

Д.А. Татьянников, В.И. Клевеко

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА ЗАВИСИМОСТИ «ДЕФОРМАЦИЯ – ЛИНЕЙНАЯ ЖЕСТКОСТЬ» ДЛЯ РАЗНЫХ ТИПОВ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Описано определение прочностных характеристик геосинтетических материалов (значение разрывных нагрузок, построение зависимости «деформация – линейная жесткость»). Получены характеристики, позволяющие вести оптимальное проектирование армированных оснований.

Ключевые слова: геокompозит, разрывная машина, геосетка, геоткань, линейная жесткость, удлинение.

В настоящее время геосинтетические материалы – быстроразвивающееся семейство материалов, используемых в геотехническом строительстве. Опыт применения геосинтетических материалов насчитывает десятки лет. Изначально эти материалы использовались в качестве разделяющих и дренирующих прослоек, на данный момент геосинтетические материалы стали одними из основных материалов, применяемых в строительстве для увеличения несущей способности грунтов. Они используются в гидротехническом, дорожном, подземном, природоохранном строительстве, а также для стабилизации эрозионных процессов грунтов и почв. Такая тенденция обусловлена увеличением сложности и ответственности архитектурных и строительных решений, реализуемых в сложных инженерно-геологических и климатических условиях, возрастающей урбанизацией территорий, что диктует необходимость применения новых технологий, конструкций и материалов.

На данный момент мировая практика насчитывает достаточно большой объем исследований по применению различных геосинтетических материалов для усиления оснований [1–7]. Одной из важнейших недостаточно изученных задач при проведении исследований является определение влияния характеристик геосинтетических материалов на свойства армированного основания.

Основной характеристикой при применении армированных оснований для повышения несущей способности основания является прочность геосинтетического материала на разрыв. Однако для проведения

расчетов армированных оснований недостаточно знать только точное значение прочности армирующего материала на разрыв, необходимо также учитывать относительное удлинение геосинтетического материала при соответствующей нагрузке. Как показали ранее проведенные нами исследования, а также исследования других авторов [6, 8–10], зависимость относительного удлинения от растягивающего усилия является нелинейной. Учет этой зависимости позволяет наиболее рационально подбирать армирующие материалы [1, 6]. Важность определения зависимости относительного удлинения от растягивающего усилия для геосинтетических материалов обусловлена тем, что для расчета армированных оснований в последнее время наиболее часто используется программный комплекс Plaxis. Основной характеристикой для расчета армированных оснований в программном комплексе Plaxis является значение линейной жесткости на растяжение на 1 м ширины материала (кН/м), которая определяется по результатам построения зависимости относительного удлинения от растягивающего усилия.

Для определения значений линейной жесткости были выполнены экспериментальные исследования трех различных типов геосинтетических материалов (рис. 1):

- 1) геокомпозит Polyfelt Rock PEC;
- 2) геосетка, выполненная из полиэфира;
- 3) геоткань геоспан ТН-50.

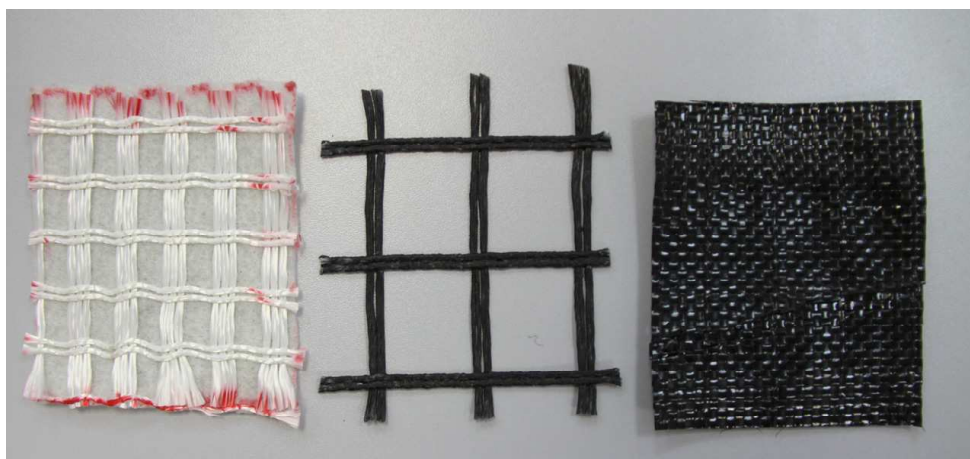


Рис. 1. Образцы материалов

В табл. 1 представлены физико-механические характеристики используемых геосинтетических материалов, полученные в результате испытаний.

Таблица 1

**Значения физико-механических характеристик
геосинтетических материалов**

Характеристика	Геокомпозит Polyfelt Rock PЕС	Геосетка, выполненная из полиэфира	Геоткань геоспан ТН-50
Состав	Полипропилен, полиэфир	Полиэфир	Полипропилен
Поверхностная плотность, г/м ²	530	350	296
Разрывная нагрузка при испытании на растяжение вдоль/поперек, кН	29/67,8	26,4/32,2	47,4/46,6
Относительное удлинение при максимальной на- грузке вдоль/поперек, %	10/18	11,5/10,6	14,14/14

Приборы и оборудование. Все эксперименты проводились в лаборатории кафедры «Строительное производство и геотехника» ПНИПУ. Для проведения испытаний использовалась испытательная разрывная машина МТ-136 (рис. 2). Методика проведения испытаний геосинтетических материалов приведена в [6].

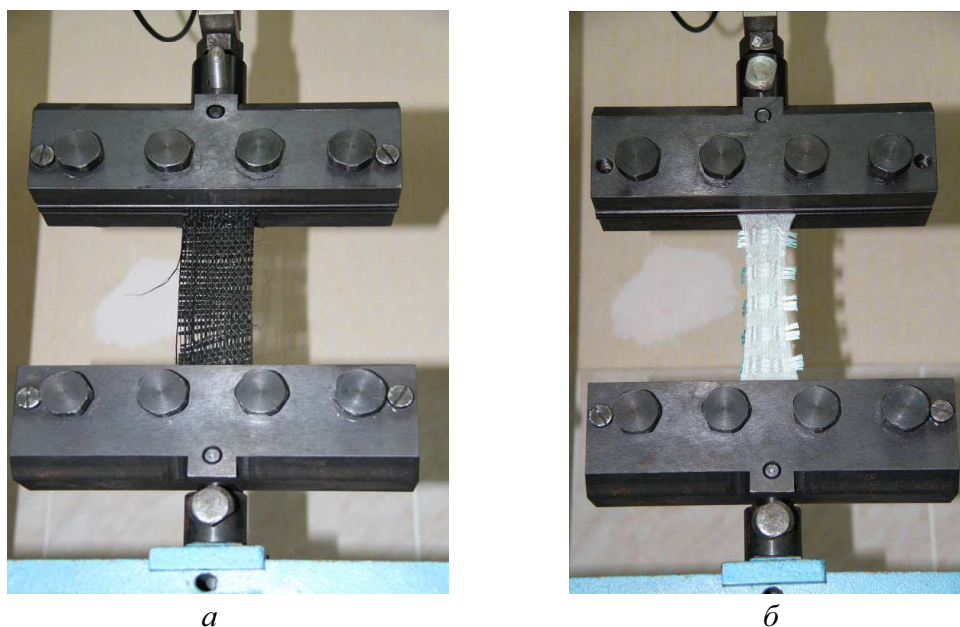


Рис. 2. Образцы полотна: *а* – геоткани геоспан ТН-50; *б* – геокомпозита Polyfelt Rock PЕС на разрывной машине

В результате проведения испытаний построили график зависимости «нагрузка – удлинение» (рис. 3), где по оси абсцисс приведено абсолютное удлинение (мм), по оси ординат – усилие (кгс) для полоски материала шириной 50 мм.

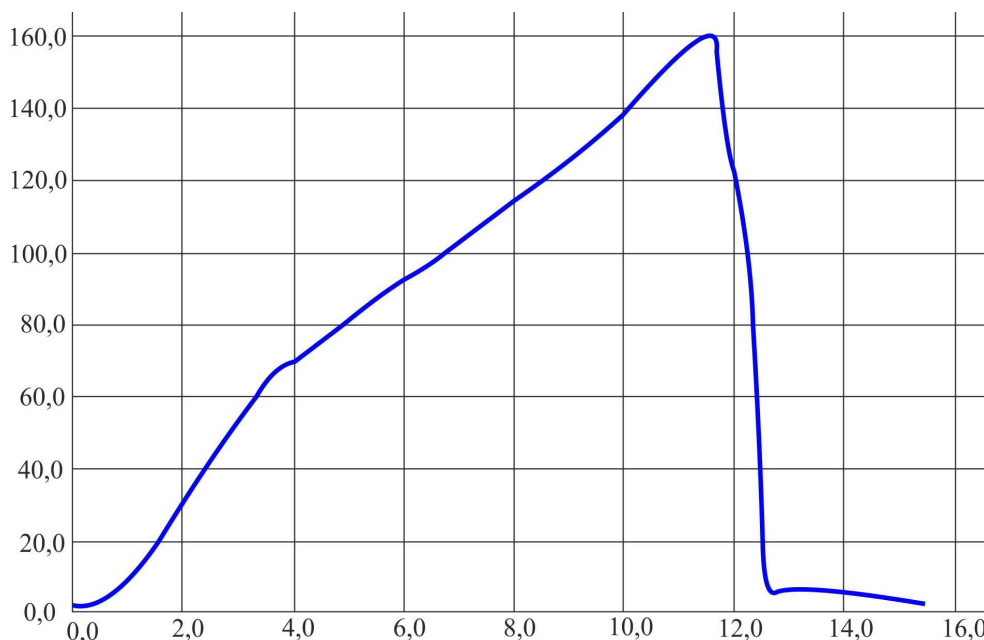


Рис. 3. Пример диаграммы «нагрузка – удлинение» управляющей программы разрывной машины МТ-136 для геосетки, выполненной из полиэфира

Обработка результатов испытания геосинтетических материалов по [8]. Для вычисления текущей жесткости, выражаемой в кН/м, используют следующую формулу:

$$G = \frac{F \cdot c \cdot 100}{\varepsilon}, \quad (1)$$

где F – определенная нагрузка при деформации ε , кН; ε – установленная деформация, %; c – выводится из уравнения (2) или уравнения (3), по обстоятельствам.

Для нетканых полотен, тканей плотной структуры или аналогичных материалов

$$c = 1/B, \quad (2)$$

где B – номинальная ширина образца, м.

Для грубого тканого геотекстиля, геосеток, геотекстиля из расплава полимера или аналогичных материалов с открытой структурой

$$c = N_m/N_s, \quad (3)$$

где N_m – минимальное число элементов растяжения 1 м ширины испытуемого образца; N_s – число элементов растяжения образца для испытания.

На рис. 4–6 приведены экспериментальные графики зависимости линейной жесткости от относительной деформации.

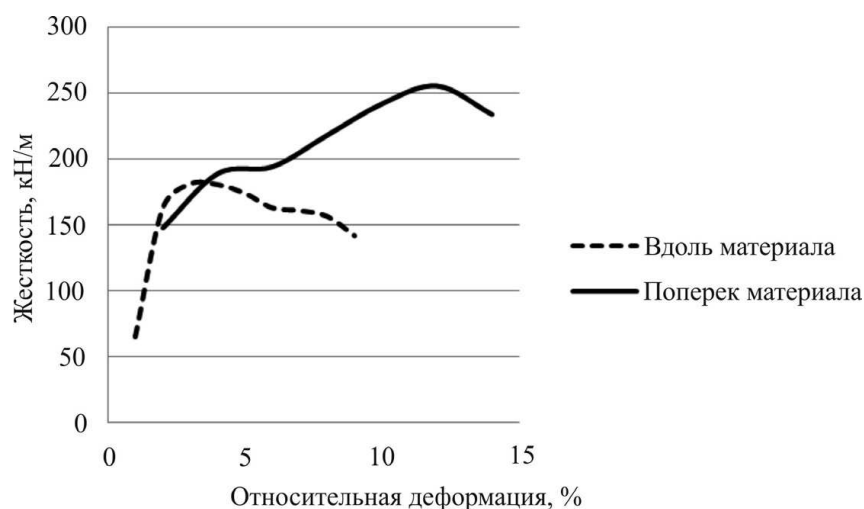


Рис. 4. График зависимости «деформация – линейная жесткость» вдоль и поперек рулона геокompозита

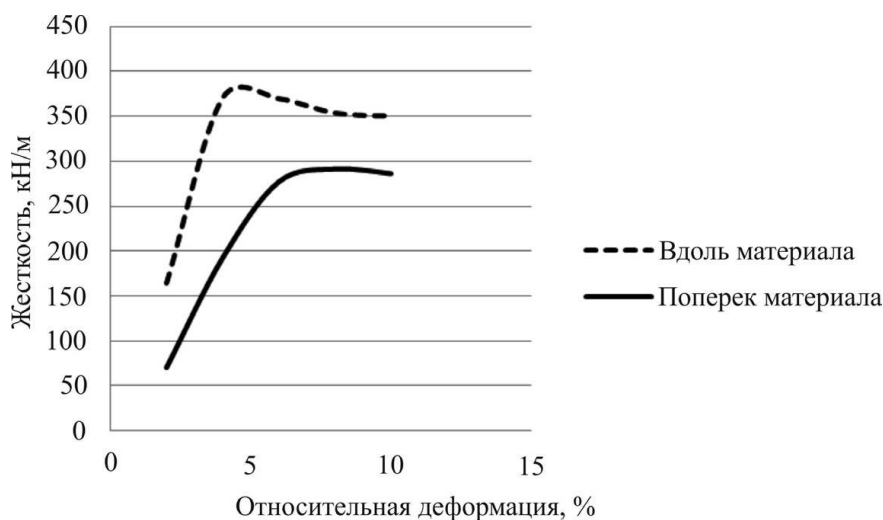


Рис. 5. График зависимости «деформация – линейная жесткость» вдоль и поперек рулона геосетки

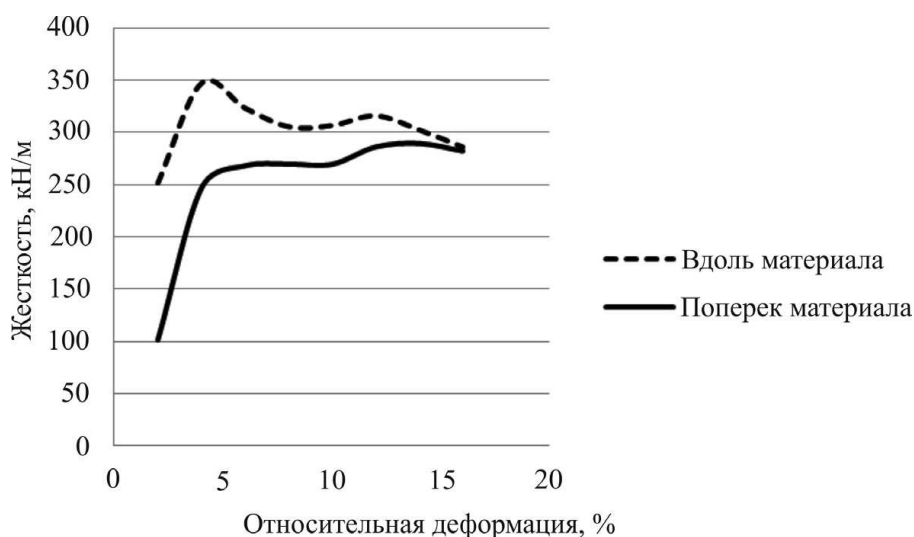


Рис. 6. График зависимости «деформация – линейная жесткость» вдоль и поперек рулона геоткани

В результате выполненных испытаний геосинтетических материалов можно сделать следующие выводы:

1. Исходя из анализа экспериментальных зависимостей были построены графики зависимости «деформация – линейная жесткость» для каждого материала в обоих направлениях. На всех графиках явно наблюдается рост жесткости пропорционально деформации до максимального значения (участок пропорциональности), затем значение жесткости убывает (участок текучести).

2. При проектировании армированных оснований рекомендуется использовать геосинтетические материалы с наиболее высокими значениями линейной жесткости.

Таблица 2

Сводная таблица оптимальных значений линейных жесткостей и относительных деформаций геосинтетических материалов

Материал	Максимальное значение линейной жесткости, кН/м		Оптимальные значения относительной деформации, %	
	вдоль	поперек	вдоль	поперек
Геокомпозит Polyfelt Rock PЕС	176	252	2–6	5–10
Геосетка	380	288	4–8	4–8
Геоспан ТН-50	350	282	5–10	5–10

3. Из анализа графиков можно заключить, что при меньших растягивающих усилиях фактическое значение жесткости G больше, чем при разрывных усилиях. В табл. 2 приведены значения максимальных нормальных жесткостей, а также соответствующие им оптимальные значения относительной деформации. Данные значения являются базовыми исходными данными для проектирования армированных оснований.

Список литературы

1. Клевеко В.И. Оценка величины осадки фундамента на глинистых основаниях, армированных горизонтальными прослойками // Вестник Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. – Пермь, 2012. – № 1 – С. 89–98.

2. Офрихтер В.Г. Геосинтетические материалы в строительстве: учеб. пособие. – Пермь: Изд-во Перм.гос. техн. ун-та, 2006. – 52 с.

3. Пономарёв А.Б., Золотозубов Д.Г. Влияние глубины заложения армирующего материала на несущую способность основания при провалах грунта // Вестник гражданских инженеров. – 2010. – № 2 (23). – С. 100–104.

4. Планирование эксперимента по исследованию напряженно-деформированного состояния песчаного грунтового основания с помощью штамповых испытаний / Д.А. Татьянников, К.П. Давлятшин, Я.А. Федоровых, А.Б. Пономарев // Вестник ПГТУ. Строительство и архитектура. – Пермь, 2011.

5. Татьянников Д.А., Клевеко В.И., Пономарев А.Б. Анализ работы армированного песчаного основания на основе штамповых модельных испытаний // Вестник Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. Урбанистика. – Пермь, 2012. – № 4. – С. 92–103.

6. Татьянников Д.А., Клевеко В.И., Пономарев А.Б. Исследование характера работы песчаного основания, армированного разными геосинтетическими материалами, на основе штамповых модельных испытаний // Геотехника. Теория и практика. Общероссийская конференция молодых ученых, научных работников и специалистов: межвуз. тем. сб. тр.; СПбГАСУ. – СПб., 2013. – С. 33–42.

7. Тимофеева Л.М. Армирование грунтов (теория и практика применения) / Перм. политехн. ин-т. – Пермь, 1991. – 478 с.

8. Методы строительства армогрунтовых конструкций: учеб.-метод. пособие / В.Г. Офрихтер, А.Б. Пономарёв, В.И. Клевеко, К.В. Решетникова. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – 145 с.

9. Овчаров А.С., Золотозубов Д.Г. Испытания геосинтетических материалов по прочности на разрыв для оптимального проектирования армированных оснований // Вестник Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. Урбанистика. – 2012. – № 2. – С. 73–81.

10. Овчаров А.С., Золотозубов Д.Г. Определения прочностных характеристик геосинтетических материалов // Вестник ПГТУ. Строительство и архитектура. – Пермь, 2011.

Получено 6.03.2013

D.A. Tatyannikov, V.I. Kleveko

**STUDY OF THE NATURE OF DEPENDENCE
„STRAIN – LINEAR STIFFNESS“ FOR DIFFERENT
TYPES GEOSYNTHETICS**

This article describes how to determine the strength characteristics of geosynthetics (the break load, depending on the construction of "deformation – linear stiffness"). The characteristics of optimal design allows for a reinforced base.

Keywords: geocomposite, tensile machine, geonet, geotextile, hardness, elongation.

***Татьянников Даниил Андреевич** (Пермь, Россия) – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: danco777@mail.ru).*

***Клевеко Владимир Иванович** (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: vlivkl@mail.ru).*

***Tatyannikov Daniil Andreevich** – undergraduate student, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russia, e-mail: danco777@mail.ru).*

***Kleveko Vladimir Ivanovich** (Perm, Russia) – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russia, e-mail: vlivkl@mail.ru).*