No 4

УДК 624.138.9

## Д.Г. Золотозубов, О.А. Золотозубова

Пермский национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

# ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПРОДАВЛИВАНИЮ ШАРИКОМ

Геосинтетические материалы подвержены повреждениям в процессе укладки и эксплуатации, что значительно ухудшает их свойства. Для выбора материала необходимо знать его сопротивляемость механическим воздействиям. Методика исследования заключалась в испытании геомембраны и нетканого геотекстиля в приборе на продавливание шариком. В результате проведения испытаний была определена прочность на продавливание материалов без прокола и с ним. По полученным данным была рассчитана степень изменения показателей в зависимости от величины прокола и изучено поведение геосинтетических материалов при продавливании.

**Ключевые слова:** геосинтетика, геомембрана, геотекстиль, дренаж, гидроизоляция, прочность при продавливании шариком.

### D.G. Zolotozubov, O.A. Zolotozubova

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

## RESEARCH OF INDENTATION RESISTANCE OF GEOSYNTHETIC

Geosynthetic materials are susceptible to damage during installation and operation, which greatly impairs their properties. To select the material you need to know its resistance to mechanical stress. Methodology of the study was to test the geomembrane and nonwoven geotextiles in device for punching ball. As a result of the durability test was determined by extrusion materials without puncture it. From the data obtained was calculated rate of change indicators, depending on the size of the puncture and the behavior of geosynthetics when punching.

**Keywords:** geosynthetics, geomembrane, geotextile, drainage, waterproofing, strength punching ball.

Строительство подземных сооружений на территории Пермского края очень часто происходит в условиях водонасыщенных грунтов, поэтому для обеспечения безопасной эксплуатации сооружений необходимо применять гидроизолирующие и дренирующие материалы. Сейчас чаще всего для этих целей используют геосинтетические материалы, так как они удобны для применения и экономически выгодны.

Эффективное применение геосинтетических материалов в различных отраслях строительства, в том числе в подземном строительстве, при строительстве полигонов ТБО, в дорожном строительстве в качестве гидроизолирующих и дренажных материалов, возможно при условии максимально полного учета и использования их механических свойств.

Для геосинтетических материалов в основном определяют такие механические характеристики, как прочность на разрыв (для всех типов материалов), сопротивление проколу и продавливанию (для геотекстилей и геомембран). Эти показатели прежде всего важны при укладке, а затем и при эксплуатации различных зданий и сооружений. Геосинтетические материалы подвергаются механическим воздействиям, возникающим при нагружении сооружений, воздействии факторов внешней среды – проколы и продавливание от действия корней растений, гравийных и щебеночных оснований и тому подобного. Геосинтетики благодаря своим свойствам должны сохранять целостность и работоспособность, что особенно важно с точки зрения обеспечения неоснований сооружений, сущей способности экологической безопасности объектов, защиты от попадания в окружающую среду вредных веществ [1, 2].

При проектировании и расчетах армирования оснований сооружений учитывается прежде всего такая характеристика, как прочность геосинтетического материала на разрыв. На кафедре «Строительное производство и геотехника» ФГБОУ ВПО ПНИПУ проводятся эксперименты по изучению прочности на разрыв различных геосинтетических материилов и их связь с другими характеристиками, а также исследования по применению геосинтетических материалов для улучшения характеристик грунтов. Экспериментальные исследования направлены на изучение работы армированых грунтовых оснований в сложных инженерно-геологических условиях, в том числе проводятся эксперименты по изучению влияния глубины расположения и количества армирующих слоев при строительстве на карстоопасных территориях [3, 6], армирования сезоннопромерзающих грунтов [4], что очень актуально для территории Пермского края, влияния сжимаемости армирующих материалов на осадку фундамента [5], также изучаются и другие способы применения геосинтетических материалов.

В меньшей степени изучены такие характеристики геосинтетических материалов, как сопротивление проколу и сопротивление продав-

ливанию, а также их возможная связь между собой и с прочностью на разрыв. Экспериментальные исследования в этих направлениях в настоящее время проводятся на нашей кафедре несколькими научно-исследовательскими группами.

Целью проводимых исследований является изучение механических характеристик различных видов геосинтетических материалов, их взаимосвязь и взаимовлияние, а также выявление способности исследуемых геосинтетиков сохранять работоспособность в результате внешних механических воздействий. По результатам испытаний разрабатывается методика оптимального подбора материалов для различных областей строительства.

Проведение указанных выше исследований стало возможным благодаря наличию на кафедре хорошей материальной базы, включающей в том числе и уникальные приборы. Для проведения экспериментальных исследований по изучению характеристик сопротивления механическим воздействиям применялись такие приборы, как МТ-374, МТ-136, МТ-375.

Прибор МТ-374 (рис. 1) предназначен для определения разрывных характеристик полотна при продавливании шариком (ГОСТ Р 53226–2008), применяется для испытания нетканых материалов и изделий на их основе. Для проведения испытаний применялась разрывная машину МТ-136, в которой верхний и нижний зажимы были заменены специальным приспособлением. Верхний зажим заменили на продавливатель, а нижний – на держатель. Для испытаний использовали пять элементарных проб диаметром 60 мм. В процессе испытания держатель с пробой поднимался на неподвижно закрепленный продавливатель с шариком и элементарная проба разрывалась. При этом с силоизмерителя были сняты показания прочности. По результатам испытаний были вычислены среднеарифметические значения прочности при продавливании всех элементарных проб.

Эксперименты проводились с двумя типами геосинтетических материалов: нетканым геотекстилем типа «дорнит» и геомембраной из полиэтилена высокой плотности. Такой выбор связан с тем, что именно эти материалы чаще всего используются в качестве гидроизолирующих и дренажных.

На первом этапе испытаний использовались образцы материала диаметром 60 мм, испытательный диаметр составлял 25 мм (рис. 2).

В результате испытаний была получена прочность при продавливании для каждого материала и построены диаграммы разрушения образцов.



Рис. 1. Прибор МТ-374



а



б

Рис. 2. Образцы геосинтетики после испытания: a – геомембрана;  $\delta$  – геотекстиль

На втором этапе, проходили испытания образцов с проколами диаметром 3, 6, 9 и 12 мм для обоих типов материалов (рис. 3). Для каждого размера прокола проводилось по пять экспериментов. В результате была получена прочность при продавливании для каждого материала и диаграммы разрушения образцов.



Рис. 3. Образцы геомембраны с проколом после испытания

В результате проведения испытаний в управляющей программе разрывной машины были построены графики зависимости нагрузки (в кгс) от удлинения (мм) для каждого образца. Полученные данные были обработаны, что позволило определить влияние прокола на прочность материала (рис. 5).

По полученным графикам видно (рис. 4), что образование в геотекстиле прокола значительно изменяет сопротивление продавливанию, даже при незначительном отверстии диаметром 3 мм показатель уменьшается на 22 %. Однако схема разрушения материала и его поведение в процессе эксперимента не меняется.

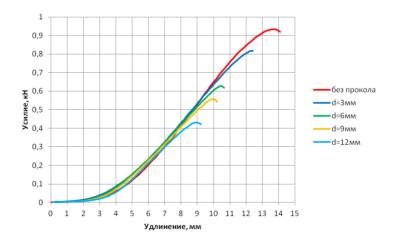


Рис. 4. Диаграммы зависимости растягивающего усилия от удлинения для геотекстиля типа «дорнит»

По сводному графику испытаний геомембраны (рис. 5) можно определить, что образование прокола значительно повлияло на поведение материала и его прочностные свойства. Сопротивление продавливанию при проколе диаметром 3 мм уменьшилось на 12 %.

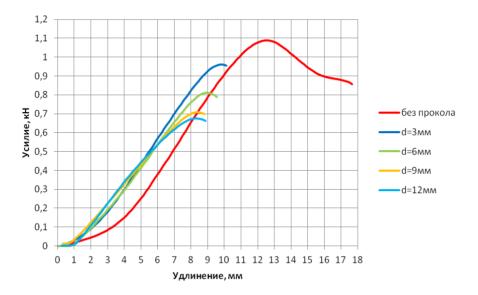


Рис. 5. Диаграммы зависимости растягивающего усилия от удлинения для геомембраны

Значения параметров, полученные по результатам испытаний, представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1 Результаты испытаний геомембраны

Параметр	Усилие, кгс	Уменьшение усилия, %
Без прокола	114,20	
Прокол $d = 3$ мм	100,07	12,37
Прокол $d = 6$ мм	82,85	27,45
Прокол $d = 9$ мм	71,08	37,75
Прокол $d = 12$ мм	69,42	39,21

Таблица 2 Результаты испытаний геотекстиля

Параметр	Усилие, кгс	Уменьшение усилия, %
Без прокола	95,30	
Прокол $d = 3$ мм	73,81	22,55
Прокол $d = 6$ мм	66,97	29,73
Прокол $d = 9$ мм	54,69	42,61
Прокол $d = 12$ мм	45,36	52,40

Выполненные исследования позволили сделать следующие выводы, связанные с проведением экспериментов:

- точность и разброс значений результатов зависят от структуры, плотности материалов, их качества;
- образцы геотекстиля с проколом и без разрушаются по одинаковой схеме;
- образцы геомембраны с проколом и без разрушаются различным образом;
- повреждение материала (образование прокола) ухудшает его прочностные характеристики, значительно снижая показатели.

Сравнение полученных результатов с ранее проведенными исследованиями [1] показывает, что предварительный прокол в образце влияет на сопротивление при продавливании более значительно, чем на прочность при разрыве. Это означает следующее: наличием прокола в геосинтетике при расчетах армирования грунтового основания можно пренебречь, а вот с точки зрения проникновения воды через гидроизоляционные и дренирующие материалы как в основание, так и к конструкциям сооружения необходима дополнительная оценка. Планируется проведение дальнейших исследований в этом направлении, так как на данный момент невозможно оценить влияние данного фактора на безопасность сооружений.

## Библиографический список

1. Золотозубов Д.Г., Золотозубова О.А. Методы определения характеристик сопротивления механическим воздействиям геосинтетических материалов // Вестник Перм. нац. исслед. политех. ун-та. Строительство и архитектура. -2013. - N. 1. - C. 97-103.

- 2. Овчаров А.С., Золотозубов Д.Г. Определения прочностных характеристик геосинтетических материалов // Вестник Перм. гос. техн. ун-та. Строительство и архитектура. Пермь, 2011. С. 54–58.
- 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. Мащенко А.В., Пономарев А.Б. К вопросу использования армированных сезоннопромерзающих пучинистых грунтов в качестве оснований фундаментов // Вестник Перм. нац. исслед. политех. ун-та. Строительство и архитектура. 2012. С. 56–80.
- 5. Татьянников Д.А., Клевеко В.И. Влияние сжимаемости армирующего материала на осадку фундамента при штамповых модельных испытаниях, на примере геокомпозита // Вестник Перм. нац. исслед. политех. ун-та. Строительство и архитектура. 2013. № 2. С. 124–130.
- 6. Ponomaryov A., Zolotoubov D. Several approaches for the design of reinforced bases on karst areas // Geotextiles and Geomembranes. − 2014. − № 42. − C. 48–51. DOI. − URL: http://dx.doi.org/10.1016/j.geotexmem. 2013.12.002.

#### References

- 1. Zolotozubov D.G., Zolotozubova O.A. Metody opredeleniya kharakteristik soprotivleniya mekhanicheskim vozdeistviyam geosinteticheskikh materialov [Methods for determination of resistance to mechanical stress geosynthetics]. *Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatelskogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura*, 2013, no. 1, pp. 97-103.
- 2. Ovcharov A.S., Zolotozubov D.G. Opredeleniya prochnostnykh kharakteristik geosinteticheskikh materialov [Testings of strength property of geosynthetic materials]. *Vestnik Permskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura*, 2011, pp. 54-58.
- 3. Ponomarev A.B., Zolotozubov D.G. Vliyanie glubiny zalozheniya armiruiushche-go materiala na nesushchuyu sposobnost' osnovaniya pri provalakh grunta [Influence of depth of a contour interval of a reinforcing material on a base capacity at under fall in ground mass]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*, 2010, no. 2 (23), pp. 100-104.

- 4. Mashchenko A.V., Ponomarev A.B. K voprosu ispol'zovaniya armirovannykh sezonnopromerzayushchikh puchinistykh gruntov v kachestve osnovanij fundamentov [The question of the use of reinforced seasonal freezing heaving soils as bases foundations]. *Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatelskogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura*, 2012, pp. 64-80.
- 5. Tat'iannikov D.A., Kleveko V.I. Vliyanie szhimaemosti armiruyushchego materiala na osadku fundamenta pri shtampovykh model'nykh ispytaniyakh, na primere geokompozita [The compressibility reinforcements on precipitation fundament die model tests, the example of geocomposite]. *Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatelskogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arkhitektura*, 2013, no. 2, pp. 124-130.
- 6. Ponomaryov A., Zolotoubov D. Several approaches for the design of reinforced bases on karst areas. *Geotextiles and Geomembranes*, no. 42, 2014. pp. 48-51. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.geotexmem.2013.12.002.

## Об авторах

**Золотозубов Дмитрий Геннадьевич** (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительное производство и геотехника» Пермского национального исследовательского политехнического университета (e-mail: spstf@pstu.ru).

**Золотозубова Ольга Андреевна** (Пермь, Россия)— магистрант кафедры «Строительное производство и геотехника» Пермского национального исследовательского политехнического университета (e-mail: spstf@pstu.ru).

#### About the authors

**Zolotozubov Dmitriy Gennadievich** (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Building production and geotechnics, Perm National Research Polytechnic University (e-mail: spstf@pstu.ru).

**Zolotozubova Olga Andreevna** (Perm, Russian Federation) – Undergraduate student, Department of Building production and geotechnics, Perm National Research Polytechnic University (e-mail: spstf@pstu.ru).

Получено 07.04.2014