

УДК 691.175:678.5/8

**ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ**

**THE USE OF GEOSYNTHETIC MATERIALS
IN CONSTRUCTION: AN ECONOMIC PERSPECTIVE**

Р.М. АЛОЯН, А.Б. ПЕТРУХИН, Л.А. ОПАРИНА
R.M. ALOYAN, A.B. PETRUKHIN, L.A. OPARINA

(Ивановский государственный политехнический университет)
(Ivanovo State Polytechnic University)
E-mail: l.a.oparina@gmail.com

В статье приводятся результаты анализа зависимости цены на геосинтетические материалы, применяемые в дорожном строительстве, от их прочностных характеристик и поверхностной плотности. На основе проведенных исследований предлагается акцентировать внимание проектных и подрядных организаций на более широкое использование тканых геосинтетических материалов в практике дорожного строительства.

The article presents the results of the analysis of dependencies prices for geosynthetics used in road construction, their strength characteristics and surface density. Based on survey the authors propose to the projects and contractors organizations to focus more extensive use of woven geosynthetic materials in the practice of road and other types of construction.

Ключевые слова: геосинтетические материалы, строительство, тканые геосинтетические материалы, нетканые геосинтетические материалы, цена, поверхностная плотность, разрывная нагрузка, прочность.

Keywords: geosynthetic materials, construction, woven geosynthetic materials, non-woven geosynthetic materials, price, surface charges, explosive loading, strength.

Эффективное развитие современной экономики неразрывно связано с энерго- и ресурсосбережением. Во всех отраслях народного хозяйства, особенно энерго- емких, таких как строительство, энерго- и ресурсосбережение связаны с рядом системных факторов, среди которых особую роль играет применение инновационных ресурсосберегающих строительных материалов. При этом актуальной научной проблемой является поиск и разработка методов оценки показателей энерго- и ресурсосбережения и энергетической эффективности строительных объектов, построенных с применением данных материалов. Согласно результатам проведенных авторами исследований [1], [6], [7] ключевой характеристикой является экономическая целесообразность использования того или иного вида энергоресурса в зданиях, так как использование источников энергии определяется множеством факторов, в числе которых наличие технических условий для подключения к инженерным сетям, географическое расположение зданий, климатические условия района строительства и т.д. Кроме того, такие абстрактные характеристики использования энергетических ресурсов, как безопасность, эргономичность, загрязнение окружающей среды и прочие, также могут быть оценены в стоимостном выражении. Таким образом, к проблеме энергоэффективности зданий нужно подходить системно и применять не только эффективные, но и экономически целесообразные технологии. Технические аспекты применения геосинтетических материалов в строительстве в настоящее время проработаны достаточно подробно [2...5], однако экономические показатели производства и применения данных материалов остаются малоизученными, так как на российском рынке они появились недавно. В связи с этим актуаль-

ным становится анализ экономических аспектов применения геосинтетических материалов в практике строительства [8], [9].

Несмотря на то, что тканые геосинтетические материалы обладают рядом преимуществ, на данный момент в РФ в дорожном строительстве чаще применяются нетканые геосинтетические материалы, что вызвано несовершенством методик проектирования, которые не учитывают прочности геосинтетических материалов и снижения плотности дорожной одежды при применении толстых геосинтетических материалов. С целью выявления взаимосвязей между техническими и экономическими характеристиками геоматериалов авторами проведен регрессионный анализ зависимости стоимости тканых и нетканых материалов с низкими и средними разрывными нагрузками от их прочностных характеристик и от поверхностной плотности, устанавливающий технико-экономические преимущества тканых синтетических геоматериалов.

Базисом анализа выбрана парная линейная регрессия ввиду того, что построенное поле корреляции имеет форму вытянутого облака, направленного по линии вправо и вверх. Кроме этого, линейная регрессия находит широкое применение в эконометрике вследствие четкой экономической интерпретации ее параметров.

Линейная регрессия сводится к нахождению уравнения вида:

$$\hat{y}_x = a + bx. \quad (1)$$

Уравнение данного вида позволяет по заданным значениям фактора x находить теоретические значения результативного признака, подставляя в него фактические значения фактора x .

Построение линейной регрессии сводится к оценке ее параметров a и b . Классический подход к оцениванию параметров линейной регрессии основан на методе наименьших квадратов, поскольку позволяет получить такие оценки параметров a и b , при которых сумма квадратов отклонений фактических значений результативного признака y от теоретических \hat{y}_x минимальна.

В качестве экзогенной переменной определены факторы технические: разрывная нагрузка и поверхностная плотность материала; эндогенной переменной опреде-

лен экономический показатель: удельная рыночная цена, руб/кв.м материала.

Из рис. 1, где представлены уравнения линейной регрессии для нетканых геоматериалов, видно, что существует прямо пропорциональная зависимость между разрывной нагрузкой и ценой для нетканых геоматериалов. Удельная стоимость нетканых материалов на единицу прочности изменяется от 1,91 руб/кН·м для дешевых российских аналогов из вторичного сырья до 4,60 руб/кН·м по импортным материалам из качественного.

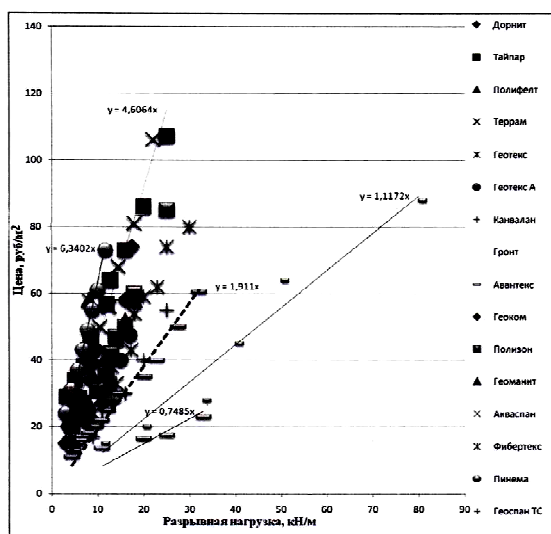


Рис. 1

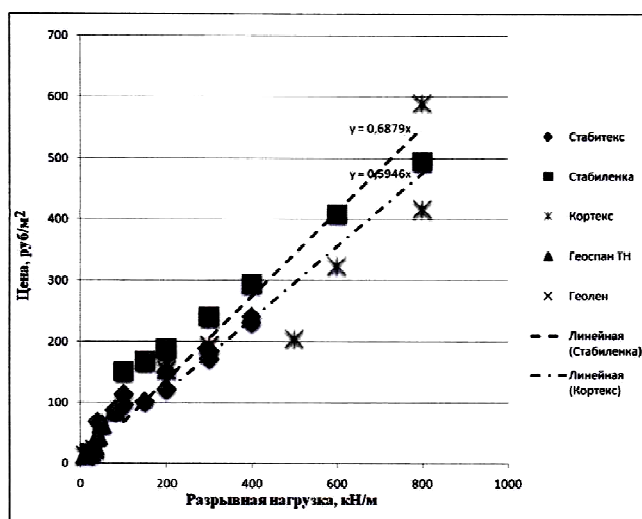


Рис. 2

Из рис. 2, где представлены уравнения линейной регрессии для тканых геоматериалов, видно, что для тканых геоматериалов зависимость между разрывной нагрузкой и ценой также прямо пропорциональная; при этом тканое полотно из полипропилена имеет более низкую удельную стоимость – от 0,74 до 1,12 руб/м². Наиболее дорогостоящими ткаными материалами являются материалы импортного производства такие, как Кортекс (Чехия) – материал полиэфир, Стабиленка (Германия) – полиамид/полиэстер. Средняя цена у материала российского производства – Стабиленс (полиамид). Самыми дешевыми ткаными материалами являются материалы российского производства из полипропилена – это Геоспан ТН и Геолен. Все они

изготовлены из материалов особой прочности и обладают высокими показателями по разрывной нагрузке.

По результатам проведенного анализа зависимости стоимости тканых и нетканых геосинтетических материалов ведущих мировых производителей с низкими и средними разрывными нагрузками можно сделать вывод о том, что наиболее дорогостоящими являются следующие марки нетканого геотекстиля.

1. Тайпар (США) – зарубежный нетканый материал, изготавливается из бесконечных полипропиленовых волокон, на 100% состоящих из полипропилена. Высокое качество Тайпар обусловлено большим опытом компании DuPont в этой сфере – более 30 лет она занимается усовершен-

ствованием этого материала и его производством. Вследствие этого данный вид геотекстиля имеет высокую цену.

2. Террам (Англия) – 30% полиэтилен, 70% полипропилен, достаточно популярен на строительном рынке благодаря стойкости производимого материала к бактериологическим и биологическим воздействиям и к щелочным и кислотным воздействиям со стороны грунта, является одним из наиболее дорогостоящих нетканых материалов.

3. Геоспан ТС (Россия, Московская обл.) – изготавливается из полиэфира, обладает высоким модулем упругости, обеспечивая значительное растяжение до разрыва. Благодаря этому, Геоспан ТС обладает повышенной сопротивляемостью повреждениям по ходу укладки, устойчив к УФ-излучению.

4. Пинема (Россия) – материал полипропилен, обладает невысокими показателями по разрывной нагрузке. ОАО "Пинема" – бренд, одно из крупнейших предприятий на территории СНГ, этим и может быть обусловлена достаточно высокая цена на данный материал.

Наименее дорогостоящими, ближе к нижней стоимостной грани анализируемых графиков, являются следующие марки нетканого геотекстиля.

1. Авантекс (Россия) – материал полиэфир, обладает самыми высокими показателями по разрывной нагрузке и при этом имеет доступную цену, что значительно увеличило спрос на него за последние годы.

2. Канвалан (Россия) – выпускается ООО "СИБУР-Геотекстиль", материал полипропилен, обладает высокой прочностью и доступной ценой.

3. Геотекс (Россия) – выпускается ООО "СИБУР-Геотекстиль", материал полипропилен, имеет в своем составе повышенное количество защитного УФ-стабилизатора. Это прекрасный пример сочетания хорошего качества и доступной цены, что делает этот материал востребованным как в строительной области, так и в других сферах деятельности.

Таким образом, цена на нетканые материалы зависит не только от их прочности, но и от места производства (импортные материалы являются наиболее дорогостоящими), от состава сырья и бренда кампании.

Несмотря на то, что тканые материалы являются более прочными, чем нетканые геосинтетические материалы, цена их значительно ниже, что можно объяснить отсутствием широкой практики их применения в строительстве и слабой рекламной кампанией.

Аналогичный регрессионный анализ проведен авторами для исследования зависимости цены от поверхностной плотности тканых и нетканых геосинтетических материалов. Проанализирована зависимость стоимости нетканых (рис. 3) и тканых (рис. 4) материалов с низкими и средними показателями по поверхностной плотности.

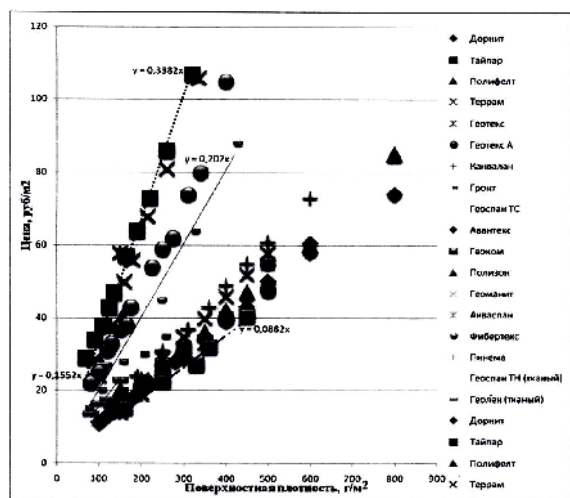


Рис. 3

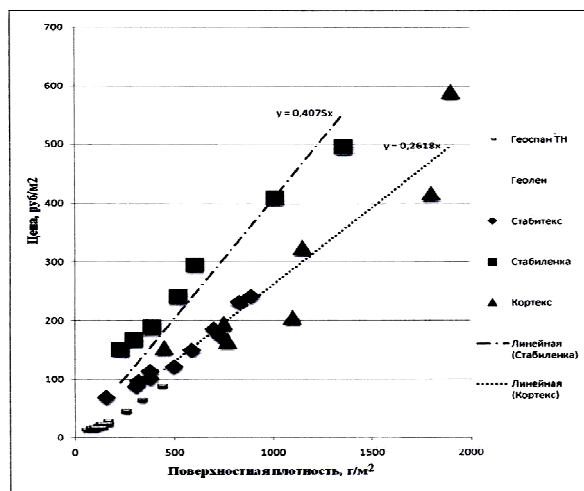


Рис. 4

Из рис. 3 видно, что аналогично существует прямо пропорциональная зависимость между поверхностной плотностью и ценой для нетканых геоматериалов.

Ближе к нижней стоимостной границе находятся российские марки нетканого геотекстиля такие, как: Геоком, Авантекс, Полизон, Геотекс, Дорнит, Канвалан, Геоманит, Пинема, обладающие средними и высокими показателями по поверхностной плотности. Ближе к верхней стоимостной границе находятся такие марки нетканого геотекстиля, как: Тайпар, Террам, Полифелт, Акваспан (Беларусь), Фиббертекс (Чехия). Все эти материалы обладают наименьшими показателями по поверхностной плотности, являются зарубежными неткаными материалами, в связи с чем являются наиболее дорогостоящими.

Из рис. 4 видно, что также существует прямо пропорциональная зависимость между поверхностной плотностью и ценой и для тканых геоматериалов.

Наиболее высокими характеристиками по поверхностной плотности среди тканых материалов обладают импортные материалы Кортекс и Стабиленка, они же являются и самыми дорогостоящими. Самые низкие характеристики по поверхностной плотности у материалов российских производителей – Геоспан ТН и Геолен, – они сопоставимы по цене с неткаными материалами.

На основе анализа удельной стоимости тканых и нетканых материалов установлено, что цена на нетканые материалы зависит прежде всего от их прочности, от бренда компании и места их производства. Так, тканые материалы российского производства являются более дешевыми, чем импортные материалы, хотя несколько не уступают по своим технико-эксплуатационным характеристикам. Тканые геоматериалы являются лучшими к применению и обладают рядом преимуществ, но на данный момент обычно в РФ применяются нетканые геоматериалы, что вызвано несовершенством методик проектирования, которые не учитывают прочности геоматериала и снижения плотности дорожной одежды при применении толстых синтетических геоматериалов.

1. Таким образом, можно сделать вывод о том, что тканые геосинтетические материалы до настоящего времени не нашли широкого применения в практике дорожного строительства. При этом они обладают рядом преимуществ, основными из которых являются:

- тканое геосинтетическое полотно является более легким материалом и более удобным для транспортировки;
- обладает более высокими прочностными характеристиками;
- данный материал более устойчив к воздействию ультрафиолета;
- обладает высокой химической и биологической стойкостью.

2. Представляется целесообразным рекомендовать проектным и подрядным организациям значительно расширить сферу применения тканых геосинтетических полотен в дорожном и других видах строительства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петрухин А.Б., Опарина Л.А. Формирование интегрального показателя энергетической эффективности зданий // Изв. вузов. Экономика, финансы и управление производством. – 2011, №3. С. 92...95.
2. Петрухин А.Б., Опарина Л.А. Классификация синтетических геоматериалов и их применение в современном строительстве // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №2, С. 14...18.
3. Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Опарина Л.А. Сравнительный анализ ресурсо- и энергосберегающих характеристик применения геотекстиля в строительстве // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №1. С. 10...14.
4. Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Опарина Л.А. Расчет основных параметров конструкций дорожной одежды с применением геотекстильных синтетических защитно-дренирующих материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №2. С. 51...55.
5. Петрухин А.Б., Матрохин А.Ю., Карева Т.Ю., Метелева О.В., Гусев Б.Н. Стратегия научно-методического и технического обеспечения выпуска тканей и изделий из натуральных и синтетических волокон // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 6. С. 30...35.
6. Петрухин А.Б., Алоян Р.М., Опарина Л.А., Ставрова М.В. Интегральный показатель энергоэффективности как основа организационного

механизма строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий // Жилищное строительство. – 2012, №3. С. 46...48.

7. Петрухин А.Б., Алоян Р.М., Опарина Л.А., Ставрова М.В. Функциональное моделирование как организационный инструмент проектирования строительства и эксплуатации энергоэффективных зданий // Жилищное строительство. – 2012, № 2. С. 2...5.

8. Алоян Р.М., Петрухин А.Б., Федосеев В.Н., Виноградова Н.В. Опыт практической реализации укрепления связей науки ИВГПУ с производством в условиях развития инфраструктурной базы текстильно-промышленного кластера региона // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №1. С. 15...18.

9. Фатхулина М.Н. Совершенствование организационно-технологических решений по ресурсо-энергосбережению в строительстве. – Иваново, 2014.

REFERENCES

1. Petruhin A.B., Oparina L.A. Formirovanie integral'nogo pokazatelja jenergeticheskoj jeffektivnosti zdaniy // Izv. vuzov. Jekonomika, finansy i upravlenie proizvodstvom. – 2011, №3. S. 92...95.

2. Petruhin A.B., Oparina L.A. Klassifikacija sinteticheskikh geomaterialov i ih primeneniye v sovremennom stroitel'stve // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №2, S. 14...18.

3. Alojan R.M., Petruhin A.B., Oparina L.A. Sravnitel'nyj analiz resurso- i jenergosberegajushchih harakteristik primeneniya geotekstilja v stroitel'stve // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, №1. S. 10...14.

4. Alojan R.M., Petruhin A.B., Oparina L.A. Raschet osnovnykh parametrov konstrukcij dorozhnoj

odezhdy s primeneniem geotekstil'nykh sinteticheskikh zashhitno-drenirujushchih materialov // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, №2. S. 51...55.

5. Petruhin A.B., Matrohin A.Ju., Kareva T.Ju., Meteleva O.V., Gusev B.N. Strategija nauchno-metodicheskogo i tehničeskogo obespechenija vypuska tkaney i izdelij iz natural'nykh i sinteticheskikh volokon // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, № 6. S. 30...35.

6. Petruhin A.B., Alojan R.M., Oparina L.A., Stavrova M.V. Integral'nyj pokazatel' jenergojeffektivnosti kak osnova organizacionnogo mehanizma stroitel'stva i jekspluatcii jenergojeffektivnykh zdaniy // Zhilishhnoe stroitel'stvo. – 2012, №3. С. 46...48.

7. Petruhin A.B., Alojan R.M., Oparina L.A., Stavrova M.V. Funkcional'noe modelirovanie kak organizacionnyj instrument proektirovaniya, stroitel'stva i jekspluatcii jenergojeffektivnykh zdaniy // Zhilishhnoe stroitel'stvo. – 2012, № 2. S. 2...5.

8. Alojan R.M., Petruhin A.B., Fedoseev V.N., Vinogradova N.V. Opyt prakticheskoy realizacii ukrepleniya svyazey nauki IVGPU s proizvodstvom v uslovijah razvitija infrastrukturoj bazy tekstil'no-promyshlennogo klastera regiona // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №1. S. 15...18.

9. Fathulina M.N. Sovershenstvovanie organizacionno-tehnologicheskikh reshenij po resurso-jenergosberezheniju v stroitel'stve. – Ivanovo, 2014.

Рекомендована кафедрой организации производства и городского хозяйства. Поступила 08.04.16.