0,0089	-0,0060	-0,0016	0,0047	0,0138	0,0270	0,0465
a_4	1,0089	1,0051	0,9983	0,9871	0,9705	0,9433	0,9015
a_5	3,0644	3,2141	3,4207	3,6658	3,9781	4,3842	4,9121
a_{11}	-0,0613	-0,0581	-0,0534	-0,0492	-0,0442	-0,0390	-0,0343
a_{12}	-0,1488	-0,1475	-0,1464	-0,1454	-0,1450	-0,1447	-0,1459
a_{13}	0,0507	0,0548	0,0601	0,0664	0,0738	0,0831	0,0942
a_{14}	-0,2140	-0,1994	-0,1806	-0,1594	-0,1352	-0,1069	-0,0748
a_{15}	-0,1394	-0,1685	-0,2089	-0,2573	-0,3123	-0,3888	-0,4813
a_{22}	0,0135	0,0247	0,0387	0,0547	0,0727	0,0926	0,1137
a_{23}	-0,0027	-0,0071	-0,0126	-0,0194	-0,0278	-0,0385	-0,0522
a_{24}	-0,0394	-0,0058	0,0369	0,0865	0,1439	0,2112	0,2902
a_{25}	-0,5233	-0,5608	-0,6109	-0,6644	-0,7313	-0,8142	-0,9145
a_{33}	0,0073	0,0076	0,0078	0,0075	0,0067	0,0048	0,0013
a_{34}	-0,0517	-0,0544	-0,0575	-0,0608	-0,0645	-0,0678	-0,0702
a_{35}	0,0382	0,0351	0,0275	0,0179	0,0030	-0,0210	-0,0618
a_{44}	-0,1391	-0,1426	-0,1457	-0,1480	-0,1494	-0,1477	-0,1434
a_{45}	-5,2945	-5,3866	-5,4889	-5,5664	-5,6081	-5,5865	-5,4449
a_{55}	-7,2670	-7,4487	-7,7980	-8,4032	-9,4184	-11,0547	-13,6543

Таблица Б.4 – Коэффициенты для определения α_5 (к расчету по п. А.5)

a_0 (ТХ150/ТХ160/ТХ170)	a_1	a_2	b_1	b_2	b_3
0,28733/0,24404/0,22807	0,5258	-0,137	0,00047	0,000255	-1,7E-07

Таблица Б.5 – Коэффициенты для определения α_6 (к расчету по п. А.6)

φ , град	a_0 (ТХ150/ТХ160/ТХ170)	a_1	a_2	a_3	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{22}	a_{23}	a_{33}
2-5	0,0720/0,066/0,0562	0,3868	3,54465	1,0803	-0,105	-0,916	-0,152	-14,81	-5,255	-0,2333
6-10	0,0833/0,0745/0,0613	0,3442	3,76375	1,0533	-0,093	-0,988	0,115	-14,83	-5,496	-0,2081
11-15	0,0931/0,0851/0,0722	0,2887	4,06755	1,0160	-0,077	-1,095	0,067	-14,94	-5,805	-0,1726
16-20	0,1048/0,0976/0,0849	0,2226	4,45805	0,9682	-0,057	-1,236	0,008	-15,18	-6,167	-0,1281
21-25	0,1181/0,1121/0,0999	0,1431	4,96595	0,9048	-0,033	-1,427	0,063	-15,52	-6,610	-0,0701
26-30	0,1334/0,1283/0,1162	0,0480	5,67765	0,8201	-0,003	-1,702	0,153	-16,42	-7,130	0,0046
31-35	0,1510/0,1479/0,1359	-0,069	6,68225	0,6932	0,035	-2,124	0,270	-17,52	-7,820	0,1186

Таблица Б.6 – Значения условного модуля упругости армирующего слоя ($E_{арм}$)

«зернистый материал плюс георешетка» (к расчетам по п. А.3, А.6) и коэффициентов «а» (к расчетам по А.8).

Марка георешетки	$E_{арм}$, МПа	a
ТХ 150	1450	-
ТХ 160	1770	2,34
ТХ 170	1950	2,67
ТХ 180	-	2,88

Приложение В (рекомендуемое)

Пример расчета дорожной одежды, с применением георешеток серии ТХ

В.1 Исходные данные для расчета

1. Категория дороги – I;
2. Дорожно-климатическая зона – II, Республика Татарстан;
3. Расчетный срок службы дорожной одежды $T_{сл} = 18$ лет;
4. Заданная надежность $K_n = 0,98$;
5. Нагрузка на одиночную ось $F = 115$ кН, $P = 0,6$ МПа;
6. Интенсивность движения на конец срока службы $N_p = 1416$ авт/сут; приращение интенсивности движения $q = 1,03$;
7. Грунт рабочего слоя земляного полотна – песок пылеватый, $E_{гр} = 60$ МПа ($W/W_T = 0,80$), $c = 0,003$ МПа, $\varphi = 8^\circ$, $\varphi_{ст} = 33^\circ$;
8. Схема увлажнения рабочего слоя земляного полотна – 3;
9. Материалы искусственного основания: несущий слой – щебень изверженных пород фр.20-40 мм, М1000 I класса прочности по ГОСТ 8267-93*, дополнительный слой – песок средней крупности по ГОСТ 8736-93*.

В.2 Вычисляется суммарное количество приложения расчетных нагрузок за срок службы по формуле (3.7) [4]:

$$\sum N_p = 0,7 \cdot N_p \cdot \frac{K_c}{q^{(T_{сн}-1)}} \cdot T_{пдг} \cdot k_n = 0,7 \cdot 1416 \cdot \frac{23,41}{1,03^{17}} \cdot 135 \cdot 1,49 = 2824439 \text{ авт.}$$

где: $K_c = 23,41$; $T_{пдг} = 135$ дней; $k_n = 1,49$.

В.3 Требуемые коэффициенты прочности проектируемой дорожной одежды, соответствующие коэффициенту надежности 0,98 для дороги I категории:

- по допустимому упругому прогибу $K_{пр}^{тр} = 1,5$;
- по сдвигоустойчивости грунта и слабосвязных слоев $K_{пр}^{тр} = 1,1$;
- по усталостному разрушению монолитных материалов от растяжения при изгибе

$K_{пр}^{тр} = 1,1$.

В.4 Минимальный требуемый модуль упругости определяется по формуле (3.10) [4]:

$$E_{\min} = 98,65 \cdot [\lg(\sum N_p) - c] = 98,65 \cdot [\lg(2824439) - 3,20] = 320,70 \text{ МПа}$$

В.5 Предварительно назначается и сводится в таблицу В.1 следующая конструкция дорожной одежды: покрытие – 3 слоя асфальтобетона; верхний слой искусственного

основания – фракционированный гранитный щебень фракции 20-40 мм, укладываемый по методу заклинки; георешетка Tensar TriAx® TX160; нижний слой искусственного основания – песок средней крупности.

Т а б л и ц а В.1 – Конструкция дорожной одежды

Материал слоя	h, см	Модуль упругости E, МПа, при расчете:		Расчет монолитных слоев на растяжение при изгибе			
		по допустимому упругому прогибу	по сдвигоустойчивости	E, МПа	R ₀ , МПа	α	m
ЩМА-15 на БНД60/90 по ГОСТ31015-2002	5	3200	1800	4500	9,8	5,2	5,5
Горячий плотный крупнозернистый асфальтобетон марки I на БНД 60/90 по ГОСТ 9128-97	8	3200	1800	4500	9,8	5,2	5,5
Горячий пористый крупнозернистый асфальтобетон марки I на БНД 60/90 по ГОСТ 9128-97	9	2000	1200	2800	8	5,9	4,3
Щебень изверженных пород фр. 20-40 мм Георешетка Tensar TriAx® TX160	24	350	350	350	-	-	-
Песок средней крупности	58	120	120	120	-	-	-

В.6 Расчет по допускаемому упругому прогибу.

Расчет ведется послойно, начиная с подстилающего грунта.

Общий модуль упругости неармированной конструкции определяется по формуле (А.2) и составит:

$$E_{\text{общ}} = 429,75 \text{ МПа}$$

Армирование слоя щебня георешеткой TX160 увеличивает общий модуль упругости дорожной конструкции (п. А.2):

$$E_{\text{общ}}^{\text{арм}} = \alpha_1 \cdot E_{\text{общ}}$$

где α_1 – коэффициент усиления (увеличения общего модуля упругости дорожной конструкции), определяемый по формуле (А.3):

$$\alpha_1 = \left[0,3717 + 0,2774 \cdot \frac{0,22}{0,4} + 0,352 \cdot \frac{0,24}{0,4} - 0,000006833 \cdot 2709,09 + 0,00035 \cdot 350 + 0,000131 \cdot 104,62 \right]^{-1} = 1,124,$$

$$\text{где } E_n = \frac{3200 \cdot 0,05 + 3200 \cdot 0,08 + 2000 \cdot 0,09}{0,05 + 0,08 + 0,09} = 2709,09 \text{ МПа};$$

$$E_{осн} = 350 \text{ МПа};$$

$$E_{зр} = \frac{60}{1 - \frac{2}{3,1416} \left[1 - \left(\frac{60}{120} \right)^{\frac{4}{3}} \right] \cdot \text{arctg} \left[1,1 \cdot \left(\frac{120}{60} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \cdot \frac{0,58}{0,4}} = 104,62 \text{ МПа}$$

$a_0, a_1, a_2, b_1, b_2, b_3$ - коэффициенты уравнения, принимаемые по таблице Б.1.

Таким образом, общий модуль упругости дорожной конструкции, армированной георешеткой ТХ160, равен:

$$E_{общ}^{арм} = 1,124 \cdot 429,75 = 483,04 \text{ МПа}$$

Проверка выполнения условия прочности по упругому прогибу:

$$\frac{E_{общ}}{E_{мин}} = \frac{483,04}{320,70} \approx 1,51 > K_{пр}^{пр} = 1,5$$

Условие прочности выполнено.

В.7 Расчет конструкции по условию сдвигоустойчивости грунта.

Действующие в грунте активные напряжения сдвига вычисляются по формуле (3.13) [4]:

$$T = \bar{\tau} \cdot p$$

Для определения $\bar{\tau}$ предварительно назначенная дорожная конструкция приводится к двухслойной расчетной модели. В качестве ее нижнего слоя принимается грунт (песок пылеватый) со следующими характеристиками ($\sum N_p = 2824439$ авт.):

$$E_n = 60 \text{ МПа}; \varphi = 8^\circ; c = 0,003 \text{ МПа (табл. П 2.4 и П 2.5 [4]).}$$

Средневзвешанный модуль упругости верхнего слоя $E_v = 476,54$ МПа.

$$\text{По отношениям } \frac{E_v}{E_n} = \frac{476,54}{60} = 7,94 \text{ и } \frac{h_v}{D} = \frac{1,04}{0,4} = 2,61 \text{ и при } \varphi = 8^\circ \text{ с помощью}$$

номограммы рисунка 3.2 [4] находится единичное активное напряжение сдвига:

$$\bar{\tau} = 0,01262, \text{ тогда } T = 0,01262 \cdot 0,6 = 0,00757 \text{ МПа.}$$

Предельное активное напряжение сдвига $T_{пр}$ в грунте рабочего слоя по п. 3.35 [4]:

$$T_{пр} = 1,0 \cdot (0,003 + 0,1 \cdot 0,00207 \cdot 104 \cdot \text{tg} 33^\circ) = 0,01702 \text{ МПа}$$

Проверка выполнения условия прочности по сдвигоустойчивости грунта:

$$\frac{T_{пр}}{T} = \frac{0,01702}{0,00757} \approx 2,25 > K_{пр}^{пр} = 1,1$$

Условие прочности выполнено.

В.8 Расчет конструкции по условию сдвигоустойчивости в слое песка

Действующие в слое песка активные напряжения сдвига вычисляются по формуле (3.13) [4]. Для определения $\bar{\tau}$ предварительно назначенная дорожная конструкция приводится к двухслойной расчетной модели.

Нижнему слою модели присваиваются следующие характеристики:

$$E_{\text{общ}}^{\text{пес}} = 104,62 \text{ МПа}, \varphi = 27^\circ; c = 0,002 \text{ МПа}.$$

Средневзвешанный модуль упругости верхнего слоя $E_\epsilon = 926,09 \text{ МПа}$.

$$\text{По отношениям } \frac{E_\epsilon}{E_n} = \frac{926,09}{104,62} = 8,85 \text{ и } \frac{h_\epsilon}{D} = \frac{0,46}{0,4} = 1,15 \text{ и при } \varphi = 27^\circ \text{ с помощью}$$

номограммы рисунка 3.2 [4] находится единичное активное напряжение сдвига:

$$\bar{\tau} = 0,02663, \text{ тогда } T = 0,02663 \cdot 0,6 = 0,01598 \text{ МПа}.$$

При армировании слоя щебня георешеткой ГХ160 при динамическом воздействии нагрузки величина активных напряжений сдвига в слое песка уменьшится в α_3 раз.

α_3 - коэффициент усиления (коэффициент снижения активных напряжений сдвига), определяемый по формуле (А.5):

$$\begin{aligned} \alpha_3 = & (0,1314 + 0,2010 \frac{0,22}{0,4} - 0,0742 \frac{0,24}{0,4} + 0,0270 \frac{270909}{1770} + 0,9433 \frac{350}{1770} + 4,3842 \frac{10462}{1770} - 0,0390 \left(\frac{0,22}{0,4} \right)^2 - 0,1447 \frac{0,22 \cdot 0,24}{0,4 \cdot 0,4} + 0,0831 \frac{0,22 \cdot 270909}{0,4 \cdot 1770} - \\ & - 0,1069 \frac{0,22 \cdot 350}{0,4 \cdot 1770} - 0,3888 \frac{0,22 \cdot 10462}{0,4 \cdot 1770} + 0,0926 \left(\frac{0,24}{0,4} \right)^2 - 0,0385 \frac{0,24 \cdot 270909}{0,4 \cdot 1770} + 0,2112 \frac{0,24 \cdot 350}{0,4 \cdot 1770} - 0,8142 \frac{0,24 \cdot 10462}{0,4 \cdot 1770} + \\ & + 0,0048 \left(\frac{270909}{1770} \right)^2 - 0,0678 \frac{270909 \cdot 350}{1770 \cdot 1770} - 0,0210 \frac{270909 \cdot 10462}{1770 \cdot 1770} - 0,1477 \left(\frac{350}{1770} \right)^2 - 5,5865 \frac{350 \cdot 10462}{1770 \cdot 1770} - 11,0547 \left(\frac{10462}{1770} \right)^2)^{-1} = 1,83986 \end{aligned}$$

Тогда единичное активное напряжение сдвига:

$$T_{\text{арм}} = \frac{T}{\alpha_3} = \frac{0,01598}{1,83986} = 0,00869 \text{ МПа}.$$

Предельное активное напряжение сдвига T_{np} в слое песка по п. 3.35 [4]:

$$T_{np} = 2,0 \cdot (0,002 + 0,1 \cdot 0,0021 \cdot 46 \cdot \text{tg} 27^\circ) = 0,01648 \text{ МПа}.$$

Проверка выполнения условия прочности по сдвигоустойчивости слоя песка:

$$\frac{T_{np}}{T} = \frac{0,01648}{0,00869} \approx 1,89 > K_{np}^{\text{тр}} = 1,1$$

Условие прочности выполнено.

В.9 Расчет армированной конструкции на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе.

Расчет выполняется в следующем порядке:

а) Конструкция приводится к двухслойной модели, в которой нижний слой – часть конструкции, расположенная ниже пакета асфальтобетонных слоев, т.е. слои основания и грунт рабочего слоя. Модуль нижнего слоя определяется как общий модуль слоев основания и грунта рабочего слоя.

Общий модуль упругости нижнего слоя $E_{\text{общ.арм.}} = \alpha_2 \cdot E_{\text{общ.}}$

где $E_{\text{общ.}}$ - модуль упругости нижнего слоя без учета эффекта армирования несущего слоя основания георешеткой.

$$E_{\text{общ.}} = 173,75 \text{ МПа.}$$

α_2 - коэффициент усиления (коэффициент увеличения общего модуля упругости основания армированной дорожной конструкции), определяемый по формуле (А.9):

$$\alpha_2 = \left[0,3574 + 0,2373 \frac{0,22}{0,4} + 0,2864 \frac{0,24}{0,4} - 7,222 \cdot 10^{-7} \cdot 2709,09 + 3,41 \cdot 10^{-4} \cdot 350 - 2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 104,62 \right]^{-1} = 1,287,$$

где $E_n = \frac{3200 \cdot 0,05 + 3200 \cdot 0,08 + 2000 \cdot 0,09}{0,05 + 0,08 + 0,09} = 2709,09 \text{ МПа};$

$$E_{\text{осн}} = 350 \text{ МПа};$$

$$E_{\text{зр}} = \frac{60}{1 - \frac{2}{3,1416} \left[1 - \left(\frac{60}{120} \right)^{\frac{4}{3}} \right] \cdot \arctg \left[1,1 \cdot \left(\frac{120}{60} \right)^{\frac{1}{3}} \right] \cdot \frac{0,58}{0,4}} = 104,62 \text{ МПа}$$

$a_0, a_1, a_2, b_1, b_2, b_3$ - коэффициенты уравнения, принимаемые по таблице Б.2.

Таким образом, общий модуль упругости основания армированной дорожной конструкции равен:

$$E_{\text{общ.арм.}} = 1,287 \cdot 173,75 = 223,61 \text{ МПа.}$$

К верхнему слою относятся все асфальтобетонные слои.

Модуль упругости верхнего слоя $E_1 = 3804,55 \text{ МПа.}$

б) По отношениям $\frac{E_1}{E_{\text{общ}}} = \frac{3804,55}{223,61} = 17,01$ и $\frac{h_1}{D} = \frac{0,22}{0,4} = 0,55$ определяется $\bar{\sigma}_r =$

1,408.

Расчетное растягивающее напряжение вычисляется по формуле (3.16) [4]:

$$\sigma_r = \bar{\sigma}_r \cdot p \cdot k_8 = 1,408 \cdot 0,6 \cdot 0,85 = 0,718 \text{ МПа.}$$

в) Рассчитывается предельное растягивающее напряжение по формуле (3.17) [4]:

при $R_0 = 8,0 \text{ МПа}; v_R = 0,1; t = 2,19; \alpha = 5,9; m = 4,3;$

$$k_1 = \frac{\alpha}{\left(\sum N_p \right)^{\frac{1}{m}}} = \frac{5,9}{2824439^{\frac{1}{4,3}}} \approx 0,186$$

$k_2 = 0,8$ (таблица 3.6 [4]);

$$R_N = 8,0 \cdot 0,186 \cdot 0,8 \cdot (1 - 0,1 \cdot 2,19) \approx 0,932 \text{ МПа.}$$

Проверка выполнения условия прочности по сопротивлению монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе:

$$\frac{R_N}{\sigma_r} = \frac{0,932}{0,718} = 1,3 > K_{np}^{тр} = 1,1.$$

Условие прочности выполнено.

Библиография

- | | |
|---|---|
| [1] Санитарно-эпидемиологические правила СП 2.2.2.1327-03 | Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту. Санитарно-эпидемиологические правила |
| [2] Гигиенические нормативы ГН 2.2.5.1313-03 | Химические факторы производственной среды. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны |
| [3] Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПин 2.1.7.1322-03 | Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления |
| [4] ОДН 218.046-01 | Проектирование нежестких дорожных одежд |

ОКС 59.080.70

ОКП 57 7200

Ключевые слова: георешеткигексагональные, классификация, технические требования, упаковка, маркировка, приемка, методы контроля, транспортирование и хранение, условия эксплуатации

Руководитель организации-разработчика
ООО «Тенсар Инновэйтив Солюшнз»
Генеральный директор

