УДК 624.138.9

А. Б. Пономарев, Д. А. Татьянников, В. И. Клевеко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИНЕЙНОЙ ЖЕСТКОСТИ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Рассмотрены испытания геосинтетических материалов на разрыв, определены жесткость для всех материалов и рациональная область применения.

К л ю ч е в ы е с л о в а: геотекстиль нетканый, геокомпозит, разрывная машина, геосетка, геотекстиль тканый, линейная жесткость, удлинение.

The article describes the testing of geosynthetic material for break, stiffness for all materials and the areas of their rational application.

K e y w o r d s: non-woven geotextile, geocomposite, disruptive machine, geonet, geotextile fabric, linear stiffness, elongation.

Исследование армогрунтовых конструкций, или иначе армированного грунта, является весьма важным направлением в геотехнике. Ведь именно создание данных конструкций позволяет существенно сокращать затраты на устройство фундаментов зданий и сооружений, оснований под автомобильные и железные дороги, откосов, подпорных стен и т. д., так как характеристики грунтов, обладающих прочностью на сжатие и сдвиг, но не обладающих прочностью на растяжение, могут быть значительно улучшены путем введения упрочняющих элементов в направлении относительной деформации растяжения таким же образом, как и в железобетоне.

В условиях современного строительства, когда нагрузки растут, а строительство осуществляется строго на определенной территории, где мы не всегда можем обнаружить благоприятные грунтовые условия, увеличение физико-механических свойств грунтов является весьма важной задачей. Также благодаря введению в грунт армирующих элементов достигается значительный экономический эффект за счет снижения затрат на доставку материалов, существенного уменьшения объемов земляных работ.

В практике есть примеры использования армогрунтовых конструкций: при строительстве автомобильных и железных дорог, устройстве фундаментов под различные резервуары, возведении подпорных стен. Однако при всех плюсах данных конструкций в нашей стране недостаточно разработана нормативная база, позволяющая проектировщикам смело использовать подобные конструкции.

На данный момент мировая практика насчитывает достаточно большой объем исследований по применению различных геосинтетических материалов для усиления оснований [1], [2], [3—6]. Одной из важнейших, но малоизученных задач при проведении исследований является определение влияния характеристик геосинтетических материалов на свойства армированного основания.

Основной характеристикой при применении армированных оснований для повышения их несущей способности 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 наши ранее проведенные исследования, а также исследования других авторов [7], [3], [5], зависимость относительного удлинения от растягивающего усилия является нелинейной. Учет этой зависимости позволяет наиболее рационально подбирать армирующие материалы [1], [5].

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 разрыв на 1 пог. 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. В ходе испытаний получены прочностные характеристики данных материалов, а также графики зависимости «деформация — линейная жесткость».

Перед проведением экспериментов были поставлены следующие задачи:

1. Определить механические характеристики армирующих материалов.

2. Построить графики зависимости «деформация — линейная жесткость» для испытуемых материалов.

3. Выявить характер изменения зависимости «деформация — линейная жесткость» для различных геосинтетических материалов с целью определения наиболее рациональной области их применения.

Все эксперименты проводились в лаборатории кафедры «Строительное производство и геотехника» ПНИПУ.

Для проведения испытаний использовалась испытательная разрывная машина МТ-136 (рис. 1).

Рис. 1. Испытательная разрывная машина МТ-136

В качестве испытуемых геосинтетических материалов (рис. 2) использовались [7]:

1) геокомпозит геодрен — двухслойная комбинация из нетканых геотекстильных и полимерных матриалов;

2) георешетка плоская (геосетка) полимерная одноосная;

3) геотекстиль тканый двухосный.

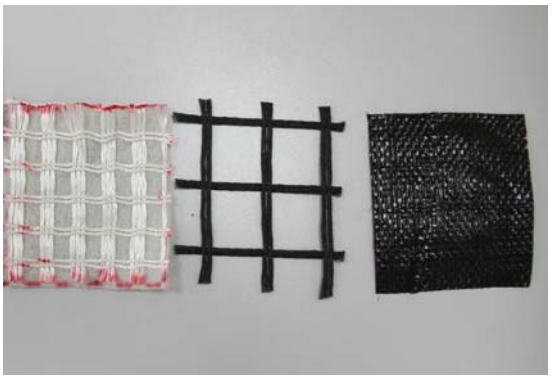

Рис. 2. Образцы материалов

В табл. 1 представлены физико-механические характеристики используемых геосинтетических материалов.

Таблица 1

Значения физико-механических характеристик геосинтетических материалов

Характеристика	Геокомпозит	Геосетка	Тканый геотекстиль
Состав	Полипропелен, полиэфир	Полиэфир	Полипропелен
Поверхностная плотность, г/м2	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 нагрузке доль/поперек, %	10/18	11,5/10,6	14,14/14

Методика проведения испытаний геосинтетических материалов:

1. Отбор и подготовка проб проводилась по [5], [9], [10].

2. Размеры элементарной пробы принимались равными 50 × 200 мм при свободной длине образца 100 мм.

3. Было проведено пять испытаний вдоль и поперек материала. При возникновении разногласий по показателям нагрузки проводилось до десяти испытаний.

4. Для проведения испытаний применялась разрывная машина МТ-136.

5. Среднее время опускания выставлялось (30 ± 5) с для нетканых полотен с удлинением менее 100 % и более 100 % соответственно.

6. При подготовке к испытанию обеспечивалось равномерное закрепление. Разрыв, вызванный неправильным зажимом пробы (неравномерность, выскальзывание), не учитывался

7. Если разрыв элементарной пробы происходил в зажиме или на расстоянии не более 5 мм от края зажима, то результат учитывался только в том случае, когда разрывная нагрузка была не менее, а удлинение — не более значений, предусмотренных в нормативном документе на продукцию.

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

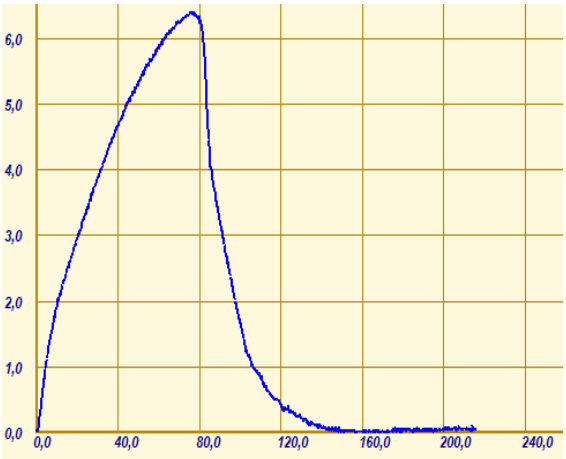

Рис. 3. Диаграмма «нагрузка — удлинение» управляющей программы разрывной машины МТ-136

Обработка результатов испытания геосинтетических материалов проводилась согласно [11]. Для вычисления линейной жесткости, кН/м, используют следующую формулу:

$$G = EA, \tag{1}$$

где E — модуль упругости геосинтетического материала; A — площадь поперечного сечения геосинтетического материала.

Другими словами, жесткость — это отношение нагрузки на единицу ширины (длины) образца к его относительной деформации при определенном ее уровне.

По результатам выполненных расчетов было получено несколько зависимостей (рис. 4—6).

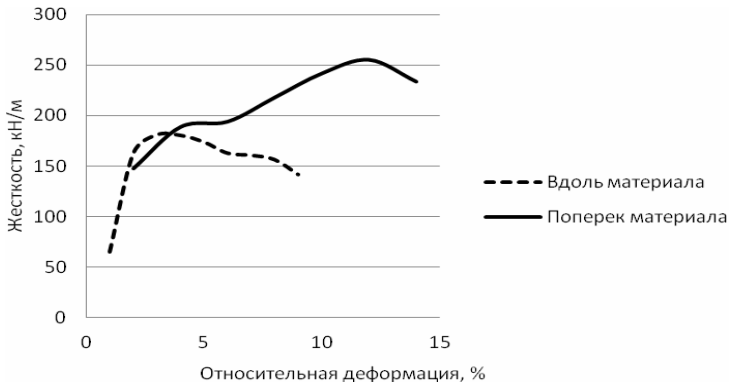

Рис. 4. График зависимости «деформация — линейная жесткость» вдоль и поперек рулона геокомпозита

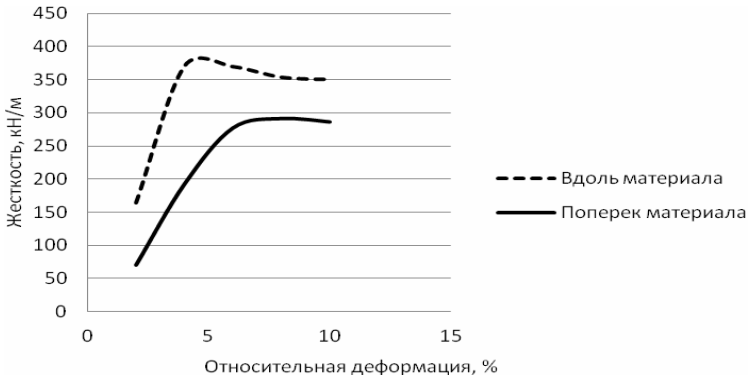

Рис. 5. График зависимости «деформация — линейная жесткость» вдоль и поперек рулона геосетки

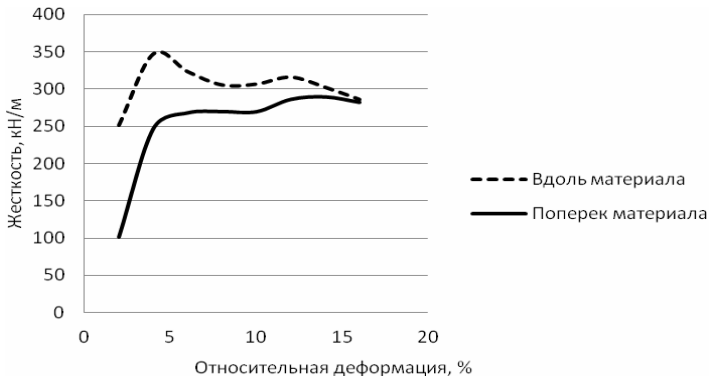

Рис. 6. График зависимости «деформация — линейная жесткость» вдоль и поперек рулона тканого геотекстиля

В результате выполненных испытаний геосинтетических материалов было установлено, что полученные экспериментальные графики зависимости «деформация — линейная жесткость» позволяют определить оптимальный интервал относительного удлинения (табл. 2), при котором достигается максимальная жесткость. Данный интервал следует использовать при расчетах армированных оснований

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	176	252	2...6	5...10
Геосетка	380	288	4...8	4...8
Тканый геотекстиль	350	282	5...10	5...10

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Клевеко В. И.* Оценка величины осадки фундамента на глинистых основаниях, армированных горизонтальными прослойками // Вестн. ПНИПУ. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. 2012. № 1. С. 89—98.

2. *Офрихтер В. Г.* Геосинтетические материалы в строительстве : учебное пособие. Пермь: ПГТУ, 2006. 52 с.

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

4. *Татьянников Д. А.*, *Клевеко В. И.*, *Пономарев А. Б.* Анализ работы армированного песчаного основания на основе штамповых модельных испытаний // Вестн. ПНИПУ. Урбанистика. Пермь, 2012. № 4. С. 92—103.

5. *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: межвузов. тематический сборник трудов. СПб. : СпбГАСУ, 2013. С. 33—42.

6. *Тимофеева Л. М.* Армирование грунтов (теория и практика применения). Пермь, 1991. 478 с.

7. *Овчаров А. С.*, *Золотозубов Д. Г.* Испытания геосинтетических материалов по прочности на разрыв для оптимального проектирования армированных оснований // Вестник ПНИПУ. Урбанистика. Пермь, 2012. № 2. С. 73—81.

8. ОДМ 218.5.003—2010. Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог.

9. ГОСТ 13587—77. Полотна нетканые и изделия штучные нетканые. Правила приемки и метод отбора проб. М., 1977.

10. ГОСТ Р 50275—92. Материалы геотекстильные. Метод отбора проб. М., 1992.

11. Методы строительства армогрунтовых конструкций : учебно-метод. пособие / В. Г. Офрихтер, А. Б. Пономарев, В. И. Клевеко, К. В. Решетникова. Пермь: ПГТУ, 2010. 145 с.

1. *Kleveko V. I.* Ocenka velichiny osadki fundamenta na glinistyh osnovanijah, armirovannyh gorizontal'nymi proslojkami // Vestn. PNIPU. Ohrana okruzhajushhej sredy, transport, bezopasnost' zhiznedejatel'nosti. 2012. № 1. S. 89—98.

2. *Ofrihter V. G.* Geosinteticheskie materialy v stroitel'stve : uchebnoe posobie. Perm': PGTU, 2006. 52 s.

3. *Ponomarev A. B., Zolotozubov D. G.* Vlijanie glubiny zalozhenija armirujushhego materiala na nesushhuju sposobnost' osnovanija pri provalah grunta // Vestn. grazhdanskih inzhenerov. 2010. № 2(23). S. 100—104/

4. *Tat'jannikov D. A., Kleveko V. I., Ponomarev A. B.* Analiz raboty armirovannogo peschanogo osnovanija na osnove shtampovyh model'nyh ispytanij // Vestn. PNIPU. Urbanistika. Perm', 2012. № 4. S. 92—103.

5. *Tat'jannikov D. A., Kleveko V. I., Ponomarev A. B.* Issledovanie haraktera raboty peschanogo osnovanija armirovannogo raznymi geosinteticheskimi materialami na osnove shtampovyh model'nyh ispytanij // Geotehnika. Teorija i praktika. Obshherossijskaja konferencija molodyh uchenyh, nauchnyh rabotnikov i specialistov: mezhvuzov. tematicheskij sbornik trudov. SPb. : SpbGASU, 2013. S. 33—42.

6. *Timofeeva L. M.* Armirovanie gruntov (teorija i praktika primenenija). Perm', 1991. 478 s.

7. *Ovcharov A. S., Zolotozubov D. G.* Ispytanija geosinteticheskih materialov po prochnosti na razryv dlja optimal'nogo proektirovanija armirovannyh osnovanij // Vestnik PNIPU. Urbanistika. Perm', 2012. № 2. S. 73—81.

8. ODM 218.5.003—2010. Rekomendacii po primeneniju geosinteticheskih materialov pri stroitel'stve i remonte avtomobil'nyh dorog.

9. GOST 13587—77. Polotna netkanye i izdelija shtuchnye netkanye. Pravila priemki i metod otbora prob. M., 1977.

10. GOST R 50275—92. Materialy geotekstil'nye. Metod otbora prob. M., 1992.

11. Metody stroitel'stva armogruntovyh konstrukcij : uchebno-metod. posobie / V. G. Ofrihter, A. B. Ponomarev, V. I. Kleveko, K. V. Reshetnikova. Perm': PGTU, 2010. 145 s.

© Пономарев А. Б., Татьянников Д. А., Клевеко В. И., 2013

Поступила в редакцию
в сентябре 2013 г.

Ссылка для цитирования:

Пономарев А. Б., Татьянников Д. А., Клевеко В. И. Определение линейной жесткости геосинтетических материалов // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2013. Вып. 2(27). URL: http://vestnik.vgasu.ru/attachments/PonomarevTatyannikovKleveko-2013_2(27).pdf