

СПЕЦИАЛЬНЫЙ  
ВЫПУСК ЖУРНАЛА

**ГЕОТЕХНИКА**

**И ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ**

ИННОВАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

**ДОРОГИ**

ВЕДУЩИЙ РОССИЙСКИЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ  
ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

**РГК**  
геосинтетические материалы

117393, г. Москва,  
ул. Архитектора Власова, д. 22.  
тел.: +8(495) 645-81-53

[www.rusgsc.ru](http://www.rusgsc.ru)

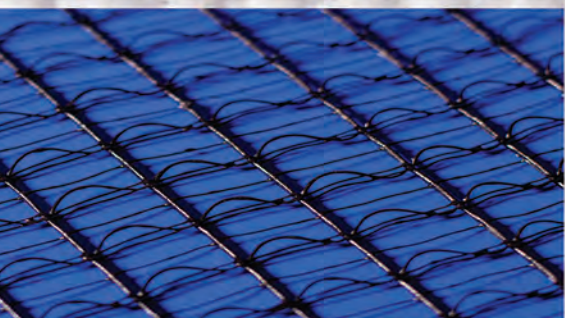
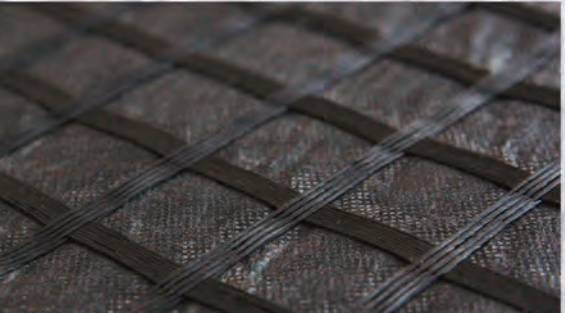
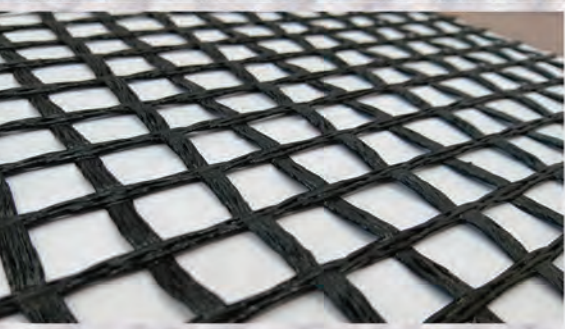




U L T R A S T A B

# ООО «УЛЬТРАСТАБ»

Российская компания «УльтраСтаб» – производитель геосинтетических материалов, относительно недавно вышла на отечественный рынок, предлагая своим покупателям широкий ассортимент продукции – высокопрочные геоткани, георешетки для армирования оснований и покрытий, а также геоматы для укрепления откосов выемок и насыпей. В сфере деятельности специалистов компании находятся также проектирование и разработка высокотехнологических материалов для строительства автомобильных дорог, мостов и тоннелей.



**Геоткань «УЛЬТРАСТАБ»** – высокопрочный тканый геотекстиль, изготовленный из высокомодульных полиэфирных нитей, устойчивых к воздействию ультрафиолета. Геотекстиль способен воспринимать большие нагрузки благодаря структуре переплетения нитей – решающему показателю при выборе материала для армирования. Применяется при строительстве тоннелей и гидросооружений, усилении и стабилизации грунтов, при сооружении подпорных конструкций или откосов с большой крутизной и при армировании грунтов с низкой несущей способностью.

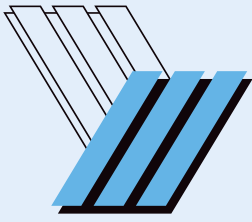
**Геоткань «УЛЬТРАСТАБ ПП»** – равнопрочное тканое полотно, изготавливаемое из высокомодульного полипропилена ткацким методом. Основная функция – армирование, дополнительные – разделения и фильтрация. Применяется в дорожном строительстве, в железнодорожном строительстве, для армирования различного рода земляных сооружений и насыпей на слабых основаниях, строительства подпорных стен, разделения различных конструктивных слоев.

**Георешетка «УЛЬТРАНИТ»** имеет эластичную структуру с мелкими либо крупными ячейками, образованными специальным переплетением продольных и поперечных нитей. Для ее изготовления используются высокомодульные полиэфирные нити, которые пропитываются полимерным составом. Георешетка «УЛЬТРАНИТ» используется при армировании оснований при строительстве автодорог, автостоянок, нефтегазовых терминалов и других сооружений; при армировании и разделении конструктивных слоев дорожных одежд; в строительстве площадок, рассчитанных на высокие нагрузки, – контейнерных терминалов, портовых сооружений, аэродромов, складских комплексов.

**Георешетка «УЛЬТРАНИТ АСФАЛЬТ»** применяется в качестве армирующего элемента в конструкциях дорожных и аэродромных покрытий, повышая упругие свойства асфальтобетона и увеличивая его сопротивляемость растягивающим усилиям при длительных и многократно прикладываемых нагрузках. Использование георешетки «УЛЬТРАНИТ АСФАЛЬТ» позволяет снизить толщину слоя асфальтобетонного покрытия до 20% и предотвратить распространение отраженных трещин.

**Георешетка «УЛЬТРАНИТ 3D»** используется в качестве армирующего элемента при укреплении откосов и склонов. Благодаря естественному прорастанию корней растений сквозь сетчатую структуру георешетки, прочность склонов с годами возрастает. Такие сооружения могут служить практически неограниченное время.

155044, Ивановская область,  
г. Тейково, пос. Грозиллово, д. 50  
8 800 200 75 10  
info@ultrastab.ru  
ultrastab.ru



II ФОРУМ И ВЫСТАВКА

# ДОРОЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО В РОССИИ

## МОСТЫ И ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ

9-10 МАРТА 2021  
МОСКВА, AZIMUT

[innodor.ru](http://innodor.ru)

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



ПРИ СОДЕЙСТВИИ



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР



ПАРТНЕР



ПАРТНЕР



ПАРТНЕР



ПАРТНЕР



ПАРТНЕР



ГЕНЕРАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ



ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ



ОРГАНИЗАТОР



Издание зарегистрировано  
Федеральной службой по надзору  
в сфере связи,  
информационных технологий  
и массовых коммуникаций.  
Свидетельство о регистрации  
средства массовой информации  
ПИ №ФС 77-41274  
Издается с 2010 г.

Журнал включен в РИНЦ  
и размещается на портале  
elibrary.ru

Учредитель  
Регина Фомина

Издатель  
ООО «ТехИнформ»

## РЕДАКЦИЯ:

Главный редактор  
Регина Фомина  
info@techinform-press.ru

Выпускающий редактор  
Сергей Зубарев  
redactor@techinform-press.ru

Редактор, арт-директор  
Лидия Шундалова  
art@techinform-press.ru

Ответственный секретарь  
Ирина Вишневецкая

Корректор  
Инна Спиридонова

Руководитель  
отдела продвижения  
и выставочной деятельности  
Полина Богданова  
post@techinform-press.ru

Московское представительство  
Тел. +7 (931) 256-95-56

Адрес редакции:  
192283, ул. Будапештская, д.97,  
к.2, лит. А, пом. 9Н  
Тел.: (812) 905-94-36,  
+7-931-256-95-77,  
+7-921-973-76-44  
office@techinform-press.ru  
www.techinform-press.ru

За содержание рекламных  
материалов редакция  
ответственности не несет.

Сертификаты и лицензии  
на рекламируемую продукцию  
и услуги обеспечиваются  
рекламодателем.  
Любое использование  
опубликованных материалов  
допускается только  
с разрешения редакции.

Подписку на журнал  
можно оформить  
по телефону  
**+7 (931) 256-95-77**  
и на сайте  
**www.techinformpress.ru**



## «ДОРОГИ. Инновации в строительстве» Спецвыпуск «Геосинтетические материалы»

Главный информационный партнер  
Саморегулируемой организации  
некоммерческого партнерства  
межрегионального объединения  
дорожников  
«Союздорстрой»

## В НОМЕРЕ:

### ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ

- 4 **А. А. Кусенкова, М. А. Лысова,  
Н. А. Грузинцева, Б. Н. Гусев.**  
Совершенствование  
стандартов и качество  
геосинтетических материалов



- 8 **Ю. А. Аливер.** Вопросы  
нормативной базы  
по применению объемных  
геоячеек в дорожном  
строительстве



### ИССЛЕДОВАНИЯ

- 12 **А. В. Кочетков,  
А. В. Сотников.** Применение  
технологий авиастроения  
для расчета и монтажа  
полимерных дорожных сеток



### ТЕХНОЛОГИИ

- 20 **А. В. Самко.** Fortrac Gabion  
(«Вертикальный откос»):  
оптимальное армогрунтовое  
решение (ООО «ХЮСКЕР»)



М.Я. БЛИНКИН,  
ординарный профессор НИУ «Высшая  
школа экономики», к.т.н., директор  
Института экономики транспорта и  
транспортной политики НИУ «Высшая  
школа экономики», председатель Обще-  
ственного Совета Минтранса России

Г.В. ВЕЛИЧКО,  
к.т.н., академик Международной акаде-  
мии транспорта, главный конструктор  
компании «Кредо-Диалог»

И.В. ДЕМЬЯНУШКО,  
д.т.н., профессор, заведующая кафедрой  
«Строительная механика» МАДИ (ГТУ),  
Заслуженный деятель науки и техники  
РФ

С.И. ДУБИНА,  
к.т.н., доцент, руководитель внедрения  
инновационных разработок в дорожное  
хозяйство АО «Энерготекс», главный  
специалист проектного института  
«ГИПРОСТРОЙМОСТ», член комитета  
по транспорту и строительству Государ-  
ственной думы Федерального собрания  
Российской Федерации, член Междуна-  
родного общества механики  
грунтов и геотехнического строительства

А.А. ЖУРБИН,  
Заслуженный строитель РФ, генераль-  
ный директор АО «Институт «Стройпро-  
ект»

И.Е. КОЛЮШЕВ,  
Заслуженный строитель РФ, техниче-  
ский директор АО «Институт Гипро-  
строймост –  
Санкт-Петербург»

С.В. МОЗАЛЕВ,  
исполнительный директор Ассоциации  
мостостроителей (Фонд «АМОСТ»)

Ю.В. НОВАК,  
заместитель генерального директора  
АО ЦНИИТС по научной работе, к.т.н.,  
Почетный транспортный строитель РФ,  
доцент, член ТК 465, НОПРИЗ

А.М. ОСТРОУМОВ,  
Заслуженный строитель РФ, Почетный  
дорожник РФ, академик Международ-  
ной  
академии транспорта

М.А. ПОКАТАЕВ,  
первый заместитель директора  
АО «Главная дорога»

В.Н. СМИРНОВ,  
д.т.н., профессор кафедры «Мосты»  
ФГБОУ ВО ПГУПС Императора Алек-  
сандра I

С.Ю. ТЕН,  
депутат Государственной думы  
Федерального собрания  
Российской Федерации

В.В. УШАКОВ  
д.т.н., профессор, проректор по научной  
работе МАДИ (ГТУ), заведующий кафе-  
дрой «Строительство и эксплуатация  
дорог» МАДИ, Заслуженный работник  
высшей школы РФ

Л.А. ХВОИНСКИЙ,  
к.т.н., генеральный директор СРО НП  
МОД «СОЮЗДОРОСТРОЙ»

Установочный тираж 15 тыс. экз.  
Цена свободная.

Подписано в печать: 26.02.2021  
Заказ №  
Отпечатано в типографии «Премиум  
Пресс», г. Санкт-Петербург,  
ул. Оптиков, д. 4  
www.premium-press.ru



24 Tensar: армогрунтовые  
инновации для временных  
сооружений

26 **Леонардо Мартино,  
Пьетро Пеццано, Пьетро  
Римольди, Морено Скотто,  
Андрей Петряев.**  
Инновационный дренажный  
геокомпозит для  
предотвращения мерзлотного  
пучения (ООО «ГАБИОНЫ  
МАККАФЕРРИ СНГ»)



33 **А. П. Белоглазов,  
В. Л. Чернявский, М. М. Галушко.**  
Повышение эффективности  
армирования ледовых  
массивов с помощью  
композиционных  
материалов (ООО «Ниагара»)

36 Геосинтетические материалы  
для строительства дорог  
на вечной мерзлоте  
(Круглый стол)

40 РГК: бренд импортозамещения,  
комплексных решений  
и инноваций (интервью  
с А. Б. Суворовым)

### НАУКА И ПРАКТИКА

42 **Е.С. Пшеничникова.**  
О применении геосинтетиков  
в зоне вечномерзлых грунтов



46 **С. Ю. Поляков, А. М. Паничев.**  
Применение георешеток для  
армирования асфальтобетона  
на ортотропных плитах

49 **БИЗНЕС-КАЛЕЙДОСКОП**  
Геосинтетические материалы  
для дорожной отрасли

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТАНДАРТОВ И КАЧЕСТВО ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

А. А. КУСЕНКОВА, к. т. н.; М. А. ЛЫСОВА, к. т. н.;  
Н. А. ГРУЗИНЦЕВА, д. т. н.; Б. Н. ГУСЕВ, д. т. н.

(Ивановский государственный политехнический университет,  
Ивановский химико-технологический университет)

*В СТАТЬЕ РАССМАТРИВАЮТСЯ ПУТИ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО РАЗВИТИЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ НА МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, ПОЗВОЛЯЮЩИХ РАСШИРИТЬ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ, ПОВЫСИТЬ ТОЧНОСТЬ И БЫСТРОДЕЙСТВИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ.*

## ПРОБЛЕМЫ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ

Качество геосинтетики во многом зависит от операционного контроля технологических процессов ее производства и выходного контроля показателей уже готовой продукции. Для повышения точности, быстродействия, информативности и достоверности соответствующих измерений необходимо постоянно совершенствовать на основе инновационных решений технические средства и сопутствующие нормативно-методические документы.

Существующая в России нормативная база по контролю качества геосинтетической продукции достаточно полно приведена в отраслевых дорожных методических документах [1, 2]. Их анализ, однако, показывает, что в последние годы за неимением отечественных стандартов использовались и европейские стандарты, которые не всегда отражают современный уровень технических средств операций методов измерения.

Для примера проведем анализ действующих национальных стандартов на методы контроля геосинтетических материалов на усилие при динамическом продавливании и ударную прочность. Важность названных показателей качества обусловлена тем, что по полученным значениям определяют класс геосинтетика, необходимый для установления его определяющей функции в дорожном полотне (см. табл. 1).

Таким образом, определение механических характеристик при продавливании образцов (проб) исполь-

Таблица 1  
Классы геосинтетических материалов  
в зависимости от усилия при их продавливании

Класс	Усилие при продавливании, кН	Функция геосинтетического материала в дорожном полотне
1	до 0,5	В качестве разделительного и (или) фильтрационного слоя
2	1,0...1,5	В качестве разделительного слоя мелкозернистого глинистого и песчаного грунтов
3	1,5...3,0	Разделительный слой между мелкозернистым грунтом и грунтом с содержанием обломочных включений до 40%
4	более 3,0	Разделительный и армирующий слои в обломочных грунтах и щебне

зуется при выборе материала для разделения слоев грунта, армирования грунтов, гидроизоляции и других технологических решений. Показатель «ударная прочность», по которому осуществляется проба конусом, цилиндром или сферой, также является важным для определения стойкости к сопротивлению местным повреждениям, возникающим в процессе производства работ по укладке материала, отсыпке и уплотнению грунтов и т. д.

Анализ действующих национальных стандартов показал, что нормативный документ [3] на метод для определения прочности при динамическом продавливании не решает полностью проблему контроля, так как использует устройство с падающим конусом, которое также предусмотрено для применения в другом национальном стандарте [4] для определения перфорации (размеров отверстия) при динамической нагрузке. При этом необходимо отметить, что указанный ГОСТ [4] является аутентичным переводом соответствующего европейского стандарта. Таким образом, для решения проблемы испытания геосинтетических материалов на динамическое продавливание использование метода [3] с применением в измерительном устройстве в качестве отдельного элемента (падающего с фиксированной высоты металлического конуса) и выбором в качестве параметрического показателя диаметра пробиваемого им отверстия не совсем корректно, так как не определяется основной информативный параметр для геополотна, а именно — величина усилия его продавливания.

## НОВЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ

Для устранения данной проблемы предложено новое техническое решение [5], позволяющее с точки зрения получаемых метрологических характеристик более достоверно проводить испытания на динамическое продавливание геосинтетических полотен (нетканых, тканых, трикотажных), так как, в отличие от метода [3], измеряется не диаметр пробиваемого отверстия, а именно усилие при продавливании материала соответствующим чувствительным элементом (конусом, цилиндром, сферой). Это более приближено к реальным условиям функционирования искомого геоматериала в дорожном полотне.

Принцип действия нового устройства для реализации метода испытания на динамическое продавливание приведен на рис. 1.

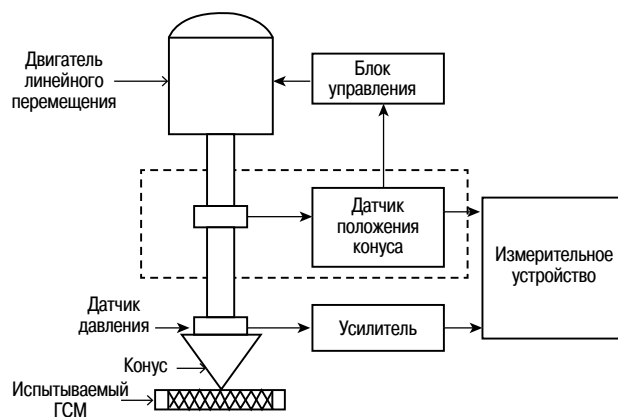


Рис. 1. Структурная схема измерительного устройств

Подготовленный для испытания образец полотна размещают в кольцевом зажиме и подводят его до касания с чувствительным измерительным элементом (конусом) устройства. Показывающее цифровое (аналоговое) устройство, измеряющее усилие продавливания, устанавливается на нулевую отметку. В дальнейшем с помощью блока управления включают электродвигатель линейного перемещения. При этом его шток, на котором последовательно размещены датчики положения и давления, а также сам продавливающий элемент (конус), конструктивно выполненный с учетом требований [4], начинает с постоянной скоростью перемещаться в направлении испытываемого образца.

В результате сигнал с датчика давления через усилитель поступает в измерительное устройство. Одновременно в измерительное устройство поступает сигнал с датчика, фиксирующего линейное перемещение конуса в испытываемом образце. После окончания процесса измерительный элемент (конус) возвращается в исходное положение реверсивной кнопкой в блоке управления.



Рис. 2. Макет устройства для испытания на динамическое продавливание геосинтетических полотен

Для установления необходимых параметров и режимов функционирования был создан рабочий макет устройства, который приведен на рис. 2.

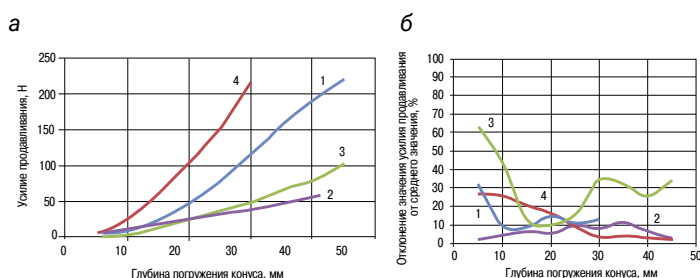
Программа испытаний данного устройства дополнительно состояла в проверке его функционирования по отдельным показателям качества процесса измерения, а именно на оценку точности, сходимости и стабильности результатов.

Объектами исследования на динамическое продавливание служили геосинтетические тканые и нетканые полотна, основные характеристики которых приведены в табл. 2.

На рис. 3а приведены результаты изменения усилия продавливания испытываемых образцов в зависимости от глубины погружения конуса. Приведенные зависимости позволяют выбрать на их линейном участке диапазон возможного погружения конуса (чувствительного элемента) в испытываемом образце. На рис. 3б показаны результаты отклонения усилия продавливания от его среднего значения, проведенные в параллельных испытаниях на испытываемом образце, в зависимости

**Таблица 2.**  
**Виды исследуемых материалов**

№ п/п	Вид материала (способ производства)	Торговое наименование	Волокнистый состав	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>
1	Нетканый (иглопробивной)	ДОРНИТ	Полиэфирные волокна	320
2	Нетканый (клеевой)	BRANE, GEO HARD	Полипропиленовые волокна	100
3	Тканый (на станке фирмы «Dornier», Германия)	УЛЬТРАСТАБ	Полиэфирные комплексные нити по основе и утку	1200
4	Тканый (на станке СТБУ-540 ООО «ВТФ «Текстильмаш»)	ИВГПУ	Полиэфирные комплексные нити по основе и утку	430



**Рис. 3. Результаты испытаний измерительного устройства**

от глубины погружения конуса. Данные зависимости позволяют установить минимальную погрешность процесса измерения при соответствующей глубине погружения, а также оценить стабильность процесса.

Также были решены проблемы по автоматизации [6] и информатизации [7] еще одного измерительного устройства, применяемого в национальных стандартах [3, 4]. Дополнительные инновации позволили повысить точность и быстродействие по другому определяемому параметру, а именно — площади (диаметра) продавливания геосинтетических материалов при свободном падении с определенной высоты металлического конуса.

На заключительном этапе исследования был разработан проект предварительного национального стандарта [8], который, наряду с общими разделами, включает в себя: требования к средствам испытаний, вспомогательным устройствам и материалам; требования к условиям испытаний; порядок подготовки к проведению испытаний; порядок выполнения испытаний; оформление результатов испытаний; контроль точности результатов измерений и т. п.

## ВЫВОДЫ

1. Проведен анализ действующих национальных стандартов на методы измерения механических характеристик при продавливании геосинтетических материалов и показаны общие недостатки в использовании уже морально устаревших технических средств.

2. Предложены и исследованы новые инновационные технические решения, позволяющие расширить функциональные возможности применяемых методов, повысить их точность и быстродействие.

3. Разработан проект предварительного национального стандарта на усовершенствованный метод определения прочности при динамическом продавливании конической, цилиндрической или сферической насадкой. ■

## Литература

- ОДМ 218.2.046-2014. Рекомендации по выбору и контролю качества геосинтетических материалов, применяемых в дорожном строительстве.
- ОДМ 218.5.006-2010. Рекомендации по методикам испытаний геосинтетических материалов в зависимости от области их применения в дорожной отрасли.
- ГОСТ Р 56337-2015. Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические. Метод определения прочности при динамическом продавливании (испытание падающим конусом). — М.: Стандартинформ, 2015.
- ГОСТ Р ИСО 13433-2014. Материалы геосинтетические. Метод определения перфорации при динамической нагрузке (испытание падающим конусом). — М.: Стандартинформ, 2016.
- Патент на полезную модель №171973 РФ, МПК G01N3/42 (2006.01). Устройство для определения прочности геосинтетических материалов при динамическом продавливании / Грушина Ю.С., Кусенкова А.А., Грузинцева Н.А., Иванов А.В., Гусев Б.Н., Семенов И.М. — Оpubл. 22.06.2017. — Бюл. № 18.
- Патент на изобретение № 2623839 РФ, МПК G01L5/04 (2006.01). Устройство для определения сопротивления геосинтетических материалов ударной динамической нагрузке / Лысова М.А., Грушина Ю.С., Кусенкова А.А., Грузинцева Н.А., Иванов А.В., Гусев Б.Н. — Оpubл. 29.06.2017. — Бюл. № 19.
- Ветрова Ю.С. Расширение функциональных возможностей метода испытания на динамическое продавливание геосинтетических текстильных материалов / Ю.С. Ветрова, А.А. Кусенкова, Н.А. Грузинцева, А.В. Иванов, Б.Н. Гусев // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. — 2018. — С. 267-270.
- Кусенкова А.А. Развитие системы контроля и оценки качества тканых геосинтетических полотен/Дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. — Кострома: КГУ, 2019. — 160 с.





# ВТОР•КОМ

АО «Втор-Ком», г. Челябинск

ПРОИЗВОДСТВО  
НЕТКАНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ



геополотно нетканое

## Геополотно•ВК



геополотно  
для дорожного  
и нефтегазового  
строительства

Сертификация ОАО «РЖД»  
Согласование «Росавтодор»  
Согласование ГК «Автодор»

*Мы рады  
предложить Вам:*

**НОВЕЙШИЕ**  
технологии производства  
**СТАБИЛЬНОЕ**  
качество продукции  
**ВЫГОДНОЕ**  
географическое положение

геотекстиль

## ЛАЙТЕКС



геотекстиль для  
общестроительных  
нужд и работ

геотекстиль

## G-TEX



геотекстиль для  
ландшафтных работ

Новинка — геотекстиль  
G-TEX черного цвета

**НОВИНКА**

тел. +7 (351) 791-14-22, 791-16-63

[www.vtor-kom.rf](http://www.vtor-kom.rf)

# ВОПРОСЫ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ОБЪЕМНЫХ ГЕОЯЧЕЕК В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Ю. А. АЛИВЕР,  
начальник лаборатории «Геотехнические материалы и конструкции» МОУ «РСЦ «Опыт-  
ное», член IGS, эксперт

ГЕОЯЧЕЙКИ (РЕШЕТКА ОБЪЕМНАЯ, ГЕОСОТОВЫЙ МАТЕРИАЛ, ГЕОРЕШЕТКА ПРОСТРАНСТВЕННАЯ) ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ ИЗДЕЛИЕ, ВЫПУСКАЕМОЕ В ВИДЕ ГИБКОГО КОМПАКТНОГО МОДУЛЯ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ ИЛИ ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ ЛЕНТ, СОЕДИНЕННЫХ МЕЖДУ СОБОЙ В ШАХМАТНОМ ПОРЯДКЕ ПОСРЕДСТВОМ ЛИНЕЙНЫХ ШВОВ, И ОБРАЗУЮЩЕГО В РАСТЯНУТОМ ПОЛОЖЕНИИ ПРОСТРАНСТВЕННУЮ ЯЧЕЙСТУЮ КОНСТРУКЦИЮ (РИС. 1). РАССМОТРИМ НОРМАТИВНУЮ БАЗУ ПО ИХ ПРИМЕНЕНИЮ.

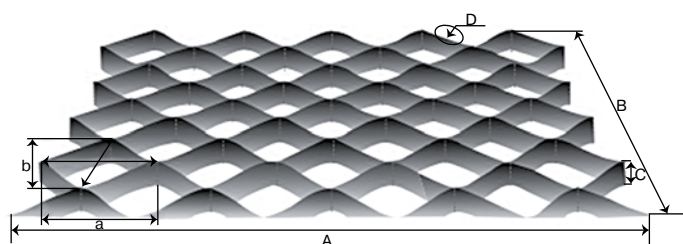


Рис. 1. Объемные геоячейки

## ЗАДАЧИ И ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ

Геоячейки широко применяются в дорожном строительстве для решения следующих задач:

- армирование основания земляного полотна, возводимого на слабых грунтах, основания дорожной одежды, упрощенных покрытий местных (сельских) дорог, многослойное армирование высоких насыпей и др.; при этом эффект армирования достигается за счет стабилизации материала заполнителя в ячейках и восприятии ими колесной нагрузки;

- защита от эрозии откосов насыпных сооружений и естественных склонов, конусов мостов и путепроводов; грани ячеек эффективно удерживают частицы грунта от перемещения при действии природных факторов.

Первой в нашей стране технологии с объемными геоячейками применила строительная компания ОАО «494 УНР», которая еще в 90-х годах профинансировала ряд НИР по исследованию технологий с объемными геоячейками, оценке их эффективности и разработке нормативно-методических документов для их применения в дорожной отрасли и строительстве. К числу таких документов относятся:

- Альбом «Принципиальные схемы конструктивно-технологических решений по применению объемных геоячеек «Прудон-494» и примеры их реализации в транспортных сооружениях» [1];

- СТО 07859300-003-2011 «Методические рекомендации по применению геоячеек «Прудон-494» при строительстве сельских (местных) дорог в композиции с местными материалами и отходами промышленности» [2].

С 1993 года объемные геоячейки «Прудон-494» широко применяются при строительстве и реконструкции различных транспортных объектов, в том числе при выполнении государственных программ и федеральных проектов. В частности, решаются задачи армирования конструктивных слоев дорог, сложенных дискретными материалами (рис. 2) и задачи защиты от эрозии откосов дорог, конусов мостов и путепроводов (рис. 3).



Рис. 2. Укрепление основания автомобильных дорог геоячейками «Прудон-494»: а – строительство М-1 «Беларусь»; б – строительство ЦКАД



Рис. 3. Защита от эрозии объемными геоячейками «Прудон-494» откосов дорог: а – строительство автодорожного обхода г. Сосновый Бор на А-121 в Ленинградской обл.; б – «Реконструкция автомобильной дороги Южно-Курильск – Головнино, о. Кунашир»

Объемные геоячейки «Прудон-494» применялись на десятках объектах федерального значения (МКАД, КАД Санкт-Петербурга, А-360 «Лена», А-331 «Вилкой», М-4 «Дон», М-1 «Беларусь», М-7 «Волга», М-5 «Урал», М-8 «Холмогоры», Р-22 «Каспий» и др.), а также при строительстве региональных дорог в северных районах России.

В 2004 году ОАО «СоюздорНИИ» выполнило полевые обследования участков автомобильных дорог ЯНАО и ХМАО, построенных с применением таких геоячеек. В заключении института отмечено, что «Прудон-494» в

конструкции дорог успешно решает задачи армирования конструктивных слоев и защиты откосов от эрозии. Прочностные характеристики геоячеек практически не изменились за время эксплуатации от 3-х до 8-ми лет [4].

Таким образом, «Прудон-494» является весьма востребованным геосинтетическим материалом. Грамотное применение объемных геоячеек способствует реализации в дорожном хозяйстве основных положений национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги», Федерального закона от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

# техническое регулирование

Организируют работу по техрегулированию геосинтетических материалов, в том числе и объемных геоячеек, технические комитеты Росстандарта ТК-465 «Строительство» и ТК-418 «Дорожное хозяйство». В их компетенцию входит разработка государственных стандартов (ГОСТ Р), сводов правил (СП), отраслевых дорожных методических документов (ОДМ) и другой нормативно-методической документации по геоматериалам.

Для достижения максимального эффекта от применения объемных геоячеек необходимо знать соответствующую нормативно-методическую документацию и правильно ее использовать при проектировании дорожных объектов.

## О НОРМАТИВНОЙ БАЗЕ ПОДРОБНО

Первичным документом технического регулирования объемных геоячеек является стандарт организации (СТО) на технические условия [3] и технологический регламент на изготовление, которые разрабатывает фирма-производитель. В СТО определены область применения геоматериала, показатели свойств и методы их определения, срок службы. Состав и содержание нормативно-методических документов в дорожной отрасли регламентированы в ОДМ 218.1.002-2020 [5]. Организация, утвердившая СТО, может направить его на согласование в Росавтодор и ведущие научные организации отрасли.

Актуальность совершенствования технического регулирования геосинтетических материалов в строительстве, в том числе нормативно-методической базы их применения, показана в работах [6-7].

В актуализированном в 2020 году СП 34.13330-2020 с изм. №3 [8] в разделе 7 «Земляное полотно» рекомен-

довано: для обеспечения прочности и устойчивости рабочего слоя дорожной одежды применение армирующих прослоек из геосинтетических материалов по ГОСТ Р 56338 (п. 7.21, п. 7.47); для насыпей из грунтов, влажность которых превышает допустимую, предусматривать применение армирующих геосинтетических материалов (п. 7.32), в т. ч. объемных геоячеек; предусматривать (п. 7.39, 7.63) укрепление откосов геосинтетическими материалами (объемные георешетки, геоматы, габионы); в конструкции земляного полотна на косогорах (п. 7.41) применение геосинтетических материалов, в т. ч. объемных геоячеек и армогрунтовых конструкций; при устройстве насыпей и выемок на слабых основаниях (п.7.44, 7.45, 7.52, 7.57) предусматривать армирование насыпей геосинтетическими материалами (ткаными геотекстилями, плоскими и объемными георешетками, геокомпозитами и др.).

В разделе 8 «Дорожные одежды» отмечено: под сборные покрытия, укладываемые на песчаное основание, целесообразно устраивать сплошную прослойку из полотна геотекстиля по ГОСТ Р 56419 и армировать объемными геоячейками щебеночное (гравийное) и щебеночно-гравийно-песчаное основание по ГОСТ Р 56338 (п.8.22); для устройства прослоек различного назначения в слоях дорожных одежд необходимо применять геосинтетические материалы, в т. ч. объемные геоячейки (п. 8.24, п. 8.29, п. 8.33, 8.44).

В актуализированном в 2020 году СП 78.13330-2020 с изм. №2 [9] в разделе 2 «Нормативные ссылки» приведены ГОСТы Р на методы определения показателей свойств геоматериалов. Приведены также стандарты на технические требования в зависимости от области применения:

- ГОСТ Р 56338-2015 для армирующих геосинтетических материалов;

- ГОСТ Р 56419-2015 для геоматериалов в прослойках для разделения слоев дорожной одежды из минеральных материалов и др.

В разделе 3 «Термины и определения» уточнены термины и определения геоматериалов, в том числе и термин «объемная георешетка» (п. 3.17ж). В разделе 4 «Общие положения» приведены параметры входного контроля объемных геоячеек и других геоматериалов. В разделе 5 «Организация дорожно-строительных работ» указаны технические требования к геоматериалам и даны ссылки на соответствующие стандарты в зависимости от области их применения.

В разделе 7 «Сооружение земляного полотна» приведены положения по применению объемных геоячеек и других геоматериалов: на влажных грунтах (п. 7.3.10); в конструкциях укрепления откосов и конусов (п. 7.4.3); на

**ОБЪЕМНЫЕ ГЕОЯЧЕЙКИ ПРИМЕНЯЛИСЬ НА ДЕСЯТКАХ ОБЪЕКТАХ ФЕДЕРАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ, А ТАКЖЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ ДОРОГ В СЕВЕРНЫХ РАЙОНАХ РОССИИ. ГРАМОТНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЭТОГО МАТЕРИАЛА СПОСОБСТВУЕТ РЕАЛИЗАЦИИ В ДОРОЖНОМ ХОЗЯЙСТВЕ ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ НАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТА «БКАД» И ФЕДЕРАЛЬНОГО ЗАКОНА ОТ № 184-ФЗ «О ТЕХНИЧЕСКОМ РЕГУЛИРОВАНИИ».**

болотах и слабых основаниях (п. 7.6); на скальных грунтах и сооружение насыпей из крупнообломочных грунтов (п. 7.7); в песчаных пустынях (п. 7.9) и др.

В разделе 8 «Устройство дополнительных слоев оснований...» приведены положения по применению объемных геоячеек при формировании армирующих прослоек в соответствии с ГОСТ Р 56338 и входной контроль качества (п. 8.4, п. 10).

В Приложении В описана технология устройства земляного полотна, устройства оснований и покрытий из щебня (гравия), песка, песчано-гравийных и песчано-щебеночных смесей при армировании геоячейками и другими геосинтетическими материалами.

Важным направлением технического регулирования объемных геоячеек и других геоматериалов является оценка их долговечности в соответствии с ПНСТ 318 и их идентификация по ГОСТ 53293.

Для исключения ошибок в вопросах техрегулирования, в целях реализации Федерального закона от 27.12.2002 №184-ФЗ «О техническом регулировании», совершенствования и развития стандартизации в области геоматериалов на национальном и международном уровнях целесообразно создать технический комитет

ТК «Геосинтетические материалы». В международной практике подобные структуры работают успешно. Это Технический комитет ТК 189 «Геосинтетики» Европейского комитета по стандартизации CEN, Международный комитет ISO ТК 221 «Геосинтетики».

## ВЫВОДЫ

1. В настоящее время техническое регулирование объемных геоячеек обеспечено соответствующей нормативно-методической документацией для всех сфер применения. Требуется ее развитие и гармонизация с международными стандартами.

2. Целесообразно продолжить поиск новых решений по объемным геоячейкам с повышением их технических и технологических характеристик и снижением себестоимости изготовления.

3. Для обеспечения технического регулирования предлагается создать национальный технический комитет ТК «Геосинтетические материалы» на базе Российского отделения международного общества по геосинтетическим материалам (РОМГО/ RCIGS) и подкомитет «Объемные геоячейки».■

## Литература

1. Альбом «Принципиальные схемы конструктивно-технологических решений по применению объемных геоячеек «Прудон-494» и примеры их реализации в транспортных сооружениях». ОАО «СоюздорНИИ», ОАО «494 УНР». — М.: 2008. — 143 с.
2. СТО 07859300-003-2011. «Методические рекомендации по применению геоячеек «Прудон-494» при строительстве сельских (местных) дорог в композиции с местными материалами и отходами промышленности». ОАО «СоюздорНИИ», ОАО «494 УНР». — М.: 2011.
3. СТО 07859300-005-2015 «Материал геосотовый пластмассовый скрепленный — геоячейки «Прудон-494». Технические условия».
4. НТО о НИР «Полевые обследования участков автомобильных дорог ЯНАО и ХМАО, построенных с применением объемной пластиковой георешетки «Прудон-494». ФГУП «СоюздорНИИ», 2004.
5. ОДМ 218.1.002-2020. «Рекомендации по организации и проведению работ по стандартизации в дорожном хозяйстве».
6. Лонкевич И.И. «Современное состояние нормативной документации по геосинтетическим материалам». «Дороги. Инновации в строительстве», №51, февраль 2016 г.
7. Аливер Ю.А. «Техническое регулирование геосинтетических материалов в строительстве». «Автомобильные дороги», №06 (1015), 2016.
8. Свод правил СП 34.13330-2020 с изм. № 3. «Автомобильные дороги». Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85.
9. Свод правил СП 78.13330-2020 с изм. №2. «Автомобильные дороги». Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85.



# ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ АВИАСТРОЕНИЯ

## ДЛЯ РАСЧЕТА И МОНТАЖА ПОЛИМЕРНЫХ ДОРОЖНЫХ СЕТОК

А. В. КОЧЕТКОВ,

д. т. н., профессор, член президиума Российской академии транспорта

А. В. СОТНИКОВ,

доктор транспорта, главный инженер проекта ОАО «Институт Гипростроймост».

**ТРАДИЦИОННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ГЕОСИНТЕТИКАМИ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ИЛИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО РАСЧЕТА НЕЭФФЕКТИВНО ИЗ-ЗА ЗНАЧИТЕЛЬНОЙ ВАРИАТИВНОСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ХАРАКТЕРИСТИК УКРЕПЛЯЕМОЙ СРЕДЫ. НЕРЕАЛЬНО ПРОМОДЕЛИРОВАТЬ ВСЕ ВОЗМОЖНЫЕ СОЧЕТАНИЯ ЭТИХ ПАРАМЕТРОВ. ЕДИНСТВЕННЫМ ОБЪЕКТОМ, СОХРАНЯЮЩИМ СВОИ ХАРАКТЕРИСТИКИ В ОГРАНИЧЕННОМ ДИАПАЗОНЕ, О КОТОРОМ ИМЕЕТСЯ ЗАРАНЕЕ ДОСТОВЕРНАЯ ИНФОРМАЦИЯ, ЯВЛЯЕТСЯ САМ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ИЛИ ИЗДЕЛИЕ. ОСНОВНАЯ ФУНКЦИЯ ГЕОТЕХНИЧЕСКОЙ АРМАТУРЫ – РАБОТА НА РАСТЯЖЕНИЕ И ИЗГИБ, В ОТЛИЧИЕ ОТ ФУНКЦИИ ГЕОРЕШЕТКИ – ОГРАНИЧЕНИЕ СТЕПЕНИ СВОБОДЫ ДЛЯ МАТЕРИАЛА СРЕДЫ. ПОЭТОМУ ВАЖНО ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГРУНТОВЫХ ИЛИ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОСИНТЕТИКОВ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРИРАЩЕНИЯ, СОПРОТИВЛЕНИЯ НАГРУЗКЕ, ПОВЫШЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ И ПАРАМЕТРОВ УСТОЙЧИВОСТИ.**

Рассмотрим гипотезы, принимаемые для анализа расчетной схемы взаимодействия дорожного покрытия, укрепленного геосеткой.

Колесо транспортного средства движется со скоростью  $V$  по дорожному покрытию. Геометрический анализ расчетной схемы деформирования горизонтальных линий полупространства покрытия представлен на рис. 1. На упруго-пластическое полупространство воздействует сосредоточенная нагрузка  $P$  от колеса.

Горизонтальные слои испытывают вертикальный прогиб  $\Delta$  и деформации гибки с растяжением через опору (колесо транспортного средства). В упрощенном случае принимаем равенство или соответствие типовому закону деформаций прогиба границы полупространства (поверхности дорожного покрытия  $\Delta_r$ ), нулевой линии  $\Delta_0$  и линии работы арматуры  $\Delta_a$ . Линия деформируемой поверхности дорожного покрытия испытывает сжатие, сокращение размеров  $\delta_r$  – отрицательные относительные деформации. Нулевая линия не испытывает деформаций растяжения – сжатия  $\delta_0 = 0$ . Линия работы арматуры испытывает отно-

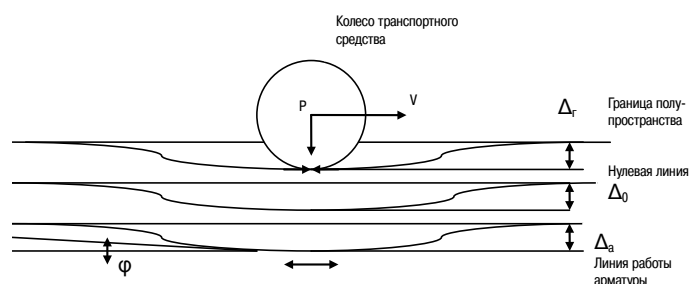


Рис. 1. Геометрический анализ расчетной схемы деформирования горизонтальных линий полупространства дорожного покрытия

сительные деформации растяжения  $\delta_a$ . ( $\varphi$  – угол наклона деформированного состояния линии к исходному).

Анализ схемы взаимодействия колеса транспортного средства и дорожного покрытия позволяет перейти к близкому аналогу – модели гибки с растяжением балки через центральную точечную опору (рис. 2).

Балка (длиной  $2L$ ) подвергается предварительному растяжению силами  $P$  и последующему изгибу силами  $Q$ . Деформация будет зеркально симметричной относительно центральной опоры, поэтому будем рассматривать только одну ее половину. В этом случае система сводится к изгибу с растяжением консольной балки с заделанным концом (см. рис. 2, 3).

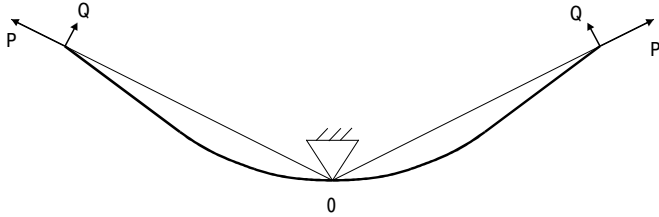


Рис. 2. Схема приложения нагрузок

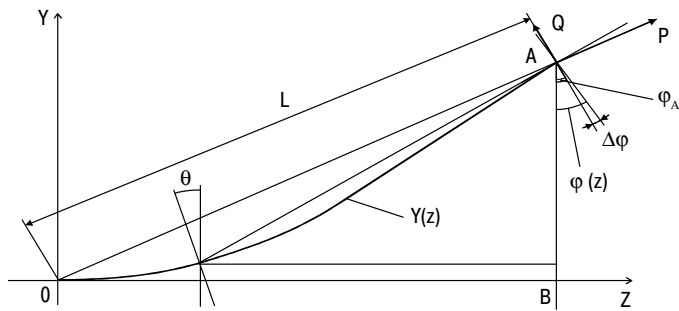


Рис. 3. Расчетная схема

В пределах малых деформаций угол поворота сечения  $\theta$ , если пренебречь деформацией сдвига  $\theta = \frac{dy}{dz}$ , где кривая  $y(z)$  определяет положение осевой линии изогнутой балки, составляет:

$$\kappa(z) = \frac{d\theta}{dz} = \frac{d^2y}{dz^2}, \quad (1)$$

где:  $\kappa(z)$  – кривизна по длине балки. При условии, что созданные силой  $P$  напряжения предварительного растяжения выводят материал в зону наступления пластических деформаций и по всему сечению заготовки напряжения сжатия при изгибе не превышают предела упругости, зависимость кривизны заготовки от изгибающего момента можно представить в виде:

$$\kappa(z) = \frac{M(z)}{\lambda}, \quad (2)$$

где:  $\lambda$  – параметр, характеризующий свойства материала заготовки и геометрические параметры поперечного сечения балки.

С учетом (1) и (2), дифференциальное уравнение осевой линии балки имеет вид:

$$\frac{d^2y}{dz^2} = \frac{M(z)}{\lambda} \quad (3)$$

Выразим изгибающий момент  $M(z)$  через силы  $P$  и  $Q$  (см. рис. 2):

$$M(z) = (L - z)(Q \cos(\Delta\varphi) - P \sin(\Delta\varphi)), \quad (4)$$

где:

$$\Delta\varphi = \varphi(z) - \varphi_A = \arcsin\left(\frac{y_A - y(z)}{L - z}\right) - \arcsin\left(\frac{y_A}{L}\right),$$

$y_A$  – перемещение конца балки (точки  $A$ )  $y_A = y(L)$ .

Считая углы относительно малыми, принимаем  $\sin(x) = x$ ,  $\arcsin(x) = x$ , тогда выражение (4) приводится к виду:

$$M(z) = (L - z)\left(Q - P\left(\frac{y_A - y(z)}{L - z} - \frac{y_A}{L}\right)\right). \quad (5)$$

Подставив (5) в (3), получим:

$$\frac{d^2y}{dz^2} = \frac{(L - z)\left(Q - P\left(\frac{y_A - y(z)}{L - z} - \frac{y_A}{L}\right)\right)}{\lambda}. \quad (6)$$

Решая это уравнение с учетом начальных условий ( $y(0) = 0$ ,  $y'(0) = 0$ ), получим:

$$y(z) = \frac{zy_A}{L} + \frac{Q}{P}\left(z - L + Le^{\left(\frac{z\sqrt{P}}{\lambda}\right)}\right) + \left(e^{\left(\frac{-z\sqrt{P}}{\lambda}\right)} - e^{\left(\frac{z\sqrt{P}}{\lambda}\right)}\right)\left(\frac{QL\sqrt{\lambda} + y_AP\sqrt{\lambda} + L^2Q\sqrt{P}}{2PL\sqrt{P}}\right) \quad (7)$$

Принимая во внимание, что  $y_A = y(L)$ , решим (7) для  $y_A$ :

$$y_A = \frac{IQ}{P\lambda} \frac{(L\sqrt{P\lambda} - \lambda)e^{\left(\frac{2L\sqrt{P}}{\lambda}\right)} + L\sqrt{P\lambda} + \lambda}{e^{\left(\frac{2L\sqrt{P}}{\lambda}\right)} - 1} \quad (8)$$

Подставив это выражение в (7), получим уравнение осевой линии изогнутой балки:

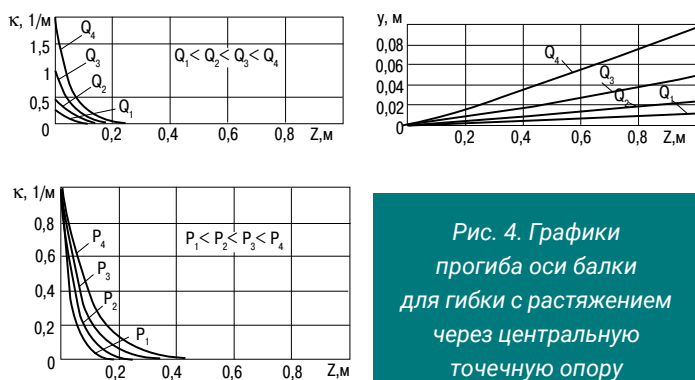
$$y(z) = \frac{IQ}{P} \times \left[ -1 + \frac{z\sqrt{P}\left(1 + e^{\left(\frac{2L\sqrt{P}}{\lambda}\right)}\right) + \sqrt{\lambda}\left(e^{\left(\frac{(2L-z)\sqrt{P}}{\lambda}\right)} - e^{\left(\frac{z\sqrt{P}}{\lambda}\right)}\right)}{\sqrt{\lambda}\left(e^{\left(\frac{2L\sqrt{P}}{\lambda}\right)} - 1\right)} \right] \quad (9)$$

Кривизна балки по ее длине  $\kappa(z) = \frac{d^2y}{dz^2}$ , следовательно, продифференцировав выражение (9) дважды, получаем:

$$\kappa(z) = \frac{LQ \left( e^{\left( 2(L-z)\sqrt{\frac{P}{\lambda}} \right)} - 1 \right) e^{\left( z\sqrt{\frac{P}{\lambda}} \right)}}{\lambda \left( e^{\left( 2L\sqrt{\frac{P}{\lambda}} \right)} - 1 \right)} \quad (10)$$

Выражение (10) определяет значение кривизны в нагруженном состоянии того слоя изогнутой балки, который задается формулой (8).

При вычислительном эксперименте были получены результаты, вполне соответствующие процессу гибки с растяжением балки через неподвижную опору с постоянным радиусом кривизны (рис. 4).



Иллюстрацией необходимости эффекта гибки с растяжением является пример потери устойчивости плоской формы для гнутого профиля на надземном пешеходном переходе автомобильной магистрали «Дон» (рис. 5).

Недостатком типовых решений конструкции геосетки является неоднородность механических свойств, а также наличие зоны упругости, что определяет появление люфта при работе сетки и увеличивает риск недостижения требований, изложенных в технических регламентах, нормативных документах и контрактной документации.

Поставленной задачей является обеспечение преднапряжения конструкции. Этим самым устраняются указанные недостатки прототипа: расширяется область применения для устройства укрепительных, удерживающих, улавливающих, защитных конструкций, теплоизолирующих и других покрытий.

Материалом гибкой нити может быть стекловолокно, полиэфир, углеродное, базальтовое, кевларовое волокно.

На оборудовании производства технического текстиля производится преднапряженная сетка, причем нижний слой изготавливается при натяжении в диапазоне, например, 1–4% относительного удлинения, а верхний



Рис. 5. Строительный контроль пропустил конструктивный брак — гофрирование при гибке; следовало применить гибку с растяжением, не позволяющую терять устойчивость формы

— при натяжении заданной силой. В процессе производства соединение первого и второго слоя нитей осуществляется прошивкой нитью-утком. В натянутом состоянии сетка поступает в зону пропитки, а далее — в зону сушки и намотки на бобину.

После этих операций изделие приобретает преднапряженные свойства. Например, изгиб под действием силы тяжести происходит значительно медленнее. Использование пропитки на полимерной основе обеспечивает повышенные механические свойства и их однородность.

В данном техническом решении пропитка выполняет дополнительную, определяемую расчетом и технологическим процессом роль нагартовочного элемента, создающего преднапряжение всех слоев геосетки.

Монтаж геосетки на укрепляемой среде не требует обеспечения высоких требований к операции преднапряжения. Достаточно безлюфтового распределения сетки на поверхности. Конструктивно обеспеченное преднапряжение позволяет обеспечить без запаздывания однородность восприятия и равномерность распределения нагрузки.

Сейчас появились геосетки российского производства, работа с которыми аналогична особенностям формообразования и ремонта объемных и силовых элементов изделия авиационной техники (объемная обтяжка, плоская гибка с растяжением).

Геосинтетические композитные материалы, используемые для усиления оснований, выполняют армирующую функцию, воспринимая растягивающие усилия, поэтому для них прочность на разрыв является наиболее важной характеристикой.



Рассмотрим аналоги из авиастроения, близкие к процессу взаимодействия колеса транспортного средства с армированной дорожной одеждой.

Разработана методика моделирования конструкций гибко-растяжных манипуляторов (технологических роботов для гибки с растяжением, ТРГР) с применением современных программных средств SolidWorks. С использованием данной методики (автор А. В. Кочетков) создается объемная компьютерная модель манипулятора, которая дает наглядное представление о его механике и возможностях движений с учетом конструктивных ограничений. Особенностью является представление элементов конструкции манипулятора в виде объемных тел при сохранении возможности их взаимных перемещений согласно заданным кинематическим параметрам (типам кинематических пар). На рис. 6 представлен созданный пример такой модели.

Влияние условий формообразования также во многом задает априорную неопределенность протекания процесса. Выбор и задание регулируемых направляющих параметров (момента, скорости, перемещения, силы) в зависимости от входных факторов может оказывать влияние различной степени на вариации выходных параметров.

Прикатка доводочным устройством внешнего слоя профиля, практически моделирующая взаимодействия колеса транспортного средства и дорожного покрытия, может привести к различным результатам в зависимости от числа проходов и усилия прижима ролика.

Наличие возмущающих факторов и параметров различной природы (в частности, труднопрогнозируемые деформации контура обтяжного пуансона) не позволяет непосредственно использовать методы аналитического программирования. Если схват — самоустанавливающийся, а привод ориентирующей степени подвижности отсутствует, то сила и момент преобразуются к обобщенным силам в соответствии с кинематической схемой манипулятора. Важным преимуществом силового управления является то, что сила растяжения может быть постоянной или незначительно изменяющейся. Однако при переходе к обобщенным координатам и силам, развиваемым приводами, для большинства схем получается, что обобщенные силы должны изменяться при этом в довольно широких пределах.

В этом плане значительные преимущества имеют схемы, в которых растяжение создается специальными гидроцилиндрами, качающимися и фактически следящими за касательными в конечных точках заготовки. При выборе между основными путями (управления по деформациям или силам) в принципе следует отдавать предпочтение первому, по крайней мере, по двум причинам.



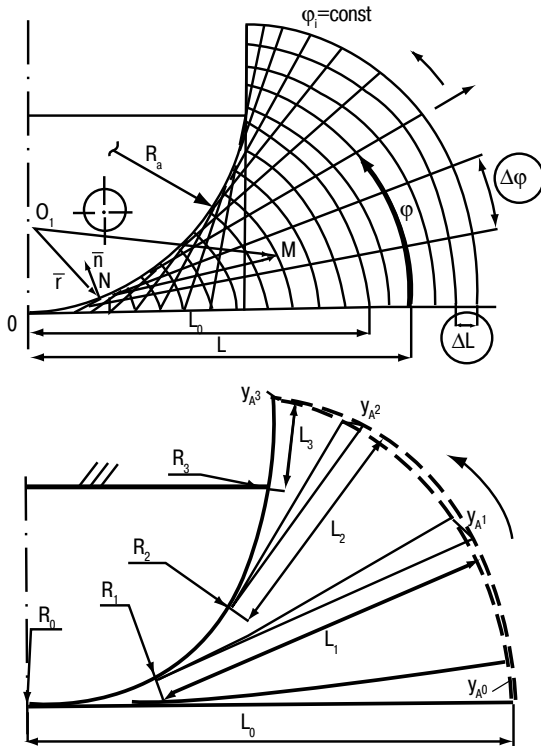
Рис. 6. Твердотельное моделирование технологического робота для гибки с растяжением (ПГР-6АД)

Во-первых, именно по деформациям налагаются ограничения, вытекающие из условия неразрушения. Во-вторых, при наличии ярко выраженной площадки текучести стабилизировать пластические деформации только по силам невозможно. Но при монотонном нарастании сил растяжения или при их стабилизации пластический изгиб вполне допустим.

При комбинированном управлении программа задается по линейной комбинации отклонений обобщенных координат и обобщенных сил. Особенности зависят от выбора коэффициентов в соответствующих слагаемых закона управления. Другая возможность реализуется при переходе от одной программы к другой, что в теории управления квалифицируется как переменная структура. Идея сводится к тому, чтобы на первом этапе увеличением силы растяжения довести заготовку до начала пластических деформаций, а затем, контролируя дополнительные деформации и ограничивая их, осуществлять изгиб. Такой способ дает значительные преимущества, когда момент начала пластических деформаций заранее не может быть оценен с удовлетворительной точностью вследствие разброса характеристик материала, наличия остаточных напряжений, возникающих на предыдущих этапах технологического процесса, отличий размеров сечений от номинальных значений.

Гибка с помощью ТРГР может осуществляться как по деформации, так и по усилию растяжения. В различных случаях возможно использование датчиков линейных перемещений, измеряющих перемещения (или их приращения) штоков растяжных цилиндров и углов поворота рабочих органов, а также средств измерения сил и деформаций различного типа. Из последних информативными, надежными и отработанными для профилегибочных станков являются датчики давления в полостях растяжных цилиндров, а также дефометры. Точные датчики линейных перемещений необходимы при реализации гибки с растяжением по деформации (по переме-

## 1. Управление по перемещениям



## 2. Управление по силам

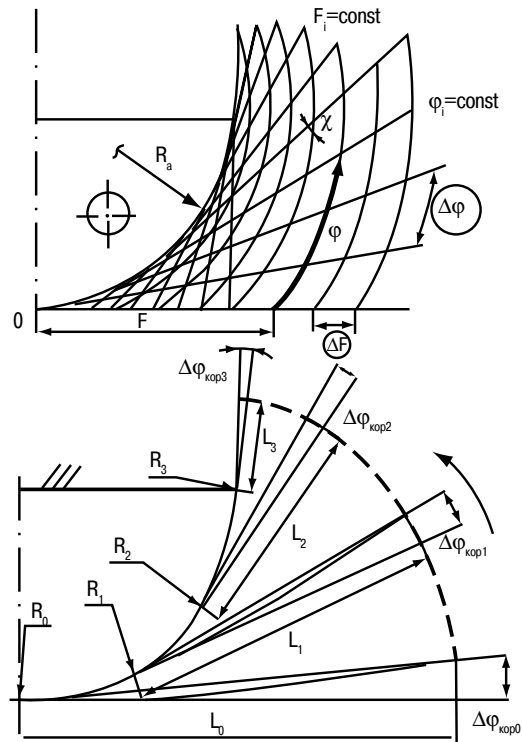


Рис. 7. Схемы формирования координатной сетки для технологического робота гибки с растяжением при управлении по перемещениям и силам

щениям) и при программировании обучением во время силового управления формообразованием.

Датчик линейных перемещений контролирует параметр положения зажимного патрона (например, штока самоустанавливающегося растяжного гидроцилиндра). Поворот (качание) штока вокруг оси не является параметром, непосредственно управляемым от УЧПУ, так как не имеет собственных приводов. Датчиков перемещений и давлений достаточно при реализации элементарной операции растяжения. Программные траектории движения могут быть формализованы в различных системах координат, в частности, в декартовой  $(x, y)$  и в цилиндрической  $(r, \varphi)$  с центром в нулевой точке станка. Управление может осуществляться по программам изменения силовых параметров — сил и (или) моментов. Тогда его следует считать силовым. Если используются одновременно или последовательно программы изменения и координат, и силовых параметров, то управление является комбинированным.

Наиболее информативным для процесса формообразования оказался угол между осью растяжного гидроцилиндра и поперечной нулевой линией, а в ряде случаев — угол поворота крыла.

При координатном управлении желательно перейти к такой системе координат, чтобы одна из них характеризовала только удлинение заготовки, а другая — только изгиб. Каждая из линий координатной сетки первого семейства строится как эвольвента формообразующего контура обтяжного пуансона. Кинематическая модель при этом следующая: на профиле закреплен один конец нерастяжимой нити, перемещение второго конца нити дает эвольвенту. Семейство эвольвент получается, если задавать различную длину нити. Каждая из линий второго семейства представляет собой прямую — саму натянутую нить. В теории механизмов подобные геометрические образы используются в теории эвольвентного зацепления. Эвольвенты и эволюты зависят от профиля, для которого они строятся. На рис. 7 изображены схемы формирования координатной сетки для технологического робота гибки с растяжением, причем формообразующие контуры обтяжных пуансонов выполнены в виде: на верхнем примере рис. 7 — окружности с радиусом кривизны  $R_a$ , на нижнем — нескольких участков окружностей с радиусом кривизны  $R, R_1, R_2, R_3$ .

Отметим некоторые особенности формирования координатной сетки для технологического робота. Основным ба-

зовым параметром является угол  $\varphi$  наклона касательной (в кинематической схеме — натянутой нити) в текущей точке схода профиля с формообразующего контура обтяжного пуансона. В свою очередь, линейный параметр координатной сетки (расстояние от точки схода с формообразующего контура до конца нити) является функцией текущего радиуса  $R$  кривизны контура пуансона, а также зависит от расстояния  $L_0$  от нулевой точки до конца нити при предварительном растяжении. Траектория движения конца нити, сматываемой с профиля, как раз является эвольвентой (разверткой) геометрии контура обтяжного пуансона.

Один и тот же контур пуансона имеет множество эвольвент, соответствующих различным значениям расстояния  $L_0$ . Траектория в виде эвольвенты пересекает касательные к контуру пуансона под прямым углом. Формируемая координатная сетка ТРГР является параметрической по координатам угла и линейного перемещения.

При использовании координатной сетки имеются две основные возможности формирования управляющей программы при координатном управлении.

Первая: в абсолютных значениях ( $\varphi, L$ ) угла  $\varphi$  наклона касательной к контуру пуансона и линейного параметра  $L$ , в качестве которого может выступать текущая длина прямолинейного участка профиля (текущего радиуса кривизны траектории перемещения нулевой точки схвата), расстояние  $b$  от текущей точки эвольвенты, соответствующей начальному уровню размерной настройки, расстояние  $a$  от нулевой точки зажимного патрона до оси качания растяжного цилиндра.

Вторая: в приращениях ( $\Delta\varphi_i, \Delta L_i$ ) указанных углового и линейного параметров перемещений, причем в общем (не всегда определенном) случае имеем (для дискретных значений текущего угла  $\varphi_i$ ):

$$\begin{aligned} \varphi_i &= \varphi_i - \varphi_{i-1}, d\varphi(t) = \varphi'(t)dt \\ \Delta L_i &= L_i - L_{i-1}, dL(t) = L'(t)dt \end{aligned} \quad (11)$$

Уравнение эвольвенты для траектории перемещения рабочего органа ТРГР может быть определено аналитическим путем (преобразованием известных уравнений в декартовой системе координат), а также в режиме «обучение» в координатах ( $\varphi_i, L_i$ ) или в приращениях ( $\Delta\varphi_i, \Delta L_i$ ):

$$\begin{aligned} \varphi &= \varphi(S), \Delta\varphi_i \approx d\varphi(S) = \varphi'(S) \\ L &= L(S), \Delta L_i \approx dL(S) = L'(S) \end{aligned} \quad (12)$$

где:  $S$  — длина дуги участка формообразующего контура пуансона.

Возможности применения силового управления, когда стабилизируются только силы и (или) моменты, а координаты не измеряются, проблематичны.

При комбинированном управлении основной путь — задание усилия в зависимости от угла наклона касательной к контуру  $F = F(\varphi)$ .

На рис. 7 (справа) представлены наглядные изображения зависимости «угол наклона касательной — усилие растяжения» с соответствующим выполнением контуров правых частей пуансонов. В каждом конкретном случае вектор силы откладывается от точки касания касательной и контура пуансона (точки схода заготовки с контура пуансона). Если рассматривать множество различных точек касания, соответствующим различным значениям угла, и строить из них векторы сил постоянного модуля, то после построения по их концам непрерывной кривой и повторения этой процедуры для различных значений модуля силы получим сетки, изображенные на рис. 7 (справа).

Использование инкрементальности (расчета в приращениях перемещений) позволяет процесс деформирования укрепляемой среды, например, среды «грунт — жидкость», описать последовательностью состояний равновесия  $S_0, S_1, \dots, S_n, S_{n+1}, \dots, S_f$ , где  $S_0$  — исходное. В природном состоянии среда имеет естественные влажность и давление.  $S_f$  — конечное состояние, для которого решаются задачи определения напряженно-деформированного состояния.  $S_n$  — произвольное промежуточное равновесное состояние, для которого известны параметры внешнего и внутреннего процесса: уровень приложенных нагрузок, уровень деградации среды, тензоры напряжений и деформаций в точках среды, вектор перемещения точек объема. Также считаются известными  $S_1, \dots, S_{n-1}$ . Каждое состояние называется шагом процесса. Теория подробно разработана в саратовской школе механиков профессора В. В. Петрова.

На основе информации об известных состояниях  $S_n$  и найденных приращениях  $\Delta S_{n+1}$  шага получают переменные состояния  $S_{n+1}$ . Алгоритм вычисления выполняет роль дискретизации непрерывной математической модели процесса деформирования.

Полагается, что воздействие увлажнения среды таково, что это приводит к увеличению деформаций по объему среды при неизменных напряжениях. Дополнительные деформации, вызванные увеличением сжимаемости увлажненной среды, приводят к снижению ее прочностных характеристик. Для среды «грунт — жидкость» применяется идеализация, аналогично применяемой в теории пластичности. Вводится обобщенная диаграмма напряжения среды, представляющая собой функциональную зависимость интенсивности напряжений от интенсивности деформаций для любого уровня напряжения:

$$\sigma_i = \sigma_i(\epsilon_i) \quad (13)$$

Имеется непрерывно зависящее от уровня напряжений семейство вложенных поверхностей деформирования, которые занимают объем, каждая точка которого соответствует определенной совокупности четырех параметров  $\sigma_i, e_i, \sigma_s, C$ , где  $\sigma_s$  – напряжение или его эквивалент, при котором происходило взаимодействие среды основания с процессом увлажнения. В любой момент процесса деформирования компоненты девиатора напряжения  $\sigma_{ij}$  пропорциональны компонентам девиатора деформаций  $\xi_{ij}$ , коэффициент пропорциональности представляет собой функцию, заданную диаграммой деформирования среды  $\sigma_i = \sigma_i(e_i)$ ;  $\sigma_{ij} = \lambda \xi_{ij}$ .

Для средних (гидростатических) напряжений и деформаций имеем  $\sigma = 3Ke$ , где  $K$  – объемный модуль, не зависящий от напряженно-деформированного состояния в точке.

Определяющие соотношения для деграционных функций опираются на общие законы, применяемые при феноменологическом моделировании, поэтому их структура не зависит от конкретных свойств процесса и материала среды. Уравнения состояния среды в теории наведенной неоднородности определяются на основе данных экспериментального исследования среды по влиянию увлажнения на ее деформационные свойства. Рассматривается гипотеза несжимаемости. Используются функции деграции  $\Phi_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) среды, вводимые в диаграмму деформирования среды  $\sigma_i(e_i, \Phi_1, \dots, \Phi_m)$ . Тогда пропорциональность девиаторов деформаций и напряжений имеет вид  $s_{ij} = \lambda e_{ij}$ , причем коэффициент  $\lambda$ , являющийся коэффициентом пропорциональности, выражается через секущий модуль диаграммы деформирования  $E_c$ :

$$\lambda = \left(\frac{2}{3}\right) E_c \quad (14)$$

Переходя к приращениям, имеем

$$s_{ij} = \Delta \lambda e_{ij} + \lambda \Delta e_{ij} \quad (15)$$

Определяется выражение для  $\Delta \lambda$ :

$$\Delta \lambda = \frac{2}{3} \left[ \frac{E_K - E_C}{e_i} \frac{\partial e_i}{\partial e_{kl}} \Delta e_{kl} + \frac{1}{e_i} \frac{\partial \sigma_i}{\partial \Phi_m} \Delta \Phi_m \right] \quad (16)$$

где  $E_k$  – касательный модуль диаграммы деформирования.

Группируя члены с приращениями деформаций, получают:

$$\Delta s_{ij} = \frac{2}{3} \left[ \left( \frac{E_K - E_C}{e_i} \frac{2}{3e_i} e_{kl} e_{ij} + E_C \delta_{ik} \delta_{jl} \right) \Delta e_{kl} + \frac{e_{ij}}{e_i} \frac{\partial \sigma_i}{\partial \Phi_m} \Delta \Phi_m \right] \quad (17)$$

где:

$$J_{klj} = \frac{2}{3} \left[ \left( \frac{E_K - E_C}{e_i} \frac{2}{3e_i} e_{kl} e_{ij} + E_C \delta_{ik} \delta_{jl} \right) \right]$$

$$f_{ij} = \frac{2}{3} \left[ \frac{e_{ij}}{e_i} \frac{\partial \sigma_i}{\partial \Phi_m} \Delta \Phi_m \right]$$

Уравнения состояния среды получаются в виде  $\Delta s_{ij} = J_{ijkl} \Delta e_{kl} + f_{ij}$ . Уравнения состояния могут быть решены относительно приращений деформаций:

$$\Delta e_{ij} = S_{ijkl} \Delta s_{kl} + G_{ij} \quad (18)$$

Последние похожи на уравнения состояния в теории пластичности. Однако в теории пластического течения считается, что материал остается однородным, а в теории наведенной неоднородности не является изотропным тензором четвертого порядка – среда меняет свои деформационные свойства. Коэффициенты зависят от нагружения, деграции свойств и от текущих значений напряжений в точке.

Ранее проведенные в дорожном хозяйстве широкомасштабные исследования прочности грунтов в различных регионах позволили установить характер зависимости между прогибом покрытия и модуля упругости, близкий к линейному. Например, воздействие на поверхность покрытия осуществляется через жесткий штамп с площадью, равной отпечатку следа расчетного автомобиля.

Ряд методик расчета и оценки прочности адаптирован к учету геометрии чаши прогиба дорожной конструкции. Результаты экспериментальных исследований показали, что наиболее близко значение прогиба описывает полиномиальная зависимость пятого порядка от текущей координаты (расстояние от центра штампа до рассматриваемой точки). Коэффициенты аппроксимирующих функций определяются с помощью компьютерных программ.

Очертание чаши прогиба с увеличением числа приложений изменяется. Учеными МАДИ установлено, что эта тенденция оказалась достаточно общей. Типовые соотношения между модулями упругости и радиусами кривизны позволяют перейти от силовых параметров к метрическим и решать геометрическую задачу в приращениях перемещений (в деформациях).

В качестве концептуальной идеи производства и применения геосинтетических материалов и изделий пред-

лагается принцип технологии авиастроения и судостроения — производство узлов и компонентов с учетом математической модели конечного изделия (самолета, ракеты, корабля) и их формообразования в приращениях перемещений, реализующих относительные технологические деформации.

Следуя по такому пути, в частности, ОАО «ВАТИ» выбрало оборудование немецких фирм, которое позволяет после оттяжки материала основывающегося полотна подавать его на пропитывающую установку без процесса намотки, часто сопровождающегося накоплением повреждений. Это дает возможность обеспечить устойчивость к деформациям, связанным с различными видами относительных перемещений на последующих этапах жизненного цикла изделия. На предприятии также разработан СТО 00149363-3115-2010, регламентирующий методы монтажа. Выпускается, в том числе, композиционный материал, принципы работы которого тождественны особенностям формообразования и ремонта объемных и силовых элементов самолета (объемная обтяжка, плоская гибка с растяжением).

Анализ устойчивости конструкции укрепления на откосе включает в себя определение составляющих статических и динамических сил, действующих на арматуру, а также распределение анкерных стержней. Решаемой задачей является повышение несущей способности укрепляемых грунтовых поверхностей за счет обеспечения работы геосетки в относительных деформациях гибки с растяжением, а также уменьшение риска недостижения требуемого срока службы возводимых сооружений.

Особенностью применения геосетки является то, что если ее при монтаже не переводят в преднапряженное состояние для работы в верхней зоне упругих деформаций, то она может испытывать люфт, и укрепленная поверхность начинает без механического взаимодействия испытывать накопление повреждений даже при обычных рабочих нагрузках. Однако преднапряжение расчетной силой неэффективно из-за вариации размерно-механических параметров сетки. Поэтому ее необходимо преднапрягать не расчетной силой, а путем выполнения расчетной относительной деформации в диапазоне 0,5–1,0% относительного удлинения шва.

Способ монтажа включает в себя подготовку поверхности переменной кривизны, растяжение геосетки до проектных размеров и крепление монтажными анкерами к поверхности по всему периметру, отличающегося тем, что растяжение осуществляется по приращениям перемещений на величину относительной деформации 0,1–2,0%, а распределение сетки на поверхности производят путем пространственной гибки с растяжением, осуществляемой по координатному или силовому за-

ПАРАМЕТРЫ РАСЧЕТА	ПОПЫТКА С ГЕОСЕТКОЙ	ПОПЫТКА С ГЕОСЕТКОЙ
Максимальное относительное перемещение в направлении оси	0,264938	0,164930
Максимальное относительное перемещение в направлении оси	0,181305	0,119305
Среднее квадратическое отклонение наибольшего растягивающего напряжения в рассматриваемом слое	0,146307	0,146307
Предельное растягивающее напряжение материала	-0,801224	1,179348
Критическое растягивающее напряжение материала	0,8821229	0,177934
Среднее квадратическое отклонение наибольшего растягивающего напряжения в рассматриваемом слое	1,329498	1,082008
Среднее квадратическое отклонение критического растягивающего напряжения	0,264125	0,362008
Аргумент функции Лапласа	1,329498	2,261498
Вероятность достижения критического напряжения в рассматриваемом слое при растяжении на величину относительной деформации	0,472089	0,498122
Вероятность достижения критического напряжения в рассматриваемом слое при растяжении на величину относительной деформации	0,0214298	0,0919208

Рис. 8. Окно «Результаты расчета»

мыканию, а после проводят калибровку путем дополнительного растяжения на величину относительной деформации нитей геосетки 0,1–1,0%. При распределении конструкции на поверхности путем гибки с растяжением образуется равномерно распределенный по непрерывной поверхности сеточный каркас, предназначенный для фиксации наполнителя (грунт, песок, щебень и т. д.).

Результатами расчета при сравнении конструкций дорожных одежд нежесткого типа с геосеткой и без геосетки являются: наибольшее растягивающее напряжение в рассматриваемом слое; коэффициент вариации растягивающих напряжений при изгибе в монолитном слое; среднее квадратическое отклонение наибольшего растягивающего напряжения в рассматриваемом слое; предельное растягивающее напряжение материала слоя с учетом усталостных явлений; среднее квадратическое отклонение допустимого растягивающего напряжения материала; критическое растягивающее напряжение в монолитном слое, при котором вероятность появления трещин равна 50%; среднее квадратическое отклонение критического растягивающего напряжения; аргумент функции Лапласа (рис. 8).

В процессе эксплуатации рекомендуется проводить мониторинг состояния укрепленной поверхности и геотехнической арматуры, а также мероприятия по обеспечению для них требуемых характеристик.

Вывод: рекомендуется проводить расчет приращений прочностных свойств укрепляемой дорожной среды в традиционных для технологий авиастроения приращении относительных деформаций армирующего геосинтетического материала, как слабо зависящих от влияния вариативности доминирующих факторов и параметров различной природы. ■



# FORTRAC GABION («ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ОТКОС»): ОПТИМАЛЬНОЕ АРМОГРУНТОВОЕ РЕШЕНИЕ

А. В. САМКО,  
ГИП ООО «ХЮСКЕР»

*РАЗВИТИЕ ДОРОЖНОЙ СЕТИ, РАСШИРЕНИЕ И МОДЕРНИЗАЦИЯ АВТОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ С ГОДАМИ ТОЛЬКО УВЕЛИЧИВАЕТСЯ; ПОВЫШАЮТСЯ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КАЧЕСТВЕННОГО, БЫСТРОГО И БЕЗОПАСНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА, ЧТО ВЕДЕТ ЗА СОБОЙ КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ, СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И РАЗРАБОТКЕ НОВЫХ.*

**А**рмогрунтовые сооружения (например, подпорные стены или откосы повышенной крутизны) с использованием геосинтетических материалов HUESKER все чаще находят применение в объектах автомобильной инфраструктуры. Выбор таких конструкций имеет экономическое обоснование при учете стоимости строительных материалов, логистики, а также сроков выполнения работ.

Одной из особенностей подпорных конструкций из армированного грунта является необходимость

устройства облицовочной системы (пассивной или активной) для защиты армирующих элементов от воздействия окружающей среды, а также обеспечения эстетичного вида сооружения. В качестве облицовочных элементов могут применяться жесткие системы — бетонные блоки (различных размеров), железобетонные панели и др.

Как правило, для таких облицовочных систем необходим фундамент с предварительно подготовленным основанием под него, а подошва фундамента должна

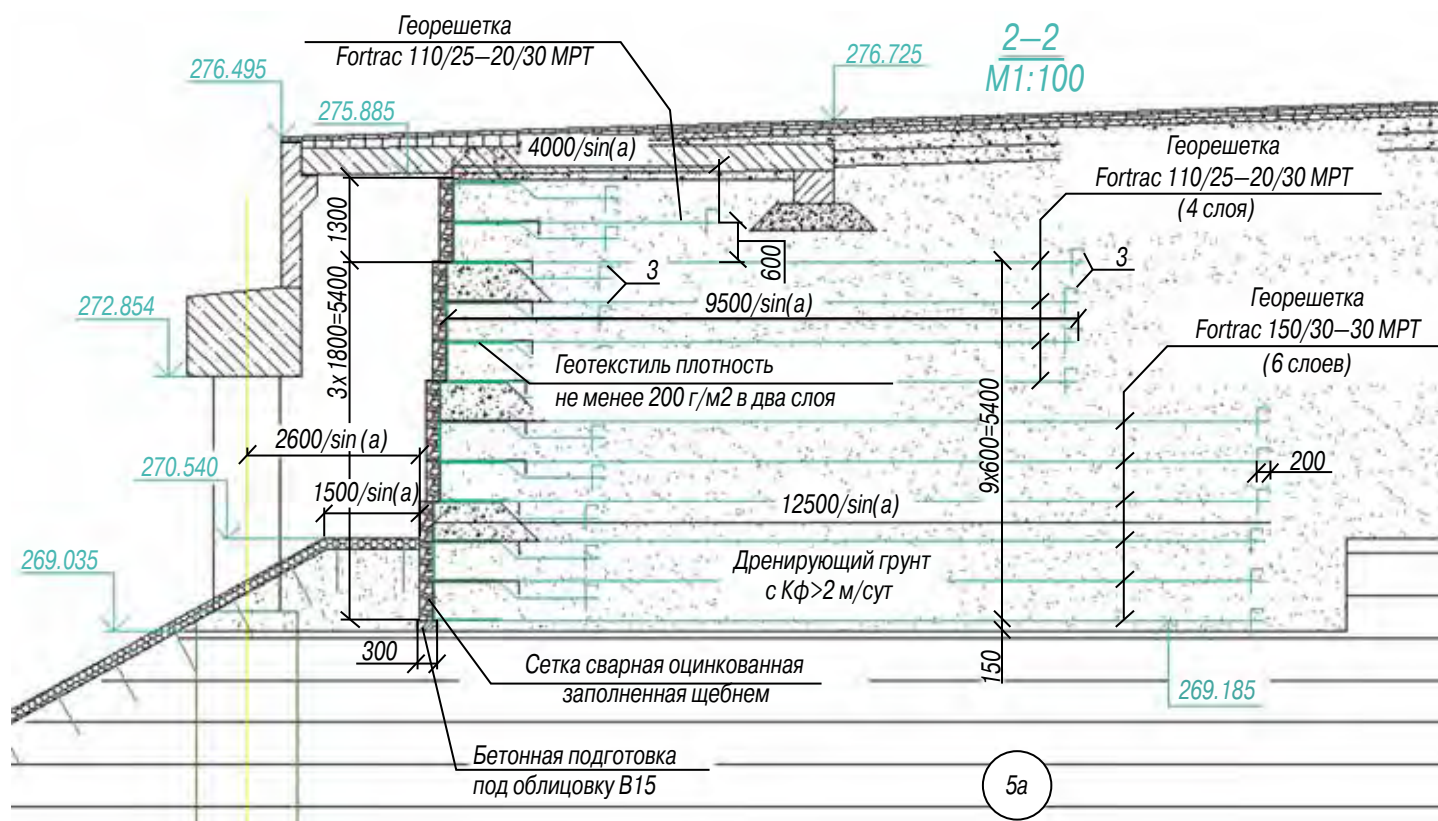


Рис.1. Конструкция устоя с отдельными функциями по системе «Вертикальный откос»

находиться ниже глубины промерзания. При наличии специфических грунтов основания под фундаментом возникает необходимость проведения дополнительных работ по повышению их несущей способности, что ведет к удорожанию конструкции и увеличению сроков строительства. Как следствие, экономическая эффективность армированного грунта с жесткой системой облицовки значительно сокращается.

Альтернативой данной конструкции может выступать гибкая пассивная облицовочная система. Анализ существующих решений, представленных в международной практике, привел к необходимости разработки усовершенствованной конструкции. Инженерами компании ООО «АРЕАН геосинтетикс. Сибирь» — партнера ООО «ХЮСКЕР» — была создана система «Вертикальный откос» (полугабионный тип облицовочной системы).

Армогрунтовые подпорные сооружения в данном случае представляют собой конструкцию из послойно армированного геополотном Stabilenka® Extreme или георешеткой Fortrac® MDT с шагом 0,6 м тела насыпи и облицовочной системы, заполнителем которой выбран щебень фракции 70-150 мм, в виде сплошной каменной засыпки толщиной около 250 мм заключенный в оболочку из металлической оцинкованной сетки.

Инженерами предусмотрено изменение контура армированного тела: смещение каждого трех последующих слоев вовнутрь на 120 мм, чтобы разгрузить гибкую облицовочную систему по высоте. Новая геометрия плоскости стены позволяет опереть каждый ярус облицовки на собственное основание, то есть на грунтовую «полку», верхнюю (опорную) часть которой для исключения местного смятия выполняется из щебня фракцией 5-20 мм. Для создания необходимых точек крепления полугабионной облицовочной системы к грунтовому телу во время отсыпки насыпи закладываются оцинкованные арматурные анкера, на которые впоследствии и крепится облицовочный контур. Обли-

**УСТОЙЧИВОСТЬ НОВОЙ АРМОГРУНТОВОЙ СИСТЕМЫ И НИЗКАЯ СТОИМОСТЬ ВСЕГО СООРУЖЕНИЯ ЯВЛЯЮТСЯ КЛЮЧЕВЫМИ ФАКТОРАМИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЕЕ КАК ОПТИМАЛЬНОГО РЕШЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ ПОДПОРНЫХ СТЕН В ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ В ОБЫЧНЫХ И СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ.**

щитовая система каждого яруса разбивается на карты шириной 1,5 м с помощью диафрагм из оцинкованной сетки.

Устойчивость данной армогрунтовой системы и низкая стоимость всего сооружения являются ключевыми факторами для определения ее как оптимального решения при строительстве и реконструкции подпорных стен в транспортной инфраструктуре в обычных и сложных инженерно-геологических условиях.

Армогрунтовое сооружение по системе «Вертикальный откос» (полугабион) при сравнении с другими системами облицовки является наиболее выигрышным решением с точки зрения экономичности и надежности. Эти преимущества позволили применить данную систему на объекте «Строительство объездной дороги на участке Дубки – Левадки. Южный федеральный округ. Искусственные сооружения (путепровод) на ПК 141+53, ПК 5+28,82. Армогрунтовые подпорные стены» (рис.1).

На автомобильной дороге технической категории ИБ предусматривалось строительство искусственных сооружений в стесненных условиях вблизи существующих транспортных коммуникаций: железнодорожной ветки, инженерных сетей. Проектом было предписано использование на подходной насыпи к путепроводу вертикальных подпорных стен в виде армогрунтовых конструкций.

Насыпь сооружалась из песка с углом внутреннего трения 35 град. (согласно требованиям СП 35.13330-2011 «Мосты и трубы»), послойно армированного высокопрочной георешеткой семейства Fortrac®, которая одним концом надежно заделанной в массив стабильного грунта, а другим оборачивалась по принципу полубоймы, таким образом создавая армогрунтовое тело, не зависимое от облицовочной системы из ж/б блоков.

Данная конструкция имеет ряд преимуществ над другими широко известными облицовочными системами:

1) строительство сооружения в сейсмоопасных регионах (благодаря гибкой системе армирования облицовки);

2) строительство тела сооружения в любое время года (монолитные работы отсутствуют);

3) отсутствие монолитных ж/б фундаментов (экономия на фундаментных работах и материалах);

4) высокая скорость монтажа облицовочной системы;

5) облицовочная система не чувствительна к деформациям тела сооружения (гибкая облицовочная система, возможность ремонта по картам);

6) шаг армирования 0,6 м (экономия в геосинтетических материалах);

7) отсутствует необходимость в дренажной призме (дренирует сама облицовочная система);

8) экономическая эффективность;

9) вандалоустойчивость.

Данная система широко применяется в различных климатических регионах и инженерно-геологических условиях, ее универсальность и экономическая эффективность доказаны успешно построенными объектами.

При проектировании армогрунтовых конструкций в условиях сопряжения с устоями искусственных сооружений (мосты, путепроводы, виадуки и др.) необходимо соблюдать ряд требований к прочностным и деформативным характеристикам геосинтетики, чтобы обеспечить надежность и безопасность сооружаемого объекта. Так, для предотвращения значительных горизонтальных перемещений армогрунтовой подпорной стены (в конструкции устоя с отдельными функциями), которая напрямую влияет на деформации опор моста или путепровода, необходимо с учетом требований п.п. 12.19 СП 46.13330 применять малодеформативные геосинтетические материалы. В частности, будучи изготовленными на основе поливинилспиртового сырья, они имеют относительную деформацию менее 6% (для сравнения: у ПЭТ – 10-17%, ПП – 9-20%, ПЭ – 10-20%) и высокий модуль упругости при 2-3%-м удлинении. Поэтому для обеспечения надежности и долговечности конструкций опор мостов и путепроводов необходимо применять при устройстве армогрунтовых сооружений такие материалы, как Fortrac MDT и Stablenka Xtreme, изготовленные из ПВХ-сырья.

 **HUESKER**  
Ideen. Ingenieure. Innovationen.

ООО «ХЮСКЕР»

125445, г. Москва,

Ленинградское шоссе, д. 69, к. 1

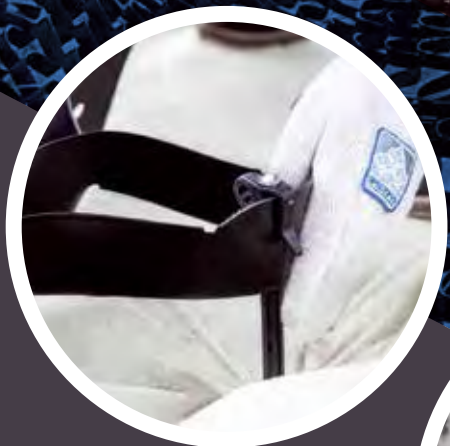
Тел. +7 (495) 221-42-58, факс +7 (495) 221-42-61

E-mail: info@HUESKER.ru

www. HUESKER.ru

**ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ  
КОНСТРУКЦИЙ ОПОР МОСТОВ И ПУТЕПРОВОДОВ  
НЕОБХОДИМО ПРИМЕНЯТЬ ПРИ УСТРОЙСТВЕ  
АРМОГРУНТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ ТАКИЕ МАТЕРИАЛЫ, КАК  
FORTRAC MDT И STABLENKA XTREME, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ ИЗ  
ПВС-СЫРЬЯ.**





Бесшовная георешётка для укрепления откосов **ГЕОСТЕП®**



Композитный анкер **ГЕОФОРС®**



Укрепление откосов **ЦКАД-4**



**МЫ ДЕЛАЕМ УСТОЙЧИВЫМ  
ЭТОТ НЕСТАБИЛЬНЫЙ МИР**

## **ПРЕСТОРУСЬ —**

российская инжиниринговая компания, с 1998 года специализирующаяся на разработке, производстве и поставке инновационных геосинтетических материалов для укрепления слабых грунтов

## **ЧТО МЫ ДЕЛАЕМ**

- разрабатываем новые геосинтетические материалы и конструкции на их основе;
- производим и поставляем высококачественные геоматериалы;
- выполняем инженерное сопровождение проектов;
- проводим шеф-монтажные работы;
- осуществляем мониторинг построенных объектов



✉ [sales@presto.ru](mailto:sales@presto.ru)  
 ☎ +7 (499) 673-37-33  
 📍 125367, г. Москва, ул. Габричевского, д. 5, к.1  
 🌐 [www.prestorus.com](http://www.prestorus.com)



# TENSAR:

## АРМОГРУНТОВЫЕ ИННОВАЦИИ ДЛЯ ВРЕМЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

*В ОБЛАСТИ СИСТЕМ АРМИРОВАНИЯ И МЕХАНИЧЕСКОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ГРУНТА МИРОВЫМ ЛИДЕРОМ ДОРОЖНИКИ МНОГИХ СТРАН СЧИТАЮТ КОМПАНИЮ TENSAR. ЕЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ УЖЕ ИСПОЛЬЗОВАНЫ, В ТОМ ЧИСЛЕ, В СОТНЯХ ПРОЕКТОВ ПО ВСЕЙ РОССИИ. СЕГОДНЯ TENSAR ВЫВОДИТ НА РОССИЙСКИЙ РЫНОК ФАКТИЧЕСКИ НОУ-ХАУ ДЛЯ НАШИХ ДОРОЖНИКОВ И МОСТОВИКОВ – ВРЕМЕННЫЕ АРМОГРУНТОВЫЕ СИСТЕМЫ.*

**К**омпания за несколько десятилетий разработала ряд технологий с использованием георешеток, применяемых при строительстве подпорных стен, устоев мостов, оснований насыпей и укреплений откосов. А презентации новых решений проводятся, в частности, в рамках веб-проекта Tensar Academy.

Так, минувшей осенью на одном из вебинаров ведущий инженер российского ООО «Тенсар Инновэйтив Солюшнз» Петров И. П. рассказал о временных армогрунтовых сооружениях с использованием систем SierraScape® и SierraSlope®. Были рассмотрены варианты применения армогрунтовых сооружений и проведен краткий обзор реализованных проектов.

Как известно, в ходе строительно-монтажных работ в дорожной отрасли зачастую возникает необходимость возведения временных сооружений – подходов к временным мостам или подпорных стен. Для решения подобных задач применяются как системы с металлическими облицовочными элементами (выполняющими в первую очередь формообразующую функцию), так и системы без облицовки – с оборачиванием каждого слоя грунта. В обоих случаях несущую функцию выполняют одноосные георешетки, армирующие грунтовый массив.

В целом армогрунтовые системы, по мнению компании, обладают такими преимуществами, как всесторонняя экономическая эффективность (в том числе в процессе доставки и складирования), технологичность и простота монтажа без дополнительных специальных машин и механизмов, высокая скорость производства работ в любое время года, что позволяет сократить затраты и сроки строительства, а также снизить негативное влияние на экологию.



*Временные армогрунтовые конструкции для обеспечения доступа сверхтяжелых кранов.  
Ветропарк Fife Energy Park, Великобритания*

В принципе, как для временных, так и для постоянных сооружений используются те же самые армирующие элементы, однако технологически для них задается разный срок службы. Это, соответственно, сказывается и на стоимости устройства систем. Например, если для постоянных устоев мостов задается долговечность в 120 лет, то для временных конструкций это может быть 5 лет – или сколько требуется конкретно по проекту производства работ. При этом временные сооружения могут служить дольше, чем от них изначально требуется.

Одним из достоинств временной системы SierraScape® также является возможность возводить сооружения разнообразных геометрических форм. Это зависит от



Устройство временных мостов  
через р. Сходня. Волоколамское шоссе, Москва

нужд проектировщика и заказчика. Разработано уже много различных конкретных вариантов. Такие облицовочные системы могут быть, как правило, легко собраны на строительной площадке.

Другой вариант — это когда облицовочные элементы типа Sierra изготавливаются на заводе. Они сначала свариваются, а потом оцинковываются, что значительно повышает срок службы этих элементов. Их целесообразно использовать для более долговременных сооружений. Опять-таки, подобные решения просты в применении, а сами облицовочные элементы в своем разнообразии практически не ограничены.

Основная функция — формообразующая, то есть обеспечение требуемого устойчивого заложения откоса, но вместе с тем сооружению придается достаточно эстетичный внешний вид. Использование систем Sierra к тому же очень экономично, прежде всего, с точки зрения логистики. К примеру, на одном автомобиле можно уместить до 1,5 тыс. элементов, которые приблизительно дают 2 тыс. м<sup>2</sup> облицовки. При традиционной технологии 1,2 тыс. облицовочных блоков, размещаемых на ана-



Мостовой переход с облицовкой,  
выполненной методом оборачивания



Уложенный участок грунта при возведении  
временной армогрунтовой стены

логичной машине, дадут только 72 м<sup>2</sup>. По количеству рейсов получается разница в 28 раз. Меньший вес элементов Sierra также упрощает погрузочно-разгрузочные работы.

Используемые для временных армогрунтовых сооружений одноосные георешетки «Тенсар» сертифицированы целым рядом государственных и иных независимых сертификационных органов, в том числе общеевропейского уровня.

Зарубежный опыт применения подобных решений уже достаточно широк в разных сферах транспортного строительства. Например, в ограниченных условиях, когда дорогу нужно «втиснуть» в узкую полосу отвода, оптимальным решением является возведение армогрунтовой насыпи с «вертикальными откосами». Ярким примером надежности временных армогрунтовых сооружений может служить укрепление насыпи для обеспечения доступа сверхтяжелых кранов на строительство ветропарка Fife Energy Park в Великобритании.

В России применение подобных технологий только начинается. В качестве свежего примера можно привести устройство временных мостов через реку Сходня на Волоколамском шоссе в Москве (реконструкция объекта завершится в конце 2021 года). Все участники проекта довольны и качеством, и эстетическим видом сооружений, выполненных по «тенсаровской» технологии.

Эффективность новых технологических решений при их экономичности и широте открываемых возможностей позволяет достаточно уверенно предполагать, что в дорожной отрасли России временные армогрунтовые сооружения тоже скоро займут свою объективную нишу.

# Tensar

[www.tensar.ru](http://www.tensar.ru)

# ИННОВАЦИОННЫЙ ДРЕНАЖНЫЙ ГЕОКОМПОЗИТ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ МЕРЗЛОТНОГО ПУЧЕНИЯ

Леонардо МАРТИНО,  
Пьетро ПЕЦЦАНО,  
Пьетро РИМОЛЬДИ,  
Морено СКОТТО,  
Андрей ПЕТРЯЕВ

(«Габиионы Маккаферри СНГ», *Officine Maccaferri S.p.A.*,  
ПГУПС Императора Александра I)

*ОДНОЙ ИЗ САМЫХ БОЛЬШИХ ПРОБЛЕМ В РАЙОНАХ С ХОЛОДНЫМ КЛИМАТОМ, КОГДА ДОРОЖНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ВОЗВОДЯТСЯ НА ЗЕМЛЯНОМ ПОЛОТНЕ ИЗ СВЯЗНОГО ГРУНТА В МЕСТНОСТИ С ВЫСОКИМ УРОВНЕМ ВЕРХОВОДКИ, ЯВЛЯЕТСЯ БОРЬБА С МЕРЗЛОТНЫМ ПУЧЕНИЕМ.*

В таких районах температура в зимний период понижается до  $-50^{\circ}\text{C}$ , и из-за капиллярного подъема грунтовых вод конструкция дороги полностью промерзает. В летний сезон лед тает, и слои основания теряют свою несущую способность, вызывая огромные просадки и разрушения в конструкции дороги. Это может произойти за одну зиму. Единственный способ избежать таких разрушений — предотвратить начало процесса.

Цель данной публикации — представить инновационный дренажный геокompозит, который после укладки в основании конструкции дороги обеспечивает капиллярорерывающий слой, предотвращая подъем грунтовых вод. Такой слой обеспечивается гидрофобным нетканым геотекстилем на нижней поверхности геокompозита; в то время как наверху стандартный нетканый геотекстиль позволяет воде, просачивающейся через гранулированные слои дорожной насыпи, достигать дренажной сердцевины геокompозита, который имеет большую толщину как для обеспечения требуемого расхода для отведения всей поступающей воды, так и для предотвращения соприкосновения верхнего и нижнего слоев геотекстиля, что может нарушить капиллярорерывающий слой. Представлена программа испытаний,

предназначенная для оценки характеристик этого инновационного продукта. Приведен анализ экономической эффективности для оценки решения сточки зрения строительства и технического обслуживания.

## ВВЕДЕНИЕ

В холодных регионах действие мороза под поверхностью дороги является серьезной проблемой, поскольку оно способствует ускоренному повреждению дорожного покрытия в результате процесса замерзания и оттаивания в сочетании с движением тяжелых грузовиков.

Мерзлотное пучение возникает в результате замерзания воды в мелкозернистой почве выше горизонта промерзания. Сохранение низкой степени водонасыщения почвы в зоне, которая подвержена промерзанию, способно значительно уменьшить величину мерзлотного пучения. Вода может проникать в грунтовую массу выше глубины промерзания двумя путями: капиллярный подъем от верховодки или нисходящая или боковая инфильтрация под дорогой. Оба источника воды можно успешно ограничить путем укладки капиллярорерывающего слоя, образованного либо дренажной камен-

ной засыпкой, либо геокомпозитом. Будучи правильно уложен, он предотвратит капиллярный подъем воды и обеспечит дренаж инфильтрационной воды над капилляропрерывающим слоем, осушая грунтовую массу. Водонепроницаемый материал, расположенный над верховодкой, также предотвратит капиллярный подъем, но он не будет дренировать грунт и может привести к накоплению влаги, образованию подвешенного слоя грунтовых вод над горизонтом промерзания или увеличению порового давления под насыпью, если условия грунтовых вод изменятся. Оба эти обстоятельства могут привести к ухудшению качества дороги.

Мерзлотное пучение грунтов, подверженных промерзанию, является, пожалуй, самой распространенной причиной разрушения дорожного покрытия в условиях холодного климата. Промерзание грунта и «рост» ледяных линз в почве вызывает подъем поверхности грунта. В результате дорожное покрытие поднимается, трескается и повреждается.

Во время весенней оттепели грунт основания ослабевает по мере таяния льда, что значительно ослабляет конструктивное основание дорожного покрытия. Автомобильное движение в это время наносит дороге серьезный ущерб из-за сочетания слабого грунта основания, трещин, ослабленного покрытия и нагрузки. Обычно в таких условиях дорожное покрытие требует капитального ремонта и даже ежегодного восстановления.

В компании «Маккаферри» разработан геокомпозит MacDrain Artic Blanket (AB), который предназначен для исключения или значительного ограничения мерзлотного пучения, что предотвращает повреждение дорожного покрытия благодаря следующему:

- создание капилляропрерывающего слоя;
- быстрый боковой отвод осадков и талых вод;
- высокая стойкость к повреждениям конструкции и к ползучести при сжатии из-за перегруженности тела насыпи.

## ПРОЦЕСС МЕРЗЛОТНОГО ПУЧЕНИЯ

Есть различные определения грунта, подверженного промерзанию. Согласно критерию Инженерного корпуса армии США, доля частиц размером менее 0,02 мм не должна превышать 3%. Чтобы повысить практическую применимость, Корпус также рекомендовал критерий, по которому сквозь сито № 200 (0,075 мм) (обычно это самое маленькое сито, используемое при анализе размера зерна) не должно проходить более 2% частиц. Было установлено, что в некоторых случаях этот критерий может быть чрезмерно консервативным. Другие специалисты считают неоправданным использование

только одного размера зерна 0,075 мм в качестве показателя подверженности грунта промерзанию.

В Норвегии подобные критерии включают в себя размеры 0,002, 0,02 и 0,2 мм (Knutson, 1993). Грунты подразделяются на четыре группы, от T1 (не подверженные промерзанию) до T4 (с высокой подверженностью промерзанию). Грунт, подверженный промерзанию, как правило, представляет собой мелкопесчаный суглинок, в котором менее 40% частиц меньше 0,002 мм, более 12% — меньше 0,02 мм и более 50% — меньше 0,2 мм.

Мерзлотное пучение вызывается водой в мелкозернистых грунтах, таких как суглинок и глина, когда она расширяется при замерзании. Процесс приводит к потере качества дорожного полотна.

Для возникновения мерзлотного пучения необходимы три условия (Henry & Holtz, 2001): наличие промерзания; грунт, подверженный промерзанию; поступление воды к фронту замерзания.

При отсутствии какого-либо условия мерзлотное пучение не происходит. Таким образом, должны предприниматься усилия для смягчения хотя бы одного из этих факторов.

В регионах, где промерзание глубокое, дороги часто строятся на низких насыпях, которые обеспечивают дополнительную степень теплоизоляции грунта. При строительстве тогда может быть достигнута значительная экономия за счет использования местного материала (во многих регионах гранулированные материалы, которые не подвержены мерзлотному пучению, недоступны вблизи или очень дороги).

В тех случаях, когда грунт, подверженный промерзанию, используется в холодном климате, необходимо контролировать содержание воды в нем, чтобы предотвратить мерзлотное пучение. Вода может проникнуть в насыпь двумя путями:

- капиллярный подъем грунтовых вод над верховодкой;
- нисходящая и боковая инфильтрация воды в насыпь дороги или непосредственно под ней.

Капиллярный подъем над верховодкой можно предотвратить двумя способами:

- устройство капилляропрерывающего слоя, который предотвращает миграцию воды вверх, но сохраняет опускание воды к верховодке;
- установка непроницаемого экрана, предотвращающего как восходящее, так и нисходящее движение воды в грунтовой массе.

Традиционный капилляропрерывающий слой был успешно использован для ограничения капиллярного подъема над верховодкой (Casagrande, 1938, Rengmark,

1963). Он был выполнен из гранулированного камня одного размера или с зазором, уложенного слоем толщиной до 0,5 м и расположенного выше максимального уровня верховодки. Конструкция такого типа предотвращает капиллярный подъем и, таким образом, уменьшает высоту капиллярной зоны и снижает мерзлотное пучение. Если слой уложен на правильном уровне, ниже горизонта промерзания и выше максимального уровня верховодки, то величина мерзлотного пучения будет значительно уменьшена.

Относительно недавно из геокомпозиатов, сердцевинной которых является геомат, зажатый между двумя слоями геотекстиля, был разработан дренаж капиллярного горизонта. Материалы этого типа были успешно использованы в качестве покрытия, предотвращающего мерзлотное пучение (Henry & Holtz, 2001). Там, где геокомпозит укладывается с боковым уклоном, выходящие наружу края геомата также способствуют боковому дренажу, предотвращая тем самым накопление воды в грунтовой массе над геокомпозитом.

Согласно Henry & Holtz (2001), альтернативой капиллярнопрерывающему слою является использование водонепроницаемого материала выше максимального уровня верховодки. Этот материал будет предотвращать капиллярный подъем вверх, однако он также будет предотвращать движение вниз, таким образом вызывая напор просачивающейся воды, если над водонепроницаемым слоем не будет обеспечен надлежащий дренаж. Укладка водонепроницаемого материала на неподходящем уровне в грунте может привести к созданию повышенного порового давления под насыпью, если повысился уровень верховодки, а дренаж под водонепроницаемым материалом недостаточен. При подпоре воды выше водонепроницаемого материала может возникнуть мерзлотное пучение.

Когда уровень верховодки замкнут под водонепроницаемым слоем или поднимается над ним, разница в высоте между основанием водонепроницаемого слоя и поверхностью верховодки представляет собой давление выпора на водонепроницаемый слой. Возможны две ситуации:

- восходящее поровое давление таково, что происходит разрывное вздутие, восходящее поровое давление приводит к восходящему пучению (при отсутствии замерзания) насыпи.

- поровое давление под водонепроницаемым слоем значительно увеличивает гидравлический градиент в водонепроницаемом слое, увеличивая тем самым вероятность того, что через водонепроницаемый слой будут локально развиваться каналы потока (их развитие наи-

более вероятно в плохо сконструированных водонепроницаемых слоях).

Восходящее поровое давление, приводящее к пучению, может быть преодолено путем укладки достаточного веса материала на непроницаемом слое, так что на непроницаемый слой действует результирующая сила прижима. Там, где результирующая вертикальная сила направлена вверх, происходит пучение. Высота насыпи, необходимая для предотвращения пучения, может быть определена путем расчетов равновесия вертикальных сил на уровне водонепроницаемого слоя.

Вместе с тем исследования Henry & Holtz (2001) показали, что для мелкозернистого грунта, расположенного в зоне промерзания с водонасыщением свыше 71%, эффект как капиллярнопрерывающего слоя, так и водонепроницаемого материала устраняется, что приводит к мерзлотному пучению. В связи с этим важно, чтобы степень водонасыщения почвы выше капиллярнопрерывающего слоя поддерживалась на низком уровне благодаря созданию надлежащей системы дренажа, которая позволяет воде естественным образом опускаться в верховодку или стекать по дренажному слою.

Было показано, что капиллярнопрерывающий слой из геокомпозита (GCD), испытанного в соответствии с ГОСТ 28622-2012 на испытания, практически полностью исключает мерзлотное пучение (ГОСТ разработан для измерения мерзлотного пучения в мелкозернистом грунте в результате капиллярного подъема воды).

## ГЕОМАТ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ МЕРЗЛОТНОГО ПУЧЕНИЯ

Геокомпозит используется в качестве геомата для предотвращения мерзлотного пучения, действуя как капиллярнопрерывающий слой над уровнем грунтовых вод и обеспечивая быстрый боковой отвод осадков и талых вод.

Дренажный геокомпозит (рис. 1) состоит из трех слоев, каждый с индивидуальной функцией:

Верхний слой представляет собой нетканый геотекстиль, который, как фильтр, позволяет воде, просачивающейся из грунта, попадать в дренажную сердцевину.

Центральный слой представляет собой дренажное ядро, состоящее из геомата с W-образным профилем, который обеспечивает высокую устойчивость к сжимающим нагрузкам (таким образом, он сводит к минимуму ползучесть при сжатии) и высокий расход, что позволяет воде, поступающей сверху и снизу, сливаться в боковые дренажи.



Рис. 1. Дренажный геокompозит MacDrain Artic Blanket компании «Маккаферри»

Нижний слой представляет собой специальный нетканый геотекстиль с гидрофобным полимерным покрытием, которое противодействует капиллярному подъему грунтовых вод снизу.

С помощью дренажного геокompозита капиллярный подъем полностью прекращается за счет незаполненного промежутка дренажного ядра: на самом деле сила поверхностного натяжения воды недостаточно велика, чтобы преодолеть промежуток в 9–10 мм (рис. 2).

Кроме того, нижняя поверхность нетканого геотекстиля является гидрофобной, и для прохождения через нее воде требуется минимальный напор 100 мм. Поскольку капиллярный эффект никогда не может образовать такого напора, попадание воды в дренажную зону предотвращается.

В результате гидрофобный геотекстиль останавливает восходящий поток воды, в то же время оставаясь проницаемым для нисходящего потока. Общий эффект действия этого материала похож на действие одностороннего клапана.

Гидрофобный геотекстиль, расположенный внизу, играет определяющую роль в предотвращении забивания дренажного ядра льдом из-за капиллярного подъема зимой: фактически, если капиллярная вода попадет в дренажное ядро зимой, вода замерзнет и дренажное ядро на всю толщину заполнится льдом; тогда лед соединит верхний и нижний геотекстиль, пустое пространство будет заполнено и капиллярный подъем продолжится вверх, образуя линзы льда в насыпи.

Возможность соприкосновения верхнего и нижнего геотекстиля также предотвращается высокой относительной толщиной (9–10 мм) сердцевинки геомата для предотвращения мерзлотного пучения, в то время как геокompозит с сердцевинкой низкой толщины (4–5 мм)

не гарантирует отсутствие соприкосновения верхнего и нижнего геотекстиля, что может нарушить капиллярнопрерывающий слой.

В условиях незамерзания нижний геотекстиль действует как фильтр, позволяющий свободное движение воды, что необходимо для эффективного дренажа: если

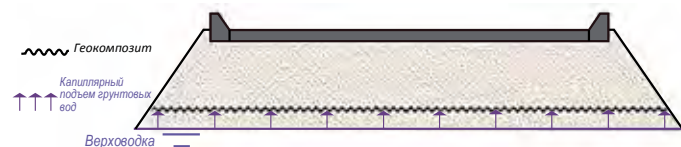


Рис. 2. Предотвращение подъема воды вверх с помощью Artic Blanket

**ГЕОМАТ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ МЕРЗЛОТНОГО ПУЧЕНИЯ ОБЕСПЕЧИВАЕТ ВЫСОКУЮ ЭКОНОМИЮ, ГАРАНТИРУЯ ПРИ ЭТОМ ГОРАЗДО БОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНУЮ ЗАЩИТУ ОТ МЕРЗЛОТНОГО ПУЧЕНИЯ ПО СРАВНЕНИЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАНУЛИРОВАННОЙ ОТСЫПКИ.**

центральный дренажный слой по какой-либо причине становится неэффективным (например, из-за плохой конструкции с неадекватным боковым уклоном), тогда вода все еще сможет просачиваться вниз.

Очень важной особенностью геокompозита является то, что геотекстиль состоит из полипропилена, который имеет более низкую смачиваемость, чем полиэтилен, и намного более низкую смачиваемость, чем полиэстер, который является гидрофильным. Фактически, если геотекстиль имеет более низкую смачиваемость, чем частицы почвы, его способность действовать как капиллярнопрерывающий слой значительно повышается (Henry, 1990).

## НЕЗАВИСИМЫЕ ИСПЫТАНИЯ ГЕОКОМПОЗИТА

Геокompозит был испытан в контролируемых лабораторных условиях компанией «Петромоделинг Лаб» (Москва) на мерзлотное пучение по ГОСТу 28622-2012.

Испытательное устройство подвергает поверхность образцов воздействию воздуха при температуре  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Нижняя часть их опущена в воду, температура которой поддерживается на уровне  $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Капиллярный подъем

**Таблица 1**  
**Результаты испытаний с грунтом при оптимальной влажности**

Деформации мерзлотного пучения после 96 часов	Без геокompозита АВ (мм)	С геокompозитом АВ (на 100 мм) (мм)	С геокompозитом АВ (на 50 мм) (мм)
№1 Плотный суглинок	7,38	0,23	1,74
№2 Слабый суглинок	7,42	0,31	—

**Таблица 2.**  
**Результаты испытаний с грунтом при влажности > оптимальной**

Деформации мерзлотного пучения после 96 часов	Плотность грунта, (кН/м <sup>3</sup> )	Влажность грунта W, %	Без АВ, (мм)	С АВ (на 100 мм), (мм)
№ 1 Плотный суглинок	15,8	25,9	9,47	2,12
№ 2 Слабый суглинок	17,1	23,1	8,54	—

ем в испытываемом грунте вызывает попадание воды в зону промерзания. Внутри образцов образуются ледяные линзы, приводящие к увеличению высоты образцов, которая измеряется с интервалами в течение 96 часов. Максимальное зарегистрированное увеличение высоты образца определяется как его мерзлотное пучение.

Испытание проводилось с использованием двух грунтов, подверженных промерзанию, о которых известно, что они дают сильное мерзлотное пучение.

Геокompозит был уложен в двух позициях внутри испытательной камеры, на расстоянии 50 мм и 100 мм от верха соответственно.

Испытания проводились как при оптимальной влажности для уплотнения, так и при повышенной влажности. Результаты представлены в табл. 1 и 2. Образцы после испытаний показаны на рис. 3.

Результаты показывают, что геомат практически полностью устраняет мерзлотное пучение, при этом укладка дренажного геокompозита на расстоянии 100 мм от

верха (то есть ближе к источнику капиллярного поднятия) более эффективна.

## СРАВНЕНИЕ ЗАТРАТ. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОНТАЖ

В России стоимость поиска материала, транспортировки, укладки, уплотнения слоя грунта толщиной всего 300 мм будет стоить около 900 рублей за 1 м<sup>2</sup> насыпи. Если этот слой забивается мелкими частицами, потребуется периодическое его обслуживание. Для сравнения: стоимость поиска, транспортировки, укладки геокompозита составляет около 550 рублей за 1 м<sup>2</sup> насыпи. Дренажный геокompозит при правильной установке практически не требует технического обслуживания.

Очевидно, что геомат для предотвращения мерзлотного пучения обеспечивает высокую экономию, гарантируя при этом гораздо более эффективную защиту от мерзлотного пучения по сравнению с использованием гранулированной отсыпки.

Защита обеспечивается специально разработанной конструкцией дренажного геокompозита. Кроме того, проектирование материала в качестве дренажного слоя должно выполняться на основе графиков, полученных в результате испытаний расхода ISO 12958, в соответствии с ISO/TR 18228-4.

Для слоя гранулированного материала толщиной 300 мм, расположенного ниже тела насыпи разной высоты, эквивалентный геомат для предотвращения мерзлотного пучения представлен в табл. 3.

Геокompозит выполняет функцию устранения капиллярного подъема грунтовых вод в подверженных про-



**Рис. 3. Образцы мерзлого грунта, демонстрирующие мерзлотное пучение, без геокompозита и с ним**



**Таблица 3.**  
**Эквивалентный геокомпозит MacDrain AB для типичного слоя дренажа**  
**из гранулированного материала при общих проектных условиях**

Высота насыпи (м)	Толщина гранулированного дренажного слоя (м)	Водопроницаемость (м/с)	Эквивалентный геомат для предотвращения мерзлотного пучения
3	0,30	$3 \times 10^{-3}$	MacDrain AB 1091
7	0,30	$3 \times 10^{-3}$	MacDrain AB 1091
10	0,30	$3 \times 10^{-3}$	MacDrain AB 1101

мерзанию грунта в периоды сильных морозов, предотвращая тем самым повреждение дорожных покрытий, вызванное мерзлотным пучением.

Для того чтобы обеспечить выполнение этой функции, дренажный геокомпозит следует укладывать ниже глубины промерзания грунта, но выше зимнего уровня верховодки.

Геомат следует укладывать так же, как и стандартный геотекстиль, со следующими дополнительными рекомендациями:

- чтобы гидрофобный геотекстиль был обращен вниз;
- внешний край геокомпозита должен выходить на лицевой стороне насыпи, чтобы обеспечить беспрепятственный отвод наружу любой воды, поступающей в зону дренажа;
- для эффективного бокового дренажа геокомпозит следует укладывать с боковым уклоном 2–3% к стороне насыпи с беспрепятственным водоотводом. ■



Рис. 4. Укладка геокомпозита

### Литература

1. ГОСТ 28622-2012, Грунты. Метод лабораторной процедуры определения деформаций мерзлотного пучения. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, Россия (2012).
2. Казагранде Л. (Casagrande, L.), Исследование земляного полотна дорог. В материалах VIII Международного дорожного конгресса, Гаага, с. 1–27 (1938).
3. Генри К. С. (Henry, K. S) (1990). Лабораторное исследование использования геотекстиля для предотвращения мерзлотного пучения, отчет CRREL 90–6, Инженерный корпус армии США, (1990).
4. Генри К. С. и Хольц Р. Д. (Henry, K. S and Holtz, R. D.) Геокомпозитные противокapиллярные экраны для уменьшения мерзлотного пучения в грунтах. Канадский геотехнический журнал, т. 38, с. 678–694 (2001).
5. Кнутсон А. Мерзлотные процессы в грунтах. Норвежская дорожно-исследовательская лаборатория, Осло, Норвегия (1993).
6. ISO 12958. Геотекстиль и связанные с ним изделия. Определение пропускной способности воды в их плоскости. ISO, Женева, Швейцария.
7. ISO/TR 18228-4. Проектирование с использованием геосинтетики — Часть 4: Дренаж ISO, Женева, Швейцария.
8. Ренгмарк Ф. (Rengmark, F.) Проектирование дорожного покрытия в зонах промерзания грунта в Швеции. Протокол исследований автомагистрали 33, проектирование дорожного покрытия в районах промерзания II. Проектные соображения, с. 137–157 (1963).

**MACCAFERRI**

maccaferri.ru

Организатор конференции



INTERNATIONAL  
ASSOCIATION OF  
FOUNDATION  
CONTRACTORS

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ  
ФУНДАМЕНТОСТРОИТЕЛЕЙ

Генеральный спонсор



26-27  
МАЯ 2021

VII МЕЖДУНАРОДНАЯ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ

«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ,  
СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕХНИКА  
И СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ДЛЯ УСТРОЙСТВА ОСНОВАНИЙ  
И ФУНДАМЕНТОВ»

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:  
МОСКВА, МВЦ «КРОКУС ЭКСПО»,  
В РАМКАХ ВЫСТАВКИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ  
И ТЕХНОЛОГИЙ «BAUMA CTT RUSSIA»

Официальная поддержка

bauma CTT RUSSIA

Генеральные информационные партнеры



# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АРМИРОВАНИЯ ЛЕДОВЫХ МАССИВОВ С ПОМОЩЬЮ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

А. П. БЕЛОГЛАЗОВ,  
директор ООО «Ниагара»;  
В. Л. ЧЕРНЯВСКИЙ,

Главный специалист по применению полимерных композиционных материалов  
в строительстве ООО «Ниагара»;

М. М. ГАЛУШКО,  
начальник кафедры ВИ(ИТ) ВА МТО им. генерала армии А. В. Хрулева

*НА СЕГОДНЯШНИЙ ДЕНЬ НЕ РЕШЕНА ПРОБЛЕМА КРУГЛОГОДИЧНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ. В ЗИМНИЙ ПЕРИОД ДЛЯ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ, ЛЮДЕЙ И ТЕХНИКИ В ЭТИХ РАЙОНАХ ШИРОКО ИСПОЛЬЗУЮТСЯ АВТОЗИМНИКИ, ЛЕДОВЫЕ ПЕРЕПРАВЫ. ЛЕД ТАМ ЯВЛЯЕТСЯ ВАЖНЫМ КОНСТРУКЦИОННЫМ СТРОИТЕЛЬНЫМ МАТЕРИАЛОМ. РАЗРАБОТАНО ИННОВАЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ ПО ЕГО УСИЛЕНИЮ.*

По данным МЧС, ежегодно в России официально действуют до 500 ледовых переправ. Длина их колеблется от сотен метров до сотен километров (оз. Байкал, р. Енисей и т. п.). Актуально использование ледовых площадок складирования грузов и зимних взлетно-посадочных полос тяжелых самолетов. Лед эффективно используется для создания искусственных ледовых островов для выполнения разведочного бурения скважин и добычи нефти и газа.

Известны различные способы усиления льда. Среди них:

- Намораживание дополнительных слоев (увеличение толщины), вмораживание армирующих материалов (дерево в виде бревен или щитов, солома, ветки, обрезки тросов и т.п.).

- Применение геосинтетических материалов (полимерные волокна, сетки, плоские решетки). Анализ результатов отечественных и зарубежных исследований свидетельствует, что армирование дорожных конструкций геосинтетикой позволяет повысить их сопротивление растягивающим напряжениям от силовых и температурных воздействий, уменьшить трещинообразование и увеличить срок службы автомобильных дорог.

Однако степень увеличения несущей способности льда геосинтетическими сетками не достаточна для

увеличения грузопотоков и транспортных нагрузок. Для выбора оптимальных решений необходимо учитывать внутреннюю структуру льда, физико-механические и теплофизические свойства, механизмы разрушения льда изгибно-гравитационными волнами от движущейся нагрузки, влияние на эти параметры природных факторов, глубины водоема, интенсивности течения и т. п. [1]. При исследовании волнового характера колебаний льда под действием движущейся нагрузки [2, 3] была обнаружена возможность проявления опасных явлений резонанса.

Слабый эффект от армирования наблюдается и при применении плоских георешеток из полипропилена.

Усиление геосинтетическими материалами (решетками) эффективно при небольших толщинах намороженного льда (до 50 см), которые не должны превышать 30% его естественной толщины.

Относительная небольшая степень усиления льда при использовании плоских решеток вызвана практически нулевой собственной жесткостью при изгибе.

На сегодняшний день доказано [5], что применение объемных георешеток для усиления грунтов более эффективно, чем плоских полимерных сеток и тканей.

Анализируя полученные в [4] результаты, можно предположить, что основной задачей использования

объемной георешетки является создание объемного сжатия (при действии вертикальных нагрузок) в материале заполнения ячейки. Однако материал георешетки довольно деформативен. В случае заполнения решетки песком или грунтом из-за высокой пустотности заполнителя не происходит распора и обжатия материала в нужной степени. Оптимально решает проблему трехосновного сжатия заполнение ячеек изотропным материалом — бетоном или льдом.

Инновационным решением усиления льда является применение ячеистой конструкции из полимерного композита (рис. 1).

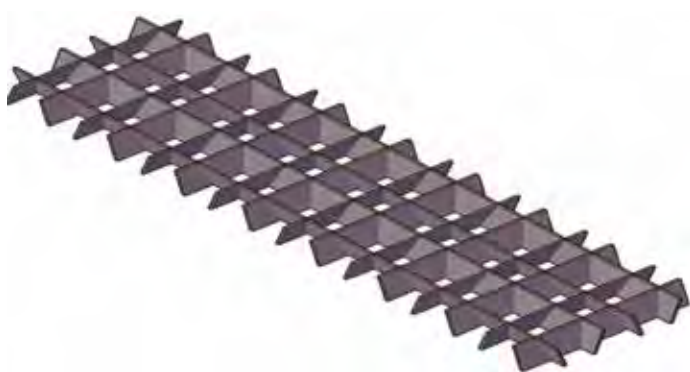


Рис. 1. Ячеистая конструкция из полимерного композиционного материала

Решение заключается в увеличении степени армирования льда за счет применения новых полимерных композиционных материалов в виде ячеистых конструкций, собираемых из плоских элементов из ПКМ. Эти легкие конструкции, включенные в состав льда, распределяют приложенную нагрузку на большую площадь и сами обладают высокой прочностью и жесткостью. Расположение плоских элементов под углом от вертикали при действии полезной нагрузки создает

**АРМИРОВАНИЕ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГЕОСИНТЕТИКОЙ ПОЗВОЛЯЕТ ПОВЫСИТЬ ИХ СОПРОТИВЛЕНИЕ РАСТЯГИВАЮЩИМ НАПРЯЖЕНИЯМ ОТ СИЛОВЫХ И ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ, УМЕНЬШИТЬ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЕ И УВЕЛИЧИТЬ СРОК СЛУЖБЫ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ. ИННОВАЦИОННЫМ РЕШЕНИЕМ УСИЛЕНИЯ ЛЬДА ЯВЛЯЕТСЯ ПРИМЕНЕНИЕ ЯЧЕИСТОЙ КОНСТРУКЦИИ ИЗ ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА.**

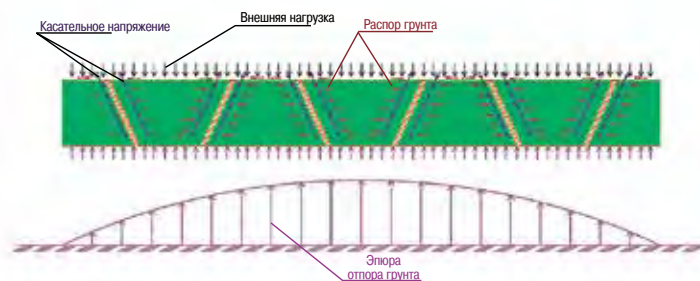


Рис. 2. Механизм воздействия сил трения по стенкам ячейки и распора льда внутри ее

воздействие сил трения по стенкам ячейки и распора льда внутри ее (рис. 2).

Соединение взаимно перпендикулярных элементов в прорезях обеспечивает их взаимную поддержку и, вследствие этого, высокую жесткость при деформировании.

Результаты испытания образцов ячеистой конструкции на четырехточечный изгиб показали, что ее жесткость больше, чем у сплошного образца, выполненного из того же материала. Характер деформирования ячеистой конструкции показывает линейную зависимость между напряжениями и деформациями, и образование первых трещин не приводит к хрупкому разрушению. Оно происходит постепенно при увеличении нагрузки и образовании новых трещин, то есть разрушение носит вязко-упругий характер.

Ячеистая конструкция без облицовок может успешно использоваться для объемного армирования бетона, грунтов, насыпей и ледовых массивов. Такие решения могут применяться как для «нижнего, так и «верхнего» армирования намороженного льда. Также ячеистая конструкция может иметь высоту намораживаемого льда. В этом случае его требуемая толщина может быть уменьшена без изменения несущей способности. Применение ячеистой конструкции для верхнего армирования или армирования на всю высоту ледового настила обеспечивает значительное повышение его несущей способности и трещиностойкости, а также предотвращение хрупкого пролома льда при движении тяжело нагруженного транспорта или приложении точечной нагрузки.

При изготовлении ячеистой конструкции могут использоваться связующие, удовлетворяющие требованиям по водопоглощению, морозостойкости, химстойкости. Армирование полимерного композиционного материала может осуществляться стекло-базальтовым или углеродным волокном.

В табл. 1 для справки приведены данные по физико-механическим свойствам стеклопластика, использованного для изготовления и испытания образцов ячеистых конструкций.

**Таблица 1.**

**Свойства стеклопластика, использованного для изготовления и испытания образцов ячеистых конструкций**

Показатели	Значения
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,4–1,9
Предел прочности при изгибе, МПа	140
Модуль упругости при изгибе, МПа, не менее	10000
Предел прочности при растяжении, МПа, не менее	140
Модуль упругости при растяжении, МПа, не менее	11000
Водопоглощение за 24 часа при t = 23°C, не более	0,7%

Ячеистые конструкции собираются из плоских, компактных и легких полимерных композиционных материалов, что существенно оптимизирует логистическую цепочку, а именно:

- ячеистые конструкции в разобранном виде могут доставляться до места назначения любым видом транспорта, в том числе авиационным;
- сборка конструкций происходит на месте;
- в теплое время года элементы конструкции могут храниться в разобранном виде, обеспечивая судоходство.

Армирование льда производится при температуре ниже 0°C. Сохранить работоспособность ячеистой конструкции можно до температуры окружающей среды +15°C, закрывая ледовую поверхность теплоизолирующим материалом.

Предлагаемое решение, а именно армирование льда легкосборными ячеистыми конструкциями, значительно повысит эффективность использования ледовых покрытий. ■

## Литература

1. Способы и методы повышения несущей способности ледяного покрова. <http://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=17173#1>.
2. Зубов Н.Н. Основы устройства дорог на ледяном покрове. М.: Гидрометеиздат, 1942, 73 с.
3. Зубов Н.Н. Льды Арктики. М.: Изд-во Главсевморпути, 1945, 360 с.
4. Матвеев С.А. Моделирование и расчет армированных многослойных плит на упругом основании. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Томск: 2006, 34 с.
5. Патент на полезную модель №154152 «Настил». Белоглазов А.П., Чернявский В.Л., Габов А.В., Искандарян Г.А., 2014.



## КОМПОЗИТ-ЭКСПО

Тринадцатая международная специализированная выставка

30.03 - 01.04.2021

Россия, Москва,  
ЦВК «Экспоцентр», павильон 1

**Основные разделы выставки:**

- Сырье для производства композитных материалов, компоненты: Наполнители и модификаторы
- Стеклопластик (пластик, армированный стекловолокном), углепластик (пластик, армированный углеродным волокном), графитопластик, базальтопластик, базальтовые волокна, древесно-полимерный композит (ДПК), искусственный камень, искусственный мрамор, металлокомпозиты, нанокompозиты, биокompозиты и т.д.
- Полуфабрикаты (препреги)
- Инженерные пластики
- Промышленные (готовые) изделия из композитных материалов
- Оборудование и технологическая оснастка для производства композитных материалов
- Инструмент для обработки композитных материалов
- Измерительное и испытательное оборудование
- Компьютерное моделирование

**Информационная поддержка:**





Параллельно проводится выставка:

### ПОЛИУРЕТАНЭКС

Узнайте все о полиуретановых материалах и технологиях на выставке [www.polyurethane-expo.ru](http://www.polyurethane-expo.ru)

**Дирекция:**  
Администрация «Мир-Экспо»  
115240, Москва, Варшавская, Хлебозаводский проезд, дом 7, строение 30, офис 507  
Тел: +7 495 988 1620 | E-mail: [info@composite-expo.ru](mailto:info@composite-expo.ru) | Сайт: [www.composite-expo.ru](http://www.composite-expo.ru)

**Организатор:**



Мир-Экспо

Самое большое событие

**YouTube** [youtube.com/user/compoexporus](https://www.youtube.com/user/compoexporus)

**Twitter** [@compoexporus](https://twitter.com/compoexporus)

**Instagram** [@compo](https://www.instagram.com/compoexporus)

# ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ДОРОГ НА ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЕ

## Круглый стол

ГЕОСИНТЕТИКА ДАВНО ДОКАЗАЛА СВОЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В ЗОНЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ. ВМЕСТЕ С ТЕМ В НОРМАТИВНОЙ БАЗЕ НЕ ОТРАЖЕН РЯД СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, ПРОДОЛЖАЮТ ПОЯВЛЯТЬСЯ И НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ. А ЧТО ПРЕДЛАГАЕТ СЕГОДНЯ РОССИЙСКИЙ РЫНОК ДЛЯ ДОРОГ НА ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЕ, НАМ В ФОРМАТЕ ЗАОЧНОГО КРУГЛОГО СТОЛА РАССКАЗАЛИ СПЕЦИАЛИСТЫ.



**Антон ГОНЧАРОВ,**  
ведущий инженер  
ООО «ПРЕСТОРУСЬ»



**Насколько отвечают современным требованиям строительные нормы ВСН 84-89 в части применения геоматериалов в районах вечной мерзлоты?**

**Габит Мухамеджанов:**

— Считаю целесообразным пересмотр в целом ВСН 84-89 с учетом современных тенденций в строительстве и ремонте федеральных и региональных автомобильных дорог в районах вечной мерзлоты. В частности, что касается технических требований к геотекстилю, необходимо заменить понятие «геотекстильные материалы из синтетических волокон и нитей, стеклянных волокон (ткани и нетканые полотна)» на «геосинтетические материалы». В современных условиях появились новые виды и структуры геосинтетиков, обладающих высокой пористостью, прочностью после многократных воздействий замораживания и оттаивания.

**Елена Пшеничникова:**

— В 1989 году, когда был разработан и утвержден ВСН 84-89, большей части широко используемых в настоящее время геосинтетических материалов не существовало. Поэтому указанный документ не может отвечать современным требованиям.

**Антон Гончаров:**

— ВСН 84-89 разрабатывался в конце 1980-х гг. и на тот период собрал в себе весь передовой опыт по строительству дорог в зоне вечной мерзлоты. Среди прочего,

для обеспечения устойчивости дорожных конструкций было рекомендовано применение нетканых синтетических материалов — геотекстиля, а в отдельном разделе были прописаны минимальные требования к геотекстильным материалам в зависимости от их назначения в конструкции дороги. И в части применения именно нетканых геотекстилей документ еще актуален.

Однако в ВСН 84-89, разумеется, не учитывается то, что появилось на нашем рынке позднее. В частности, геосотовые материалы, которые нашли широкое применение в дорожном строительстве в зоне вечной мерзлоты.

Так, с начала 2000-х гг. мы совместно с крупными отечественными нефте- и газодобывающими компаниями реализовала свыше сотни проектов по строительству внутрипромысловых дорог на севере без необходимости устройства лежневых настилов из бревен или замены грунта. Научно доказано, что применение геосотовых материалов в основании насыпи позволяет значительно снизить ее осадку и повысить устойчивость. Эти технологии впоследствии легли в основу отраслевых альбомов конструктивных решений по строительству дорог в зонах вечной мерзлоты и широко применяются при обустройстве нефтяных и газовых месторождений на Ямале и в Восточной Сибири.

Данный опыт не рассмотрен в ВСН 84-89 по объективным причинам, но, к сожалению, применение геосот не учтено и в более актуальном документе — СП 313.1325800.2017.

**Какие решения предлагает ваша компания для стабилизации основания земляного полотна при строительстве автомобильных дорог в зоне распространения вечной мерзлоты?**

**Елена Пшеничникова:**

— У нас производятся геооболочки, представляющие собой ячеистые конструкции с дном, выполненные из высокопрочного тканого геотекстиля (разрывная нагрузка 90 кН/м и более). Размер ячейки может достигать 3х3 м в плане при высоте до 1,5 м. Геооболочка, заполненная местным грунтом, представляет собой земляное полотно, движение по которому открывают сразу же после завершения его сооружения. Конструкция компенсирует неравномерные осадки основания земляного полотна, препятствует сдвигам талых грунтов.

**Анна Кузнецова:**

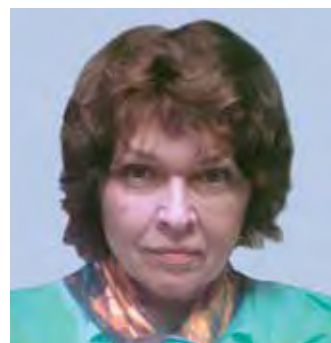
— Стабилизирующие каменный материал георешетки «Тенсар» позволяют обеспечивать устойчивость насыпей в зоне распространения многолетнемерзлых грун-



**Анна КУЗНЕЦОВА,**  
ведущий инженер ООО «Тенсар  
Инновэйтв Солюшнз»



**Габит МУХАМЕДЖАНОВ,**  
к. т. н., старший научный  
сотрудник ООО «НИИНМ»



**Елена ПШЕНИЧНИКОВА,**  
к. т. н., зам. генерального  
директора по науке  
ООО «СВ-Сервис»



тов. Как правило, оттаявший деятельный слой является слабым грунтом, движение по которому строительной техники затруднено, а осадка возводимой насыпи значительна. Устройство платформы из механически стабилизированной жесткой георешеткой щебня в основании насыпи позволяет перераспределить давление на слабый грунт и мобилизовать его несущую способность. В районах, где местные каменные материалы отсутствуют, георешетка может быть уложена с песком или вторичным материалом, например, со щебнем из дробленого бетона и т. п.

**Антон Гончаров:**

— Специально для строительства дорог в сложных климатических условиях наша компания разработала инновационную пространственную полимерную решетку «Геокорд®». Ее отличие от обычных объемных геосотовых материалов заключается во включении в полиэтиленовую ленту сверхпрочных армирующих нитей, которые препятствуют пластической деформации



ячеек. Таким образом, георешетка не растягивается под действием постоянных нагрузок, сохраняя свои геометрические размеры и форму.

Для стабилизации основания земляного полотна при строительстве автомобильных дорог в зоне распространения вечной мерзлоты мы применяем решетку с высотой 20 см, уложенную по разделительной прослойке из нетканого геотекстиля. Геокорд® заполняется песчаным грунтом, и производится его послойное уплотнение. В особо плохих условиях данное решение может быть скомбинировано с применением вертикальных дрен для ускорения процесса консолидации или с применением текстильно-песчаных свай для повышения несущей способности основания.

Наши геосотовые материалы также нашли широкое применение в конструкциях укрепления откосов насыпей, укрепления сооружений поверхностного водоотвода и строительстве дорожных одежд.

*Какие иглопробивные геоматериалы могут выполнять функции армирующих прослоек, усиливающих грунтовый массив, повышающих его устойчивость и уменьшающих деформации; разделяющих прослоек, исключающих перемешивание слоев различных по составу и состоянию грунтов, улучшающих условия работы слоев и конструкции в целом; дренирующих прослоек, обеспечивающих фильтрацию воды из основания или тела насыпи и ускоряющих ее осадку?*

**Габит Мухамеджанов:**

— Геосинтетические материалы, используемые в дорожной одежде в качестве армирующих, дренирующих, разделительных, защитных и фильтрующих прослоек, обычно изготавливаются из синтетических волокон и нитей, пластиков. Они не подвержены гниению, устойчивы к воздействию грибов, выдерживают низкие температуры, что важно в районах вечной мерзлоты. Следует также использовать геоматериалы для стабилизации основания земляного полотна при строительстве и ремонте автомобильных дорог на вечномерзлых грунтах.

В качестве армирующих, дренирующих, разделительных и фильтрующих решений в районах вечной мерзлоты мы рекомендуем применение иглопробивных материалов ГеоСТЭК, ГеоКОМ, Геокомпозит и др.

По нашим исследованиям, иглопробивные полотна из синтетических волокон выдерживают температуру – 60°С. Благодаря своей пористости и структуре, они могут использоваться в качестве теплозащитных прослоек в дорожной одежде, что также обеспечивает стабилизацию земляного полотна.



**Какие теплоизоляционные материалы позволяют уменьшить величину осадки и предотвратить выпор грунта?**

**Елена Пшеничникова:**

— Сейчас наиболее эффективными теплоизоляционными материалами, применяемыми в дорожных конструкциях в зоне вечной мерзлоты, являются экструдированные пенополистирольные плиты. Величина осадки уменьшается в связи уменьшением мощности зоны талого грунта. Однако пенополистирольные плиты не способны удерживать оттаявшие грунты и предотвращать сдвиг. Нетканый геотекстиль, используемый, в том числе, как армирующий материал, обладает низким коэффициентом теплопроводности, но только в сухом и неуплотненном состоянии. Кроме того, чтобы оказывать заметное влияние на процесс теплопередачи в земляном полотне, толщина сухого нетканого геотекстиля в рыхлом состоянии должна быть не менее 4 см.

Таким образом, используемые сегодня теплоизоляционные материалы не обладают армирующей способностью.

**Позволяет ли сочетание таких мероприятий, как теплоизоляция и армирование, обеспечить стабилизацию земляного полотна? Если да, то какие геоматериалы дают такой эффект?**

**Елена Пшеничникова:**

— В настоящее время началась разработка конструкций, обладающих армирующей и теплоизолирующей способностью (термоармирующих). Геооболочка ГеоФРАМ с тем или иным теплоизолирующим наполнителем, например, пенополистиролом с защитным слоем из песка, выполняет две функции: уменьшает глубину сезонного оттаивания и снижает неравномерность осадки, а также компенсирует сдвигающие напряжения. Кроме того, нами предложена геооболочка со встроенным теплоизоляционным материалом. Сейчас проводятся испытания конструкции.

**Анна Кузнецова:**

— Теплоизоляция может осуществляться плитами пенополистирола. При этом краевые зоны сооружения испытывают некоторое оттаивание. В случае, если на грунт приходится значительная нагрузка, могут развиваться неравномерные деформации в связи с осадкой талой зоны относительно мерзлого ядра. Перекрытие подобных границ механически стабилизированным слоем позволяет снизить неравномерность осадки и ее влияние на сооружение. Щебень, заклиненный в ячейках георешетки, получает сцепление и повышенную жесткость, что позволяет ему работать как плита.



сетки, получает сцепление и повышенную жесткость, что позволяет ему работать как плита.

**Предоставляет ли ваша компания теплофизические расчеты при реализации своей продукции для арктических регионов?**

**Елена Пшеничникова:**

— Для успешного применения тех или иных материалов и конструкций в зоне вечной мерзлоты необходим мерзлотный прогноз, позволяющий оценить температурный режим в конце срока службы сооружения. Такие расчеты должны выполнять профессионалы. Наша организация в этом направлении сотрудничает с ООО «ЦЛИТ» (Центральная лаборатория инженерной теплофизики).

**Анна Кузнецова:**

— В случае необходимости предоставления теплофизических расчетов мы работаем совместно с компанией-производителем пенополистирольных плит, разрабатывая комплексное решение по стабилизации и теплоизоляции.

**Какое количество вашей продукции (в процентах) идет на строительство объектов в районах вечной мерзлоты?**

**Елена Пшеничникова:**

— В зоне вечной мерзлоты применяется примерно 75% геооболочек, выпускаемых нашей компанией.

**Анна Кузнецова:**

— Поскольку значительная часть территории нашей страны относится к зоне распространения многолетнемерзлых грунтов, то и доля реализуемых нами проектов в данных регионах существенна. ■

# РГК: БРЕНД ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ, КОМПЛЕКСНЫХ РЕШЕНИЙ И ИННОВАЦИЙ



*ПОЗИЦИИ ОДНОГО ИЗ ВЕДУЩИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В РОССИИ УВЕРЕННО ЗАНИМАЕТ КОМПАНИЯ «РГК». НЕСМОТЯ НА СЛОЖНУЮ СИТУАЦИЮ В ЭКОНОМИКЕ, ОНА ПОЛНОЦЕННО ВЫПОЛНЯЕТ СВОИ КОНТРАКТНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА И ДАЖЕ ВЫВОДИТ НА РЫНОК НОВУЮ ПРОДУКЦИЮ. ПОДРОБНЕЕ ОБ ЭТОЙ ЭФФЕКТИВНОЙ СТРАТЕГИИ — В ИНТЕРВЬЮ С ДИРЕКТОРОМ ООО «РГК» АЛЕКСЕЕМ СУВОРОВЫМ..*

— Алексей Борисович, компания «РГК» занимает лидирующие позиции на российском рынке геосинтетики. Из чего складываются ваши конкурентные преимущества, в чем секреты успеха?

— Главный «секрет» — это, я считаю, сильная высокопрофессиональная команда, нацеленная на общий результат. При этом мы — не посредники, а компания-производитель. Работаем на рынке геосинтетики уже давно, фактически с 2008 года. Следующее слагаемое успеха — современное оборудование, дающее возможность выпуска качественной продукции с различными вариациями под нужды заказчика.

Системно уделяем внимание и сырьевой базе. При производстве используется первичное сырье ведущих российских и зарубежных производителей, таких как ПАО «Сибур Холдинг», ПАО «Казаньоргсинтез», ПАО «Лукойл», ООО «Тосаф Рус». Уделяем внимание и тому, чтобы на складах всегда были материалы разных марок.

У нас также есть свое проектное бюро, где производятся расчеты. Помогаем заказчикам и в прохождении экспертизы. Выступаем в роли отраслевого эксперта, в том числе по таким сложным вопросам, как устройство аргмогрунтовых систем. Все современные программы, в которых делаются соответствующие расчеты, у нас освоены.

Нашим стратегическим преимуществом также можно назвать реальное импортозамещение. Причем уже выходим на рынок не только СНГ, но и Евросоюза. Ряд наших материалов прошел международную сертификацию. Уже были крупные поставки в Болгарию, небольшие — в страны Прибалтики, Польшу.

— Где размещается ваше производство, где находятся склады готовой продукции, как организована логистика?

— Производственная площадка, как и склад готовой продукции нашей компании, находится в городе Тутаеве Ярославской области.

Схема отправки даже в отдаленные регионы — например, на Дальний Восток — у нас отлажена, на сегодняшний день это сложностей не представляет. Осуществляем прямые поставки, в том числе, на железнодорожном и морском транспорте. Смотря какой материал, в каком объеме и на какие расстояния.

— Вы только отгружаете материал или также осуществляете техническое сопровождение?

— Можем и сопровождать. При необходимости наши специалисты выезжают на объект, осуществляют шеф-монтаж, даже обучают правильности применения материалов на месте производства работ.

— Какие виды вашей продукции наиболее востребованы в дорожном строительстве? Есть ли у вас продукты, которые вошли в Реестр новых и наилучших материалов и технологий (РННТ), составленный РосдорНИИ для реализации нацпроекта «БКАД»?

— Наиболее востребованными из нашей продукции являются дорожные сетки — полимерные георешетки «РГК Сетка Одноосная», «РГК СД» (двухосноориентированная) и «РГК ТХ» гексагональная (трехосноориентированная). В РННТ с 2019 года включены «РГК СД»

и «РГК ТХ». По остальному номенклатурному ряду ведется работа по добавлению материалов в реестр.

**— Кто ваши основные заказчики, с кем налажены регулярные производственные отношения?**

— Основными нашими заказчиками являются Министерство транспорта РФ, Министерство экологии РФ, а также крупные игроки рынков нефтехимической, нефтегазовой, горнорудной и аграрной промышленности, железнодорожного хозяйства. В дорожной отрасли работаем с Росавтодором и непосредственно с его региональными управлениями, а также с Госкомпанией «Автодор». В принципе, нас знают дорожники по всей стране.

Мы со своей номенклатурой можем на 70-80% обеспечить материалами любой федеральный объект, на котором предусмотрено применение геосинтетики.

**— Поставляете ли продукцию в северные регионы? Есть ли объекты в Арктической зоне?**

— На северные территории материалы РГК поставляются в ХМАО, ЯНАО, Пермский и Красноярский края, в том числе на объекты федерального значения. Это наши базовые продукты, так или иначе призванные увеличить межремонтные сроки и долговечность объекта, будь то армирование, дренирование, гидроизоляция, устройство армогрунтовых стен и т. п. На сегодняшний день разрабатывается новый тип материала, который будет применяться в районах Крайнего Севера.

**— Как вам удалось организовать работу в 2020 году в условиях коронавирусных ограничений? Отразилась ли пандемия на спросе и на объемах производимой продукции?**

— По весне наша компания незамедлительно перевела на удаленную работу всех сотрудников офиса. Персонал завода тоже соблюдал коронавирусные ограничения, все меры предосторожности. Организовать непрерывную работу в новых реалиях было нелегко, но нам удалось не только сохранить все рабочие места, но даже и увеличить штат сотрудников. Наша компания ни разу за пандемию не остановила производство.

По ранее законтрактованным объектам контакты поддерживали в режиме «онлайн». С рядом крупных партнеров проводили видеоконференции. В принципе, все получалось. Удалось даже заключить новые контракты, причем международные — в нескольких странах СНГ.

Пандемия, конечно, отразилась на всей экономике, в том числе и на дорожной отрасли. Несмотря на это, компания «РГК» вышла на плановые показатели, выполнила все контрактные обязательства по поставке своих материалов на объекты в полном объеме. А по отдель-

**Мощности производства ООО «РГК» позволяют выпускать до 28 млн м<sup>2</sup> продукции в год, а именно:**

- геомембрана рулонная экструдированная «РГК МБ» — 4,5 млн м<sup>2</sup>;
- геоматериал «РГК-Дренаж» — 2,4 млн м<sup>2</sup>;
- георешетка полимерная «РГК СД» — 10 млн м<sup>2</sup>;
- георешетка полимерная «РГК Сетка Одноосная» — 4,5 млн м<sup>2</sup>;
- геосотовый полимерный материал «РГК ГР» — 1,8 млн м<sup>2</sup>;
- георешетка полимерная «РГК ТХ» гексагональная — 4,8 млн м<sup>2</sup>.

ным продуктам даже показала прирост производства.

В целом же наши успехи зависят, прежде всего, от наличия крупных объектов — таких, как сегодняшний ЦКАД. Если нет таких масштабов работ, то происходит спад производства. Однако в это время мы активно занимаемся поиском новых клиентов. В итоге все-таки из года в год у нас наблюдается прирост.

**— Какие планы строите на будущее? Какие приоритеты ставите в развитии производства — совершенствовать существующую линейку или расширять ее, выводить на рынок принципиально новые продукты?**

— В планах на ближайшее время — вывести на рынок новый продукт, обладающий уникальными характеристиками. Это сложный композитный материал. Есть похожий, который востребован на рынке, но мы планируем предложить более эффективное решение.

Другие задачи на будущее — привлечь новых партнеров, увеличить экспортные поставки и расширить их географию. И, конечно же, продолжать удерживать одну из лидирующих позиций на рынке путем увеличения объема производимой продукции высокого качества. ■



117393, г. Москва,  
ул. Архитектора Власова, д. 22.  
тел.: +8(495) 645-81-53  
www.rusgc.ru

# О ПРИМЕНЕНИИ ГЕОСИНТЕТИКОВ В ЗОНЕ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

Е.С. ПШЕНИЧНИКОВА, к.т.н.,  
зам.ген.директора по науке ООО «СВ-Сервис»

**ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В ЗОНЕ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ ИСПОЛЬЗУЮТ ПО ДВУМ ОСНОВНЫМ НАПРАВЛЕНИЯМ: ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ И АРМИРОВАНИЕ. ОДНАКО НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫМ СТАЛО БЫ ПРИМЕНЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ, СОЧЕТАЮЩИХ В СЕБЕ АРМИРУЮЩИЕ И ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА.**

**З**она распространения вечномерзлых грунтов отличается сложными и особо сложными условиями строительства: необеспеченный водоотвод и широкое распространение переувлажненных грунтов с низкой несущей способностью, преобладание пылеватых разностей; необходимость строительства в зимнее время из мерзлокомковатых грунтов, стабилизация которых происходит в течение нескольких лет; мерзлотные процессы и явления — термокарст, термоэрозия и др.

Однако основная особенность зоны вечной мерзлоты состоит в том, что в результате строительства дороги происходит изменение водно-теплого режима основания земляного полотна и прилегающей к нему полосы на расстоянии 5–20 м от подошвы. В частности, увеличивается объем снежных отложений в нижней части откосов по сравнению с фоновым, что вызывает понижение верхней границы вечной мерзлоты (ВГВМ). У подошвы насыпи часто скапливается вода, также оказывающая тепляющее воздействие на мерзлые грунты.

Для того чтобы мощность деятельного слоя в основании насыпи пришла в соответствие с новыми граничными условиями, нужны десятилетия. Другими словами, увеличение мощности сжимаемого слабого грунта происходит в течение длительного периода, в это время накапливаются деформации земляного полотна и, соответственно, деформируется и/или разрушается дорожная одежда (рис. 1).

Следовательно, основными задачами дорожников являются обеспечение допустимой мощности талой зоны (или исключение оттаивания грунта) в основании насыпи, снижение неравномерности осадки талых грунтов, предотвращение сдвигов, конструирование дорожных



Рис. 1. Дорожная насыпь, деформированная вследствие неравномерной осадки протаявших грунтов основания

одежд, способных работать в условиях остаточных деформаций земляного полотна.

По этой причине геосинтетические материалы в зоне вечной мерзлоты используют по двум основным направлениям: теплоизоляция и армирование.

## ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ

В соответствии с ГОСТ Р 55028 [1] к теплоизолирующим геосинтетическим материалам относятся нетканый геотекстиль и вспененная плита.

Нетканый геотекстиль обладает достаточно низким коэффициентом теплопроводности,  $\lambda = 0,045–0,050$  Вт/(м К), и формально его можно отнести к теплоизоляторам,

однако использовать его в этом качестве в дорожной конструкции весьма проблематично. Термическое сопротивление слоя теплоизолятора, оказывающее сколько-нибудь заметное воздействие на процесс теплообмена в дорожной конструкции, должно быть не менее  $0,9-1$  ( $\text{м}^2 \cdot \text{град}/\text{Вт}$ ). Для соблюдения этого условия толщина слоя нетканого геотекстиля должна быть не менее 4 см в неуплотненном сухом состоянии. При уплотнении и увлажнении, однако, теплопроводность его существенно возрастает, и как теплоизолятор он не может работать. Соответственно, в таком качестве нетканый геотекстиль рассматривать не стоит.

В 70-е годы были получены теплоизолирующие материалы нового поколения — вспененные полимеры с замкнутыми порами: пенополистирол, пенополиэтилен, пенополиуретан. В настоящее время наиболее широкое применение нашел пенополистирол, он более дешевый и достаточно прочный.

Существует две технологические схемы получения изделий из вспененного полистирола. Это и определяет его виды. В соответствии с первой схемой гранулы пенополистирола смешивают с пенообразователем, перемешивают под давлением и выдавливают из экструдера, в результате получают экструдированный пенополистирол (XPS). Во втором случае изделия получают формованием из предварительно вспененных гранул (EPS).

XPS обладает меньшим водопоглощением (0,45%) и большей прочностью (на сжатие — до 0,2 МПа) по сравнению с EPS, поэтому в основном он и применяется в дорожном строительстве. Материал долговечен, срок службы — не менее 50 лет, причем в процессе длительной эксплуатации, как показали испытания, его прочность не уменьшается, а теплопроводность не увеличивается [2].

Более дешевый и менее прочный EPS может быть рекомендован для теплоизоляции откосов.

Эффективность применения пенополистирола существенно зависит от качества теплофизических расчетов. Определить оптимальное положение пенополистирольных плит в теле насыпи и их требуемую толщину возможно на основе решения задачи о теплопередаче в двумерной постановке с учетом влияния ряда погодных-климатических и грунтово-гидрологических факторов: температурного режима грунтового массива, хода температур на поверхности дорожной конструкции, характера снежных отложений у подошвы насыпи. Мерзлотный прогноз должен быть осуществлен на время не меньшее, чем срок службы сооружения. Решается такая задача на основе численного анализа методом компьютерного

моделирования. Однако зачастую плиты укладывают в соответствии с рекомендациями, разработанными десятилетиями назад, при этом зона максимальной глубины оттаивания оказывается незащищенной, эффективность использования теплоизоляторов снижается.

## АРМИРОВАНИЕ

Армирование грунтов в зоне вечной мерзлоты началось в 70- 80-е гг. с применения нетканого геотекстиля. В частности, использовались конструкции «грунт в обойме» и «грунт в полуобойме», которые снижали неравномерность осадки основания, однако недостаточно препятствовали перемещению грунта в теле насыпи. В 2000-е гг. появились геосинтетические армирующие материалы нового поколения — пространственные ячеистые (сотовые) конструкции, которые позволили структурировать дискретный заполнитель ячеек.

В 2000 году на территории газового месторождения на севере Тюменской области был построен опытный участок с применением сотовой конструкции — пластиковой пространственной георешетки с заполнителем из песка и щебня [3], которую использовали в качестве дорожной одежды (рис. 2), а также для укрепления поверхности откоса. Это стало удачным решением. При сооружении насыпи из мерзлокомковатых грунтов стабилизация происходит через 3–5 лет. На этот период времени требуется дорожная одежда, способная работать в условиях накопления остаточных деформаций в грунте земляного полотна.



Рис. 2. Строительство автомобильной дороги с применением пространственной пластиковой георешетки с заполнителем в качестве дорожной одежды

Георешетка с дискретным наполнителем работает в условиях неравномерных деформаций основания, не разрушаясь. После завершения стабилизации земляного полотна поверхность покрытия выровняли и устроили усовершенствованное покрытие.

С тех пор началось широкое применение пространственных георешеток в дорожной одежде и при укреплении откосов, а также в теле насыпи. Поначалу их использовали без расчетов, исходя из зарубежного опыта строительства. Затем, однако, в течение нескольких лет были разработаны расчетные методы, позволяющие обосновать параметры, исходя из действующей нагрузки, и схему закрепления георешетки с наполнителем на поверхности откоса. Эффективность применения георешеток в дорожной одежде оценивали путем сопоставления с ж/б плитами: качество строительства повысилось, а стоимость снизилась.

Однако условия строительства требовали армирования значительных объемов грунтов, имеющих низкую прочность на сжатие и сдвиг, поэтому были предложены тканевые ячеистые конструкции: грунтовые модули и геоболочки, имеющие различные размеры ячейки,



Рис. 3 – Строительство автомобильной дороги с использованием геоболочки с наполнителем в качестве земляного полотна

от 0,3х0,3 м в плане при высоте 0,37 м до 3х3 м в плане при высоте 1,5 м. Для их изготовления используется тканый геотекстиль высокой прочности, с разрывной нагрузкой 90кН/м и выше.

Грунтовый модуль представляет собой ячеистую конструкцию, выполненную из геополос. Геоболочка отличается от грунтового модуля наличием вшитого дна, которое работает на растяжение совместно со стенками ячейки, что усиливает конструкцию. В от-

личие от пластиковых пространственных георешеток, для монтажа которых не требуются специальные приспособления (георешетки растягивают, закрепляя анкерами по периметру, и скрепляют смежные секции пневмостеплером), геоболочки растягивают на каркасах, смежные секции связывают вшивными лентами, а после заполнения ячеек каркасы демонтируют. Потери времени на монтаж и демонтаж компенсируются высокой скоростью уплотнения грунта в ячейке, поскольку ее стенки препятствуют горизонтальному перемещению частиц грунта.

Геоболочка с большой ячейкой, заполненной местным грунтом, в том числе комковатым, служит земляным полотном. После стабилизации основания, а также дополнительного уплотнения комковатого грунта в ячейках в процессе эксплуатации, может быть устроено усовершенствованное покрытие. Эффективность применения геоболочек определяется экономией за счет использования местных грунтов, повышения крутизны откоса, возможностью осуществления проезда в короткие сроки, увеличением срока службы сооружения.

Для укрепления водоотводных канав целесообразно использовать геоболочку с пологом, который закрывает ячейки сверху. В процессе оттаивания мерзлых грунтов ниже русла канавы и их последующей просадки геоболочка, заполненная грунтом, прилегает ко дну и препятствует его размыву [4].

### К УНИВЕРСАЛЬНОМУ РЕШЕНИЮ

Геоболочки, как и пространственные георешетки, по существу, имеют только один недостаток: они не препятствуют оттаиванию мерзлых грунтов. С другой стороны, основание пенополистирольных плит в дорожной конструкции, как правило, оттаивает на некоторую глубину. В ряде случаев происходит его неравномерная осадка, в результате которой плита деформируется и разрушается. Поэтому для зоны вечной мерзлоты желателен использование конструкций, одновременно армирующих и теплоизолирующих.

В 2013 году в США была предложена ячеистая конструкция, заполняемая на месте строительства пеной, которая при затвердевании образует теплоизолирующий материал [5] (рис. 4).

Стенки ячеек обладают несущей способностью, компенсируют неравномерную осадку основания, а затвердевшая пена обладает низкой теплопроводностью и препятствует его оттаиванию.

Однако данная конструкция имеет ряд существенных недостатков. Технология строительства сложна и за-

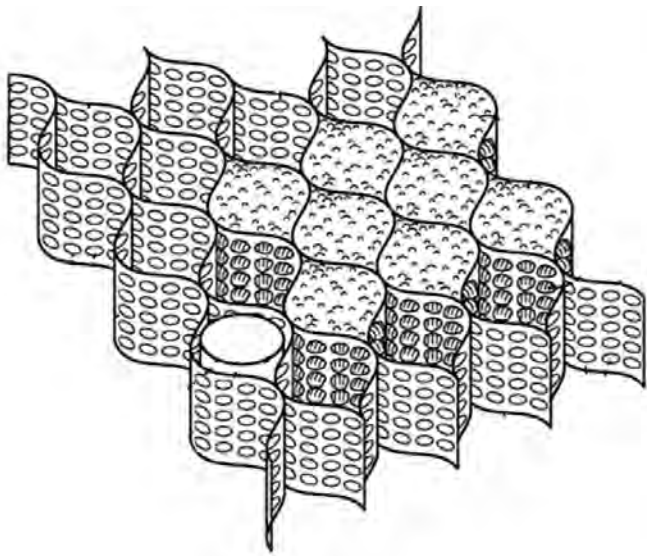


Рис. 4. Ячеистая конструкция с вспененным наполнителем, предложенная в США

тратна. В процессе заливки ячеек невозможно создать ровную горизонтальную поверхность, в вертикальных выступах наполнителя (застывшей пены) под действием нагрузки создается концентрация напряжений, в результате чего он разрушается. Заливка ячеек вручную является трудоемким процессом, требуется создание специальных механизмов. При значительных неравномерных деформациях основания кубики из пены разрушаются.

Несмотря на то, что практическое применение такого решения проблематично, оно стало определенной степенью в создании армирующих и одновременно теплоизолирующих (термоармирующих) конструкций.

В качестве термоармирующей конструкции российскими специалистами была предложена геооболочка с ячейками, заполненными теплоизолирующим материалом (при этом могут быть использованы различные комбинации теплоизолирующих и защитных материалов).

Однако более технологичны конструкции, содержащие встроенные заводским способом теплоизолирующие элементы. Так, автором данной статьи

совместно с сотрудниками ООО «СВ-Сервис» было предложено выпускать геооболочки, дно которых выполнено из рулонного теплоизолирующего материала – например, пенофола (заявка на изобретение №2021100283). При армировании основания насыпи на участках, где прогнозируется наибольшая глубина оттаивания, ячейки могут быть усилены дополнительным теплоизолирующим элементом в процессе монтажа. В настоящее время конструкция проходит испытания.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одним из основных условий высокого качества строительства автомобильных дорог в зоне вечной мерзлоты, безусловно, является мерзлотный прогноз, причем не только при применении теплоизолирующих материалов.

Так, при строительстве дороги срок устройства усовершенствованной дорожной одежды назначают исходя из времени завершения осадки мерзлотоватого грунта насыпи, но при этом не учитывают тепловой режим основания сооружения. Оттаивание мерзлых грунтов основания может происходить в течение десятков лет. При неблагоприятных мерзлотно-грунтовых условиях, наличии сильнотаящих грунтов возникают осадка оттаявшего грунта, деформации земляного полотна и дорожной одежды.

В настоящее время осуществление мерзлотного прогноза не составляет больших затруднений благодаря появлению ряда специальных программ (TMFLAT, Frost 3D и другие), и его необходимость должна быть отражена в нормативных документах. Исключение – скальные грунты основания земляного полотна или необводненные пески водоразделов, в этом случае мерзлотный прогноз не обязателен.

Эффективность применения геосинтетиков связана также с расчетной базой, которая иногда отстает от производства инновационных материалов и конструкций.

При этом на сегодняшний день разрабатывается новое направление – термоармирующие конструкции. Их эффективность будет оценена в ближайшие годы. ■

## Литература

1. ГОСТ Р 55028-2012. Материалы геосинтетические для дорожного строительства.
2. Эффективность применения пенопласта Styrofoam в дорожном строительстве России. В.И. Рувинский. М.: Транспорт, 1996. – 72 с.
3. Е.С. Пшеничникова, А.Е. Мерзликин, И.М. Колодий, Ю.Б. Шешин, М.М. Азарх. Строительство опытного участка с применением объемной пластиковой георешетки «Геовиб» в 1-й дорожно-климатической зоне. Труды Союздорнии, Вып. 201. М.: 2001. – С. 63–67.
4. Е.С. Пшеничникова. Геооболочки в дорожном строительстве. Журнал «Дороги. Инновации в строительстве». №83, февраль 2020. – С. 43–47.
5. Application Publication Jul. 4, 2013. US 2013/0170907 A1 Jul.4, 2013. Lightweight Support Mat for Equipment and Vehicles.

# ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОРЕШЕТОК ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОНА НА ОРТОТРОПНЫХ ПЛИТАХ

С. Ю. ПОЛЯКОВ,  
м. н. с. СибНИИ мостов СГУПС;  
А. М. ПАНИЧЕВ,  
руководитель отдела продаж ООО «Хюскер»

*МАСШТАБНОЕ РАЗВИТИЕ ДОРОЖНОЙ СЕТИ В XX ВЕКЕ И, КАК СЛЕДСТВИЕ, НЕОБХОДИМОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА МОСТОВ, ТОННЕЛЕЙ, ПУТЕПРОВОДОВ ЯВИЛИСЬ ПРИЧИНОЙ АКТИВНОГО ВНЕДРЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ. В КОНЦЕ ПРОШЛОГО СТОЛЕТИЯ ДОСТАТОЧНО РАСПРОСТРАНЕННЫМ В МОСТОСТРОЕНИИ БЫЛО ПРИМЕНЕНИЕ ОРТОТРОПНЫХ ПЛИТ. ПРИ ЭТОМ НА СЕГОДНЯ РАЗРАБОТАНО ЭФФЕКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОРЕШЕТОК.*

Применение ортотропных плит для строительства мостов больших пролетов приводило к экономии металла по сравнению со сталежелезобетонными мостами, позволяло сократить сроки строительства, а также исключить зависимость от сезонности при проведении монтажных работ. Еще одним из преимуществ был небольшой собственный вес, в разы меньше, чем у железобетонной плиты. Поэтому существенная часть внеклассных мостов прошлого столетия имеет в своем составе металлические ортотропные плиты, выполнявшие функции несущего настила проезжей части пролетного строения.

Мероприятия по реконструкции подобных сооружений требуют особого подхода при подборе и разработке технических решений для достижения эксплуатационной надежности. В качестве одного из примеров, подтверждающих сложность работы с такими конструкциями, можно привести проект «Реконструкция автомобильной

дороги А-114 Вологда – Новая Ладога до магистрали «Кола» (через Тихвин) на участке км 79+000 – км 85+000 в Вологодской области. 2-й этап ПК 40+00 – ПК 66+02».

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТА

Реализация данного проекта включала в себя расширение до четырех полос федеральной автомобильной дороги А-114, частью которой являлся мост через реку Шексна на ПК 56+23.

Сооружение было построено еще в 1905 году как железнодорожный мост дороги «Петербург – Вологда». Опоры его сооружены на металлических кессонах с заполнением бутобетоном с устройством ледорезов и облицованы гранитным камнем.

В 1967 году мост был перестроен в автодорожный с увеличением судоходного габарита путем поднятия про-



летных строений и устройством проезжей части. Далее еще дважды он подвергался реконструкции в 1995 и 2005 гг. Замена проезжей части на ортотропную плиту предусматривалась проектом 1990 года, выполненным по нормам 2.05.03-84\*, и осуществлена в 1995 году.

По результатам обследований, выполненных в 2010 и 2014 гг., было принято решение о проектировании нового моста и масштабной реконструкции существующего. В целом проект подразумевал комплекс работ по:

- реконструкции существующего моста (замена гидроизоляции и покрытия проезжей части, устройство организованного водоотвода, замена деформационных швов, ремонт береговых и промежуточных опор);
- строительству нового моста (на существующих промежуточных опорах с дополнительными мероприятиями на других конструкциях).

Реконструируемый мост должен был отвечать следующим техническим требованиям:

- категория автомобильной дороги ПК 52+70 – ПК 66+02 – IБ;
- число полос движения на подходах – 4х3,75;
- габариты мостов – Г (10,0 + 1,19 + 0,74 м), Г-2 (10,0 + 1,5 + 0,75).

Состояние мостового полотна было неудовлетворительным, главным образом из-за большой гибкости ортотропной плиты, запроектированной по устаревшим нормам (толщина листа настила – 12 мм, шаг ребер – 350 мм) в сочетании с недостаточной адгезией асфальтобетона к металлической плите и его низкого качества.

## ЕВРОПЕЙСКОЕ РЕШЕНИЕ

Специалисты ООО «Хюскер» предложили решение, обеспечивающее объединение металла, защитно-сцепляющего слоя и слоев асфальтобетона в единую конструкцию. Для снижения трещинообразования в покрытии предусмотрено армирование асфальтобетона георешеткой HaTelit. Данное решение было принято на основании международного опыта, в частности, европейских стран, где в конструкциях мостового полотна на ортотропных плитах в качестве трещинопрерывающих прослоек используют георешетки. Его целесообразность также подтверждена результатами расчета напряженно-деформированного состояния асфальтобетонного покрытия и характером распределения напряжений по нижней фибре асфальтобетонного покрытия (его нижнего слоя из литой асфальтобетонной смеси) в месте контакта с гидроизоляцией (рис. 1).

Расчетные исследования свидетельствуют, что ортотропная плита – гибкая конструкция. Жесткости продольных ребер полосового сечения достаточно только

для того, чтобы область с максимальными растягивающими напряжениями (соответствующими голубому и синему цветам приведены на рис. 1) при движении колеса по случайному створу была расположена не строго по центру отпечатка колеса, а в пролете между стрингерами. Дополнительные исследования показывают, что даже замкнутые стрингеры стандартного сечения нельзя рассматривать в качестве абсолютно жестких опор – при воздействии подвижной нагрузки в работу вовлекаются соседние трапециевидальные ребра (рис. 2).

Основной причиной возникновения области существенных поперечных растягивающих напряжений в нижней фибре асфальтобетона между стрингерами при воздействии подвижной нагрузки (рис.1) является более высокая податливость защитно-сцепляющего слоя по сравнению с материалом покрытия, в результате чего при деформировании нижний конструктивный слой проскальзывает по гидроизоляции относительно покрыв-

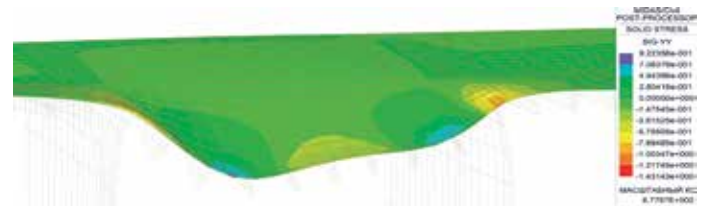


Рис. 1. Поперечные напряжения в нижней фибре асфальтобетона от воздействия расчетной нагрузки на проезжую часть с полосовыми стрингерами

ного листа настила. Для улучшения условий работы одежды ездового полотна было предложено устроить георешетку HaTelit, приклеив ее непосредственно на гидроизоляционный слой.

Георешетка способна воспринять существенно большую растягивающую нагрузку, и за счет увеличенного в сравнении с асфальтобетоном модуля упругости она включается в совместную работу с одеждой ездового полотна, увеличивая общую жесткость системы и тем самым снижая уровень напряжений по нижней фибре покрытия. В дальнейшем планируется проведение расчетной оценки степени ее включения в совместную работу и количественного определения полезного эффекта. Кроме того, георешетка должна приводить к более равномерному распределению полей напряжений по нижней фибре покрытия, что актуально, поскольку асфальтобетон является неоднородным материалом.

Для качественного включения георешетки в совместную работу необходимо обеспечить ее сцепление с кон-

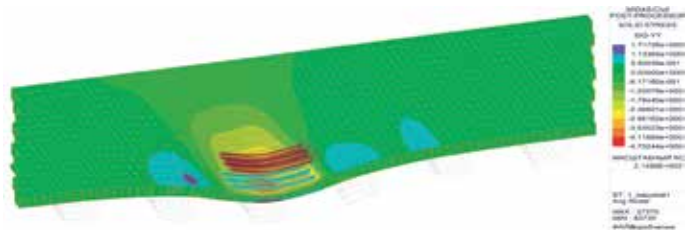


Рис. 2. Поперечные напряжения в нижней фибре асфальтобетона от воздействия расчетной нагрузки на проезжую часть с трапецидальными стрингерами

тактируемыми материалами. Это достигается за счет образования хемосорбционных связей — поглощения вещества поверхностью георешетки (хемосорбента) в результате образования химической связи между молекулами хемосорбента и материалов одежды ездового полотна (асфальтобетона и защитно-сцепляющего слоя). Кроме того, диапазон пластичности материала подгрунтовочного слоя и защитно-сцепляющего слоя должен быть не менее 120°C (КиШ выше 80°C, Фрас — не выше 40°C и/или PG 76E-42 с Jnr, 10 менее 0,5 кПа<sup>-1</sup> при T<sub>расч</sub> = 80°C). Этим достигается надежное сцепление между материалами одежды ездового полотна и гидроизоляции на площади не менее 75% в ячейках между продольными и поперечными нитями георешетки (рис. 3).

Таким образом, проектируемая конструкция дорожного покрытия проезжей части состояла из следующих слоев (перечислены снизу вверх):

- гидроизоляция;
- георешетка HaTelit C40/17 (с ячейками 40x40 мм);
- нижний слой асфальтобетонного покрытия — смесь асфальтобетонная литая, тип I, ГОСТ Р 54401-2011 толщиной от 40 до 50 мм;
- верхний слой асфальтобетонного покрытия — ЩМА-20, ГОСТ 31015-2002 толщиной от 50 до 40 мм.

Индивидуальное проектирование одежды ездового полотна на ортотропных плитах с применением гео-

**ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОДЕЖДЫ ЕЗДОВОГО ПОЛОТНА НА ОРТОТРОПНЫХ ПЛИТАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОРЕШЕТКИ HATELIT® C40/17 ОБУСЛОВЛЕНО ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ ОПЫТОМ СОЗДАНИЯ АНАЛОГИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В СТРАНАХ ЕВРОПЫ. ТАКЖЕ ДАННЫЙ МАТЕРИАЛ ОБЕСПЕЧИВАЕТ ВЫПОЛНЕНИЕ РЯДА ТРЕБОВАНИЙ, ПРЕДУСМОТРЕННЫХ ОДМ 218.3.074-2019.**

решетки HaTelit® C40/17 обусловлено положительным опытом создания аналогичных конструкций в странах Европы. Также следует отметить, что данная георешетка обеспечивает выполнение ряда требований, предусмотренных ОДМ 218.3.074-2019, а именно:

- обеспечение сцепления: связь покрытия с плитой проезжей части должна быть надежной для обеспечения их совместной работы, а также для предотвращения отслаивания и сдвига покрытия относительно плиты проезжей части; необходима надежная связь между слоями одежды ездового полотна;
- предотвращение трещинообразования: георешетка снижает вероятность образования трещин по нижней фибре покрытия;
- обеспечение жесткости: одежда ездового полотна не должна допускать образования колеи и неровностей под воздействием подвижной нагрузки;
- облегчение конструкции (малый вес): одежда ездового полотна должна иметь минимальный вес при сохранении своих функций.■



Рис.3. Приклеенная георешётка HaTelit C40/17 (с ячейками 40x40мм) к гидроизоляции моста с частично устроенной по ней литой асфальтобетонной смесью, тип 1.

Работы по реконструкции существующего моста проведены в срок, объект введен в эксплуатацию. Осуществляется мониторинг. На объекте постоянно осуществляется мониторинг состояния дорожной одежды мостового полотна (на конец февраля 2021 года дефектов в виде трещин, сколов, деформаций, шелушения и выкрашивания на поверхности асфальтобетонного покрытия не наблюдается). О результатах последующего мониторинга состояния покрытия с устроенной в нижней фибре асфальтобетона георешёткой HaTelit C40/17 мостового перехода через р. Шексна авторы данной статьи будут постоянно информировать читателей журнала. ■



# ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ

## Указатель компаний

Предприятие	Ассортимент (наименование, марка ГСМ)	Область применения
1	2	3
<p><b>ООО «АРЕАН-Геосинтетикс»</b> г. Санкт-Петербург</p>  <p>Тел./факс (812) 305-90-40, 305-90-41 E-mail: <a href="mailto:info@areangeo.ru">info@areangeo.ru</a> <a href="http://www.areangeo.ru">www.areangeo.ru</a></p>	Турар SF® – нетканый термоскрепленный геотекстиль	Дорожное и железнодорожное строительство; разделение слоев дорожной одежды; изоляция и дренаж; гидротехническое строительство; повышение несущей способности земляного полотна; берегоукрепление; благоустройство территорий и т. д.
	Enkamat® – противозерозионный объемный мат	Гидротехническое строительство; укрепление и защита откосов от эрозии; берегоукрепление; ландшафтные работы и защита от водной и ветровой эрозии грунта; благоустройство территорий
	Enkadrain® – полимерный геокомпозиционный дренажный мат	Ландшафтный дизайн; гидротехническое строительство; устройство дренажа; гидроизоляция и защита от грунтовых вод; устройство озелененных и эксплуатируемых кровельных конструкций
	Colbondrain® CX1000 – плоские ленточные дрены для вертикального дренажа	Вертикальный дренаж больших площадей под основанием дорожных насыпей, дамб и т. п., возводящихся на слабых водонасыщенных грунтах с низким коэффициентом фильтрации
	Тканый и вязаный геотекстиль Stabilenka®;	Усиление грунтов при строительных работах; армирование склонов автомобильных обочин и железнодорожных насыпей; усиление грунтов при гидротехническом строительстве, возведении дамб, моллов, волнорезов и т.п.; защита грунтов от водяной эрозии; укрепление периметра полигонов бытовых и промышленных отходов; изготовление подпорных армогрунтовых конструкций
	Георешетки HaTelit®, HaTelit XP®, Fortrac®	Армирование асфальтобетонных слоев; строительство автомобильных и железных дорог на слабых грунтах; возведение подпорных стен и откосов, насыпей на сваях, полигонов ТБО
	Объемная георешетка Fortrac® 3D	Транспортное строительство; подпорные стены и откосы; насыпи; плотины, дамбы, водохранилища; полигоны ТБО иловые накопители
	Строительная система Incomat®	Земляные работы; гидростроительство
	Бентонитовые маты Tektoseal®	Водные ландшафты, водохранилища; каналы и ирригационные системы; защита грунтовых вод вдоль дорог; водосборные системы для защиты грунтовых вод от загрязнения
	Паро-влагоизоляционная мембрана Tyvek®	Гидроизоляция
	Геотекстильное полотно «Дорнит»	Дорожное строительство, системы дренажа, укрепление грунта
	Габионные конструкции – габионы, матрасы, габионная сетка, монтажная вязка	Подпорные стены, террасирование участка, укрепление берегов реки, укрепление склонов
	Битумные материалы торговой марки «БРИТ»	Герметики, мастики, битумно-полимерные стыковочные ленты, защитно-восстановительные составы для дорожного, аэродромного и промышленно-гражданского строительства
Трубы для безнапорной канализации, дренажные трубы	Автодорожное и железнодорожное строительство; устройстволивневой (безнапорной) канализации и дренажных систем	

1	2	3
<p><b>АО «ВТОР-КОМ»</b> г. Челябинск</p>  <p><b>ВТОР-КОМ</b></p> <p>Тел. +7 (351) 791-38-72, 791-14-22 <a href="http://www.vtor-kom.rf">www.vtor-kom.rf</a></p>	<p>Геополотно нетканое «ВК» (СТО 21506643.001-2015); поверхностная плотность – от 100 до 600 г/м<sup>2</sup>, ширина – до 6 м</p>	<p>Ремонт, строительство, реконструкция автомобильных дорог; монтажные и ремонтные работы на газо- и нефтепроводах; строитель- ство железных дорог; ландшафтные работы</p>
	<p>Полотно гидроизоляционное «Теплонит-ВК» (ТУ 8397-006-2150-6643-2015); ширина – 4,2 м: тип 3 – материал, состоящий из двух слоев геотекстиля и слоя полиэтиленовой пленки между ними; тип 2 – материал, состоящий из геотекстильного полотна, дублированного полиэтиленовой пленкой содной стороны</p>	<p>Обустройство кустов скважин; строительство накопителей жидких, твердых промышленных и бытовых отходов; устройство гидроизоля- ционного и антикоррозийного покрытия бетонных, кирпичных, металлических и прочих поверхностей</p>
	<p>Геотекстиль «Лайтекс» и «Лайтекс PRO» (СТО 21506643.01-2018); поверхностная плотность от 150 до 600 г/м<sup>2</sup>, ширина – до 6 м</p>	<p>Общестроительные и ландшафтные работы, строительство временных дорог и дорог обычного типа</p>
	<p>Геотекстиль G-Tex (СТО 21506643.001-2016); поверхностная плотность – от 100 до 600 г/м<sup>2</sup>; ширина – 2 м</p>	<p>Устройство водоемов и бассейнов, кровельные работы, благоустрой- ство территорий, мест хранения сыпучих материалов, при ландшафт- ных работах и как укрывной материал</p>
<p><b>ООО «ГАБИОНЫ МАККАФЕРРИ СНГ»</b> г. Москва</p>  <p>Тел. +7 (495) 937-58-84, Факс +7 (495) 775-19-93 E-mail: <a href="mailto:info@ru.maccafferri.com">info@ru.maccafferri.com</a> <a href="http://www.maccafferri.ru">www.maccafferri.ru</a></p>	<p>МакМат – полипропиленовый геомат</p>	<p>Защита откосов от эрозионных процессов</p>
	<p>МакМат R-Полимер – полипропиленовый геомат, армиро- ванный тканой георешеткой</p>	<p>Защита откосов от эрозионных процессов; возможность использо- вания на склонах с углом заложения до 1:1 (включительно)</p>
	<p>МакМат R-Сталь – полипропиленовый геомат, армирован- ный тканой георешеткой</p>	<p>Защита откосов от эрозионных процессов; возможность использо- вания на склонах с углом заложения до 1:0,5 (включительно); устойчи- в к механическому воздействию</p>
	<p>МакГрид EG – полипропиленовая двухосноориенированная георешетка</p>	<p>Укрепление основания дорожной одежды на границе песок/щебень; имеет нормативный алгоритм расчета</p>
	<p>МакГрид WG – полиэфирная тканая георешетка</p>	<p>Механическая стабилизация грунта при устройстве армогрунтовых конструкций и подпорных стен в насыпях автодорог</p>
	<p>ПараГрид и ПараДрейн – высокопрочные композитные геореш- етки, от 50 до 200 кН/м</p>	<p>Армирование насыпи при возведении насыпей автодорог с увели- ченным углом откоса; возможность применения в связных (местных) грунтах</p>
	<p>ПараЛинк – высокопрочная композитная георешетка, от 200 до 1350 кН/м</p>	<p>Армирование высоких насыпей на слабых основаниях, просадочных и карстовых грунтах</p>
	<p>МакДрейн М – дренажный геокompозит</p>	<p>Осушение обводненных откосов выемок автодорог</p>
<p>МакДрейн W – дренажный геокompозит</p>	<p>Вывод излишков влаги при уширении существующей насыпи на грани- це отработки котлована; возможность формирования вертикальных перехватывающих дрен</p>	
<p><b>ООО «ГЕКСА – НЕТКАНЫЕ МАТЕРИАЛЫ»</b> (ТМ Геоспан) Московская обл., Красногорский р-н, д. Гольево</p>  <p><b>ГЕОСПАН</b> Основательный текстиль</p> <p><a href="http://www.geospan.ru">www.geospan.ru</a></p>	<p>Тканый геотестиль из полипропиленовых нитей «Геоспан» ТН, прочность 20-100 кН/м</p>	<p>В качестве армирующей, разделяющей и капиллярпрерывающей про- слойки в основании дорожной одежды и земполотна</p>
	<p>Тканый геотестиль из полиэфирных нитей «Геоспан» ТНПЭ, прочность 80-1000 кН/м</p>	<p>Армирование земполотна и строительство армогрунтовых конструк- ций, в том числе подпорных стен</p>
	<p>Термоскрепленный нетканый геотекстиль «Геоспан» ТС из полиэфирных нитей</p>	<p>В качестве фильтрующей защитной прослойки при строительстве во- доотводных и дренажных систем, выполняет функцию разделительной подложки и обратного фильтра при защите подтопленных откосов</p>
	<p>Объемная решетка «Геоспан» ОР и «Геоспан» ОРП с перфо- рацией; высота ребра 5-20 см, диагональный размер ячейки 20-40 см</p>	<p>В комбинации с геотекстилями «Геоспан» – для обеспечения устойчи- вости (укрепления) и противозерозионной защиты откосов, создания гибкой геоплатформы «Геоспан» для армирования земполотна</p>


1	2	3
<p><b>ГК GEOSM</b> г. Нижний Новгород</p>  <p>Тел. 8 (800) 500-32-24 E-mail: info@geo-sm.ru www.geo-sm.ru</p>	<p>Геотекстиль «Геофлакс®»</p>	<p>Дорожное, промышленное, гражданское и гидротехническое строительство, сельское хозяйство, ландшафтный дизайн</p>
	<p>Геосетка «Геофлакс®»</p>	<p>Дорожное строительство, укрепление откосов и защита почвы от эрозии, армирование грунтов и асфальтобетона</p>
	<p>Геомембрана «Геофлакс®»</p>	<p>Строительство водоемов, полигонов ТБО и ТКО, устройство плоской зеленой кровли, гидроизоляция строительных объектов и их фундаментов</p>
	<p>Георешетка «Геофлакс®»</p>	<p>Дорожное строительство, армирование грунтов, укрепление берегов и откосов, создание экопарковки</p>
	<p>Геоматы «Геофлакс®»</p>	<p>Укрепление грунта, склонов и откосов, гидротехническое строительство, противоэрозийная защита, укрепление слабых оснований</p>
	<p>Габионы «Геофлакс®»</p>	<p>Возведение подпорных стен, тоннелей, ограждений и заборов, гражданское и промышленное строительство, ландшафтный дизайн, укрепление береговой линии, откосов и склонов</p>
<p><b>ООО «ГУР130»</b> г. Смоленск</p>  <p>Тел. +7 (4812) 31-04-74 www.eko-len.ru</p>	<p><b>Нетканые иглопробивные материалы (ширина полотна до 2 м):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ биоматы иглопробивные (БТ-СО, БТ-ВХЗ, БТ-ВУЗ, БТ-ВПС, БТ-ВМП);</li> <li>■ биоматы прошивные;</li> <li>■ биоматы армированные полиэфирной/полипропиленовой сеткой;</li> <li>■ биоматы по техзаданию заказчика</li> </ul>	<p>Дорожное строительство (укрепление и озеленение грунтовой поверхности откосов, насыпей автомобильных и железных дорог); нефтегазодобывающая отрасль (быстрое восстановление нарушенного почвенно-растительного слоя трасс нефте- и газопроводов); строительство и озеленение (озеленение территорий, защита и укрепление склонов, карьеров от процессов эрозии)</p>
<p><b>ГК «МИАКОМ»</b> г. Санкт-Петербург, г. Москва, г. Тверь, г. Самара, г. Белгород</p>  <p>Тел. +7 (800) 555-04-05 www.miakom.ru</p>	<p><b>Объемные георешетки</b> ГЕОКАРКАС®, ГЕО ОР – геосинтетический материал пространственной «сотовой» конструкции, образованной из соединенных между собой полос методом термической или ультразвуковой сварки; поставляется в виде складывающегося модуля; в растянутом (рабочем) положении модуль геосотовой георешетки превращается в ячеистую трехмерную конструкцию, готовую для заполнения грунтом и инертными материалами</p>	<p>Объемное армирование грунта с целью образования стабильного слоя «грунт в георешетке»; значительно увеличивают физико-механические свойства конструкции: жесткость, прочность, распределяющая способность, стойкость к воздействию динамических нагрузок, поверхностному размыву, воздействию неравномерных деформаций</p>
	<p><b>Дренажные геокомпозиты</b> МИАДРЕН-Х – дренажный геокомпозит, произведенный из экструдированных полипропиленовых мононитей, создающих W-образную структуру продольных параллельных каналов, и одного или двух слоев нетканого геотекстиля</p>	<p>Устройство откосных дренажей; строительство полигонов ТБО (вентиляционный и дренажный слой); устройство плоскостного дренажа дорожной одежды, дренажа при ремонте ослабленных, пучиноопасных участков автомобильных дорог</p>
	<p><b>Геоматы</b> СТАБИМАТ СМТ – гибкий, легкий воздухо- и водопроницаемый геосинтетический материал хаотичной трехмерной структуры из полимерных мононитей с высокой пористостью структуры – до 90% поверхностной площади</p>	<p>Защита откосов и склонов от эрозии (удерживает частички грунта и препятствует эрозии верхнего слоя почвы)</p>
	<p><b>Геокомпозиты</b> АРМОСТАБ®-Грунт И (ИТ-АРМ) – геокомпозит армирующий на основе георешетки – это геосинтетический материал, состоящий из георешетки и нетканого или тканого геотекстиля; способы скрепления слоев георешетки и геотекстиля, а также состав пропитки зависят от области применения и проектного решения; методы скрепления: пришивной или клеевой</p>	<p>Применяют в дорожном строительстве для выполнения комбинированных функций, например, армирование и разделение (А+Р); армирование и фильтрация (А+Ф)</p>
	<p><b>Полиэфирные георешетки</b> АРМОСТАБ®-АР – одно- или двусоориентированная георешетка, произведенная из высокомодульных полиэфирных нитей основовязальным способом с образованием ячеек различного размера с последующей пропиткой полимерным составом на основе поливинилхлоридов, полиэтилена, битума или латексов</p>	<p>Строительство и ремонт автомобильных и железных дорог; устройство насыпей на слабых основаниях; устройство армогрунтовых подпорных конструкций; строительство временных дорог, подъездных путей; противоэрозийная защита откосов насыпей; строительство гидротехнических сооружений; строительство полигонов для размещения отходов; укрепление грунтовых оснований фундаментов</p>
<p><b>Высокопрочные ткани</b> АРМОСТАБ®-ПЭТ производится из высокомодульных полиэфирных нитей по ткацкой технологии с пределом прочности от 80 до 1200 кН/м, а также основовязальным методом с пределом прочности от 600 до 1600 кН/м</p>	<p>Армирование дорожных слоев основания, грунта земляного полотна, подпорных стен, устоев мостов и т. д.</p>	

1	2	3
<p><b>ООО «ПРЕСТОРУСЬ»,</b> г. Москва, Липецкая обл. (ОЭЗ ППТ «Липецк»)</p>  <p><b>Тел. + 7 (499) 6-733-733</b> <b>E-mail: sales@presto.ru</b> <b>prestorus.com</b></p>	<p>Инновационная пространственная полимерная решетка ГЕОКОРД® (СТО 17996082-001-2013) с перфорацией и без, высота ячейки – 50–300 мм, размер ячейки – 150–500 мм по стороне</p>	<p>В конструкциях дорожной одежды, для усиления слабых оснований насыпей и площадок; при укреплении откосов, канав, склонов, конусов мостов; в конструкциях поверхностного дорожного водоотвода</p>
	<p>Пространственная полимерная решетка ППП GW® (ТУ 2246-301-17996082-2013, ТУ 2246-303-17996082-2018) с перфорацией и без, высота ячейки – 50–300 мм, размер ячейки – 150–500 мм по стороне</p>	<p>В конструкциях дорожной одежды, для усиления слабых оснований насыпей и площадок, при укреплении откосов, канав, склонов, конусов мостов; в конструкциях поверхностного дорожного водоотвода</p>
	<p>Объемная георешетка для укрепления откосов ГЕОСТЕП® (СТО 17996082-005-2015)</p>	<p>Укрепление и противозероэрозийная защита откосов с углом заложения от 1:3 до 1:1.</p>
	<p>Гибкая бетонная плита ГЕОСОТЫ® (ТУ 5841-002-18649652-2012) состоит из секции пространственной полимерной решетки, армированной полиамидным шнуром и заполненной бетоном; толщина плит – 50, 75, 100, 150 мм, 12 типоразмеров</p>	<p>В гидротехнических сооружениях в качестве противозероэрозийного, балластирующего, защитного и укрепляющего материала (берегоукрепление, пригруз трубопровода, защита переходов трубопроводов через водные преграды, временные проезды)</p>
	<p>Материал нетканый геотекстильный ГЕОНИТ-Н® (СТО 839700-003-17996082-2015) иглопробивной; термокаландрированный, плотность – 100–600 г/м, ширина – до 6 м</p>	<p>Устройство различных дренажных систем; в качестве разделителя конструктивных слоев дорожной одежды; как наружную защиту гидроизоляционных мембран при строительстве водных резервуаров или полигонов ТБО, для защиты изоляции трубопроводов; в различных фильтрационных системах, так как материал отлично пропускает воду, как в продольном, так и в поперечном направлении, не давая слою щебня заиливаться и при этом задерживает мелкие частицы почвы и песка</p>
	<p>Геомембрана ПРЕСТОРУСЬ® (СТО 17996082-008-2018); типы сырья: HDPE и LLDPE; по типу поверхности геомембрана может быть гладкой или текстурированной; толщина – 0,75–3 мм, ширина – 1,6 и 3,2 м</p>	<p>Гидроизоляция полигонов ПО и ТБО; создание защитного фильтра нефтехранилищ и нефтепроводов; создание защитного экрана площадок кучного выщелачивания меди и золота; гидроизоляция золоотвалов; гидроизоляция могильников ядерных и других токсических отходов; создание противofильтрационных фильтров при сооружении плотин, дамб, каналов; создание гидрометаллургических площадок; гидроизоляция подвалов, тоннелей и других подземных сооружений; гидроизоляция фундаментов различных зданий; строительство дорог и аэродромов; создание искусственных водоемов; гидроизоляция полигонов по утилизации снега; гидроизоляция зернохранилищ, силосных ям</p>
	<p>Шнур полиамидный 16-прядный плетеный с сердечником, диаметр – 2–12 мм, разрывная нагрузка – 100–2000 кгс</p>	<p>Для перераспределения нагрузки между секциями объемной георешетки на откосе; применяется вместе с объемной георешеткой на сложных откосах (большая крутизна, длина, переувлажненные грунты и т. д.)</p>
<p>Комплекующие:  <ul style="list-style-type: none"> <li>■ крепежный ключ «Фаст-Лок™»;</li> <li>■ композитный анкер «Геофорс®» (длина любая);</li> <li>■ пластиковый анкер «Пруттекс®» (длина – 50 и 80 мм);</li> <li>■ металлические анкеры с загибом и без;</li> <li>■ АРМ-клип™ в композиции с металлической или композитной арматурой;</li> <li>■ степлеры: пневматический и механический (ручной), скобы для степлера</li> </ul> </p>	<p>Предназначены для монтажа и скрепления между собой секций объемных георешеток и других геоматериалов</p>	
<p><b>ООО «ФРОЙДЕНБЕРГ ПОЛИТЕКС»</b> Нижегородская обл., г. Заволжье</p>  <p><b>www.freudenberg-pm.com</b></p>	<p>Полотна иглопробивные геотекстильные Drenotex из полиэфирного волокна шириной до 6 м:  <ul style="list-style-type: none"> <li>■ термофиксированные плотностью от 100 до 600 г/м<sup>2</sup>;</li> <li>■ нетермофиксированные (суровые) плотностью от 100 до 600 г/м<sup>2</sup></li> </ul> </p>	<p>Строительство дорог; устройство дренажных систем; устройство эксплуатируемых кровель; укрепление откосов; разделение слоев грунта; гидротехническое строительство</p>

1	2	3
<p><b>АО «СТЕКЛОНИТ»</b> <b>ООО «СТЕКЛОНИТ Менеджмент»</b> г. Москва</p> <p><b>РУСКОМПОЗИТ</b> ГРУППА КОМПАНИЙ</p> <p>Тел. +7 (495) 223-77-22 www.steklonit.com</p>	<p><b>Георешетки:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ ССНП «ХАЙВЕЙ» из стекловолокна;</li> <li>■ ПС «ХАЙВЕЙ» из полиэфирных нитей;</li> <li>■ ГБ «ХАЙВЕЙ» из базальтового волокна</li> <li>■ ПС (ПВА) «ХАЙВЕЙ»</li> </ul>	<p>Используются в качестве армирующей прослойки асфальтобетонных покрытий дорог: для повышения расчетных показателей асфальтобетонных слоев дорожной одежды; для замедления процесса появления, развития и раскрытия трещин; для увеличения срока службы и эксплуатационных показателей покрытия; препятствуют развитию кюлейности</p>
	<p><b>Георешетки полимерные:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ ПС «ПОЛИСЕТ»;</li> <li>■ СПП «ПОЛИСЕТ»;</li> <li>■ ПС (ПВА) «ПОЛИСЕТ»</li> </ul>	<p>Обеспечивают стабильность, устойчивость и требуемую несущую способность дорожных конструкций, препятствуют проникновению крупных фракционных материалов в нижележащие слои основания при строительстве постоянных и временных дорог, в том числе на слабых основаниях</p>
	<p><b>Маты трехмерные (геоматы):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ МТА «Экстрамат»;</li> <li>■ МТАД «Экстрамат» с одним или двумя слоями нетканого материала</li> </ul> <p><b>Геоматы вязаные:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ полиэфирные ГП «Экстрамат»</li> <li>■ стеклополиэфирные ГСП «Экстрамат»</li> </ul>	<p>Используются в качестве армирующих составляющих при дорожном строительстве, в том числе, для создания устойчивого растительного покрова с целью предотвращения эрозионных процессов земляных сооружений: насыпей, выемок, кюветов, мостовых конусов</p>
	<p>Объемные георешетки (геосоты) АРМОСЕЛЛ из полиэтилена</p>	<p>Защита склонов и откосов от водной и ветровой эрозии, укрепление и армирование слабых оснований и грунтов</p>
<p><b>ООО «ТЕНСАР ИННОВЭЙТИВ СОЛЮШНЗ»</b> г. Санкт-Петербург, г. Москва</p> <p><b>Tensar®</b></p> <p>Тел. +7 (812) 677 07 94, +7 (495) 785-14-96 Завод в Санкт-Петербурге: тел. +7 (812)677-57-34 E-mail: info@tensar.ru www.tensar.ru</p>	<p>Трехосные (гексагональные) георешетки серии TriAx, марки TX 150, TX 160, TX 170, TX 180</p>	<p>Дорожное строительство и инфраструктура; стабилизация слабых грунтов основания; армирование дополнительно к разделению конструктивных слоев дорожных одежд (оснований и покрытий переходного типа), защитных и балластных слоев, транспортных площадок, основания насыпей, фундаментов; устройство подпорных стен и устоев мостов</p>
	<p>Двуосные георешетки серии SS, марки SS 20, SS 30, SS 40, серии СД, марки СД 30, СД 40</p>	<p>Дорожное строительство и инфраструктура; стабилизация слабых грунтов основания; армирование и разделение конструктивных слоев дорожных одежд, защитных и балластных слоев, транспортных площадок, основания насыпей, фундаментов; устройство подпорных стен и устоев мостов</p>
	<p>Одноосные георешетки серии RE, марки RE 510, RE 520, RE 540, RE 560, RE 570, RE 580</p>	<p>Дорожное строительство и инфраструктура; устройство подпорных стен и устоев мостов, оснований откосов и насыпей; восстановление оползневых склонов</p>
	<p>Сотовый геоматрас</p>	<p>Дорожное строительство и инфраструктура; снижение неравномерных осадок и повышение устойчивости насыпи на слабых основаниях</p>
	<p>Фильтрационный геоматрас «Тритон»</p>	<p>Гидротехническое строительство; дно- и берегоукрепление, укрепление водоотводных канав; защита оголовков труб, трубопроводов, откосов земляного полотна и берм от размыва и разрушения паводковыми и стоячими водами</p>
	<p>Стеклосетки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Гласстекс Р50, Р100;</li> <li>■ Гласстекс Грид 50, 100</li> </ul>	<p>Дорожное строительство; усиление асфальтобетонных слоев с целью увеличения срока службы при трещинообразовании и колеяности</p>
<p><b>ООО «РГК»,</b> г. Москва</p> <p><b>РГК</b> ГЕОСИТЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ</p> <p>+7 (495) 645-81-53 E-mail: info@rusgc.ru www.rusgc.ru</p>	<p>Георешетка полимерная «РГК СД»</p>	<p>Армирование конструктивных слоев дорожных покрытий и грунтов насыпей, строительство на слабых и болотистых грунтах, а также на вечной мерзлоте</p>
	<p>Георешетка полимерная «РГК-ТХ» гексагональная</p>	<p>Армирование основания насыпи и откосов с повышенной крутизной (армогрунтовые системы), строительство на слабых и болотистых грунтах, а также с применением местных грунтов и в сейсмичных районах</p>
	<p>Георешетка полимерная «РГК Сетка одноосная»</p>	<p>Комплексное применение для разделения конструктивных слоев, фильтрации воды и армирования в конструкциях земляного полотна линейных сооружений и на других объектах</p>
	<p>Материал полимерный «РГК-Композит»</p>	<p>Гидроизоляция грунтовых и бетонных сооружений; применение в противофильтрационных конструкциях</p>
	<p>Геомембрана рулонная пластмассовая экструдированная «РГК-МБ»</p>	<p>Армирование грунтовых массивов, защита откосов от ветровой и водной эрозии, усиление конструкций покрытий автодорог и подбалластного основания железнодорожного пути</p>
	<p>Геосотовый полимерный материал «РГК ГР»</p>	<p>Фильтрация и отвод воды от грунтов, разделение грунтов</p>
	<p>Материал объемный композитный для дренажа (геодрена) марки «РГК-Дренаж»</p>	<p>Фильтрация и отвод воды от грунтов, разделение грунтов</p>

1	2	3
<p><b>ООО «РГК», г. Москва</b></p>	<p>Многослойный композиционный материал марки «РГК-Гидрокомполит»</p>	<p>Фильтрация и отвод воды от грунтов, дренирование, гидроизоляция</p>
	<p>Геотекстиль «РГК»</p>	<p>Разделение грунтов и материалов, фильтрация и отвод воды от грунтов</p>
	<p>Модульные облицовочные блоки для армогрунтовой насыпи</p>	<p>Создание эстетического вида с фасада армогрунтовых конструкций, сооружаемых в черте города, выполняя при этом функцию облицовки</p>
<p><b>ООО «ХЮСКЕР» г. Москва</b></p> <p><b># HUESKER</b></p> <p><b>www.huesker.ru</b></p>	<p><b>Георешетки:</b> Fortrac® – плоская георешетка из полиэфира (ПЭТ), арамида (А) или поливинилспиртовых (ПВС) нитей с ПВХ-покрытием, прочность – до 3000 кН/м<sup>2</sup></p>	<p>Строительство автомобильных и железных дорог на слабых грунтах; возведение подпорных стен и откосов, насыпей на сваях, полигонов ТБО</p>
	<p>Basetrac® Grid – плоская двуслойная георешетка из полипропиленовых (ПП), полиэфира (ПЭТ), поливинилспиртовых (ПВС) нитей с ПВХ-покрытием</p>	<p>Строительство постоянных и временных автомобильных дорог на слабых грунтах</p>
	<p>Fortrac® 3D – пространственная георешетка из полиэфирных (ПЭТ) нитей с поперечными волнами высотой до 10 мм и коэффициентом взаимодействия с грунтом 1,0</p>	<p>Укрепление откосов, защита от ветровой и дождевой эрозии на время формирования дернового слоя</p>
	<p><b>Геокомпозиаты:</b> HaTelit® – плоская георешетка из ПЭТ или ПВС-нитей (с максимальным удлинением не более 6%), нетканой ПП подложкой, пропитанной битумной эмульсией</p>	<p>Армирование асфальтобетонных слоев, в том числе локальное и на цементобетонном основании; уменьшение образования отраженных, усталостных и временных трещин</p>
	<p>SamiGrid® – плоская георешетка из поливинилспиртовых (ПВС) нитей с нетканой подложкой, пропитанной битумной эмульсией</p>	<p>Армирование асфальтобетонных покрытий на цементобетонном основании, восстановление бетонных поверхностей, поврежденных в результате взаимодействия щелочей с кремнеземом</p>
	<p>Basetrac® DUO – геокомпозит, состоящий из плоской георешетки (с/без пропитки) с нетканой подложкой различной плотности</p>	<p>Строительство на слабых грунтах, а/д и ж/д; разделение и фильтрация</p>
	<p>Семейство Tektoseal®: Tektoseal® Clay – бентонитовые маты</p>	<p>Перекрытие полигонов ТБО; гидроизоляция оснований, строительство а/д и ж/д в водоохраных зонах; возведение ландшафтных сооружений</p>
	<p>Tektoseal® Sand – трехслойный геокомпозит с инкапсулированным кварцевым песком</p>	<p>Строительство полигонов ТБО, укрепление откосов</p>
	<p>Tektoseal® Active – многослойные барьерные и фильтрующие продукты для абсорбции, адсорбции и барьера от загрязнений</p>	<p>Полигоны ТБО, строительство хвостохранилищ, сбор розлива нефтепродуктов, рекультивация загрязненных земель, защита подземных вод (тяжелые металлы), абсорбция нефтепродуктов</p>
	<p><b>Геоткани:</b> Stabilenka® – тканые или вязаные высокопрочные геополотна из ПЭТ и ПВС нитей с прочностью материала до 2500 кН/м<sup>2</sup></p>	<p>Армирование слабых оснований при строительстве насыпей; гидротехническое строительство; строительство подпорных и армогрунтовых конструкций; укрепление грунтов основания при строительстве полигонов ТБО</p>
	<p>Ringtrac® – бесшовные тканые цилиндрические оболочки с низкой ползучестью</p>	<p>Устройство вертикальных песчаных и щебеночных свай в качестве системы укрепления основания для насыпей на слабых грунтах</p>
	<p><b>Маты и контейнеры:</b> Incomat® – высокопрочные тканые полотна, соединенные равноудаленными распорами</p>	<p>Изоляция и защита от эрозии беспросадочных грунтовых и других слоев; сплошная гидроизоляция; защита дна водоемов; противостояние высоким гидростатическим нагрузкам; устройство бун</p>
	<p>SoilTain® – технотубы из геосинтетического материала; имеют дополнительный внутренний слой из нетканого геотекстиля для лучшей фильтрации</p>	<p>Защита морских и речных берегов от эрозии и вымывания; устройство волноломов, дамб и плотин</p>
<p>SoilTain® – система обезвоживания; технотубы, сделанные из специально разработанного тканого фильтрующего материала</p>	<p>Обезвоживание осадков и шламов; устройство хвостохранилищ; рекультивация земель</p>	



1	2	3
<p><b>ГК «ТехПолимер» г. Красноярск</b></p>  <p><b>Тел. +7 (391) 269-54-64</b> <b>E-mail: info@texpolimer.ru</b> <b>www.texpolimer.ru</b></p>	Геомембрана»	Для использования в качестве противofильтрационного экрана при устройстве гидротехнических сооружений, полигонов отходов в разных отраслях промышленности, дорожных покрытий, подземных сооружений и т. д.
	Гидрокс	Дренажная профилированная геомембрана Для одновременного дренажа и гидроизоляции
	Полимерный анкерный лист	Для защиты железобетона от коррозии, воздействия химических веществ и механических повреждений
	Бетононаполняемые маты	В качестве гидроизоляции и противозерозийной защиты
	Стабигрунт	Тканое геополотно из полиэфирных, полипропиленовых или СВМПЭ-нитей Для армирования грунта и оснований, разделения строительных слоев
	Георешетки дорожные армированные РД, СД, СО, СТ	Для усиления конструкций
	Геосклон 3D	Объемная полиэфирная сетка с полимерной пропиткой. Для укрепления корневой системы трав и противозерозийной защиты
	Мобильные дорожные покрытия	Для сооружения временных проездов и площадок на участках со сложными геологическими условиями



**FREUDENBERG  
PERFORMANCE MATERIALS**



**FREUDENBERG**  
INNOVATING TOGETHER

# Drenotex

## Полиэфирный геотекстиль

**Производим геотекстиль для:**

- ▶ Укрепления почвы на склонах
- ▶ Укрепления берегов
- ▶ Устройства полигонов захоронений отходов
- ▶ Строительства дорог и ж/д путей
- ▶ Устройства дренажных систем
- ▶ Строительства подземных гаражей и эксплуатируемых кровель
- ▶ Строительства спортивных площадок

ООО "Фройденберг Политекс" - ул.Железнодорожная д.1, стр.45 - 606524, Заволжье, Нижегородская обл. - Россия  
Тел.: +7 83161 2-12-12 - Факс: +7 83161 2-12-16 - Maksim.Korobov@freudenberg-pm.com - www.freudenberg-pm.com