

doi: 10.5862/MCE.56.2

## Влияние структуры на вязкоупругие свойства геосинтетических материалов

*Студент И.И. Логинова;  
студент Д.А. Артамонова;  
канд. техн. наук, доцент О.Н. Столяров;  
д-р техн. наук, заведующий кафедрой Б.Е. Мельников,  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого*

**Аннотация.** В данной работе исследованы вязкоупругие свойства геосинтетических материалов. Проведены исследования на шести образцах геотекстильных полотен и георешеток различной структуры, включающих тканое геополотно, нетканое геополотно, основовязаную георешетку и экструдированную георешетку.

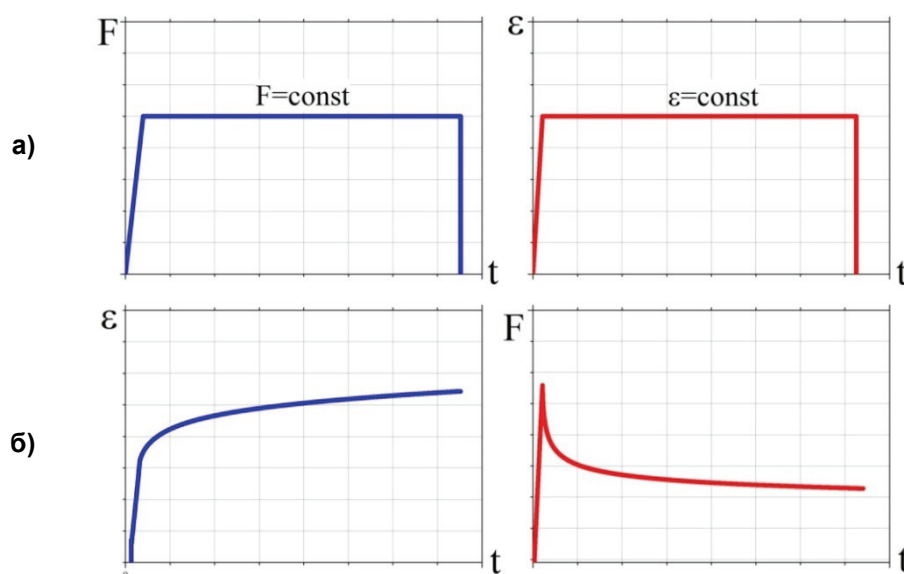
Определены основные показатели механических свойств геосинтетических материалов, такие как прочность при растяжении, удлинение при максимальной нагрузке и нагрузка при растяжении при определенном удлинении. Проведены испытания в режимах ползучести и релаксации напряжения (усилия).

Показано, что геосинтетические материалы обладают существенным различием в вязкоупругих свойствах в зависимости от их структуры. Полученные зависимости могут использоваться при выборе геосинтетического материала.

**Ключевые слова:** геотекстиль; георешетки; тканые полотна; нетканые полотна; механические свойства; ползучесть; релаксация усилия

### Введение

В настоящее время геосинтетические материалы, такие как геотекстиль, георешетки, геосетки и др., находят новые применения, и не только в дорожной отрасли [1–8]. Подавляющее большинство геосинтетических материалов изготавливается из синтетических полимеров, таких как полиэфир, полиамид и полипропилен, обладающих ярко выраженными вязкоупругими свойствами. Наряду с традиционными конструкционными материалами, такими как сталь, бетон и другие, они обладают высокими прочностными характеристиками. Однако, помимо положительных конструкционных свойств, геосинтетические материалы проявляют и вязкоупругие свойства. Последние создают проблему при оценке долговременной прочности конструкции из-за непостоянства усилия и деформации в материале с течением времени. Вязкоупругие свойства проявляются в зоне неразрушающих механических воздействий и влияют на эксплуатационные свойства геосинтетических материалов.



**Рисунок 1. Режимы испытаний: а) ползучесть; б) релаксация напряжения (усилия)**

По механическому воздействию вязкоупругие свойства можно условно разделить на два вида: с постоянно заданным усилием (ползучесть) и с постоянно заданной деформацией (релаксация напряжения). Ползучесть может быть определена как деформация во времени под действием приложенной нагрузки. Обычно для измерения ползучести используют исследование при постоянной нагрузке: на протяжении всего эксперимента поддерживается постоянная нагрузка, при этом определяют происходящие в образце изменения деформации [9, 10]. Схематично данный процесс проиллюстрирован на рисунке 1а. На начальной стадии после приложения нагрузки развивается упругая деформация. Далее с течением времени развивается вязкоупругая деформация. Испытания на релаксацию напряжения (усилия) проиллюстрированы на рисунке 1б. В данном испытании имитируется поведение нагруженного материала при определенной заданной деформации. С течением времени внутренние усилия в образце уменьшаются.

### Обзор литературы

Геосинтетические материалы характеризуются одновременным проявлением упругих и вязкоупругих свойств, что вносит определенные трудности при проектировании и эксплуатации конструкций с их применением [11]. Исследование свойств геосинтетических материалов, которые проявляются с течением времени, является не менее важной задачей, чем кратковременные испытания. Вязкоупругие свойства также являются одним из важных критериев оценки долговременной прочности геосинтетических материалов, особенно используемых в функции армирования [12, 13]. Наибольший интерес при оценке долговременной конструкционной прочности геосинтетических материалов представляют собой процессы ползучести, так как в реальных эксплуатационных условиях геосинтетический материал, как правило, подвергается действию постоянной нагрузки [14, 15]. Хотя в определенных случаях геосинтетические материалы могут испытывать процессы падения внутренних напряжений из-за фиксации их размеров, например, при анкеровании. Для определения релаксации напряжения (усилия) на протяжении всего эксперимента поддерживается постоянная деформация, при которой и определяют происходящие в образце изменения [16].

Исследование ползучести основывается на измерении удлинения образца как функции от внешней растягивающей силы [17–20]. Испытания могут проводиться при различных уровнях задаваемой нагрузки. Как правило, уровни нагрузки выбираются кратными максимальной прочности при растяжении геосинтетического материала из определенного диапазона, например, в 5, 10, 20, 30, 40, 50 и 60 % от максимальной прочности при растяжении [21].

На практике существует большое разнообразие методов определения ползучести геосинтетических материалов.

Наиболее простым методом являются прямые измерения деформации образца в течение длительного времени. При этом продолжительность измерений, как правило, составляет тысячи и десятки тысяч часов [1, 2]. Например, в работе [14] эксперимент на ползучесть длился на протяжении 6 лет. Данные, полученные из таких экспериментов, могут быть использованы для оценки долговременной накапливаемой деформации геосинтетического материала, которая не должна превышать величину предельно допустимой деформации [13, 14]. Основным недостатком таких измерений является их продолжительность во времени, что требует наличия специального оборудования, позволяющего проводить испытания на большом количестве образцов. Применение подобных систем существенно увеличивает стоимость проведения испытаний и не всегда гарантирует достижение требуемого результата.

Наряду с прямыми измерениями деформации ползучести в последнее время приобретают популярность ускоренные методы испытаний, которые позволяют активировать деформационные процессы во времени за счет испытания при повышенных температурах [22–27]. Измерения ползучести, проводимые с применением таких методов, позволяют сократить время испытаний на несколько порядков и получить весьма удовлетворительно спрогнозированные кривые за счет различных методологий обработки. Применение таких методов дает существенный выигрыш в экспериментальных исследованиях, однако требует использования дорогостоящего специализированного оборудования – термокамер, что может быть не всегда экономически оправдано. Кроме того, методики обработки получаемых кривых сильно привязаны к условиям испытаний и типу исследуемого геосинтетического материала. Так, например, варьирование температурного шага на 1...2 °C приводит к существенным различиям в форме получаемых кривых ползучести [28].

Рассмотренные методы определения ползучести являются достаточно противоречивыми. С одной стороны, прямое измерение ползучести обладает неоспоримым преимуществом при определении долговременной прочности, поскольку исключает влияние различных факторов, например, температуры. С другой стороны, подобные испытания являются продолжительными и не всегда могут укладываться в период проектных работ. Кроме того, порой большая часть предполагаемых к использованию в проекте материалов может отбраковываться на основе экспериментальных данных. В то же самое время применение ускоренных испытаний не всегда гарантирует адекватный результат. На наш взгляд, одним из существенных недостатков при определении вязкоупругих свойств геосинтетических материалов является отсутствие экспресс-метода, который позволил бы за короткий промежуток времени выявить тенденции в характере ползучести или релаксации усилия геосинтетического материала. Подобная информация может быть использована для предварительного выбора геосинтетического материала и составления оптимального плана экспериментальных работ по определению вязкоупругих свойств. Последнее может позволить существенно сократить затраты на испытания.

### *Постановка задачи и описание исследования*

Задача данной работы состояла в исследовании вязкоупругих свойств геосинтетических материалов различной структуры при кратковременных измерениях в режимах ползучести и релаксации усилия. Основные факторы, влияющие на вязкоупругие свойства геосинтетических материалов, это структура материала, тип переплетения нитей в полотне, используемое сырье и др. Были рассмотрены два основных вида геосинтетических материалов: геополотна и георешетки. Характеристики исследуемых образцов приведены в таблице 1. Образцы геополотен включали тканые и нетканые полотна. Тканое полотно (1-ГТ-ТК) представляет собой армирующую структуру, состоящую из двух взаимно перпендикулярных систем ориентированных полипропиленовых нитей. Исследуемые образцы нетканых полотен включали два основных вида: иглопробивной (2-ГТ-НТ) и термоскрепленный (3-ГТ-НТ). В отличие от иглопробивного геотекстиля термоскрепленный обладает меньшей поверхностной плотностью, толщиной и более высокими механическими характеристиками. Образцы георешеток включали в себя основовязанные решетки (1-ГР-ВЗ) и (2-ГР-ВЗ), изготовленные из полиэфирных и стеклянных нитей с подложкой из нетканого материала и битумным покрытием соответственно. Первый тип георешетки используется при армировании дорожных одежд, а второй – исключительно для армирования слоев асфальтобетона. В дополнение была исследована экструдированная двухосно ориентированная георешетка из полипропилена (3-ГР-Э). Выбранные для исследований образцы геосинтетических материалов охватывают достаточно широкий диапазон механических свойств, а также характеристик структуры и исходного сырья материалов.

**Таблица 1. Исследуемые образцы**

№	Образец	Структура	Сырье	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>
1	1-ГТ-ТК	Геополотно тканое	ПП	400
2	2-ГТ-НТ	Геополотно нетканое иглопробивное	ПП	160
3	3-ГТ-НТ	Геополотно нетканое термоскрепленное	ПП	90
4	1-ГР-ВЗ	Георешетка вязаная с подложкой из нетканого материала, размер ячейки 35×35	ПЭТФ	285
5	2-ГР-ВЗ	Георешетка вязаная с битумным покрытием, размер ячейки 40×40	Стекло-волокно	300
6	3-ГР-Э	Георешетка экструдированная, размер ячейки 40×40	ПП	530

Для всех исследуемых образцов геосинтетических материалов были определены основные механические характеристики при растяжении, такие как прочность при растяжении, относительное удлинение при максимальной нагрузке и прочность при удлинении в 2 %. Испытания проводились на универсальном измерительном комплексе Instron 5965 при зажимной длине образца 100 мм и скорости деформирования 100 мм/мин. Образцы исследовались в двух направлениях растяжения: продольном, или машинном, направлении выработки и перпендикулярном направлении. Поскольку геосинтетические материалы представляют собой достаточно сложные структуры, не являющиеся сплошными средами, то за характеристику прочности принимается не напряжение, а удельная нагрузка на единицу ширины материала, определяемая по следующей формуле:

$$T_{\max} = F_{\max} \cdot c, \quad (1)$$

Логинова И.И., Артамонова Д.А., Столяров О.Н., Мельников Б.Е. Влияние структуры на вязкоупругие свойства геосинтетических материалов

где  $F_{\max}$  – максимальная нагрузка на образец (кН);  $c$  – коэффициент ширины образца.

Для тканых и нетканых полотен  $c$  определяется по выражению (2), а для георешеток – по (3):

$$c = \frac{1}{B}, \quad (2)$$

где  $B$  – погонная ширина образца (м);

$$c = \frac{N_m}{N_s}, \quad (3)$$

где  $N_m$  – минимальное количество элементов в 1 м ширины георешетки;  $N_s$  – количество элементов структуры в испытываемом образце.

Как было показано выше, испытания на ползучесть и релаксацию напряжения обычно проводят при нескольких уровнях задаваемой нагрузки, рассчитываемой в процентах от максимальной прочности при растяжении образца [25]. В данной работе проведены испытания образцов на ползучесть и релаксацию напряжения при одном уровне нагрузки в 30 % от  $T_{\max}$ , что обеспечивает сопоставимые результаты для материалов различной структуры. При данном уровне нагрузки вязкоупругие свойства материалов проявляются достаточно отчетливо. За расчетное время испытаний было выбрано время  $t = 3600$  с.

### Результаты исследований

Результаты испытаний образцов геосинтетических материалов на растяжение до разрыва представлены на рисунке 2. На рисунках 2а и 2б приведены данные по прочности при растяжении и относительном удлинении при максимальной нагрузке соответственно. Для оценки жесткости образцов на начальной стадии деформирования была использована характеристика – нагрузка при определенном удлинении, которая наряду с секущей жесткостью традиционно применяется для геосинтетических материалов [1]. За уровень деформации было принято значение в 2 %.

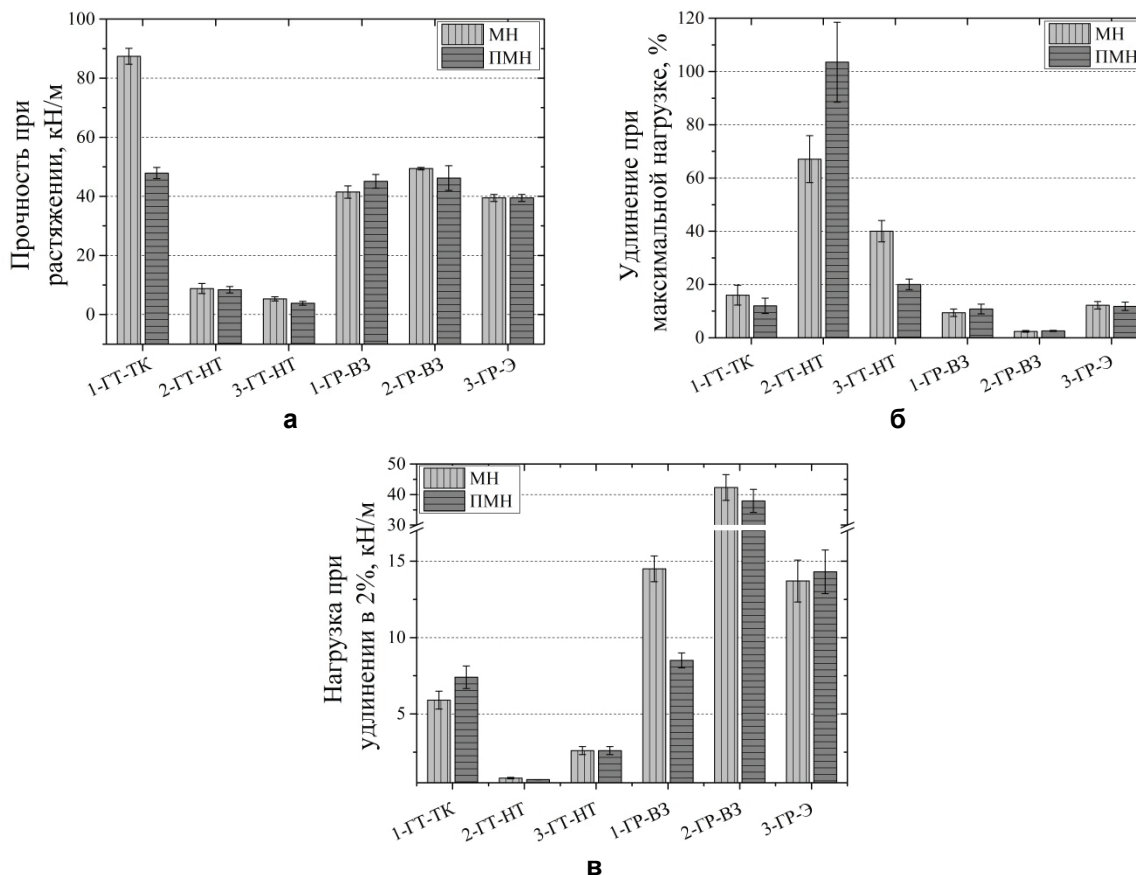


Рисунок 2. Результаты механических испытаний образцов на растяжение

Логинова И.И., Артамонова Д.А., Столяров О.Н., Мельников Б.Е. Влияние структуры на вязкоупругие свойства геосинтетических материалов

Из представленных данных видно, что почти все исследуемые структуры геосинтетических материалов являются практически изотропными по прочности, за исключением образца 1-ГТ-ТК. Последний образец обладает наибольшей прочностью в продольном направлении. Образцы нетканых полотен обладают наиболее высокими удлинениями. При этом образец термоскрепленного полотна (3-ГТ-НТ) обладает схожей прочностью при растяжении с иглопробивным полотном (2-ГТ-НТ) при меньшей поверхностной плотности. Также следует отметить, что наименьшим удлинением и наибольшей жесткостью обладает образец стекловолоконной решетки (2-ГР-ВЗ). Как видно из полученных результатов, исследуемые геосинтетические материалы обладают широким диапазоном механических характеристик от податливых до весьма жестких.

Кривые ползучести и релаксации напряжения при уровне нагружения в 30 % от  $T_{max}$  для всех исследуемых образцов представлены на рисунках 3а и 3б соответственно. Из полученных кривых видно, что все без исключения материалы в той или иной мере проявляют вязкоупругие свойства. Наибольшую ползучесть демонстрируют образцы нетканых полотен (2-ГТ-НТ и 3-ГТ-НТ), что обусловлено их достаточно высокой податливостью. В то же самое время наиболее жесткий образец георешетки из стекловолокна (2-ГР-ВЗ) практически не проявлял изменения деформации во времени. Ее незначительное увеличение может быть вызвано лишь адгезией битумного покрытия и стекловолокна. Поведение образцов при испытаниях на релаксацию напряжения демонстрирует схожую картину.

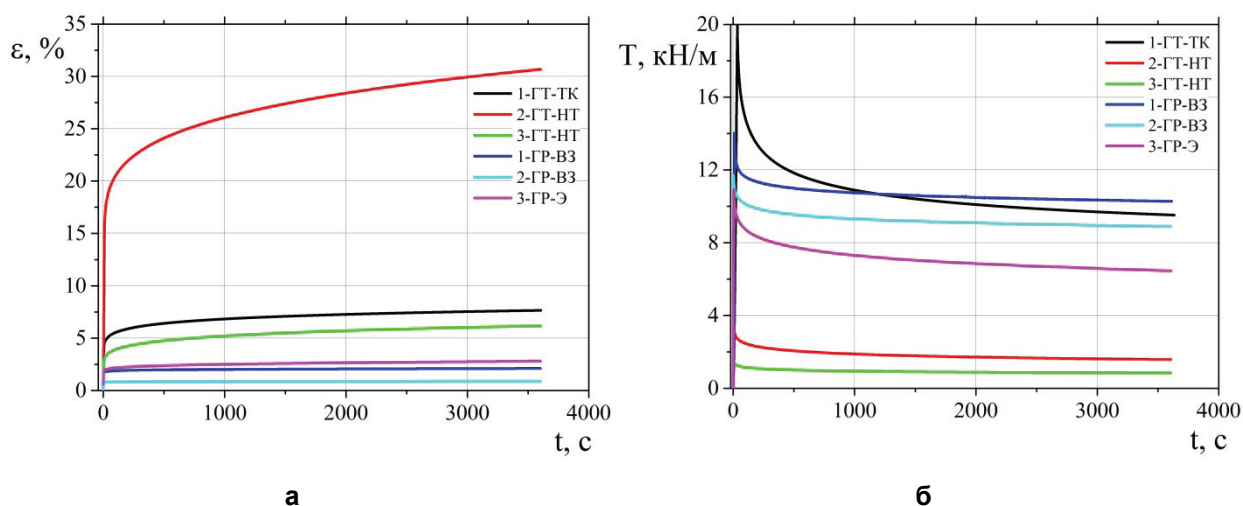


Рисунок 3. Испытания на ползучесть (а) и релаксацию напряжения (б)

Для того чтобы оценить влияние структуры на вязкоупругие свойства геосинтетических материалов, были проанализированы две характеристики для процессов ползучести и релаксации напряжения. Процесс ползучести характеризовался скоростью ползучести ( $c^{-1}$ ), т. е. инкрементом деформации по времени, и определялся по формуле:

$$\dot{\varepsilon} = \frac{\Delta\varepsilon}{\Delta t}, \quad (4)$$

где  $\Delta\varepsilon$  – изменение деформации;  $\Delta t$  – изменение времени (с).

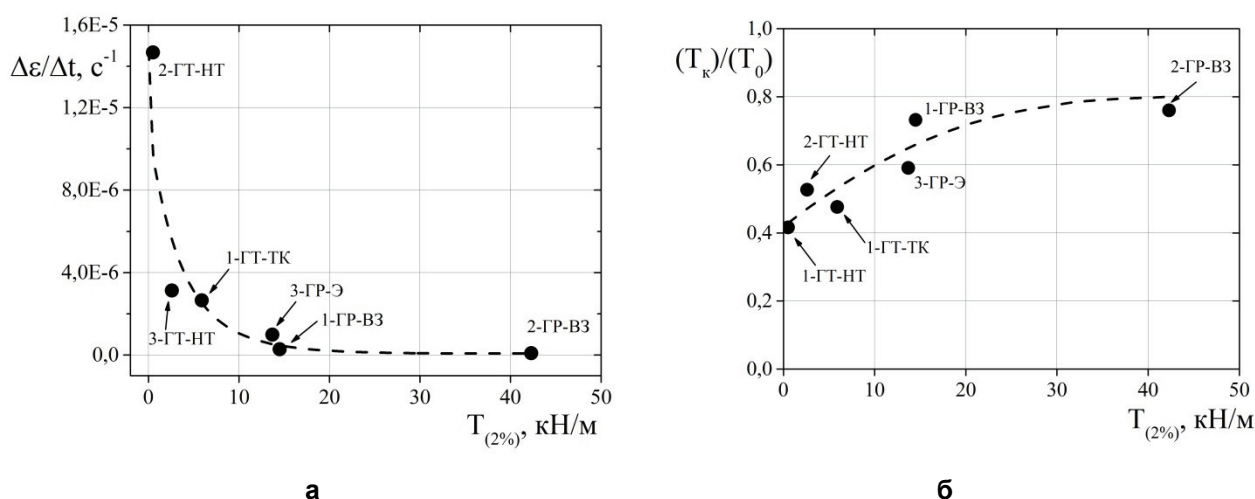
Чтобы охарактеризовать поведение образцов при релаксации, была рассчитана доля остаточной нагрузки в образце по формуле:

$$T_{ост} = \frac{T_k}{T_0}, \quad (5)$$

где  $T_k$  – конечное усилие в образце при  $t = 3600$  с (кН/м);  $T_0$  – начальная нагрузка в образце (кН/м).

Результаты расчетов были проанализированы в зависимости от нагрузки при относительном удлинении в 2%. На рисунке 4а представлено изменение скорости ползучести в зависимости от  $T_{2\%}$ . Из полученных данных видно, что с увеличением жесткости материала скорость ползучести резко уменьшается. Также если приложить касательную к кривым ползучести, представленным на рисунке 3а, то скорость ползучести будет наглядно иллюстрироваться углом наклона касательных. Чем более податливым является материал, тем более активно в нем протекают вязкоупругие процессы, – примером являются образцы нетканых полотен (2-ГТ-НТ и 3-ГТ-НТ). Минимальной скоростью ползучести, и, как следствие, максимальной жесткостью обладает образец стекловолокнутой решетки (2-ГР-ВЗ). Также хорошим сопротивлением ползучести обладают образцы георешеток 1-ГР-ВЗ и 3-ГР-Э, что и определяет их армирующую функцию. Полученная зависимость может быть описана экспоненциальной кривой, выходящей на плато при бесконечно большой жесткости материала.

На рисунке 4б представлены результаты расчетов остаточного усилия из эксперимента на релаксацию в зависимости от  $T_{2\%}$ . Видно, что с увеличением жесткости материала наблюдается уменьшение потери усилия во времени. Наибольшую потерю напряжений демонстрируют образцы геотекстильных полотен. Далее с увеличением жесткости образца наблюдаем снижение релаксации усилия во времени. Результаты испытаний на релаксацию усилия хорошо взаимосвязаны с испытаниями на ползучесть. Образцы с высокой податливостью имеют высокую скорость ползучести и значительное снижение внутренних напряжений при постоянно заданной деформации, и наоборот, наиболее жесткие образцы георешеток хорошо противостоят прилагаемым механическим воздействиям. Также следует отметить, что образцы нетканых полотен используются в функции разделения и/или фильтрации, а не армирования. Однако чрезмерно высокая деформация может приводить к разрушениям в их структуре.



**Рисунок 4. Зависимость скорости ползучести (а) и доли остаточного усилия (б) от нагрузки при относительном удлинении в 2%**

Следует отметить, что полученные зависимости являются весьма универсальными, так как они отражают взаимосвязь текущей жесткости геосинтетического материала и его способности сопротивляться деформациям во времени. Как видно из рисунков 4а и 4б, полученные вязкоупругие характеристики являются взаимно обратимыми. То есть материалы, обладающие наименьшей скоростью ползучести, имеют максимальное сохранение остаточного усилия. Последнее достаточно хорошо согласуется с аналогичными исследованиями других авторов. Кроме того, с большой долей уверенности можно полагать, что другие образцы геосинтетических материалов, имеющие значения нагрузки при относительном удлинении в 2% в исследуемом диапазоне, будут укладываться в полученные зависимости.

## Выводы

1. Исследованы вязкоупругие свойства при кратковременных измерениях образцов геотекстильных полотен и георешеток различной структуры, включающих тканое геополотно, нетканое геополотно, основовязанные георешетки с нетканой подложкой и битумным покрытием и экструдированные георешетки.

2. Проведены испытания в режимах ползучести и релаксации усилия при нагрузке и деформации, соответствующей 30 % максимальной прочности при растяжении материала. Определены основные показатели свойств геосинтетических материалов при растяжении, удлинение при максимальной нагрузке, нагрузка при растяжении при определенном удлинении. Показано, что геосинтетические материалы в зависимости от своей структуры существенно отличаются друг от друга в вязкоупругих свойствах.

3. Определены зависимости скорости ползучести и остаточного усилия от нагрузки при относительном удлинении в 2 %. Показано, что структура геосинтетического материала сильно влияет на его вязкоупругие свойства. Представленные зависимости могут быть использованы в качестве экспресс-метода определения вязкоупругих характеристик для предварительного выбора геосинтетического материала.

## Литература

1. Koerner R. Designing with Geosynthetics: Sixth Edition. Xlibris Corp., 2012. 818 p.
2. Shukla S.K. Handbook of Geosynthetic Engineering: Second edition. ICE Publishing, 2011. 424 p.
3. Koerner R. [et al] Geosynthetics: A key toward sustainability // Geosynthetics, 2009. 27(1). Pp. 49–50.
4. Mounes S.M., Karim M.R., Mahrez A., Khodai, A. An overview on the use of geosynthetics in pavement structures // Scientific Research and Essays. 2011. 6(11). Pp. 2251–2258.
5. Bygness R. Geosynthetics included in 'innovative materials: Government report cites geosynthetics for roadway stability and strength // Geosynthetics. 2013. 31(1). Pp. 53–54.
6. Столяров О.Н., Горшков А.С. Применение высокопрочных текстильных материалов в строительстве // Инженерно-строительный журнал. 2009. №4. С. 21–25.
7. Устьян Н. А. Геоконтейнеры в дорожном и гидротехническом строительстве // Инженерно-строительный журнал. 2011. №4. С. 22–25.
8. Баданин А.Н., Колосов Е.С. Определение несущей способности армированного георешеткой грунтового основания // Инженерно-строительный журнал. 2012. №4(30). С. 25–32.
9. Kaliakin V.N., Dechasakulsom M. Time-Dependent Behavior of Geosynthetic Reinforcement. A Review of Experimental Work / Department of Civil and Environmental Engineering, University of Delaware Newark, 2001. 29 p.
10. Сталевич А.М. Деформирование ориентированных полимеров. СПб: Изд-во СПбГУТД, 2002. 250 с.
11. Koerner R.M., Richardson G.N., Wrigley N.E., Bush D.I., den Hoedt G. Creep and relaxation of geotextile fabrics // Geotextiles and Geomembranes. 1987. 5(4). Pp. 304–306.
12. Wu J.T.H., Helwany S.M.B. A performance test for assessment of long-term creep behavior of soil-geosynthetic composites // Geosynthetics International. 1996. 3(1). Pp. 107–124.
13. Koerner R.M., Koerner G.R. On the creep reduction factors for geotextile puncture protection of geomembranes // Geosynthetics Research and Development in Progress. American Society of Civil Engineers, 2005. Pp. 4259–4264.
14. Wu J.T.H., Helwany S.M.B. A performance test for assessment of long-term creep behavior of soil-geosynthetic composites // Geosynthetics International. 1996. 3(1). Pp. 107–124.
15. Paula A.M.V., Pinho-Lopes M., Lopes M.L. Effect of damage during installation of woven geotextile on their creep and creep rupture behavior – Laboratory tests // Proceedings of the 9th International Conference on Geosynthetics – Geosynthetics: Advanced Solutions for a Challenging World. Delaware: ICG, 2010. Pp. 781–784.
16. Xu S., Zhang Y., Wang Z. Evaluation on stress relaxation properties of geomembrane // Advanced Materials Research (2011 International Conference on Structures and Building Materials). 2011. Pp. 1572–1576.

Логинова И.И., Артамонова Д.А., Столяров О.Н., Мельников Б.Е. Влияние структуры на вязкоупругие свойства геосинтетических материалов

17. Yoo H., Jeon H.-Y., Chang Y.-C. Evaluation of engineering properties of geogrids for soil retaining walls // Textile Research Journal. 2010. 80(2). Pp. 184–192.
18. Jeon H.-Y. Evaluation of long-term behaviours of geogrids: A review // Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Ground Improvement. 2010. 163(4). Pp. 189–195.
19. Yeo S.-S., Hsuan Y.G. Evaluation of creep behavior of high density polyethylene and polyethylene-terephthalate geogrids // Geotextiles and Geomembranes. 2010. 28(5). Pp. 409–421.
20. Scarborough S.E., Fredrickson T., Cadogan D.P., Baird G. Creep testing of high performance materials for inflatable structures // International SAMPE Symposium and Exhibition (Proceedings). 2008. №52. Pp. 18–19.
21. ГОСТ Р 56339-2015. Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Метод определения ползучести при растяжении и разрыва при ползучести: Введ. 01.06.2012. М.: Стандартинформ, 2015. 8 с.
22. França F.A.N., Bueno B.S. Creep behavior of geosynthetics using confined-accelerated tests // Proceedings of the 9th International Conference on Geosynthetics – Geosynthetics: Advanced Solutions for a Challenging World. Delaware: ICG, 2010. Pp. 789–792.
23. Giannopoulos I.P., Burgoyne C.J. Accelerated and Real-Time Creep and Creep-Rupture Results for Aramid Fibers // Journal of Applied Polymer Science. 2012. 123(6). Pp. 3856–3869.
24. Bueno B.S., Costanzi M.A., Zornberg J.G. Conventional and accelerated creep tests on nonwoven needle-punched geotextiles // Geosynthetics International. 2005. 12(6). Pp. 276–287.
25. Zornberg J.G., Byler B.R., Knudsen J.W. Creep of geotextiles using time-temperature superposition methods // Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering. 2004. 130(11). Pp. 1158–1168.
26. Baker T.L., Thornton J.S. Comparison of results using the stepped isothermal and conventional creep tests on a woven polypropylene geotextile // Geosynthetics Conference 2001. Portland, 2001. Pp. 729–740.
27. Hsieh C.W., Lee K., Yoo H.K., Jeon H. Tensile Creep Behavior of Polyester Geogrids by Conventional and Accelerated Test Methods // Fibers and Polymers. The Korean Fiber Society. 2008. 9(4). Pp. 476–480.
28. Grebneva V., Utkina K., Sabri M., Stolyarov O. Application of stepped isothermal method for prediction the creep behavior of extruded polypropylene geogrid // Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 725–726. Pp. 611–616.

*Ирина Игоревна Логинова, Санкт-Петербург, Россия  
Тел. моб.: +7(911)8344136; эл. почта: lraloginova8@gmail.com*

*Дарья Александровна Артамонова, Санкт-Петербург, Россия  
Тел. моб.: +7(951)6513527; эл. почта: dusia2006@rambler.ru*

*Олег Николаевич Столяров, Санкт-Петербург, Россия  
Тел. раб.: +7(812)5526303; эл. почта: oleg.stolyarov@rambler.ru*

*Борис Евгеньевич Мельников, Санкт-Петербург, Россия  
Тел. раб.: +7(812)5526303; эл. почта: kafedra@ksm.spbstu.ru*

© Логинова И.И., Артамонова Д.А., Столяров О.Н., Мельников Б.Е., 2015



doi: 10.5862/MCE.56.2

## Effects of structure type on viscoelastic properties of geosynthetics

**I.I. Loginova,***Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University  
+7(911)8344136; e-mail: lraloginova8@gmail.com***D.A. Artamonova,***Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University  
+7(951)6513527; e-mail: dusia2006@rambler.ru***O.N. Stolyarov,***Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University  
+7(812)5526303; e-mail: oleg.stolyarov@rambler.ru***B.E. Melnikov,***Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University  
+7(812)5526303; e-mail: kafedra@ksm.spbstu.ru*

### Key words

geotextiles; geogrids; woven fabrics; nonwoven fabrics; mechanical properties; creep; stress relaxation

### Abstract

This work presents a study on tensile properties of geosynthetic materials. There were investigated six samples of geofabrics and geogrids with different structures including woven geotextile fabrics, nonwoven geotextile fabrics, warp-knitted geogrids and extruded geogrid.

The study determined tensile properties of geosynthetics including tensile strength, strain at the maximum load and tensile load at a specified strain. The authors carried out creep and relaxation tests. It was found that the structure type significantly affects viscoelastic properties of geosynthetics materials. The article presents some results of numerous tests, which may be used to pre-select geosynthetics materials.

### References

1. Koerner R. *Designing with Geosynthetics: Sixth Edition*. Xlibris Corp., 2012. 818 p.
2. Shukla S.K. *Handbook of Geosynthetic Engineering: Second edition*. ICE Publishing, 2011. 424 p.
3. Koerner R. [et al] Geosynthetics: A key toward sustainability. *Geosynthetics*, 2009. 27(1). Pp. 49–50.
4. Mounes S.M., Karim M.R., Mahrez A., Khodai, A. An overview on the use of geosynthetics in pavement structures. *Scientific Research and Essays*. 2011. 6(11). Pp. 2251–2258.
5. Bygness R. Geosynthetics included in 'innovative materials: Government report cites geosynthetics for roadway stability and strength. *Geosynthetics*. 2013. 31(1). Pp. 53–54.
6. Stolyarov O.N., Gorshkov A.S. Primenenie vysokoprochnykh tekstil'nykh materialov v stroitel'stve [Application of Extra-strong Textile Materials in Construction]. *Magazine of Civil Engineering*. 2009. No.4. Pp. 21-25. (rus)
7. Ustyan N.A. Geokontejnery v dorozhnom i gidrotehnicheskome stroitel'stve [Geocontainers in road building and hydraulic engineering construction]. *Magazine of Civil Engineering*. 2011. No.4. Pp. 22–25. (rus)
8. Badanin A.N., Kolosov E.S. Opredelenie nesushchey sposobnosti armirovannogo georeshetkoy gruntovogo osnovaniya [Determining the bearing capacity of soil foundation reinforced by geogrid]. *Magazine of Civil Engineering*. 2012. №4(30). Pp. 25–32. (rus)
9. Kaliakin V.N., Dechasakulsom M. *Time-Dependent Behavior of Geosynthetic Reinforcement. A Review of Experimental Work*. Department of Civil and Environmental Engineering, University of Delaware Newark, 2001. 29 p.
10. Stalevich A.M. Deformirovaniye oriyentirovannykh polimerov [Deformations in oriented polymers]. Saint-Petersburg: SPbGUTD, 2002. 250 p.
11. Koerner R.M., Richardson G.N., Wrigley N.E., Bush D.I., den Hoedt G. Creep and relaxation of geotextile fabrics. *Geotextiles and Geomembranes*. 1987. 5(4). Pp. 304–306.

Loginova I.I., Artamonova D.A., Stolyarov O.N., Melnikov B.E. Effects of structure type on viscoelastic properties of geosynthetics

12. Wu J.T.H., Helwany S.M.B. A performance test for assessment of long-term creep behavior of soil-geosynthetic composites. *Geosynthetics International*. 1996. 3(1). Pp. 107–124.
13. Koerner R.M., Koerner G.R. On the creep reduction factors for geotextile puncture protection of geomembranes. *Geosynthetics Research and Development in Progress*. American Society of Civil Engineers, 2005. Pp. 4259–4264.
14. Wu J.T.H., Helwany S.M.B. A performance test for assessment of long-term creep behavior of soil-geosynthetic composites. *Geosynthetics International*. 1996. 3(1). Pp. 107–124.
15. Paula A.M.V., Pinho-Lopes M., Lopes M.L. Effect of damage during installation of woven geotextile on their creep and creep rupture behavior – Laboratory tests. *Proceedings of the 9th International Conference on Geosynthetics – Geosynthetics: Advanced Solutions for a Challenging World*. Delaware: ICG, 2010. Pp. 781–784.
16. Xu S., Zhang Y., Wang Z. Evaluation on stress relaxation properties of geomembrane. *Advanced Materials Research (2011 International Conference on Structures and Building Materials)*. 2011. Pp. 1572–1576.
17. Yoo H., Jeon H.-Y., Chang Y.-C. Evaluation of engineering properties of geogrids for soil retaining walls. *Textile Research Journal*. 2010. 80(2). Pp. 184–192.
18. Jeon H.-Y. Evaluation of long-term behaviours of geogrids: A review. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Ground Improvement*. 2010. 163(4). Pp. 189–195.
19. Yeo S.-S., Hsuan Y.G. Evaluation of creep behavior of high density polyethylene and polyethylene-terephthalate geogrids. *Geotextiles and Geomembranes*. 2010. 28(5). Pp. 409–421.
20. Scarborough S.E., Fredrickson T., Cadogan D.P., Baird G. Creep testing of high performance materials for inflatable structures. *International SAMPE Symposium and Exhibition (Proceedings)*. 2008. №52. Pp. 18–19.
21. GOST R 56339-2015. *Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Materialy geosinteticheskie dlya dorozhnogo stroitel'stva. Metod opredeleniya polzuchesti pri rastyazhenii i razryva pri polzuchesti*. [State standard specification. Automobile roads of general use. Geosynthetic for road construction. Determination of the Tensile Creep and Creep Rupture Behavior].
22. França F.A.N., Bueno B.S. Creep behavior of geosynthetics using confined-accelerated tests. *Proceedings of the 9th International Conference on Geosynthetics – Geosynthetics: Advanced Solutions for a Challenging World*. Delaware: ICG, 2010. Pp. 789–792.
23. Giannopoulos I.P., Burgoyne C.J. Accelerated and Real-Time Creep and Creep-Rupture Results for Aramid Fibers. *Journal of Applied Polymer Science*. 2012. 123(6). Pp. 3856–3869.
24. Bueno B.S., Costanzi M.A., Zornberg J.G. Conventional and accelerated creep tests on nonwoven needle-punched geotextiles. *Geosynthetics International*. 2005. 12(6). Pp. 276–287.
25. Zornberg J.G., Byler B.R., Knudsen J.W. Creep of geotextiles using time-temperature superposition methods. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*. 2004. 130(11). Pp. 1158–1168.
26. Baker T.L., Thornton J.S. Comparison of results using the stepped isothermal and conventional creep tests on a woven polypropylene geotextile. *Geosynthetics Conference 2001*. Portland, 2001. Pp. 729–740.
27. Hsieh C.W., Lee K., Yoo H.K., Jeon H. Tensile Creep Behavior of Polyester Geogrids by Conventional and Accelerated Test Methods. *Fibers and Polymers*. The Korean Fiber Society. 2008. 9(4). Pp. 476–480.
28. Grebneva V., Utkina K., Sabri M., Stolyarov O. Application of stepped isothermal method for prediction the creep behavior of extruded polypropylene geogrid. *Applied Mechanics and Materials*. 2015. Vol. 725–726. Pp. 611–616.

**Full text of this article in Russian: pp. 11–18**