

УДК 624.01:625.8

О.Ю. Москалев, Н.Е. Кокодева

Саратовский государственный технический университет

Л.В. Янковский

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В ДОРОЖНЫХ ОДЕЖДАХ НЕЖЁСТКОГО ТИПА

Рассмотрены вопросы, связанные с применением геосинтетических материалов в дорожных одеждах нежесткого типа. Представлены классификация и конструкции дорожных одежд, армированных георешётками. Описана установка для проведения крупномасштабных экспериментов по определению прочностных и деформационных параметров геосотовых решёток.

Ключевые слова: дорожная одежда, геосинтетический материал, георешётки, геосоты, техническое регулирование.

В настоящее время проблеме внедрения в строительство геосинтетических материалов уделяется большое внимание. Эти материалы широко применяют при армировании дорожных одежд, укреплении откосов, создании автопарковок и т.д. [1]. Пример альтернативного современного экологического решения в виде экопарковки проиллюстрирован на рис. 1.



Рис. 1. Пример устройства экологической автопарковки (экопаркинг) [2]

Особенно интересно проектирование и строительство дорожных одежд нежесткого типа, включающих в свою конструкцию геосинтетические материалы. Создание конструкций из этих материалов должно соответствовать Федеральному закону «О техническом регулировании» №184-ФЗ. В настоящее время в дорожном хозяйстве создается система технического регулирования, в целом в своем развитии опережающая аналогичные системы других отраслей [3].

Согласно анализу закона «О техническом регулировании» №184-ФЗ, проведенному профессором В.В. Столяровым по иерархии целей трехуровневого технического регулирования, во главе угла всех разрабатываемых документов находятся положения о безопасности продукции, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации. При этом требуется обеспечивать приемлемый уровень технической безопасности для людей, окружающей среды, животных и растений. В качестве измерителя требуемого уровня безопасности закон о техническом регулировании предусматривает один универсальный показатель – допустимый риск причинения вреда.

В связи с этим при проектировании дорожных одежд нежесткого типа, включающих геосинтетический материал, необходимо стремиться к недостижению недопустимого риска разрушения дорожных конструкций в период эксплуатации автомобильной дороги.

Мировой опыт показывает, что применение геосинтетических материалов при проектировании и строительстве дорожных конструкций позволяет увеличить их срок службы и улучшить потребительские качества.

В соответствии с классификацией, заложенной в отраслевом дорожном методическом документе «Классификация, термины, определения геосинтетических материалов применительно к дорожному хозяйству» ОДМ 218.5.005–2010 [4], геосинтетические материалы делятся по типам, классам и видам. Но в конструкциях дорожных одежд и земляного полотна используются лишь некоторые из них, а именно:

- геотекстиль (geotextile – по международной классификации) – материал из синтетических или природных полимеров, неорганических веществ, получаемый по текстильной технологии, контактирующий с грунтом или другими средами, применяемыми в строительстве;

- геосетки (geonet – по международной классификации) – геосинтетический материал, имеющий сквозные ячейки лабильной формы, размеры которых превышают толщину ребер, образованный путем экструзии или переплетением ребер;

– георешётки (geogrid – по международной классификации) – плоский геосинтетический материал, имеющий сквозные ячейки правильной стабильной формы, размер которых превышает толщину ребер, образованный путем экструзии, склеивания, термоскрепления или переплетения ребер, противостоящий растяжению (внешним нагрузкам) и выполняющий роль усиления конструкции (рис. 2);

– геосотовый материал (geocell – по международной классификации) – пространственная конструкция, имеющая сквозные ячейки, образованная из геополос, соединенных в перпендикулярной плоскости относительно плоскости материала, высота ребер которого соизмерима с размером ячейки.



Рис. 2. Пример георешётки и крепления её с помощью анкеров [5]

Конструкции дорожной одежды, армированные с помощью различных геосинтетических материалов, всё чаще называют новым термином – геоимплантатные конструкции [6, 7].

Известно, что отказ дорожной одежды, связанный с недостаточной прочностью, может возникнуть по многим причинам, в частности в результате усталостных разрушений монолитных слоев под воздействием растягивающих напряжений от многократного приложения транспортной нагрузки. И как следствие этого – последующее интенсивное ухудшение транспортно-эксплуатационных свойств дорожной одежды до истечения ее срока службы. В соответствии с этим расчет на прочность выполняют по трем критериям, в том числе и по допускаемым напряжениям на растяжение при изгибе в монолитных слоях.

Для повышения трещиностойкости покрытия могут быть предусмотрены специальные трещинопрерывающие прослойки, в том числе на основе геосеток и геотекстиля.

Доцентом, к.т.н. Н.Е. Кокодеевой был проведен анализ отраслевого дорожного методического документа «Методические рекомендации по применению геосеток и плоских георешёток для армирования асфальтобетонных слоёв усовершенствованных видов покрытий при капитальном ремонте и ремонте автомобильных дорог» ОДМ 218.5.001–2009 [8]. Данные ОДМ 218.5.001–2009 носят рекомендательный характер и могут быть использованы при армировании (усилении) дорожных одежд городских улиц и дорог, автомобильных дорог промышленных и сельскохозяйственных предприятий, при проектировании дорожных одежд на участках строительства и реконструкции. Особый интерес в них представляет расчет дорожных одежд нежесткого типа с армированным асфальтобетонным покрытием. На сегодняшний день при проектировании нежестких дорожных одежд на вновь сооружаемых дорогах и на новых участках реконструируемых дорог руководствуются ОДН 218.046–01 [9]. Анализ данных документов показал, что при выполнении расчёта конструкции на сопротивление монолитных слоёв усталостному разрушению от растяжения при изгибе по ОДН 218.046–01 внесены дополнения в ОДМ 218.5.001–2009, касающиеся особенностей расчёта на прочность дорожных одежд с асфальтобетонным покрытием, армированным геоматериалами. При этом наличие армирующей прослойки в асфальтобетонном покрытии рекомендуют учитывать за счёт введения в базовые расчётные формулы двух специальных коэффициентов, величина которых зависит от прочности и деформативности геосетки (табл. 1):

- коэффициент k_a учитывает повышение сопротивления растягивающим температурным напряжениям и сопротивления растяжению при изгибе;

- коэффициент k_{Np} учитывает уменьшение влияния усталостных процессов на прочность вследствие армирования асфальтобетонного покрытия.

Эти дополнения получены в результате комплексных испытаний геосеток, плоских георешёток и асфальтобетона, армированного этими геоматериалами, с учётом условий работ, повреждаемости и длительной прочности геосеток и плоских георешёток.

Таким образом, ОДМ 218.5.001–2009 рекомендует прочность материала монолитного слоя при многократном растяжении при изгибе R_N определять по формуле (6 б^{II.1}) в зависимости:

- от нормативного значения предельного сопротивления растяжению (прочность) при изгибе (R_0) при расчетной низкой весенней температуре при однократном приложении нагрузки (табл. П. 3.1);

- коэффициента k_1 , учитывающего снижение прочности вследствие усталостных явлений при многократном приложении нагрузки (формула б^{II.2});

- коэффициента k_2 , учитывающего снижение прочности во времени от воздействия погодно-климатических факторов (табл. 3.6);

- коэффициента вариации (v_R) прочности на растяжение (прил. 4);

- коэффициента нормативного отклонения (t) (прил. 4).

В ОДМ 218.5.001–2009 коэффициент k_1 , отражающий влияние на прочность усталостных процессов, предложено вычислять по выражению (6 б^{II.2}) в зависимости:

- от расчетного суммарного числа приложений расчетной нагрузки ($\sum N_p$) за срок службы монолитного покрытия с учетом числа расчетных суток за срок службы (формулы (3.6) или (3.7));

- показателя степени (m), зависящего от свойств материала рассчитываемого монолитного слоя (табл. П.3.1);

- коэффициента α , учитывающего различие в реальном и лабораторном режимах растяжения повторной нагрузкой, а также вероятность совпадения по времени расчетной (низкой) температуры покрытия и расчетного состояния грунта рабочего слоя по влажности (табл. П.3.1);

- коэффициента k_{Np} , учитывающего уменьшение влияния усталостных процессов на прочность, вследствие армирования асфальтобетонного покрытия геосеткой (табл. 1).

Как отмечено в ОДМ 218.5.001–2009, такой подход позволит увеличить межремонтные сроки проведения капитального ремонта и ремонта дорожных одежд, предусмотренные приказом Минтранса России от 01.11.2007 № 157.

Это увеличение обосновано замедлением темпов трещинообразования, колееобразования и образованием выбоин на армированном покрытии, что, в свою очередь, способствует сохранению ровности по-

крытия и его распределяющей способности. Уменьшается количество влаги, проникающей через покрытие и снижающей несущую способность земляного полотна.

Таблица 1

Значения коэффициентов армирования

Прочность геосетки (плоской георешётки) R_{LR} (R_{TR}), кН/м	Относительная деформация при разрыве $\varepsilon_{LR\max}$ ($\varepsilon_{TR\max}$), %	k_a	k_{Np}
Менее 50	не более 4	1,00	1,00
	более 4	1,00	1,00
50	не более 4	1,05–1,10	0,80–0,90
	более 4	1,00–1,05	0,90–1,00
100	не более 4	1,10–1,20	0,50–0,75
	более 4	1,05–1,10	0,75–0,90
150 и более	не более 4	1,20–1,50	0,25–0,50
	более 4	1,10–1,20	0,60–0,75

Однако предложенный материал не в полной мере обеспечивает выполнение законов ФЗ № 184-ФЗ и № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации», требующих эксплуатационные характеристики оценивать с учетом технических регламентов на основе оценки степени риска и оценки степени причинения ущерба. Поэтому необходима разработка нормативно-методического обеспечения (сводов правил, отраслевых норм и рекомендаций, стандартов организаций), которая бы учитывала обозначенную законами проблему [10, 11, 12, 13].

Также для усиления дорожной одежды может применяться геосотовый материал. В этом случае армируется уже не покрытие, а основание дорожной одежды.

Использование геосотового материала для армирования оснований предпочтительнее использования георешёток, так как последние лишь усиливают нижнюю часть конструкции, а не армирует её. Кроме того, геосотовый материал ограничивает горизонтальные перемещения материала в армируемой среде [14].

Рассмотрим типовую конструкцию дорожной одежды для дороги III технической категории во II дорожно-климатической зоне. Она состоит из следующих конструктивных слоёв (табл. 2).

Таблица 2

**Типовая конструкция дорожной одежды для дороги
III технической категории во II дорожно-климатической зоне**

Наименование слоя	Толщина слоя h , см	Схема
Горячий щебёночный асфальтобетон, мелкозернистый, типа А, марки I	4	
Горячий щебёночный асфальтобетон, крупнозернистый, марки I	6	
Подобранные гравийные материалы, укрепленные портландцементом в количестве 5 %	18	
Песок	20	

При армировании основания данной дорожной одежды её конструкция будет выглядеть следующим образом (табл. 3).

Таблица 3

**Конструкция дорожной одежды,
армированной геотекстовым материалом**

Наименование слоя	Толщина слоя h , см	Схема
Горячий щебёночный асфальтобетон, мелкозернистый, типа А, марки I	4	
Горячий щебёночный асфальтобетон, крупнозернистый, марки I	6	
Подобранные гравийные материалы + геотекстовый материал	18	
Геотекстильное полотно	0,3	
Песок	20	

При устройстве такой дорожной одежды на дополнительный слой основания (песок) укладывается геотекстильное полотно. Затем на нём закрепляется геосотовый материал, ячейки которого заполняются фракционированным щебнем.

В данном случае происходит армирование не по силе, а по перемещениям, т.е. геосотовый материал ограничивает горизонтальные перемещения укрепляемой среды (щебень, грунт), тем самым увеличивая упругость всей конструкции.



Рис. 3. Армирование щебеночной среды геосотовым материалом



Рис. 4. Испытательный стенд в собранном виде

В этой связи интересно также использовать при проектировании дорожной одежды ресурсосберегающие технологии строительства асфальтобетонных покрытий с использованием отходов металлургического производства [15].

Для детального исследования работы описанной выше конструкции на базе лаборатории дорожных исследований кафедры СОД СГТУ в настоящее время проводится эксперимент (рис. 3, 4).

В рамках эксперимента моделируется ситуация укрепления щебёночного основания дорожной одежды геосотовым материалом. Затем к полученной конструкции прикладывается нагрузка.

Цель эксперимента – оценка горизонтального перемещения щебня в пределах одной ячейки геосотового материала. После завершения эксперимента будут сделаны выводы о влиянии геосотового материала на основание дорожной одежды и об эффективности его применения.

По результатам эксперимента будут получены деформационные и прочностные характеристики, что позволит построить численную модель слоя дорожной одежды, армированной геосотовым материалом, для расчёта МКЭ на современных 3D-комплексах.

Список литературы

1. Янковский Л.В., Кочетков А.В. Применение геоимплантатных конструкций для создания экопаркингов // Экология и промышленность России. – 2011. – № 5. – С. 32–34.
2. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sport16.ru/ecoparking/foto/parking1.jpg> (дата обращения 14.09.2011).
3. Кокодеева Н.Е., Кочетков А.В., Янковский Л.В. Методические подходы реализации принципов технического регулирования в дорожном хозяйстве // Вестник ПГТУ. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. – Пермь, 2011. – №1. – С. 44–56.
4. Классификация, термины, определения геосинтетических материалов применительно к дорожному хозяйству (ОДМ 218.5.005–2010) / Федеральное дорожное агентство (Росавтодор). – М., 2010. – 30 с.
5. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.znacservice.ru/images/ekoparking2.jpg> (дата обращения 14.09.2011).
6. Кочетков А.В. Геоимплантат как новый предметный термин в геосинтетике // Строительные материалы. – Февраль, 2010. – С. 36.

7. Янковский Л.В. Классификация геоимплантатных конструкций, используемых при строительстве и ремонте транспортных объектов // Строительные материалы. – 2011. – №7. – С. 51–53.

8. Методические рекомендации по применению геосеток и плоских георешёток для армирования асфальтобетонных слоёв усовершенствованных видов покрытий при капитальном ремонте и ремонте автомобильных дорог (ОДМ 218.5.001–2009)/ Федеральное дорожное агентство (Росавтодор). – М., 2010. – 85 с.

9. Проектирование нежестких дорожных одежд (ОДН 218.046–01) / Гос. служба дор. хоз. Министерства транспорта РФ. – М.: Транспорт, 2001. – 145 с.

10. Столяров В.В. Проектирование автомобильных дорог с учетом теории риска. Ч. 1, 2. – Саратов: Изд-во СГТУ, 1994. – 184 с.

11. Кокодеева Н.Е. Влияние влажности подстилающего слоя грунта на вероятности нарушения сплошности монолитного слоя при изгибе // Актуальные проблемы эксплуатации транспорта: межвуз. науч. сб. СГТУ. – Саратов, 2000. – С. 139–144.

12. Кокодеева Н. Е. Оценка качества существующих дорожных одежд нежесткого типа с учетом вариации влажности (с позиции теории риска) // Дорожная держава. – 2009. – №19. – С. 72–75.

13. Семенов В.А. Качество и однородность автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1989. – 125 с.

14. Использование геосинтетического материала при проектировании дорожных одежд нежесткого типа (с учётом теории риска) // Строительные материалы. – 2011. – №5.

15. Пугин К.Г., Калинина Е.В., Халитов А.Р. Ресурсосберегающие технологии строительства асфальтобетонных дорожных покрытий с использованием отходов производства // Вестник ПГТУ. Урбанистика. – Пермь, 2011. – № 2. – С. 60–70.

Получено 15.09.2011