

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ  
«РОССИЙСКИЕ  
АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ»  
(ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ  
«АВТОДОР»)

Страстной б-р, д. 9, Москва, 127006  
тел.: +7 495 727 11 95, факс: +7 495 784 68 04  
<http://www.russianhighways.ru>,  
e-mail: [info@russianhighways.ru](mailto:info@russianhighways.ru)

05.10.2017 № 11664-ТТТ  
На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Директору региона ЦФО  
ООО «Тенсар Инновэйтив Солюшнз»

М.Л. Астахову

197198, г. Санкт-Петербург,  
ул. Введенская, д. 21

Уважаемый Михаил Леонидович!

Рассмотрев материалы, представленные Вашим письмом от 25.08.2017 № 08-18/17, продлеваем согласование стандарта организации ООО «Тенсар Инновэйтив Солюшнз» СТО 09686559-003-2015 «Георешетки пластмассовые экструдированные одноосноориентированные Tensar серии RE500. Технические условия» (далее – СТО) для добровольного применения на объектах Государственной компании сроком на один год с даты настоящего согласования.

По истечении указанного срока в наш адрес необходимо направить аналитический отчет с результатами мониторинга и оценкой применения материала в соответствии с требованиями СТО на объектах Государственной компании и прочих объектах.

Контактное лицо: заместитель директора Департамента проектирования, технической политики и инновационных технологий Ильин Сергей Владимирович, тел. (495) 727-11-95, доб. 33-07, e-mail: [S.Ilyn@russianhighways.ru](mailto:S.Ilyn@russianhighways.ru).

Заместитель председателя правления  
по технической политике



И.Ю. Зубарев

---

**Общество с ограниченной ответственностью  
«Тенсар Инновэйтив Солюшнз»**

---

**ООО «Тенсар  
Инновэйтив  
Солюшнз»**

**СТАНДАРТ  
ОРГАНИЗАЦИИ**

**СТО 09686559-  
003-2015**

---

**УТВЕРЖДАЮ**

Генеральный директор  
ООО «Тенсар  
Инновэйтив Солюшнз»  
М.А. Соловьев  
\_\_\_\_\_ 2015 г.



**ГЕОРЕШЕТКИ ПЛАСТМАССОВЫЕ ЭКСТРУДИРОВАННЫЕ  
ОДНООСНООРИЕНТИРОВАННЫЕ TENSAR СЕРИИ RE500**

**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 Генеральным директором ООО «Тенсар Инновэйтив Солюшнз» приказ № 1-12С от 01.12.15г.

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

5 СОГЛАСОВАН письмом \_\_\_\_\_

*Информация об изменениях к настоящему стандарту размещается на официальном сайте ООО «Тенсар Инновэйтив Солюшнз» [www.tensar.ru](http://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 .....	4
5.1 Общие положения.....	4
5.2 Основные показатели и характеристики.....	4
5.3 Требования к сырью .....	5
5.4 Маркировка .....	7
5.5 Упаковка.....	8
6 Требования безопасности и охраны окружающей среды.....	9
7 Правила приемки .....	10
8 Методы контроля.....	12
9 Транспортирование и хранение .....	14
10 Указания по применению .....	15
11 Гарантии изготовителя.....	16
Приложение А (рекомендуемое) Методика расчета конструкций армонасыпей с применением георешеток серии RE500 .....	17
Приложение Б (рекомендуемое) Пример расчета армогрунтовой насыпи, с применением георешеток серии RE500.....	28
Библиография.....	36



# С Т А Н Д А Р Т   О Р Г А Н И З А Ц И И

---

## Георешетки пластмассовые экструдированные одноосноориентированные Tensar серии RE500 Технические условия

---

Дата введения – 2015 – 12 – 01

### **1 Область применения**

Настоящий стандарт распространяется на георешетки пластмассовые экструдированные одноосноориентированные Tensar (далее по тексту – георешетки), предназначенные для армирования грунта подпорных стен, устоев мостов, основания и откосов насыпей, восстановления оползневых склонов.

Георешетки представляют собой одноосноориентированные высокопрочные полимерные структуры, имеющие заданную прочность в направлении ориентации и изготовленные из полиэтилена высокой плотности (ПЭВП).

### **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 15.009-91 Система разработки и постановки продукции на производство. Непродовольственные товары народного потребления

ГОСТ 427-75 Линейки измерительные металлические. Технические условия

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 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

ГОСТ Р 56339-2015 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Метод определения ползучести при растяжении и разрыва при ползучести

ПНСТ 132-2016 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Методика определения устойчивости геосинтетических материалов к микробиологическому воздействию

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.



## **4 Классификация, условные обозначения**

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

- Tensar RE510;
- Tensar RE520;
- Tensar RE540;
- Tensar RE560;
- Tensar RE570;
- Tensar RE580.

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 Tensar марки RE520 с длиной полотна в рулоне 75 м, шириной полотна в рулоне 1,3 м:

Георешетка                                  пластмассовая                                  экструдированная  
одноосноориентированная Tensar RE520 – 75x1,3, СТО 09686559-003-2015.

## **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 по ГОСТ 15.009 (приложение 2), утвержденному в установленном порядке. Цвет георешеток — черный.



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

5.2.3 Общая схема георешетки приведена на рисунке 1. Геометрические характеристики георешеток должны соответствовать следующим параметрам:

- просвет ячейки по вертикали ( $218 \pm 10$ ) мм.

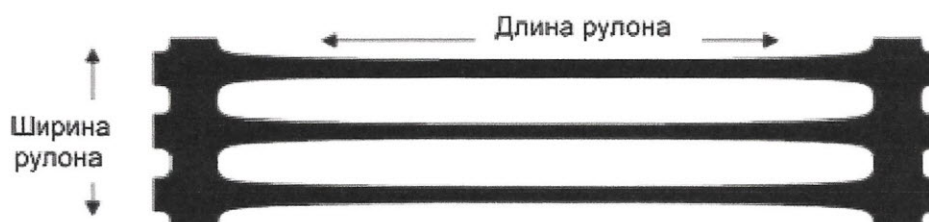


Рисунок 1 – Общая схема георешетки Tensar серии RE500

5.2.4 Размер стандартных рулонов составляет:

- для марок RE510, RE520 – 75x1,3 м;
- для марок RE540, RE560, RE570, RE580 – 50x1,3 м.

Указанная величина по длине является минимальной. Допуск по ширине +3%.

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.

### 5.3 Требования к сырью

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

5.3.2 Георешетки изготавливают из полиэтилена высокой плотности (ПЭВП) с добавлением углерода технического не менее 2 % (либо – Георешетки изготавливают из полиэтилена высокой плотности (ПЭВП), в

состав которого входит углерод технический не менее 2 %). При этом допускается добавление собственных отходов производства одной и той же марки первичного полимера, используемой при изготовлении продукта.

Таблица 1 – Физико-механические показатели георешеток.

Наименование показателя	Норма					
	RE510	RE520	RE540	RE560	RE570	RE580
Поверхностная плотность, не менее г/м <sup>2</sup>	270	330	430	580	790	910
Относительное удлинение в продольном направлении при максимальной нагрузке %, не более	11±3					
Нагрузка при 5 % удлинении, кН/м, не менее	18	20	30	40	50	55
Нагрузка при 2 % удлинении, кН/м, не менее	8	10	15	20	25	30
Прочность при растяжении в продольном направлении кН/м, не менее	40,0	52,8	64,5	88,7	118,4	137,3
Гибкость при отрицательной температуре, минус 40 °С	изгиб в продольном направлении на брус радиусом 50 мм без визуально наблюдаемого разрушения					
Грибостойкость	не более ПГ <sub>123</sub>					
Устойчивость к микроорганизмам, % не менее	90					
Устойчивость к агрессивным средам, %, не менее	90					

*Продолжение таблицы 1*

Устойчивость к ультрафиолетовому излучению, %, не менее	90					
Устойчивость к многократному замораживанию и оттаиванию, %, не менее	90					
Уровень нагрузки разрыва при ползучести при растяжении, в % не менее	50					
Устойчивость к циклическим нагрузкам, %, не менее	70	75	80	80	80	80

5.3.3 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 на 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;
- условное обозначение георешетки;
- масса брутто рулона;
- поверхностная плотность;
- 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 скрепляются скотчем по окружности с двух сторон.

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 [1].

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

6.6 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.

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

6.8 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 [3] и [4].

6.9 При изготовлении георешетки технологические сточные воды не образуются.

6.10 С целью защиты окружающей среды от негативного воздействия отходов производства, обращение с отходами на предприятии осуществляется в соответствии с требованиями [3], а также [5].

## 7 Правила приемки

7.1 Георешетки предъявляют к приемке партиями. Приемку продукции осуществляет сотрудник отдела качества. К партии относят количество рулонов георешетки одной марки, изготовленных на одной линии, из сырья одной марки и партии, по одной и той же технологической инструкции в объеме не более суточной выработки.

7.2 Качество георешеток проверяют по всем показателям, установленным в настоящем стандарте, путем проведения приемо-сдаточных, периодических и типовых испытаний.

7.2.1 Объем приемо-сдаточных, периодических и типовых испытаний для георешетки приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Объем приемо-сдаточных, периодических и типовых испытаний

Наименование показателя	Приемо-сдаточные	Периодические	Типовые
1 Внешний вид	+	+	+
2 Геометрические параметры	+	+	+
3 Размер рулона и качество намотки	+	+	+
4 Прочность при растяжении	+	+	+
5 Относительное удлинение при максимальной нагрузке	+	+	+
6 Нагрузка при 5 % удлинении	+	+	+
7 Нагрузка при 2 % удлинении	+	+	+
8 Содержание технического углерода в экструдированном листе	-	+	+
9 Гибкость при отрицательной температуре	-	+	+
10 Грибостойкость	-	-	+
11 Устойчивость к микроорганизмам	-	-	+

*Продолжение таблицы 2*

12 Устойчивость к агрессивным средам	-	-	+
13 Устойчивость к ультрафиолетовому излучению	-	-	+
14 Устойчивость к многократному замораживанию и оттаиванию	-	+	+
15 Ползучесть	-	-	+
16 Просвет ячейки по вертикали	+	+	+
17 Устойчивость к циклическим нагрузкам	-	+	+
18 Поверхностная плотность	+	+	+

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.

7.5 Для проведения испытаний от каждого отобранного рулона отрезают 2 м погонных по длине рулона георешетки. Разрезы полотна георешетки по длине и ширине проводят точно по серединам сторон ячеек. Индивидуальные образцы вырезают, отступив не менее четырех ребер от края полотна.

7.6 Если проверяемая георешетка хотя бы по одному показателю не удовлетворяет 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 (в объеме типовых испытаний) для разбраковки.

7.9 Периодические испытания проводят для периодического подтверждения качества продукции и стабильности технологического процесса не реже одного раза в год.



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

7.11 По окончании всех приемо-сдаточных испытаний уполномоченный сотрудник отдела контроля качества принимает решение о пригодности партии и оформляет паспорт качества.

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

- наименование и адрес предприятия-изготовителя;
- условное обозначение георешетки;
- номер партии и дату изготовления;
- результаты испытаний;
- условия и сроки хранения;
- обозначение настоящего стандарта;
- штамп и подпись лиц, ответственных 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 освещённости 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 просвета ячеек по вертикали определяют по ГОСТ 26433.1.

8.3 Поверхностную плотность георешетки определяют по ГОСТ Р 50277.

8.4 Прочность при растяжении, относительное удлинение при максимальной нагрузке и нагрузку при 2 % и 5 % определяют по ГОСТ Р 55030 минимум на шести образцах.

Прочность при растяжении и относительное удлинение при максимальной нагрузке определяют по ГОСТ Р 55030 со следующими дополнениями:

- образец должен иметь три поперечных элемента узловых соединений;
- в захваты машины устанавливают крайние поперечные элементы;
- прочность материала образца при растяжении, отнесенная к 1 м погонному георешетки ( $N_M$ ) в кН/м вычисляют по формуле (1):

$$N_M = \frac{N * 60}{a * b} * 1000, \quad (1)$$

где  $N$  – максимальная нагрузка при разрыве образца, кН;

$a$  – количество ребер в образце, подвергнутых испытанию;

$b$  – фактическая ширина полотна георешетки, мм;

60 – количество ребер, приходящихся на всю ширину полотна размером (1,30±0,04) м.

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.

8.5 Грибостойкость определяют по ГОСТ 9.049.

8.6 Устойчивость к воздействию микроорганизмов определяют по ПНСТ 132.

8.7 Устойчивость к действию ультрафиолетового излучения определяют по ГОСТ Р 55031.

8.8 Устойчивость к многократному замораживанию и оттаиванию определяют по ГОСТ Р 55032.

8.9 Гибкость при отрицательных температурах определяют по ГОСТ Р 55033.

8.10 Устойчивость к циклическим нагрузкам определяют по ГОСТ Р 56336.

8.11 Устойчивость к агрессивным средам определяют по ГОСТ Р 55035.

8.12 Нагрузка разрыва при ползучести при растяжении в % от прочности при растяжении определяется по ГОСТ Р 56339 в течении 1000 ч.

## **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 под навесом или в помещении в условиях хранения 5 (ОЖ4) по ГОСТ 15150, допускается хранение на открытых площадках в условиях хранения 8 (ОЖ3) по ГОСТ 15150. Условия хранения должны исключать механические или химические воздействия.

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

## **10 Указания по применению**

### **10.1 Расчет конструкций**

Расчет конструкции армонасыпей с применением георешеток осуществляется в соответствии с приложением А.

Пример расчета конструкции армонасыпи приведен в приложении Б.

### **10.2 Укладка георешеток**

Укладку георешеток проводят следующим образом: уложить георешетку на проектный уровень, перпендикулярно бровке земляного полотна или лицевой грани сооружения. Смежные решетки должны быть уложены в одном уровне и встык, без нахлеста (кроме участков в кривых) или с расстоянием между полотнами в соответствии с расположением стартеров в облицовочных элементах (с учетом % покрытой площади в расчете). Сопряжение облицовкой и соединение по длине осуществляется с помощью закладных деталей.

10.3 Срок службы георешетки соответствует сроку службы сооружения/конструкции. Предполагаемый срок службы георешеток в естественном грунте при рН от 2 до 12,5 составляет до 120 лет при условии соблюдения всех требований настоящего стандарта.

10.4 Укладка георешеток на объекте возможна при температуре окружающей среды до минус 40 °С.

## **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).

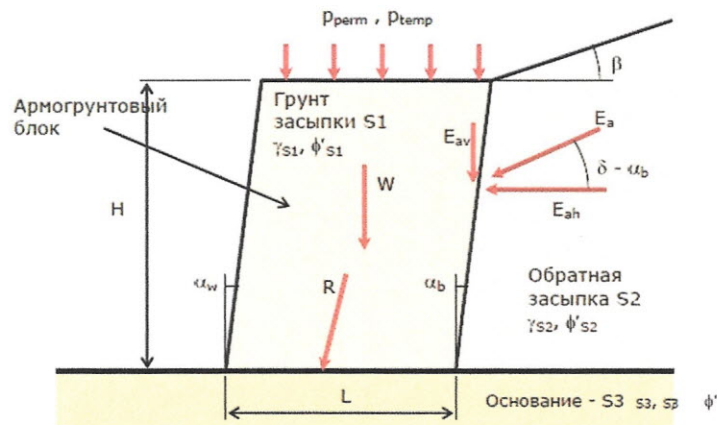


## Приложение А (рекомендуемое)

### Методика расчета конструкций армонасыпей с применением георешеток серии RE500

#### А.1 Общие принципы.

В данном методе расчета нет никакого ограничения для угла наклона лицевой грани ( $\alpha_w$ ) конструкции, но угол задней грани ( $\alpha_b$ ) не должен превышать  $20^\circ$  от вертикали. Основные силы, действующие на конструкцию, и геометрические размеры показаны на рисунке А.1.



$\alpha_b$	– угол наклона задней грани армогрунтового блока к вертикали;
$\alpha_w$	– угол наклона лицевой грани армогрунтового блока к вертикали;
$c'_{s3}$	– расчетное значение общего сцепление грунта в условиях фактического напряженного состояния для грунта основания;
$L$	– длина основания армогрунтового блока;
$H$	– высота армогрунтового блока;
$\beta$	– крутизна верхней части откоса;
$P_{perm}$	– расчетная постоянная дополнительная нагрузка;
$P_{tem}$	– расчетная временная дополнительная нагрузка;
$R$	– результирующая сила на грунт основания;
$\varphi_{s1 s2 s3}$	– расчетное значение угла внутреннего трения грунта засыпки, обратной засыпки и основания соответственно;
$W$	– вес армогрунтового блока;
$E_a$	– результирующая активная сила;
$E_{ah}$	– горизонтальная составляющая активной силы;
$E_{av}$	– вертикальная составляющая активной силы;
$\gamma_{s1 s2 s3}$	– расчетное значение удельного веса грунта засыпки, обратной засыпки и основания соответственно.

Рисунок А.1 - Расчетная схема армонасыпи

Вследствие относительно больших напряжений, возникающих в конструкциях из армированного грунта, величины критического состояния или постоянного объема используются для прочностных характеристик грунта (т.е.  $\phi_{cv}$ ,  $c'_{cv}$ ). Эффективное сцепление

армированной засыпки обычно принимают равным нулю, но допускается максимальная величина, равная 5 кПа.

Расчетная прочность решеток по первой группе предельных состояний основана на формуле (А.1):

$$\text{Допустимая нагрузка} = T_d = \frac{T}{1.931 \cdot f_{m1} \cdot f_{m2}} \cdot \frac{1}{\gamma} \quad (\text{А.1})$$

где  $T$  – нормативная прочность геосинтетического материала;

$f_{m1}$  – частный коэффициент повреждения при монтаже при заданной максимальной крупности частиц грунта засыпки;

$f_{m2}$  – частный коэффициент деградации под воздействием окружающей среды (УФ, химические соединения, микробиологическое воздействие, замораживание-оттаивание);

$\gamma$  – коэффициент надежности по прочности георешетки = 1,25 при расчете в соответствии с [6] и 1,5 при расчете в соответствии [7].

В таблице А.1 показаны соответствующие частные коэффициенты для георешеток Tensar RE500, которые также могут быть назначены в соответствии с данными повреждаемости при пробной укладке или результатами дополнительных испытаний.

Т а б л и ц а А . 1 – Частные коэффициенты для георешеток Тенсар RE500

Георешетка	fm1		fm2	$\gamma$
	фр. 0-5	фр. 40-70		
RE510	1,18	1,30	1,1	1,25 – 1,50
RE520	1,07	1,25	1,1	1,25 – 1,50
RE540	1,07	1,20	1,1	1,25 – 1,50
RE560	1,07	1,15	1,1	1,25 – 1,50
RE570	1,07	1,12	1,1	1,25 – 1,50
RE580	1,00	1,06	1,1	1,25 – 1,50

Коэффициент 1,931– приведения кратковременной прочности к долговременной прочности на срок службы 120 лет при расчетной температуре +10°C, при расчетной температуре +20°C данный коэффициент принимается равным 2,10.

#### А.2 Расчет внешней устойчивости.

Различные силы, действующие на блок из армированного грунта, показаны на рисунке А.1.

Внешнее давление на блок из армированного грунта рассчитывается с помощью уравнения Кулона с углом трения по стенке ( $\delta$ ), равным 2/3 от угла трения засыпного материала.

Горизонтальная составляющая активной силы ( $E_{ah}$ ) дается в уравнении (А.2):

$$E_{ah} = E_{agh} + E_{aph} = (0,5 \cdot K_{ah} \cdot g_b \cdot H^2) + (K_{ah} \cdot P \cdot H) \quad (\text{А.2})$$

где

$$K_{ah} = \frac{\cos^2(\phi'_b + \alpha_b)}{\cos^2 \alpha_b \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi'_b + \delta) \sin(\phi'_b - \beta)}{\cos(\alpha_b - \delta) \cos(\alpha_b + \beta)}} \right]^2} \quad (\text{A.3})$$

$E_{ah}$  – дополнительная нагрузка (временная и постоянная) позади блока из армированного грунта;

$E_{agh}$  – горизонтальная составляющая активной силы от грунта;

$E_{aph}$  – горизонтальная составляющая активной силы от дополнительной нагрузки позади блока из армированного грунта.

Вертикальная составляющая активной силы ( $E_{av}$ ) дается в уравнении (A.4):

$$E_{av} = E_{ah} \cdot \tan(\delta_u - \alpha_b) \quad (\text{A.4})$$

При этом надлежит проверить устойчивость ряда клиньев, идущих от задней части армогрунтового блока, а путем разложения различных сил, действующих на клин, определяется максимум равновесной силы, соответствующей активному давлению грунта.

#### А. 2.1 Проверка на сдвиг.

Коэффициент безопасности по отношению к разрушению вследствие сдвига дает уравнение (A.5):

$$FoS = \frac{\text{сила сопротивления}}{\text{сила скольжения}} = \frac{\mu(W + E_{av}) + f_s c' L}{E_{ah}} \quad (\text{A.5})$$

где  $\mu$  - коэффициент трения, равный  $f_s \cdot \tan \theta$ ;

$f_s$ - коэффициент взаимодействия при сдвиге по поверхности решетки.

Сила сопротивления рассчитывается дважды с использованием характеристик грунта (как для насыпного грунта стенки, так и для грунта основания). Меньшая из этих двух сил используется в уравнении (A.5).

$f_s$  принимают равным 1, если нет решетки в пределах 10 мм от основания конструкции.

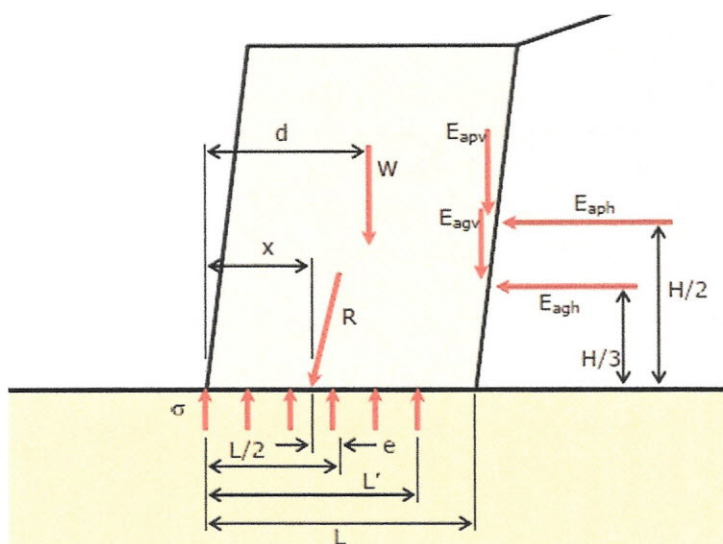
Минимальный коэффициент надежности (безопасности) относительно сдвига равен 1,5.

#### А.2.2 Проверка несущей способности.

Этот метод имеет преимущество в том, что учитывает наклон  $R$ , в том числе, коэффициенты наклона в стандартных уравнениях Терцаги.

На рисунке.А.2 показано распределение сил при расчетах несущей способности. Считают, что давление, оказываемое конструкцией, действует по эффективной длине основания  $L'$  от  $L-2e$ , где эксцентricность положительная, т.е. распределение давления по Мейергофу. Однако, если эксцентricность (эксцентриситет) отрицательная, то допускается равномерное давление по всему основанию.





$E_{agv}$  – вертикальная составляющая активной силы, действующей от грунта;

$E_{apv}$  – вертикальная составляющая активной силы от дополнительной нагрузки позади блока из армированного грунта.

Рисунок А.2 - Расчетная схема для определения несущей способности основания

Опрокидывающий момент (около подошвы) силы вследствие бокового давления грунта в задней части блока из армированного грунта дается в уравнении (А.6):

$$OTM = \left[ E_{agh} \cdot \frac{H}{3} \right] + \left[ E_{aph} \cdot \frac{H}{2} \right] - E_{agv} \left[ L + \frac{H}{3} \tan \alpha_b \right] - E_{apv} \left[ L + \frac{h}{2} \tan \alpha_b \right] \quad (A.6)$$

Если насыпной грунт имеет эффективное сцепление, то уравнение (А.6) должно быть модифицировано, чтобы включить дополнительный комплект горизонтальной и вертикальной составляющих. Самым неблагоприятным моментом для несущей способности будет полная нагрузка с дополнительной нагрузкой на блок из армированного грунта (т.е.  $P_{perm} + P_{temp}$ ), и тогда плечо рычага « $x$ » результирующей силы дает уравнение (А.7), а эксцентриситет ( $e$ ) результирующей силы – уравнение (А.8):

$$x = \frac{Wd + \left[ P_{perm} + P_{temp} \right] \left[ H \tan \alpha_w + \frac{L}{2} \right] \cdot L - OTM}{W + \left[ P_{perm} + P_{temp} \right] L + E_{agv} + E_{apv}} \quad (A.7)$$

$$e = \frac{L}{2} - x \quad (A.8)$$

Следует выполнить проверку для того, чтобы убедиться, что результирующая сила действует в пределах средней трети длины  $L$  основания.

Предельное опорное давление дается на основе модифицированного уравнения Терцаги по формуле (А.9):

$$\sigma_f = c' N_c x_c + \gamma L N_b x_b \quad (A.9)$$

где  $x_b$  определяется по формуле (А.10),  $x_c$  определяется по формуле (А.11):

$$x_b = \left[ 1 - \frac{h_b}{V_b + \frac{L' \cdot c'}{\tan \phi'}} \right]^3 \quad (\text{A.10})$$

$$x_c = x_d - \frac{1 - x_d}{N_d - 1} \quad (\text{A.11})$$

где  $x_d$  определяется по формуле (A.12):

$$x_d = \left[ 1 - \frac{0,7h_b}{V_b + \frac{L' \cdot c'}{\tan \phi'}} \right]^3 \quad (\text{A.12})$$

где  $h_b$  – горизонтальная разрушающая нагрузка, равная  $2 \cdot E_{ah}$ ;

$V_b$  – вертикальная разрушающая нагрузка, равная  $2(W+P+E_{av})$ ;

$N_c, N_b$  – коэффициенты несущей способности Терцаги;

$P$  – дополнительная нагрузка на верхней части армогрунтового блока;

$W$  – вес армогрунтового блока.

Тогда коэффициент безопасности по отношению к несущей способности определяется уравнением (A.13):

$$FoS = \frac{\sigma_f \cdot L'}{\text{приложенная нагрузка}} \quad (\text{A.13})$$

Требуется минимальный коэффициент безопасности 2,0 по отношению к нарушению несущей способности.

Кроме описанной выше проверки, надлежит проверять также распределение дополнительной нагрузки, которое вызывает максимальный момент опрокидывания. Для армонасыпей с наклонными сторонами этот случай может быть критическим вследствие сокращения эффективной длины основания конструкции. На рисунке А.3 показано распределение нагрузок на случай с максимальным моментом опрокидывания.

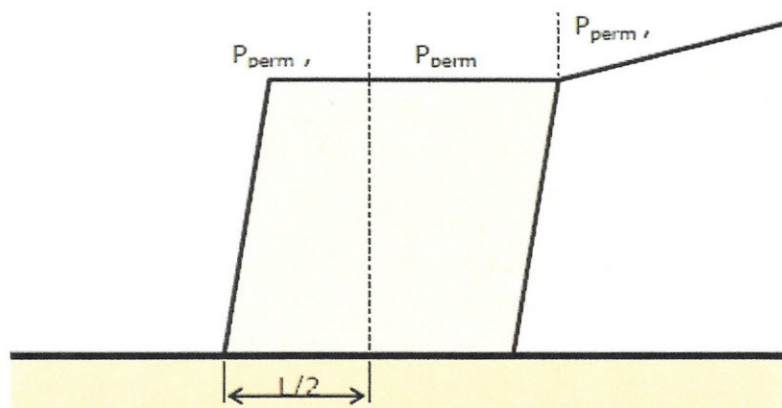


Рисунок А.3 - Распределение нагрузок с максимальным опрокидывающим моментом

### А.3 Расчет внутренней устойчивости.

#### А.3.1 Проверка клиньев.

Чтобы определить внутреннюю устойчивость конструкции, ее исследуют на основе равновесия ряда клиньев. Клинья возникают на лицевой грани и проходят через заднюю часть армогрунтового блока (рисунок А.4).

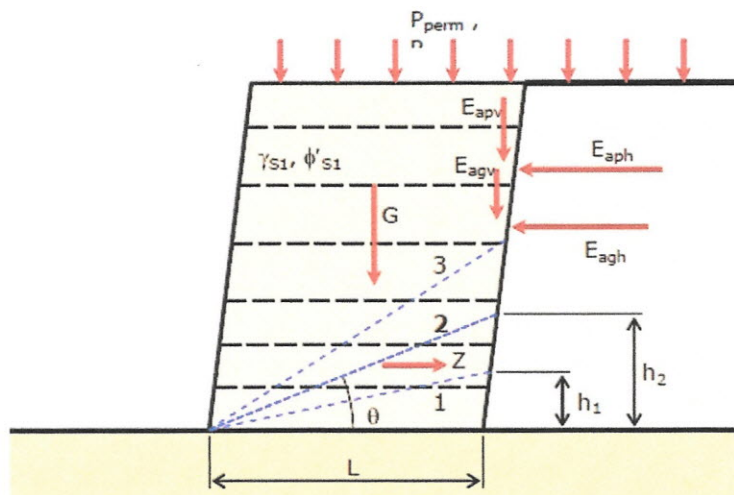


Рисунок А.4 - Расчетная схема для проверки внутренней устойчивости

Активное давление над точкой, где нижний клин пересекает заднюю часть блока, добавляется к возмущающей силе от воздействия массы блока и внешних нагрузок, которые создают общую возмущающую силу. Для расчета внутренней устойчивости величина  $\delta$  берется равной  $\phi'_b$ .

Поэтому возмущающая сила на любом клине определяется уравнением (А.14):

$$Z = (G + P_{perm} + P_{temp} + E_{agv} + E_{agh}) \tan(\beta - \phi'_w) + E_{agh} + E_{aph} - cL \quad (\text{А.14})$$

где  $G$  – вес блока из армированного грунта.

Арматура вставляется для того, чтобы прервать каждый клин, где  $Z$  больше нуля.

Нагрузка для каждого слоя арматуры сзади клина должна быть проверена.

Допустимую силу анкеровки ( $T_{ai}$ ) в решетке  $i^{th}$  дает уравнение (А.15):

$$T_{ai} = \frac{2L_{ip} f_p \tan \phi'_w (\gamma_w h_i + P_{perm})}{FoS} \quad (\text{А.15})$$

где  $FoS = 2,0$ ;

$L_{ip}$  – длина заделки георешетки за пересечением с клином;

$f_p$  – коэффициент взаимодействия в системе арматура-грунт (выдергивание армоэлемента из грунта);

$h_i$  – высота до поверхности над решеткой  $i$ .



Если  $T_{ai}$  превышает расчетную прочность решетки, то эта расчетная прочность, а не сила анкерки является максимальной удерживающей силой, которая может быть включена в расчеты.

Проверка внутренней устойчивости предпринимается в основании конструкции, на нижнем уровне решетки и там, где имеется изменение либо расположения, либо типа арматуры. Проверки проводятся также наверху внешних стоячих или подземных вод. Отдельные клинья из двух частей на любом уровне анализируются с интервалами в  $3^\circ$ , и в каждом случае сравнивается возмущающая сила ( $Z$ ) с удерживающей силой  $R$ , которую обеспечивает арматура. Для внутренней устойчивости, которая должна быть обеспечена,  $R$  должно быть больше  $Z$ .

### А.3.2 Проверка на внутренний сдвиг.

Надлежит проверить внутренний сдвиг по георешеткам и между ними (рисунок А.5).

Требуемый коэффициент запаса  $>1.5$  на сдвиг по наиболее крутому клину между любыми двумя смежными георешетками.

Требуемый коэффициент запаса  $>1.5$  на сдвиг любой георешетке.

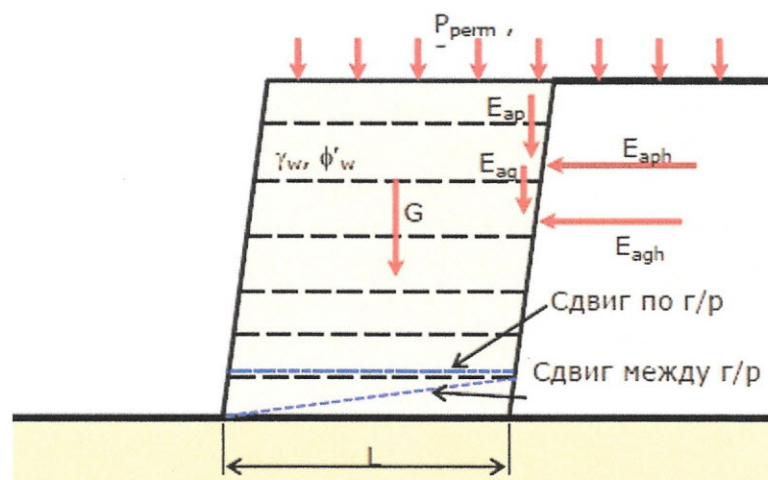


Рисунок А.5 - Расчетная схема для проверки на внутренний сдвиг

### А.3.3 Проверка по деформациям.

Важнейшим аспектом для армонасыпи в процессе эксплуатации является ограничение деформации облицовки, вызванной удлинением георешеток.

В зависимости от назначения и эксплуатационного срока службы конструкции возможно использовать различную проектную прочность арматуры:

- Временные армогрунтовые подпорные структуры с гибкими облицовками, структуры низкой значимости могут иметь деформацию от 2% до 5%;
- Армогрунтовые подпорные стены с жесткими облицовками и важные объекты – 1% на весь расчетный срок службы;

– Армогрунтовые устои мостов – 0.5% на весь расчетный срок службы.

В данном расчете используется проектная прочность, полученная не в момент разрыва георешетки, а при заданном % удлинении для данного срока службы и температуры.

Расчетная прочность решеток по второй группе предельных состояний основана на формуле (А.16):

$$\text{Допустимая нагрузка} = T_d = \frac{T_{cr}}{1.931 \cdot f_{m1} \cdot f_{m2}} \cdot \frac{1}{\gamma} \quad (\text{А.16})$$

где  $T_{cr}$  –долговременная прочность, которая ограничивает послестроительные деформации заданной величиной с учетом ползучести на заданный срок службы при определенной средней температуре в грунтовом массиве;

$\gamma$  – коэффициент надежности по прочности георешетки = 1,00 для данной проверки.

#### А.3.4. Проверка лицевой грани

В случае конструкций с обернутыми вокруг грани элементами проводится проверка с тем, чтобы гарантировать, что активное давление на грань не превышает расчетную прочность георешетки (или силу анкеровки ( $T_{ai}$ ), если не используется прочное шливное соединение). Это показано на рисунке А.6.

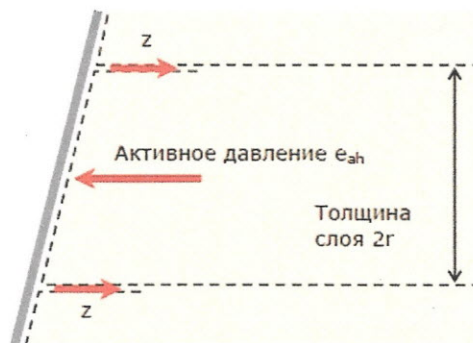


Рисунок А.6 - Проверка прочности облицовки

Примечание –  $e_{ah}$  = активное давление на лицевую грань конструкции.

Сила, приложенная к решетке на лицевой грани, рассчитывается как активная сила, действующая на половину толщины слоя, где максимальное активное давление на лицевую грань берется равным величине при 2/3 высоты стенки. Давление грунта на лицевую грань в нижней трети стенки принимается как постоянное при той величине. Во всех этих расчетах  $\alpha$  равна нулю.

А.4 Проверка общей устойчивости против сдвига по КЦ и ломаным поверхностям скольжения.

Цилиндрические и нецилиндрические (ломаные) поверхности обрушения. КЦПС проверяются по модифицированному упрощенному методу Бишопа (рисунок А.7), ломаные поверхности – по модифицированному упрощенному методу Джамбу.

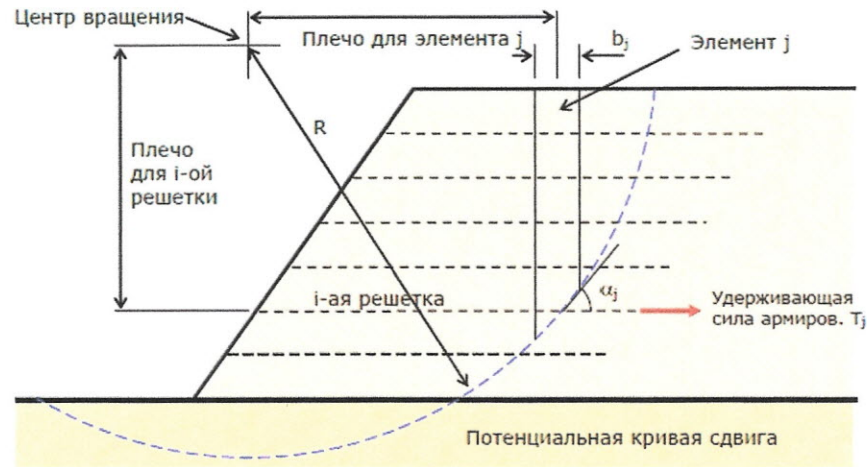


Рисунок А.7 - Цилиндрическая поверхность обрушения

Устойчивость неармированного сечения определяется по формулам (А.17)-(А.20):

Упрощенный метод Бишопа:

$$M_D = \sum_{j=1}^{j=n} [(f_{fs} W_j + f_q b_j p_{sj}) \sin \alpha_j R_d] \quad (\text{A.17})$$

$$M_{RS} = \frac{\sum_{j=1}^{j=n} \left[ \frac{c'}{f_{ms}} b_j + (f_{fs} W_j + f_b b_j p_{sj} - b_j u_j) \frac{\tan \varphi'_p}{f_{ms}} \right] \sec \alpha_j R_d}{\chi \left( 1 + \frac{\tan \varphi'_p}{f_{ms}} \tan \alpha_j \right)} \quad (\text{A.18})$$

Упрощенный метод Джамбу

$$F_D = \sum_{j=1}^{j=n} [(f_{fs} + f_q b_j p_{sj}) \tan \alpha_j] \quad (\text{A.19})$$

$$F_{RS} = \frac{\sum_{j=1}^{j=n} \left[ \frac{c'}{f_{ms}} b_j + (f_{fs} W_j + f_b b_j p_{sj} - b_j u_j) \frac{\tan \varphi'_p}{f_{ms}} \right] \sec^2 \alpha_j}{\chi \left( 1 + \frac{\tan \varphi'_p}{f_{ms}} \tan \alpha_j \right)} \quad (\text{A.20})$$

где  $M_D$  – сдвигающий момент от веса насыпи и дополнительной нагрузки;

$M_{RS}$  – удерживающий момент от сопротивления грунта сдвигу;

$F_D$  – сдвигающая сила от веса насыпи и дополнительной нагрузки;

$F_{RS}$  – удерживающая сила от сопротивления грунта сдвигу;

$c'$  – сцепление по подошве элемента под эффективным напряжением;

Примечание –  $S_u$  может быть использовано для недренированного состояния.

$B_j$  – ширина элемента  $j$ ;

$W_j$  – вес элемента  $j$ ;



- $p_{sj}$  – дополнительная нагрузка, действующая на элемент  $j$ ;  
 $u_j$  – поровое давление воды по подошве элемента  $j$ ;  
 $\varphi'_p$  – угол внутреннего трения грунта подошвы элемента  $j$ ;  
 $\alpha_j$  – угол наклона подошвы элемента  $j$ ;  
 $R_d$  – радиус КЦПС;  
 $\chi$  – коэффициент корректировки момент/сила ( $=1.25$ );  
 $f_{fs}$  – частный коэффициент для объемного веса грунта;  
 $f_q$  – частный коэффициент для дополнительной нагрузки;  
 $f_{ms}$  – частный коэффициент для  $\tan\varphi'$  и  $c$ ;

Таким образом, частные коэффициенты применяются ко всем усилиям и материалам в анализе. Для обеспечения устойчивости насыпи в методе Бишопа для каждой кривой  $M_D$  не должен превышать  $M_{RS}$ , для метод Джамбу  $F_d$  должно быть меньше  $F_{RS}$ .

Армирующие георешетки располагаются горизонтальными слоями, и эффект от них выражается в добавление серии удерживающих сил против сдвига анализируемой кривой. Рассчитывается сечение на 1 м.п. длины и прочность георешеток учитывается как сила на 1 м их ширины. Сопротивление армирования, вводимое в расчет – это наименьшее усилие, возникающее в георешетке на протяжении расчетного срока службы сооружения. Это может быть либо расчетное значение длительной прочности георешетки, либо уменьшенное ее значение, если длина анкерования не позволяет ее полностью мобилизовать.

Сила анкерования в георешетке мобилизуется трением по грунту и сцеплением с окружающими частицами. Так как силы трения и сцепления действуют на нижнюю и верхнюю грани георешетки, то сила анкерования ( $T_i$ ) вычисляется по формуле (A.21):

$$T_i = \frac{2L_{ei} \left[ (\gamma h_i + p_{si}) \frac{\alpha' \tan \varphi'_p}{f_{ms}} + \frac{\alpha'_{bc} c'}{f_{ms}} \right]}{f_p f_n} \quad (A.21)$$

- где  $L_{ei}$  – длина анкерования за потенциальной поверхностью обрушения;  
 $h_i$  – высота толщ грунта над слоем I;  
 $\gamma$  – объемный вес грунта над георешеткой I;  
 $p_{si}$  – постоянная дополнительная нагрузка над решеткой I;  
 $\alpha$  – коэффициент взаимодействия грунт/решетка на выдергивание в зависимости от  $\tan\varphi'_p$ ;  
 $\alpha_{bc}'$  – коэффициент взаимодействия грунт/решетка в зависимости от  $c'$ ;  
 $f_p$  – частный коэффициент а выдергивание;  
 $f_n$  – коэффициент взаимодействия в системе арматура-грунт (выдергивание армоэлемента из грунта).

Если результирующее значение  $T_i$  больше  $T_D$ , тогда оно принимается равным  $T_D$ .

При проверке цилиндрических поверхностей методом Бишопа, добавляется удерживающий момент от армирования. Он определяется как усилие в георешетке ( $T_i$ ), умноженное на плечо для данного слоя армирования. Для  $i$ -ой решетки, удерживающий момент ( $M_i$ ) определяется по формуле (A.22):

$$M_i = T_i(Y_c - Y_i) \quad (\text{A.22})$$

где  $Y_c$  – у координата центра кривой сдвига;

$Y_i$  – у координата слоя георешетки.

Тогда удерживающий момент всех георешеток ( $M_{RR}$ ) определяется по формуле (A.23):

$$M_{RR} = \sum_{i=1}^n T_i (Y_c - Y_i) \quad (\text{A.23})$$

Аналогично вычисляется и удерживающий момент при анализе ломаных поверхностей методом Джамбу. Общая удерживающая сила по формуле (A.24):

$$F_{RR} = \sum_{i=1}^n T_i \quad (\text{A.24})$$

Условие равновесия для метода Бишопа выражается формулой (A.25):

$$M_D \leq M_{RS} + M_{RR} \quad (\text{A.25})$$

Условие равновесия для метода Джамбу выражается формулой (A.26):

$$F_D \leq F_{RS} + F_{RR} \quad (\text{A.26})$$

Когда подошва элемента находится на георешетке, рядом с ней и параллельна ей, то присутствие георешетки может повлиять на удерживающую силу от прочности грунта. В таких случаях, программа использует коэффициент взаимодействия на сдвиг ( $f_s$ ) и применяет его к сцеплению и углу трения грунта. Это снижает сопротивление сдвигу вдоль этой части поверхности скольжения.

**Приложение Б**  
**(рекомендуемое)**

**Пример расчета армогрунтовой насыпи**

Б.1 Исходные данные для расчета армонасыпи приведены на рисунке Б.1.



Рисунок Б.1 – Исходные данные

Б.2 Расчет внешней устойчивости.

Б.2.1 Расчет сил и моментов.

Коэффициент бокового давления со стороны грунта обратной засыпки  $K_{ah}$  по

формуле (А.3):

$$K_{ah} = \frac{\cos^2(\phi'_b + \alpha_b)}{\cos^2 \alpha_b \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi'_b + \delta) \sin(\phi'_b - \beta)}{\cos(\alpha_b - \delta) \cos(\alpha_b + \beta)}} \right]^2} = \frac{\cos^2(30)}{\left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(30 + 20) \sin(30)}{\cos(20)}} \right]^2} = 0.279$$

при  $\alpha=0$ ,  $\delta=20^\circ$ ,  $\beta=0$ ,  $\phi'_b=30^\circ$ . По формулам (А.2), (А.4)

Горизонтальная составляющая суммарной активной силы:

$$E_{agh} = 0,5 \cdot K_{ah} \cdot \gamma_b \cdot H^2 = 0,5 \times 0,279 \times 20 \times 5^2 = 69,846 \text{ кН/м.}$$

Горизонтальная составляющая суммарной активной силы от внешней нагрузки:

$$E_{aph} = K_{ah} \cdot P \cdot H = 0,279 \times 20 \times 5 = 27,938 \text{ кН/м.}$$

Вертикальная составляющая суммарной активной силы:

$$E_{agv} = E_{agh} \cdot \tan(\delta) = 69,846 \times \tan 20 = 25,422 \text{ кН/м (при } \delta = 2/3 \tan \phi'_w \text{ )}.$$

Вертикальная составляющая суммарной активной силы от внешней нагрузки:



$$E_{apv} = E_{aph} \cdot \tan(\delta) = 27.938 \times \tan 20 = 10.169 \text{ кН/м.}$$

Следовательно,

$$E_{ah} = 69.846 + 27.938 = 97.784 \text{ кН/м;}$$

$$E_{av} = 25.422 + 10.169 = 35.591 \text{ кН/м.}$$

Что создает опрокидывающий момент относительно центра длинны основания по формуле (А.6):

$$\begin{aligned} \text{ОТМ} &= \left[ E_{agh} \cdot \frac{H}{3} \right] + \left[ E_{aph} \cdot \frac{H}{2} \right] - E_{agv} \left[ L + \frac{H}{3} \tan \alpha_b \right] - E_{apv} \left[ L + \frac{h}{2} \tan \alpha_b \right] = \\ &= (69.846 \times 5/3) + (27.938 \times 5/2) - (25.422 \times 3.8/2) - (10.169 \times 3.8/2) = 118.632 \text{ кН/м.} \end{aligned}$$

$$\text{Общий вес армогрунтового блока} = \gamma_w \times H \times L = 20 \times 5 \times 3.8 = 380.0 \text{ кН/м.}$$

$$\text{Опрокидывающий момент относительно центра длинны основания} = 0.00 \text{ кНм/м.}$$

$$\text{Временная внешняя нагрузка на армогрунтовый блок} = P \times L = 20 \times 3.8 = 76.0 \text{ кН/м.}$$

$$\text{Опрокидывающий момент относительно центра длинны основания} = 0.00 \text{ кНм/м.}$$

Б.2.2 Проверка на сдвиг.

По формуле (А.5)

$$\text{коэффициент запаса} = \mu(W + E_{av}) / E_{ah} = 0.8 \tan 30 (20 \times 5 \times 3.8 + 35.591) / 97.784 = 1.96.$$

Это  $> 1.5$  и приемлемо.

Б.2.3 Проверка несущей способности.

Для  $\varphi'_w = 30^\circ$ :

$$N_c = 30.14;$$

$$N_d = 18.40;$$

$$N_b = 10.05.$$

а) С учетом временной нагрузки:

Временная нагрузка располагается только слева от центра армогрунтового блока, что создает наиболее неблагоприятные условия нагружения.

По формуле (А.7) эксцентриситет = Момент/Вертикальная нагрузка =

$$(118.632 + 20 \times 3.80/2 \times 3.8/4) / (380 + 20 \times 3.80/2 + 35.591) = 0.3411 \text{ м.}$$

Коэффициент наклона  $x_b$  по формуле (А.10):

$$x_b = \left[ 1 - \frac{2 \times 97.784}{2 \times (380 + 38 + 35.591)} \right]^3 = 0.4827.$$

По формуле (А.9) несущая способность =

$$\gamma \times L \times N_b \times x_b = 20 \times (3.8 + 2 \times 0.3411) \times 10.05 \times 0.4827 = 302.497 \text{ кН/м}^2.$$

Допустимая нагрузка =  $300,992 \times (3.8 - 2 \times 0.3411) = 943.125$  кН/м.

Действующая общая вертикальная сила =  $380 + 38 + 35.591 = 453.591$  кН/м.

По формуле (А.13) коэффициент запаса = Допустимая нагрузка / Действующая нагрузка =  $943.125 / 453.591 = 2.079$ .

Что  $> 2.0$  и приемлемо.

Б) С нагружением по всей длине:

Эксцентриситет = Момент / Вертикальная нагрузка =  $118.632 / (380 + 20 \times 3.80 + 35.591) = 0.2413$  м.

Коэффициент наклона  $x_b$ :

$$x_b = \left[ 1 - \frac{2 \times 97.784}{2 \times (380 + 76 + 35.591)} \right]^3 = 0.5141.$$

Несущая способность =  $20 \times (3.8 + 2 \times 0.2413) \times 10.05 \times 0.5141 = 342.801$  кН/м<sup>2</sup>.

Допустимая нагрузка =  $342.801 \times (3.8 - 2 \times 0.2413) = 1137.21$  кН/м.

Действующая общая вертикальная сила  $380 + 76 + 35.591 = 491.591$  кН/м.

Коэф. Запаса = Допустимая нагрузка / Действующая нагрузки =  $1137.21 / 491.591 = 2.313$ .

Что больше 2.0 и приемлемо.

Б.3. Расчет внутренней устойчивости.

Первая георешетка Тенсар RE520 укладывается на отметке 0.000. Раскладка вышележащих георешеток приведена в таблице Б.2.

Т а б л и ц а Б.2 – Раскладка георешеток по высоте армогрунтового блока

Марка георешетки	Кол-во слоев	Начальная отметка (м)	Вертикальный шаг (м)	Конечная отметка (м)
RE520	4	0.60	0.60	2.40
RE510	4	3.00	0.60	4.80

Горизонтальное покрытие поверхности армирования: 100%.

Всего слоев основного армирования: 9

Проектная прочность по формуле (А.1):

RE520 = 15.49 кН/м;

RE510 = 10.60 кН/м.

Б.3.1 Проверка клиньев

Расчет силы Z произведен по формуле (А.14), сведен в таблицу Б.3,

где  $h$  - расстояние от верха стены до пересечения между клином и задней поверхностью армогрунтового блока.

Таблица Б.3 – Сила  $Z$ , действующей на клин

$\theta$	$h$	$G$	$P$	$\tan(\theta - \varphi'_b)$	$E_{agh}$	$E_{agv}$	$E_{aph}$	$E_{apv}$	$c'L$	$Z$
0	5.00	380.00	76.00	-0.70	64.33	37.14	25.73	14.86	0	-212.4
3	4.80	372.43	76.00	-0.62	59.30	34.24	24.71	14.26	0	-179.0
6	4.60	364.82	76.00	-0.55	54.46	31.44	23.67	13.67	0	-149.1
9	4.40	357.13	76.00	-0.49	49.77	28.74	22.63	13.07	0	-122.2
12	4.19	349.31	76.00	-0.42	45.22	26.11	21.57	12.46	0	-97.8
15	3.98	341.31	76.00	-0.36	40.79	23.55	20.49	11.83	0	-75.8
18	3.77	333.08	76.00	-0.31	36.48	21.06	19.38	11.19	0	-55.8
21	3.54	324.57	76.00	-0.25	32.27	18.63	18.22	10.52	0	-37.7
24	3.31	315.71	76.00	-0.19	28.16	16.26	17.02	9.83	0	-23.2
27	3.06	306.42	76.00	-0.14	24.15	13.94	15.77	9.10	0	-6.4
30	2.81	296.63	76.00	-0.09	20.26	11.70	14.44	8.34	0	7.0
33	2.53	286.23	76.00	-0.03	16.50	9.53	13.03	7.52	0	18.9
36	2.24	275.09	76.00	0.02	12.90	7.45	11.52	6.65	0	30.8
39	1.92	263.07	76.00	0.07	9.51	5.49	9.89	5.71	0	43.9
42	1.58	249.98	76.00	0.12	6.41	3.70	8.12	4.69	0	55.6
45	1.20	235.60	76.00	0.18	3.71	2.14	6.18	3.57	0	65.8
48	0.78	219.53	76.00	0.23	1.56	0.90	4.01	2.32	0	74.6
51	0.31	201.68	76.00	0.29	0.24	0.14	1.58	0.91	0	81.8
54	0	181.54	72.65	0.34	0	0	0	0	0	87.6
57	0	162.35	64.94	0.40	0	0	0	0	0	91.8
60	0	144.34	57.74	0.47	0	0	0	0	0	94.2
63	0	127.38	50.95	0.53	0	0	0	0	0	94.8
66	0	111.31	44.52	0.60	0	0	0	0	0	93.6
69	0	95.97	38.39	0.67	0	0	0	0	0	90.6
72	0	81.23	32.49	0.75	0	0	0	0	0	85.7
75	0	66.99	26.79	0.84	0	0	0	0	0	78.7
78	0	53.14	21.26	0.93	0	0	0	0	0	69.4



## Продолжение таблицы Б. 3

81	0	39.60	15.84	1.04	0	0	0	0	0	57.4
84	0	26.28	10.51	1.15	0	0	0	0	0	42.3
87	0	13.10	5.24	1.28	0	0	0	0	0	23.5

Для  $\theta < \varphi'_i$  в расчет принимаются только внешние нагрузки постоянного действия.

Коэффициент бокового давления:

$$K_{ah} = \frac{\cos^2(30)}{\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(30+30)\sin(30)}{\cos(30)}}\right]^2} = 0.2573.$$

Минимальная длина заделки решеток для обеспечения проектной прочности,

выведенная из уравнения (А.15) =  $\frac{2T_d}{2 \tan \phi'_w (\gamma h_i + P)}$ .

При  $P=0$  для временной нагрузки:

RE510: минимальная длина =  $\frac{10.6}{\tan 35(20h_i)}$ ;

RE520: минимальная длина =  $\frac{15.49}{\tan 35(20h_i)}$ .

$T_{ai}$ - допустимое усилие в  $i$ -ом слое георешетки по критерию выдергивания (сила анкеровки) по формуле (А.15).

При  $T_{ai} >$  проектной прочности г/р в расчет принимается проектная прочность.

При  $T_{ai} <$  проектной прочности г/р в расчет принимается  $T_{ai}$ .

Расчет удерживающей силы  $R$  сведен в таблицы Б.4 и Б.5 для заданных значений  $\beta$ .

Таблица Б. 4 – Определение  $R$  – удерживающей силы для клина при  $\beta=45^\circ$

Слой	Марка	Проектная прочность (кН/м)	Уровень (м)	Min требуемая $L$ (м)	Фактическая $L$ (м)	$T_{ai}$ (кН/м)	Реализуемая удержив-ая сила кН/м
1	RE520	15.49	0.00	0.23	3.80	319.29	15.49
2	RE520	15.49	0.60	0.26	3.20	241.99	15.49
3	RE520	15.49	1.20	0.30	2.60	174.77	15.49
4	RE520	15.49	1.80	0.35	2.00	117.63	15.49
5	RE520	15.49	2.40	0.44	1.40	50.98	15.49
6	RE510	10.60	3.00	0.36	0.80	33.61	10.60

Продолжение таблицы Б.3

7	RE510	10.60	3.60	0.51	0.20	3.92	3.90
8	RE510	10.60	4.20	0.90	0.00	0.00	0.00
9	RE510	10.60	4.80	3.60	0.00	0.00	0.00

$R=91.95\text{кН/м}$ ;

$Z=65.8\text{кН/м}$ .

Условие прочности выполнено.

Таблица Б.5 – Определение  $R$  – удерживающей силы для клина при  $\beta=60^\circ$

Слой	Марка	Проектная прочность (кН/м)	Уровень (м)	Min требуемая $L$ (м)	Фактическая $L$ (м)	$T_{ai}$ (кН/м)	Реализуемая удерживающая сила кН/м
1	RE520	15.49	0.00	0.23	3.80	266.08	15.49
2	RE520	15.49	0.60	0.26	3.45	212.80	15.49
3	RE520	15.49	1.20	0.30	3.11	165.35	15.49
4	RE520	15.49	1.80	0.35	2.76	123.72	15.49
5	RE520	15.49	2.40	0.44	2.41	87.91	15.49
6	RE510	10.60	3.00	0.36	2.07	57.92	10.60
7	RE510	10.60	3.60	0.51	1.72	33.75	10.60
8	RE510	10.60	4.20	0.90	1.38	15.41	10.60
9	RE510	10.60	4.80	3.60	1.03	2.88	2.90

$R= 112.15\text{кН/м}$ ;

$Z=65.8\text{кН/м}$ .

Условие прочности выполнено.

Б.3.2 Сравнение приложенной силы с удерживающей позволяет определить удлинение георешеток (таблица Б.6).

Таблица Б.6 – Определение послестроительных деформаций.

Слой	Марка	Относительное удлинение (%)
1	RE520	0.00
2	RE520	0.15
3	RE520	0.33
4	RE520	0.51
5	RE520	0.67
6	RE510	0.65
7	RE510	0.66

## Продолжение таблицы Б.6

8	RE510	0.60
9	RE510	0.27

Относительное удлинение <1.0%. Условие эксплуатационной пригодности выполнено.

## Б.3.3 Проверка на сдвиг внутри армогрунта.

На уровне 0.00м от основания:

Угол  $\Theta$  наиболее крутого клина, не пересекающего георешетки =  $\arctg(0.6/3.8) = 8,973^\circ$ .

По формулам (А.2)-(А.4):

$$K_{ah}=0.2574;$$

$$G=380-(0.5 \times 20 \times 3.8 \times 3.8 \tan 8.973)=357.199 \text{ кН/м};$$

$$E_{agh}=0,5 \times 0.2574 \times 20 \times (5-3.8 \tan 8.973)^2=49.83 \text{ кН/м};$$

$$E_{aph}=0.2574 \times 20 \times (5-3.8 \tan 8.973)=22.65 \text{ кН/м};$$

$$E_{agv}=49.83 \times \tan 30=28.77 \text{ кН/м};$$

$$E_{apv}=22.65 \times \tan 30=13.08 \text{ кН/м};$$

$h$ - расстояние от верха стены до пересечения между клином и задней поверхностью армогрунтового блока.

Суммарная горизонтальная сила:

$$\Sigma H = E_{agh} + E_{aph} = 49.83 + 22.65 \text{ кН/м}.$$

Суммарная вертикальная сила:

$$\Sigma V = G + E_{agv} + E_{apv} = 357.199 + 28.77 + 13.08 = 399.049 \text{ кН/м}.$$

Коэффициент запаса против скольжения в этом клине по уравнению (А.5) с компонентами по внутреннему сдвигу:

$$FoS = \frac{c' L \sec^2 \Theta + (\Sigma V - \Sigma H \tan \Theta) \tan \varphi'_w}{\Sigma H + \Sigma V \tan \Theta} = \frac{(399.049 - 72.48 \tan 8.973) \tan 35}{72.48 + 399.049 \tan 8.973} = 2.003.$$

## Б.3.4 Проверка облицовки на разрыв.

На расстоянии 0.000м от основания:

$$Z_{max}=94.8 \text{ кН/м} (\beta=63^\circ).$$

$$S \text{ треугольника (рисунок Б.7)} = 94,8 = 0,5 \times 5 \times \sigma_{max} \Rightarrow \sigma_{max} = 94.8 / 0.5 \times 5 = 37.92 \text{ кН/м}^2.$$

$$E_{ah(max)} = 2/3 \times \sigma_{max} = 2/3 \times 37.92 = 25.28 \text{ кН/м}^2.$$



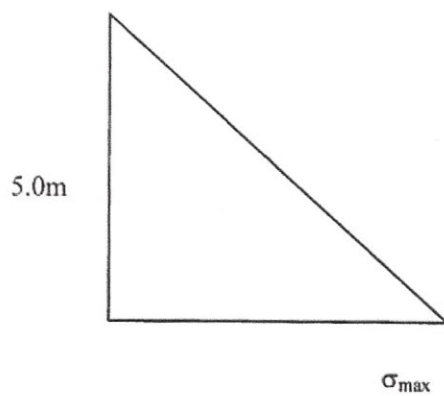


Рисунок Б.7 - Проверка облицовки

Данное усилие приложено на высоте 0.30м (шаг георешеток/2).

Нагрузка на георешетку =  $0.3 \times 25.25 = 7.58 \text{ кН/м}$ .

Проектная прочность георешетки RE520 ( $15.49 \text{ кН/м} > 7.58 \text{ кН/м}$ ).

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] Федеральный закон Российской Федерации от 10.01.2002 №7	Об охране окружающей среды
[4] Федеральный закон Российской Федерации от 04.05.1999 № 96	Об охране атмосферного воздуха
[5] Федеральный закон Российской Федерации от 24.06.1998 № 89	Об отходах производства и потребления
[6] Отраслевой дорожный методический документ ОДМ 218.5.003-2010	Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог
[7] Отраслевой дорожный методический документ ОДМ 218.2.027-2010	Рекомендации по расчету и проектированию армогрунтовых подпорных стен на автомобильных дорогах

ОКС 59.080.70, 93.080.20

ОКПД2 22.21.42

Ключевые слова: георешетки одноосные, классификация, технические требования, упаковка, маркировка, приёмка, методы контроля, транспортирование и хранение, условия эксплуатации

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

