ОДМ 218.2.047-2014

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
РОСАВТОДОР

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
(РОСАВТОДОР)

МОСКВА 2014

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН: ООО «Мегатех инжиниринг» совместно с ООО «Центр метрологии, испытаний и стандартизации» и ООО «Роспромтекс инжиниринг»

2 ВНЕСЕН: Управлением научно-технических исследований и информационного обеспечения, Управлением эксплуатации автомобильных дорог Федерального дорожного агентства Министерства Транспорта РФ

3 ПРИНЯТ распоряжением Федерального дорожного агентства от «11» августа 2014 г. № 1473-р

4 ИМЕЕТ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

СОДЕРЖАНИЕ

1 Область применения..... 1
2 Нормативные ссылки..... 1
3 Термины, определения и обозначения..... 3
4 Общие положения..... 6
5 Долговечность геосинтетических материалов..... 7
6 Механические повреждения при укладке..... 16
7 Ползучесть и длительная прочность..... 24
8 Прочность швов и соединений 47
9 Влияние атмосферных воздействий на долговечность..... 49
10 Влияние агрессивных сред на долговечность 54
11 Устойчивость к микробиологическому разрушению..... 62
12 Воздействие морозостойкости на долговечность 67
Библиография..... 68

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

Методика оценки долговечности геосинтетических материалов, используемых в дорожном строительстве

1 Область применения

1.1 Настоящий отраслевой дорожный методический документ содержит методику оценки долговечности геосинтетических материалов, используемых в дорожном строительстве, устанавливает средства и порядок выполнения измерений.

1.2 Настоящий методический документ применим к геосинтетическим материалам, используемым в дорожном строительстве, и предназначен для использования проектными и научно-исследовательскими организациями, производителями геосинтетических материалов, организациями, выполняющими контроль объектов дорожного строительства, а также учебными институтами дорожного хозяйства.

2 Нормативные ссылки

В настоящем ОДМ использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 9.060-75 Единая система защиты от коррозии и старения. Ткани. Метод лабораторных испытаний на устойчивость к микробиологическому разрушению

ГОСТ 9.102-91 Единая система защиты от коррозии старения. Воздействие биологических факторов на технические объекты. Термины и определения

ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

ГОСТ 166-89 Штангенциркули. Технические условия

ГОСТ 427-75 Линейки измерительные металлические. Технические условия

ГОСТ 5009-82 Шкурка шлифовальная тканевая. Технические условия

ГОСТ 6709-72 Вода дистиллированная. Технические условия

ГОСТ 7502-98 Рулетки измерительные металлические. Технические условия

ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия

ГОСТ 8736-93 Песок для строительных работ. Технические условия

ГОСТ 10681-75 Материалы текстильные. Климатические условия для кондиционирования и испытания проб и методы их определения

ГОСТ 12423-66 Пластмассы. Условия кондиционирования и испытания образцов (проб)

ГОСТ Р 50275-92 Материалы геотекстильные. Метод отбора проб

ГОСТ Р 51372-99 Методы ускоренных испытаний на долговечность и сохраняемость при воздействии агрессивных и других специальных сред для технических изделий, материалов и систем материалов. Общие положения

ГОСТ Р 55028-2012 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Классификация, термины и определения

ГОСТ Р 55030-2012 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Метод определения прочности при растяжении

ГОСТ Р 55031-2012 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Метод определения устойчивости к ультрафиолетовому излучению

ГОСТ Р 55032-2012 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Метод определения устойчивости к многократному замораживанию и оттаиванию

ГОСТ Р 55033-2012 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Метод определения гибкости при отрицательных температурах

ГОСТ Р 55035-2012 Дороги автомобильные общего пользования. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Метод определения устойчивости к агрессивным средам

П р и м е ч а н и е – При пользовании настоящим методическим документом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов, составленных по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и обозначения

В настоящем методическом документе применяются следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **длительная деформация** (long-term strain): прогнозируемая полная деформация геосинтетического материала на срок службы дорожной конструкции.

3.2 **длительная прочность** (long-term strength): постоянная нагрузка, приложенная к геосинтетическому материалу в течение срока службы и по прогнозу не приводящая к его разрыву.

3.3 **долговечность** (durability): способность геосинтетического материала на протяжении всего срока службы дорожной конструкции сопротивляться воздействию погодных, механических, химических, биологических и других возможных факторов и сохранять требуемые проектом свойства.

3.4 **доступное свойство** (available property): свойство дорожной конструкции, обеспеченное в данный момент времени за счет применения геосинтетического материала.

3.5 **коэффициент учета** (reduction factor): коэффициент (≥1), учитывающий влияния различных факторов в условиях эксплуатации геосинтетических материалов.

3.6 **коэффициент сдвига** (shift factor): смещение кривой вдоль логарифмической оси времени для того, чтобы получить единую обобщенную кривую при исходной температуре.

3.7 **метод ступенчатых изотерм** (stepped isothermal method): процедура, посредством которой заданные температурные ступени и время воздействия используются для ускорения изменения вязкоупругих свойств при ползучести, а напряжение и нагрузка оцениваются как функция времени.

3.8 **модуль ползучести** (creep modulus): отношение нагрузки при ползучести к относительному удлинению образца.

3.9 **нормативная прочность при растяжении** (characteristic strength): прочность при растяжении геосинтетического материала, определенная с 95% доверительной вероятностью.

3.10 **расчетный срок службы** (design life): время, в течение которого реальное свойство геосинтетического материала превосходит требуемое и обеспечивается выполнение геосинтетическим материалом требуемой функции в дорожной конструкции.

3.11 **серия изделий** (product line): однородная продукция, однородные товары, предметы или материалы, обладающие общим признаком, свойствами, качествами, показателями, однозначной идентификацией.

3.12 **секущий модуль жесткости** (secant stiffness): Отношение нагрузки на единицу ширины, выраженное в килоньютонах на метр, к заданному значению относительной деформации между двумя точками на диаграмме растяжения.

3.13 **сдвиг экспериментальных данных** (block shifting): порядок действий, при котором данные экспериментальной кривой, измеренные при одной температуре, смещаются вдоль оси времени до совпадения с данными другой экспериментальной кривой, полученной при другой температуре.

3.14 **ползучесть (creep):** медленное непрерывное удлинение образца под действием постоянной растягивающей нагрузки.

3.15 **полный срок службы** (service life): продолжительность эксплуатации геосинтетического материала до состояния, при котором доступное свойство геосинтетического материала становится равным требуемому свойству и его дальнейшая эксплуатация недопустима.

3.16 **старение** (aging): совокупность процессов, происходящих в геосинтетическом материале во времени при хранении или эксплуатации и приводящих к потере его первоначальных свойств и характеристик.

3.17 **требуемое свойство** (required property): свойство, требуемое проектом и обеспечиваемое включением геосинтетического материала в дорожную конструкцию.

Термины, относящиеся к определению геосинтетических материалов в соответствии с ГОСТ Р 55028.

В настоящем методическом документе применяются следующие обозначения:

$T_{нор}$ – нормативная прочность геосинтетического материала, кН/м;

γ_b – коэффициент запаса для геосинтетического материала;

$к_{общ}$ – общий коэффициент учета, учитывающий влияние факторов ухудшения свойств;

$T_к$ - прочность при растяжении геосинтетического материала после воздействия определенного фактора, кН/м;

T_0 - прочность при растяжении исходного материала, кН/м;

$к_1$ - коэффициент, учитывающий снижение прочности от механических повреждений структуры;

$к_2$ – коэффициент, учитывающий снижение прочности от ползучести;

$к_3$ – коэффициент, учитывающий снижение прочности от ухудшения свойств ниточных и сварных швов или прочности соединения элементов структуры материала;

$к_4$ – коэффициент, учитывающий снижение прочности от атмосферных воздействий;

$к_5$ – коэффициент, учитывающий снижение прочности от воздействия агрессивных сред;

$к_6$ – коэффициент, учитывающий снижение прочности от воздействия микроорганизмов;

$к_7$ – коэффициент, учитывающий снижение прочности от морозостойкости;

ε_t – относительное удлинение образца в момент времени t, %;

$\varepsilon_{нач}$ – относительное удлинение образца в начале измерений при t=1 ч;

t – срок службы, ч;

$[\Delta\varepsilon]$ - технически обоснованный уровень максимального удлинения, %;

$E_г(t)$ - модуль ползучести при растяжении, кН/м;

T - нагрузка на единицу ширины, кН/м;

$\varepsilon(t)$ - относительное удлинение (безразмерное), наблюдаемое в момент времени t;

C_w – сохранение прочности образцов после испытаний на устойчивость к атмосферным воздействиям;

$k_б$ – коэффициент биологической активности испытательного грунта.

4 Общие положения

4.1 Настоящая методика предназначена для оценки долговечности геосинтетических материалов на протяжении их срока службы в элементе дорожной конструкции.

4.2 В методике приводятся основные положения по оценке изменения основных функциональных свойств геосинтетических материалов с учетом их структуры, происхождения, используемого сырья, производственных процессов, физических и химических сред, условий хранения и монтажа, действующих нагрузок.

4.3 Данные, полученные в результате применения настоящей методики, могут использоваться для прогнозирования изменения свойств геосинтетических материалов с течением времени и сравнительного анализа свойств различных типов геосинтетических материалов.

4.4 При подготовке настоящего методического документа учтены основные нормативные положения отечественных и международных норм, применяемые для определения долговечности геосинтетических материалов [1,2].

5 Долговечность геосинтетических материалов

5.1 Основные факторы, влияющие на долговечность геосинтетических материалов, подразделяются на следующие группы:

I. Механические:
- механические повреждения при укладке;
- ползучесть;
- прочность швов и соединений элементов структуры материала.

II. Физико-химические:
- повышенная или пониженная температура;
- влияние атмосферных воздействий;
- влияние агрессивных сред.

III. Биологические:
- разрушение микроорганизмами;
- разрушение другими биологическими объектами.

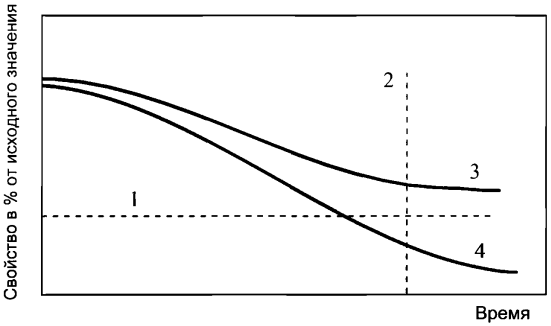
Перечисленные факторы следует учитывать при проектировании дорожных конструкций и оценке их долговечности в случае применения геосинтетических материалов.

5.2 Взаимосвязь доступного и требуемого свойств

5.2.1 Условие обеспечения работоспособности материала

Геосинтетический материал обладает одним или несколькими функциональными свойствами, т.е. свойствами, которые имеют решающее значение при выполнении определенной функции. В качестве функциональных свойств при выборе геосинтетического материала, определяющих его способность к эксплуатации в дорожной конструкции, могут рассматриваться: прочность при растяжении, нагрузка при заданном удлинении, секущий модуль жесткости при растяжении и др. Функциональное свойство разделяется на доступное и требуемое свойства.

Необходимым приемлемым условием работоспособности геосинтетического материала в дорожной конструкции является превышение значения доступного свойства (кривая 3) над постоянным во времени требуемым свойством (линия 1) в течение расчетного срока службы (линия 2), как показано на рисунке 5.1. Неприемлемым является условие, при котором величина доступного свойства в период срока службы геосинтетического материала становится меньше величины требуемого свойства (кривая 4).

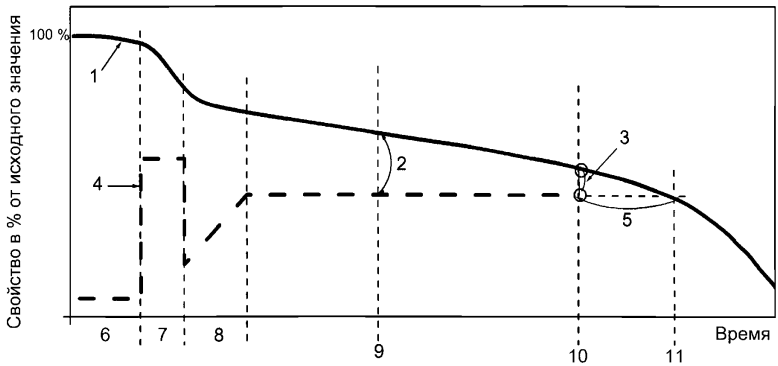


1 – минимально приемлемый уровень требуемого свойства; 2 – расчетный срок службы; 3 – доступное свойство при приемлемом варианте; 4 – доступное свойство при неприемлемом варианте

Рисунок 5.1 – Доступное и требуемое свойства как функция времени при двух различных условиях

5.2.2. Величина запаса работоспособности геосинтетического материала в дорожной конструкции на любой момент времени определяется расстоянием между прямой требуемого свойства (линия 1) и кривыми 3 и 4 доступного свойства (рисунок 5.1).

5.2.3 В реальных условиях взаимосвязь доступного и требуемого свойств как правило носит сложный характер, изменяясь с течением времени в зависимости от последовательных событий, которые происходят от момента изготовления материала и укладки его в конструкцию (период 8) до конца расчетного срока службы (линия 10) – рисунок 5.2.



1 – доступное свойство; 2 – запас между требуемым и доступным свойством в промежуточное время; 3 – запас прочности на расчетный срок службы; 4 – требуемое проектом свойство; 5 – запас прочности между расчетным сроком службы и временем до разрушения; 6 – продолжительность перед установкой (хранение и транспортировка); 7 – продолжительность установки; 8 – продолжительность дальнейшего строительства; 9 – промежуточное время при обычной эксплуатации; 10 – расчетный срок службы; 11 – время до разрушения

Рисунок 5.2 – Доступное и требуемое свойства геосинтетического материала во времени при хранении и транспортировки, строительства, засыпки и эксплуатации

5.2.4 Изменение доступного и требуемого свойств с течением времени

На практике доступное и требуемое свойства могут изменяться в зависимости от последовательных событий, которые происходят в период с момента изготовления материала до конца полного срока его службы. Возможные изменения в течение всего этого срока значений требуемого свойства геосинтетического материала представлены (линия 1) на рисунке 5.2. События, происходящие в период службы геосинтетического материала, отделены друг от друга на горизонтально оси времени вертикальными пунктирными линиями.

При транспортировке и хранении (период 6) прочность геосинтетического материала может изменяться в зависимости от погодных условий, в то время как при установке (период 7) и дальнейшем строительстве (период 8) прочность может зависеть от механических повреждений, степень которых определяется: структурой геосинтетического материала; видом строительных материалов, находящихся в контакте с геосинтетическим материалом; используемым оборудования и мерами предосторожности, обеспеченных оператором при технологических операциях. После укладки геосинтетического материала в дорожную конструкцию (период 8) начинается период его эксплуатации. В течение срока службы геосинтетический материал подвергается химическому, биологическому и физическому воздействиям от грунта, а также воздуха, воды и содержания органических веществ, что приводит к постепенному сокращению имеющегося доступного свойства до тех пор, пока не будет достигнут расчетный срок службы (позиция 10, рисунок 5.2). В этот период запас прочности в любой момент времени определяется позицией 2. В дальнейшем, реальное свойство будет постепенно продолжать уменьшаться и, если геосинтетический материал остается в тех же условиях после окончания расчетного срока службы, то запас прочности, т.е. разница между требуемым и реальным свойствами, постепенно станет равным нулю (время разрушения 11).

Требуемое свойство показано в виде линии 4 на рисунке 5.2. При транспортировке и хранении (период 6) геосинтетический материал должен обладать минимально необходимой прочностью, чтобы противостоять внешним воздействиям. Монтаж геосинтетического материала и уплотнение грунта (период 7) могут потребовать более высокую прочность, чем та, которая требуется для оставшейся части расчетного срока службы. В ходе дальнейшего строительства (период 8) нагрузка на геосинтетический материал будет увеличиваться до своей постоянной величины.

На характер изменения во времени доступного свойства геосинтетического материала может оказать существенное влияние величина действующих напряжений: чем больше приложенное напряжение, тем меньше время до разрушения.

5.2.5. Расчетный срок службы и оставшийся на этот момент запас прочности должны определяться на стадии разработки проекта с таким расчетом, чтобы в конце предполагаемого срока службы объекта можно было гарантировать определенный уровень безопасности, при котором время разрушения геосинтетического материала находится далеко за пределами расчетного срока службы.

При этом следует учитывать, что по окончании расчетного срока службы геосинтетического материала должен остаться некоторый запас прочности (период 5) до разрушения геосинтетического материала (позиция 3) – рисунок 5.2.

5.2.6 В конце ожидаемого расчетного срока службы проектировщик должен обеспечить определенный запас прочности, так чтобы разрушение (позиция 11 на рисунке 5.2) по прогнозам было за пределами расчетного срока службы (позиция 10 на рисунке 5.2). По окончании расчетного срока службы геосинтетического материала остается некоторый запас прочности до разрушения геосинтетического материала (позиция 3). Запас прочности между расчетным сроком службы и временем до разрушения показан периодом 5.

5.2.7 Конец срока службы

Конец срока службы – точка на горизонтальной оси времени, где кривая доступного свойства пересекается с кривой требуемого свойства (позиция 11 на рисунке 5.2). В данной точке предполагается разрушение материала. Превышение полного срока службы над расчетным на величину оставшегося может иметь место в случаях, когда ожидаемые нагрузки были переоценены, либо когда они заключали в себе комбинацию различных факторов ухудшения свойств, не все из которых достигли максимальных

значений. После данного момента времени вероятность разрушения геосинтетического материала является высокой.

5.2.8 Расчетная долговечность

Оценка долговечности геосинтетического материала в дорожной конструкции состоит из следующих этапов:

– определение решающих функциональных свойств геосинтетического материала в дорожной конструкции;

– определение ограничивающих условий применения (механических, физико-химических, биологических);

– определение расчетного срока службы геосинтетического материала;

– определение требуемых свойств геосинтетического материала;

– получение достоверных данных о том, что предполагаемые доступные свойства в конце расчетного срока службы больше, чем требуемые свойства.

5.2.9 Режимы ухудшения свойств

Учет возможного ухудшения свойств геосинтетических материалов выполняется через коэффициент учета (≥ 1), который определяется исходя из сохранения прочности материала, т.е. как отношение реальной прочности материала до и после воздействия определенного фактора по формуле

$$к_i = \frac{T_0}{T_к}, \qquad (5.1)$$

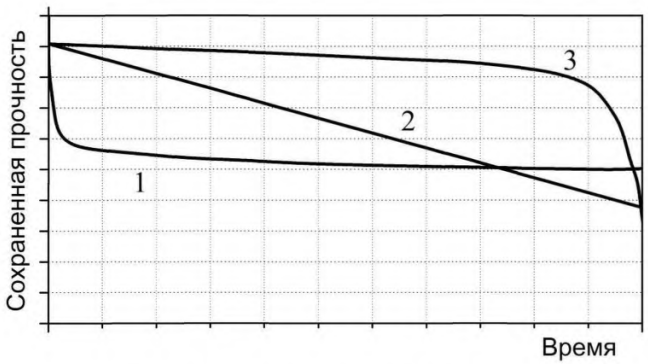
где $T_к$ – прочность материала после воздействия определенного фактора, кН/м; T_0 – прочность при растяжении исходного материала, кН/м.

Характер снижения доступной прочности во времени следует разделить на три режима (рисунок 5.3):

– Режим 1: Немедленное снижение доступной прочности в начальный момент эксплуатации и незначительное дальнейшее ее снижение с течением времени;

– Режим 2: Постепенное снижение прочности, хотя и не обязательно линейное, в процессе эксплуатации;

– Режим 3: Отсутствие снижения доступной прочности в течение длительного периода эксплуатации, но при быстром ухудшении свойств по его истечении.



1 – режим (1); 2 – режим (2); 3 – режим (3)

Рисунок 5.3 – Сохраненная доступная прочность в зависимости от времени для трех режимов ухудшения свойств

Для свойств, характерных для режима 1, коэффициент учета долговечности не зависит от времени. Для свойств, характерных для режима 2, коэффициент учета долговечности зависит от времени. Для свойств, характерных для режима 3, необходимо ограничение срока службы.

Воздействия окружающей среды могут привести к режимам 1, 2 и 3. Влияние атмосферных воздействий на месте укладки, прежде чем геосинтетический материал будет покрыт засыпочным материалом, может рассматриваться как режим 1, в то время как воздействие постоянных атмосферных явлений должно рассматриваться как режим 2. Для химического разложения предпочтительным подходом является ограничение срока службы на период, в течение которого можно прогнозировать незначительное снижение прочности (режим 3).

5.3 Исходные данные для оценки долговечности

Для оценки долговечности геосинтетических материалов необходимы следующие данные:

– сведения об основных используемых полимерах;

– сведения о стойкости данных полимеров к атмосферным воздействиям и воздействию агрессивных сред;

– сведения о том, что не использовались переработанные материалы;

– прогнозируемое воздействие дневного света при укладке (продолжительность, место и время года);

– эффективная расчетная температура грунта;

– pH фактор почвы;

– сведения о любых ненатуральных загрязняющих веществах в почве, например, промышленных отходах, биологических опасностях.

5.4 Определение расчетного значения длительной прочности

Расчетное значение длительной прочности геосинтетического материала определяется по формуле

$$T = \frac{T_{нор}}{к_{общ} \cdot \gamma_b}, \qquad (5.2)$$

где $T_{нор}$ – нормативная прочность геосинтетического материала, кН/м; γ_b – коэффициент запаса для геосинтетического материала; $к_{общ}$ – общий коэффициент, учитывающий влияние факторов ухудшения свойств, определяется в виде произведения отдельных коэффициентов по формуле

$$к_{общ} = к_1 \cdot к_2 \ldots\ldots к_7, \qquad (5.3)$$

где $к_1, \ldots. к_7$ – коэффициенты, учитывающие влияние определенного фактора или группы факторов.

– коэффициент, учитывающий снижение прочности от механических повреждений структуры ($к_1$);

– коэффициент, учитывающий снижение прочности от ползучести ($к_2$);

– коэффициент, учитывающий снижение прочности от ухудшения свойств ниточных и сварных швов или прочности соединения элементов структуры материала ($к_3$);

– коэффициент, учитывающий снижение прочности от атмосферных воздействий ($к_4$);

– коэффициент, учитывающий снижение прочности от воздействия агрессивных сред ($к_5$);

– коэффициент, учитывающий снижение прочности от воздействия микроорганизмов ($к_6$);

– коэффициент, учитывающий снижение прочности от температуры ($к_7$).

6 Механические повреждения при укладке

6.1 Основные положения

Применение различных строительных материалов при отсыпке слоев и последующее уплотнение могут привести к повреждению структуры геосинтетических материалов, вызывая немедленное снижение их прочности или разрушение материала в целом. Использование геосинтетических материалов в слоях из минеральных материалов (песок, щебень, грунт) приводит к повреждению структуры. Для учета механических повреждений применяется соответствующий коэффициент учета – $к_1$. Как правило, механические повреждения происходят при укладке геосинтетических материалов (режим 1, п. 5.2.8).

Данные испытания рекомендуется проводить непосредственно на реальном месте укладки геосинтетических материалов с учетом нижнего слоя, заполняющего материала, толщины слоя, оборудования для уплотнения и т.д. или проводить испытания на подготовленных полигонах. Данные испытания могут также проводиться в течение нескольких лет для оценки влияния физико-химических, биологических и других воздействий на итоговую прочность геосинтетического материала.

Испытания на устойчивость к механическим повреждениям должны моделировать условия укладки (эксплуатации) и быть как можно ближе к условиям в предполагаемой дорожной конструкции с применением геосинтетических материалов. Моделируемые условия укладки должны включать в себя, как минимум:

- подготовленное основание дорожной конструкции;
- использование основных строительных материалов;
- характер обратной засыпки выше образца;
- глубина, на которой установлен образец;
- метод и степень уплотнения.

Результаты испытаний поврежденных образцов должны быть сопоставлены с результатами испытаний на растяжение неповрежденных образцов исходного материала (то есть, не подвергавшихся испытаниям на укладку), взятых из той же серии из одного рулона материала. Испытания на повреждения при укладке рекомендуется проводить по методике, описанной в п. 6.2.

6.2 Методика оценки устойчивости геосинтетических материалов к воздействию механических повреждений при укладке

6.2.1 Методика устанавливает способ испытания геосинтетических материалов на устойчивость к воздействию механических повреждений при укладке. Методика применима к широкому кругу геосинтетических материалов: геотекстильных, геопластмассовых и геокомпозитов, используемых в дорожном строительстве.

6.2.2 Сущность методики заключается в укладке образцов геосинтетических материалов на подготовленную поверхность. Основное отличие данной методики от лабораторных испытаний состоит в моделировании реальных условий укладки и эксплуатации геосинтетических материалов в различных дорожных материалах (песок, щебень).

6.2.3 Средства измерения, вспомогательные устройства и материалы

6.2.3.1 Крепление геосинтетического материала к основанию производится стальными монтажными анкерами. Монтажный анкер выполняется из арматуры А II (А300) Ø12 мм сталь Ст3кп (ГОСТ 5781-82*). Длина анкера 30 см, полка 10 см. Длина заготовки 0,7 м.

6.2.3.2 Испытание на месте укладки (в реальных условиях) проводится с использованием следующих дорожно-строительных материалов:

- фракционированный щебень М 400 фракции 40-70 мм по ГОСТ 8267-93 слоем 30 см, уложенный по способу заклинки по СНиП 3.06.03-85 [3];

- песок средней крупности с коэффициентом фильтрации не менее 1 м/сут. по ГОСТ 8736 слоем 30 см.

6.2.3.3 Оборудование (каток) для разравнивания и уплотнения строительного материала с полным весом в 10-12 тонн, обеспечивающее вибрацию с верхней амплитудой в 1,5-2 мм.

6.2.4 Подготовка образцов

6.2.4.1 Для проведения испытаний отбирают образец геосинтетического материала из одной единицы продукции (рулона, брикета и т.д.), минимальной площадью 4 $м^2$. После этого образец должен быть разрезан на 2 части. Первая часть минимальной площадью 2 $м^2$ испытывается для оценки механических повреждений на месте укладки, а вторая минимальной площадью 2 $м^2$ (исходный образец) для сравнительных испытаний.

6.2.4.2 Испытуемый образец вырезается в форме квадрата или прямоугольника.

6.2.4.3 Исходный образец оставляется для сопоставительных испытаний в соответствии с ГОСТ Р 55030.

6.2.5 Проведение испытаний

6.2.5.1 Образец геосинтетического материала укладывают на подготовленное, выровненное песчаное основание с предварительным уплотнением. В основании должны отсутствовать каменные включения и строительный мусор. Геосинтетический материал укладывается с учетом его

максимального разравнивания на основании и крепится к основанию стальными анкерами п. 6.2.3.1 в четырех местах по периметру образца. Затем геосинтетический материал покрывается дорожно-строительными материалами согласно п. 6.2.3.2 с толщиной слоя 30 см, разравнивается и уплотняется при помощи оборудования для уплотнения согласно СНиП 2.05.02-85 [4]. Засыпка строительного материала производится механическим и ручным способом, исключающим возможные повреждения. Проход техники по непокрытому геосинтетическому материалу категорически запрещен. Геосинтетические материалы подвергаются испытаниям с применением строительных материалов согласно п.6.2.3.2. Принципиальная схема испытательного полигона показана на рисунке 6.1.

6.2.5.2 При необходимости могут быть проведены испытания при более жестких условиях эксплуатации по месту укладки материала. В слабых грунтах должна быть обеспечена толщина засыпочного слоя для возможного последующего уплотнения техникой.

6.2.5.3 По периметру испытательного котлована отсыпается песок и щебень шириной не менее 1 м.

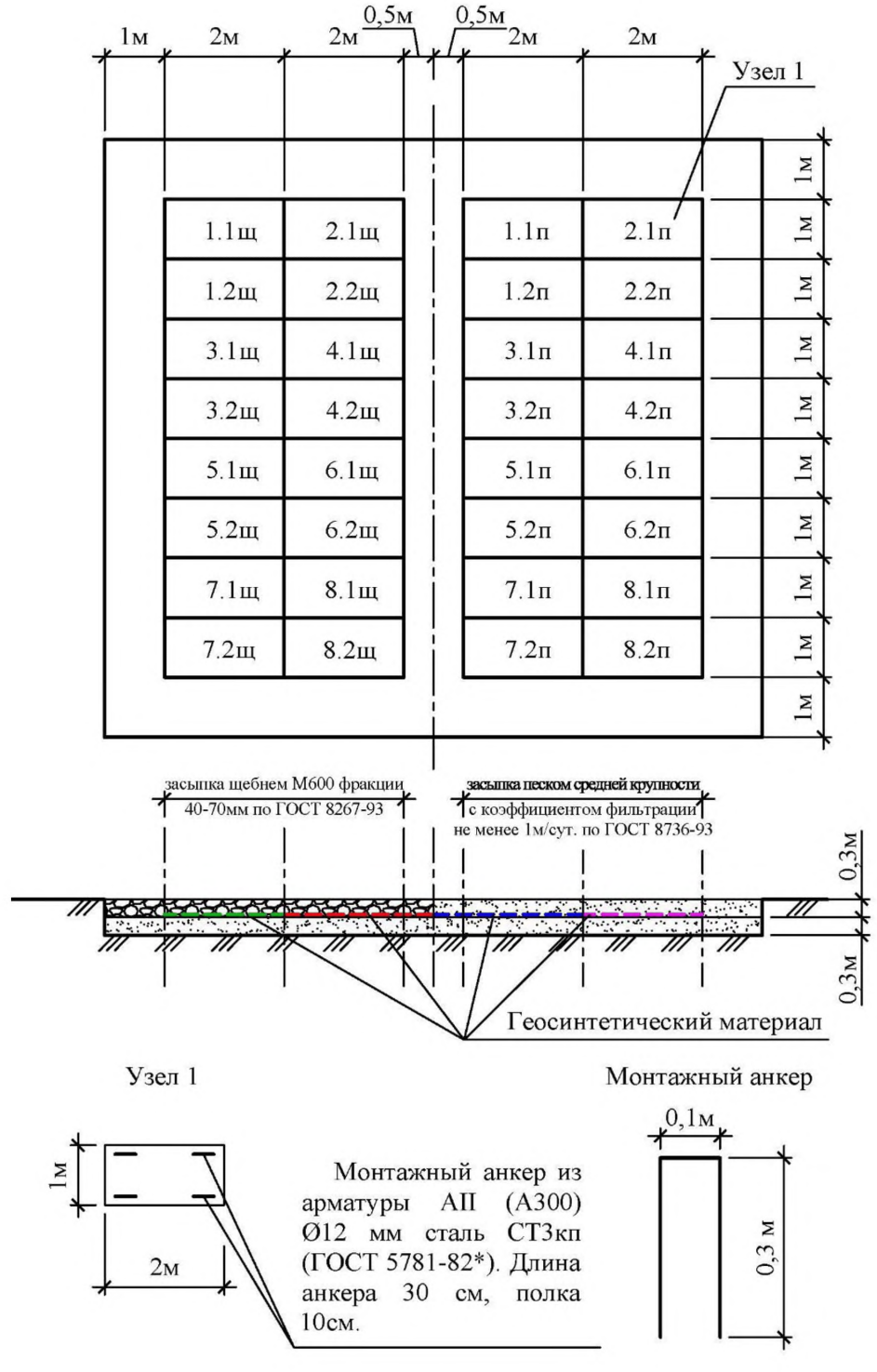


Рисунок 6.1 – Схема испытательного полигона

6.2.5.4 Уплотнение выполняется при помощи вибрационного дорожного катка с вибрацией при высокой амплитуде в 1,5-2 мм. Уплотнение во фракционированном щебне производится до коэффициента 0,98, в песке средней крупности до коэффициента 0,98 по СНиП 2.05.02-85 [4].

6.2.5.5 После завершения уплотнения образец геосинтетического материала должен быть незамедлительно аккуратно извлечен (с помощью механического средства не более 15 см верхнего слоя или вручную) без нанесения дополнительных повреждений. Не допускается использование бульдозера или грейдера для удаления слоя дорожно-строительных материалов более 15 см.

6.2.6 Обработка результатов испытаний

6.2.6.1 После извлечения испытуемый образец оценивают визуально на предмет механических повреждений и регистрируют количество сквозных дыр на 1 $м^2$ и характер повреждений, при необходимости классифицируя их. Затем образец испытывают на растяжение до разрыва в соответствии с ГОСТ 55030 для сравнительного анализа с исходным образцом.

6.2.6.2 Протокол испытания

Протокол испытания должен содержать:

- наименование материала и все данные, относящиеся к нему;
- количество испытанных образцов;
- количество сквозных дыр на 1 $м^2$ и характер повреждений;
- прочность при растяжении образцов исходного материала и материала после испытаний, кН/м;
- коэффициенты вариации;
- условия проведения испытаний на полигоне и в лаборатории;
- дату проведения испытаний.

6.3 Коэффициент учета механических повреждений геосинтетических материалов при укладке $к_1$ определяется, как отношение средней прочности

исходного материала к средней прочности материала после механических повреждений, по формуле

$$к_1 = \frac{T_0}{T_к}, \quad (6.1)$$

где $T_к$ – прочность при растяжении материала после воздействия, кН/м;

T_0 – прочность при растяжении исходного материала, кН/м.

6.3.1 По результатам испытаний в продольном и поперечном направлениях берется коэффициент учета механических повреждений при укладке с максимальным значением.

6.4 Порядок действий при отсутствии прямых данных

При отсутствии данных по механическим повреждениям, полученным по методике по п. 6.2, могут быть использованы методики расчета, описанные в п. 6.4.1 и 6.4.2.

6.4.1 Интерполяция измерений со строительными материалами различной фракции

Если значения коэффициента $к_1$ были определены для строительных материалов с размером фракции меньшей или большей, чем те, которые будут использоваться, то коэффициент $к_1$ может быть определен путем интерполяции. Примером этой процедуры является интерполяция для получения $к_1$ для строительных материалов с различной фракцией. На рисунке 6.2 представлена интерполяции коэффициента учета $к_1$ для строительных материалов с различной фракцией гранулированного материала.

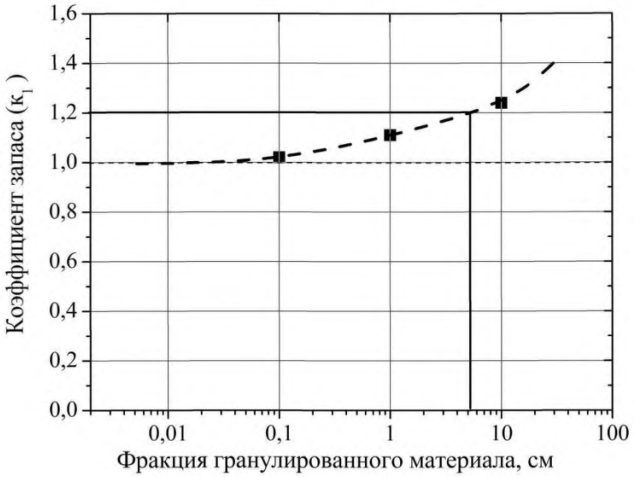


Рисунок 6.2 – Интерполяция коэффициента учета $к_1$

6.4.2 Интерполяция измерений геосинтетических материалов с различной поверхностной плотностью

Для геосинтетических материалов одной серии, но имеющих разную поверхностную плотность, может быть также проведена интерполяция коэффициент учета $к_1$. Данная интерполяция может быть выполнена для промежуточных значений поверхностной плотности при условии, что установлена взаимосвязь между прочностью при растяжении и поверхностной плотностью материала, и при условии, что имеются данные о материалах, которые имеют более низкую и более высокую поверхностную плотность. Для геосинтетических материалов с более высокой поверхностной плотностью может быть использован коэффициент учета $к_1$ для испытанных материалов с самой высокой поверхностной плотностью. Для этого необходимо провести интерполяцию коэффициента учета $к_1$ с различными значениями поверхностной плотности, как показано в примере на рисунке 6.3. Для материала с поверхностной плотностью 300 г/м^2 коэффициент учета $к_1$=1.42.

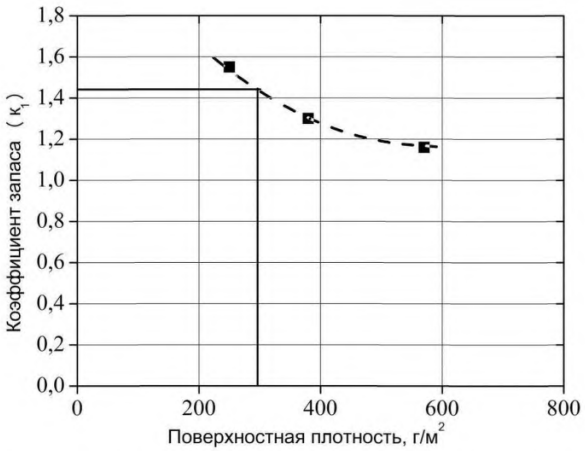


Рисунок 6.3 – Интерполяция κ_1 от измерений повреждений на материалах одной серии, отличающихся только поверхностной плотностью

6.4.3 Испытания в соответствии с методикой оценки механических повреждений геосинтетических материалов при циклической нагрузке (п. 8.1 ОДМ 218.5.006-2010 [5]) предназначены только для сравнительного анализа различных материалов и не должны использоваться для получения коэффициента учета κ_1.

7 Ползучесть и длительная прочность

7.1 Основные положения

7.1.1 Геосинтетические материалы в основном представляют собой класс полимерных материалов, у которых в значительной мере проявляются вязкоупругие свойства. Под действием постоянно нагрузки это может привести к развитию во времени недопустимых остаточных деформаций геосинтетических материалов (до разрыва при ползучести) и разрушению дорожной конструкции, что равносильно постепенному снижению прочности геосинтетического материала как армирующего элемента.

7.1.2 Проектирование дорожной конструкции с использованием геосинтетических материалов должно включать ограничение по допустимым деформациям ползучести в течение расчетного срока службы. Интенсивность развития деформаций ползучести геосинтетических материалов во времени зависит от условий работы геосинтетического материала в дорожной конструкции, интенсивности дорожного движения и воспринимаемых материалом нагрузок.

7.1.3 Технические условия конструкции могут устанавливать ограничения на суммарную деформацию в течение всего срока службы геосинтетического материала или на деформацию, образовавшуюся между окончанием строительства и расчетным сроком службы. В последнем случае время "окончания строительства" должно быть определено, как показано на рисунке 7.1. Деформация ползучести и длительная прочность определяются в соответствии с Методикой испытания геосинтетических материалов на ползучесть при растяжении и разрыве при ползучести (п. 7.3 ОДМ 218.5.006-2010).

7.1.4 Характеристики геосинтетических материалов, учитывающих ползучесть, определяются по:

– Методике экстраполяция измерений ползучести;

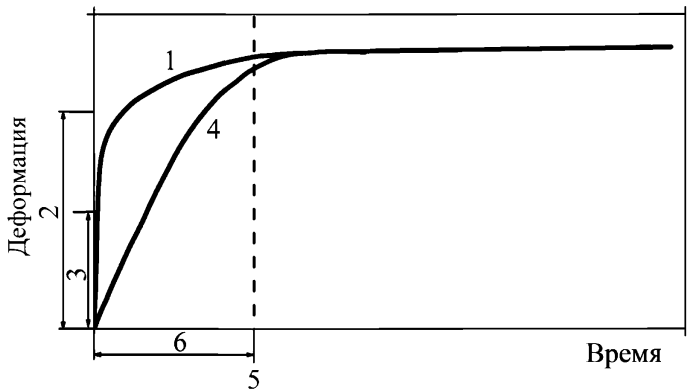
– Методике определения максимальной растягивающей нагрузки в зависимости от предельно допустимой деформации и расчетного срока службы;

– Методика определения длительной прочности.

Для прогнозирования ползучести на длительные времена также могут быть использованы ускоренные методы испытаний геосинтетических материалов при повышенных температурах:

– Метод температурно-временной аналогии

– Метод ступенчатых изотерм.



1 – испытание на ползучесть в лаборатории; 2 – деформация за период приложения нагрузки в конструкции; 3 – деформация за период приложения нагрузки при испытаниях на ползучесть; 4 – нагружение и ползучесть армирующего компонента в конструкции; 5 – новое время 0 ползучести после строительства; 6 – время строительства конструкции

Рисунок 7.1 – Концептуальная иллюстрация для сравнения ползучести, измеренной в конструкции, с данными ползучести, полученными в лаборатории

7.2 Методика экстраполяция кривых ползучести

7.2.1 Методика устанавливает способ экстраполяции измерений ползучести геосинтетических материалов при одноосном растяжении. Методика применима к широкому кругу геосинтетических материалов, используемых в дорожном строительстве, особенно, в качестве армирующих элементов.

Измерение деформации ползучести в лабораторных условиях обычно осуществляется при несравнимо более коротких интервалах времени, чем предполагаемый срок службы геосинтетического материала в дорожной конструкции. Поэтому данная методика регламентирует определенный порядок экстраполяции данных ползучести во времени, что может быть

использовано для прогнозирования поведения геосинтетических материалов в будущем и определения расчетного срока службы.

7.2.2 Средства измерения, вспомогательные устройства и материалы

7.2.2.1 Установка для испытания на ползучесть в соответствии с требованиями п. 7.3.2.1 ОДМ 218.5.006-2010.

7.2.2.2 Металлические измерительные линейки по ГОСТ 427.

7.2.3 Подготовка образцов

7.2.3.1 Подготовка образцов для проведения испытаний в соответствии с п.7.3.3 ОДМ 218.5.006-2010.

7.2.4 Порядок проведения испытаний

7.2.4.1 Образцы геосинтетического материала испытываются на ползучесть при разных уровнях задаваемой нагрузки в соответствии с «Методикой испытания геосинтетических материалов на ползучесть при растяжении и разрыве при ползучести» (п. 7.3.4 ОДМ 218.5.006-2010).

7.2.5 Обработка результатов измерений

7.2.5.1 По результатам проведенных измерений строят зависимости между относительным удлинением (ε, %) и временем в полулогарифмической системе координатах. По горизонтальной оси откладывают время в логарифмической системе координат, а по вертикальной оси относительное удлинение образцов при различных задаваемых нагрузках (рисунок 7.2). Нагрузки, применяемые в процессе испытаний на разрыв при ползучести, должны быть выражены в процентах от нормативной прочности при растяжении % $T_{нор}$.

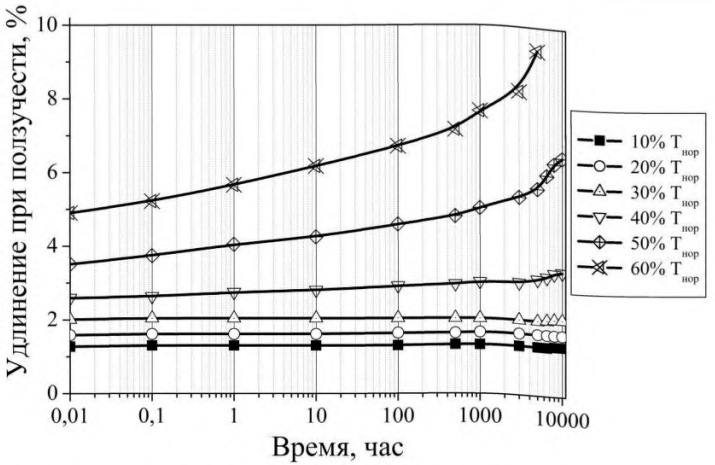


Рисунок 7.2 – Ползучесть геосинтетического материала при разных уровнях задаваемой нагрузки

7.2.5.2 Экстраполяция кривых не более чем на один порядок производится графически или путем применения степенной функции. Использование полиномиальных функций не рекомендуется, поскольку они могут привести к ошибочным значениям при экстраполяции.

7.2.5.3 Кривые ползучести удовлетворительно описываются в полулогарифмической системе координат уравнением вида

$$\varepsilon_t = \varepsilon_{нач} + a \cdot \ell g\, t, \qquad (7.1)$$

где ε_t – относительное удлинение образца в момент времени t, %;

$\varepsilon_{нач}$ – относительное удлинение образца в начале измерений при t=1 ч;

a – постоянная;

t – срок службы, ч.

7.2.5.4 За максимально допустимый уровень нагрузки принимается величина растягивающей нагрузки, которая не оказывает существенного влияния на ползучесть материала.

Пример: На рисунке 7.3 показана изохронная кривая, построенная по измерениям ползучести геосинтетического материала (рисунок 7.2) при заданном времени t. Уровень максимально допустимой нагрузки ≈33 кН/м на геосинтетический материал определен по пересечению касательных к двум участкам кривой.

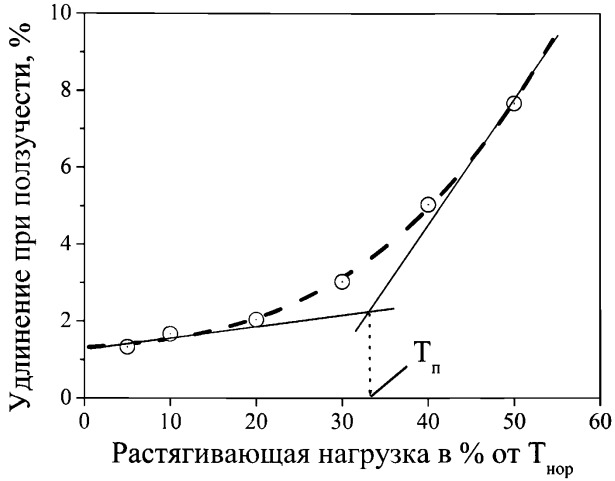


Рисунок 7.3 – Изохронная кривая «растягивающая нагрузка – относительное удлинение» при заданном времени t

7.2.5.5 При наличии обоснованных технических ограничений по величине суммарного удлинения геосинтетического материала предельный уровень нагрузки может быть определен из изохронной зависимости «относительное удлинение - нагрузка» при заданном времени t (рисунок 7.4) или по условию

$$\Delta\varepsilon = \frac{\varepsilon_t - \varepsilon_{нач}}{\varepsilon_{нач}} \cdot 100\% \le [\Delta\varepsilon], \qquad (7.2)$$

где $[\Delta\varepsilon]$ - технически обоснованный уровень максимального удлинения, %.

Пример: На рисунке 7.4 показана изохронная кривая, построенная по измерениям ползучести геосинтетического материала (рисунок 7.2) при заданной максимальной деформации ε=4%, уровень максимально допустимой нагрузки ≈35 кН/м.

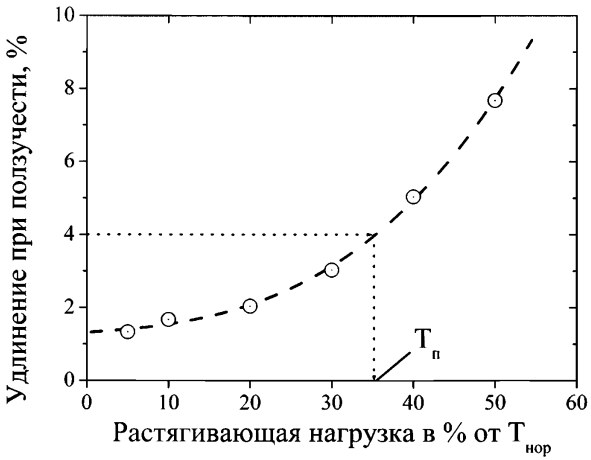


Рисунок 7.4 – Изохронная кривая «растягивающая нагрузка – относительное удлинение» при заданном времени t

7.3 Определение максимальной растягивающей нагрузки при ползучести в зависимости от предельно допустимой деформации и расчетного срока службы

7.3.1 В некоторых случаях при проектировании армогрунтовых конструкций по условиям эксплуатации необходимо ограничить максимальную суммарную деформацию ползучести или максимальную деформацию после строительства. Тогда, возникает необходимость определения максимально допустимой нагрузки на геосинтетический материал с помощью изохронных кривых.

7.3.2 По результатам проведенных измерений ползучести, соответствующей каждой нагрузке (T_1……T_5), определяются удлинения (a_{ij})

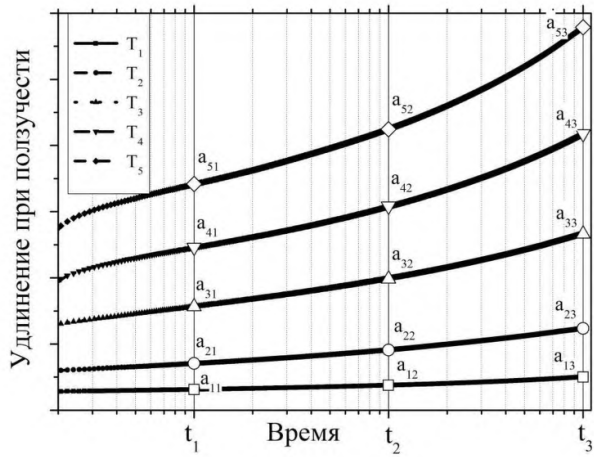
для различных длительностей измерений (t_1, t_2, t_3), как схематично показано на рисунке 7.5а.

7.3.3 Далее строится зависимость нагрузки или коэффициента использования прочности от деформации для различных длительностей измерений, включая расчетный срок службы материала. Для каждой длительности испытания строятся точки нагрузки от деформации – изохронные кривые (рисунок 7.5б). По горизонтальной оси откладывают относительное удлинение при ползучести, а по вертикальной оси растягивающую нагрузку.

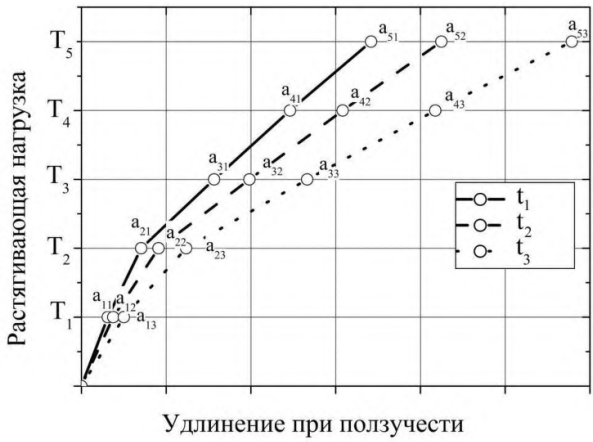
Пример: Изохронные кривые (рисунок 7.6), построенные для различных длительностей измерений от 0,1ч до 10^4ч и полученных экстраполяцией на один порядок изохрона для 10^5 ч (11.4 г). При максимальной суммарной деформации ползучести в 6% и расчетного срока службы 10^5 ч максимальная допускаемая растягивающая нагрузка составит ≈ 30% от нормативной прочности при растяжении.

7.3.4 В случае, если максимальная деформация допустима в течение проектного срока службы или в период между окончанием строительства (например, 100 ч) и расчетным сроком службы, значения соответствующих нагрузок можно определять из данных изохрон.

7.3.5 Если деформация ползучести измеряется от нуля, то следует обратить внимание, что деформация геосинтетических материалов измеряется от установленной предварительной нагрузки (1% от прочности при растяжении) и что некоторые тканые и нетканые материалы могут проявлять значительную необратимую деформацию ниже этого начального уровня.



а



б

Рисунок 7.5 – Ползучесть геосинтетического материала (а) и изохронные кривые ползучести (б)

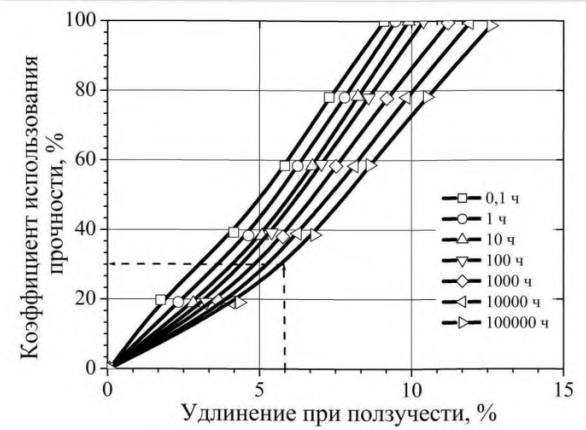


Рисунок 7.6 – Изохронные кривые ползучести

7.3.6 Коэффициент, учитывающий снижение прочности от ползучести материала ($к_2$), определяется по формуле

$$к_2 = \frac{T_0}{T_К}, \qquad (7.3)$$

где $T_К$ – прочность при растяжении образца материала, равная нагрузке, которая не оказывает существенного влияния на ползучесть материала, кН/м;

T_0 – прочность при растяжении исходного образца, кН/м.

7.3.7 Протокол испытания

Протокол испытания должен содержать:

– вид, наименование материала и данные поставщика;

– количество образцов, испытанных в каждом направлении;

– условия проведения испытаний;

– описание силонагружающего механизма;

– уровни статической нагрузки в кН/м и в процентах от фактической разрывной нагрузки, приложенной к образцу;

– графики измерения ползучести;

– дату проведения испытаний.

7.4 Метод температурно-временной аналогии

7.4.1 Метод температурно-временной аналогии может быть использован для анализа и прогнозирования кривых ползучести. Сущность метода заключается в измерении ползучести геосинтетического материала при одном уровне заданной растягивающей нагрузки, но при различных температурах для получения единой обобщенной кривой.

7.4.2 Средства измерения, вспомогательные устройства и материалы

7.4.2.1 Установка для испытания на ползучесть в соответствии с требованиями п. 7.3.2.1 ОДМ 218.5.006-2010 со следующими изменениями:

– дополнительно применяется камера искусственного климата, способная поддерживать постоянную температуру в заданном диапазоне с отклонением ±1 ^{0}C, при котором проводятся испытания, и устройства для измерения и контроля температуры.

7.4.2.2 Металлические измерительные линейки по ГОСТ 427.

7.4.3 Подготовка образцов

7.4.3.1 Подготовка образцов для проведения испытаний в соответствии с п.7.3.3 ОДМ 218.5.006-2010.

7.4.4 Порядок проведения испытаний и обработка результатов

7.4.4.1 Проводятся серии отдельных испытаний при одном уровне растягивающей нагрузки и при различных температурах с интервалом, не превышающем 10 ^{0}C.

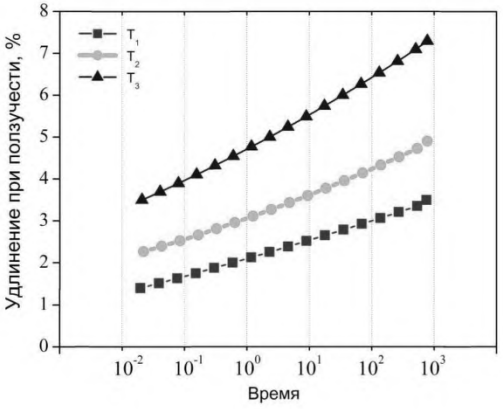
7.4.4.2 Кривые ползучести для разных температур строятся на одном графике в полулогарифмической шкале.

7.4.4.3 Кривая ползучести, полученная при самой низкой температуре T_1 эксперимента, берется в качестве исходной.

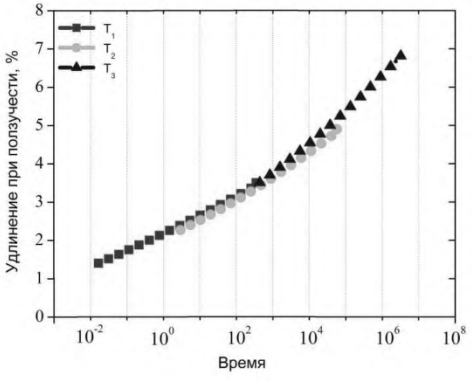
7.4.4.4 Кривые ползучести, полученные при более высоких температурах, сдвигаются вдоль оси времени, пока они не совпадут, частично перекрывая друг друга.

7.4.4.5 Полученная обобщенная кривая является прогнозируемой долгосрочной кривой ползучести при нормальной температуре.

Пример: Кривые ползучести (рисунок 7.7а) получены при одной растягивающей нагрузке при трех разных температурах. Кривые ползучести, полученные при более высоких температурах, смещаются вдоль оси времени для получения единой обобщенной кривой (рисунок 7.7б), в результате чего временной интервал ползучести увеличился от 10^3 ч до 10^6 ч (11.4 г).



а



б

Рисунок 7.7 – Метод температурно-временной аналогии

7.4.4.6 Коэффициент смещения, т.е. величина (в единицах, эквивалентных log t), на которую каждая кривая смещена, должен быть построен на графике с температурой и образовывать прямую линию, проходящую через 0 при исходной температуре.

7.4.4.7 Если требуется более точное измерение начальной деформации, то рекомендуется производить измерение при каждом уровне нагрузки до пяти раз. Некоторые из них могут быть краткосрочными, например, 1000 с.

7.4.4.8 Если самая низкая температура испытания лежит ниже расчетной температуры, то коэффициент смещения, соответствующий расчетной температуре, должен быть получен из графика зависимости коэффициента смещения от температуры. Шкала времени обобщенной кривой должна быть скорректирована при помощи этого коэффициента.

7.4.5 Протокол испытания

Протокол испытания должен содержать:

– вид, наименование материала и данные поставщика;

– количество образцов, испытанных в каждом направлении;

– условия проведения испытаний;

– описание силонагружающего механизма;

– уровни задаваемой температуры, при которых проводились испытания;

– уровни статической нагрузки в кН/м и в процентах от фактической разрывной нагрузки, приложенной к образцу;

– графики измерения ползучести;

– дату проведения испытаний.

7.5 Метод ступенчатых изотерм

7.5.1 Метод ступенчатых изотерм может быть использован для анализа и прогнозирования кривых ползучести. Сущность метода заключается в том, что при испытании одиночного образца геосинтетического материала температура увеличивается для ускорения ползучести материала. После чего

секции кривой ползучести, измеренной при каждом уровне температуры, объединяют для получения единой обобщенной кривой, по которой можно прогнозировать долгосрочную деформацию ползучести и срок службы материала до разрушения. Методика испытаний применима к широкому кругу полимерных геосинтетических материалов. Использование метода ступенчатых изотерм уменьшает время, требуемое для проявления ползучести и получения соответствующих данных.

7.5.2 Средства измерения, вспомогательные устройства и материалы

7.5.2.1 Установка для испытания на ползучесть в соответствии с требованиями п. 7.3.2.1 ОДМ 218.5.006-2010 со следующими изменениями:

– дополнительно применяется камера искусственного климата, способная поддерживать постоянную температуру в заданном диапазоне с отклонением ±1 ^{0}C, при котором проводятся испытания, и устройства для измерения и контроля температуры.

7.5.2.2 Металлические измерительные линейки по ГОСТ 427.

7.5.3 Подготовка образцов

7.5.3.1 Подготовка образцов для проведения испытаний в соответствии с п.7.3.3 ОДМ 218.5.006-2010.

7.5.4 Порядок проведения испытаний

7.5.4.1 Образец закрепляется в зажимах внутри камеры искусственного климата.

7.5.4.2 Устанавливается необходимая нагрузка, рассчитанная в процентах от прочности при растяжении.

7.5.4.3 Образец выдерживается при начальной установленной температуре в течение установленного периода времени t=180 мин. При наличии технически обоснованного решения допускается другое время выдерживания образца.

7.5.4.4 Затем температура увеличивается на одну ступень и образец выдерживается при второй температуре в течение установленного периода

времени t. Рекомендуемый шаг температуры: 7–10^{0}С для полиэтилена и полипропилена; 14 ^{0}С для полиэфира.

7.5.4.5 Далее описанные ступени измерений повторяются определенное количество раз, которое зависит от величины необходимого прогнозирования ползучести материала для определения расчетного срока службы. Рекомендуемая максимальная температура испытаний: 60 ^{0}С для полиэтилена; 70 ^{0}С для полипропилена; 90 ^{0}С для полиэфира.

7.5.5 Обработка результатов измерений

7.5.5.1 Кривые ползучести для разных температур строятся на одном графике в полулогарифмической системе координат (рисунок 7.8а). По горизонтальной оси откладывают время в логарифмической системе координат, а по вертикальной оси относительное удлинение образцов или модуль ползучести при различных температурах.

7.5.5.2 Модуль ползучести при растяжении рассчитывается по формуле

$$E(t) = \frac{T}{\varepsilon(t)}, \qquad (7.4)$$

где $E_r(t)$ - модуль ползучести при растяжении, кН/м;

T - нагрузка на единицу ширины, кН/м;

$\varepsilon(t)$ - относительное удлинение (безразмерное), наблюдаемое в момент времени t.

Модули ползучести для разных температур строятся на одном графике в полулогарифмической шкале (рисунок 7.8б).

7.5.5.3 Кривые модуля ползучести, полученные при разных температурах, смещаются вдоль оси времени, пока они не совпадут, частично перекрывая друг друга (рисунок 7.8в).

7.5.5.4 Обобщенная кривая модуля ползучести обратно перестраивается в кривую ползучести.

7.5.5.5 Полученная обобщенная кривая является прогнозируемой долгосрочной кривой ползучести для нормальной температуры (рисунок

7.3г). Данная кривая затем используется для прогнозирования длительной деформации ползучести.

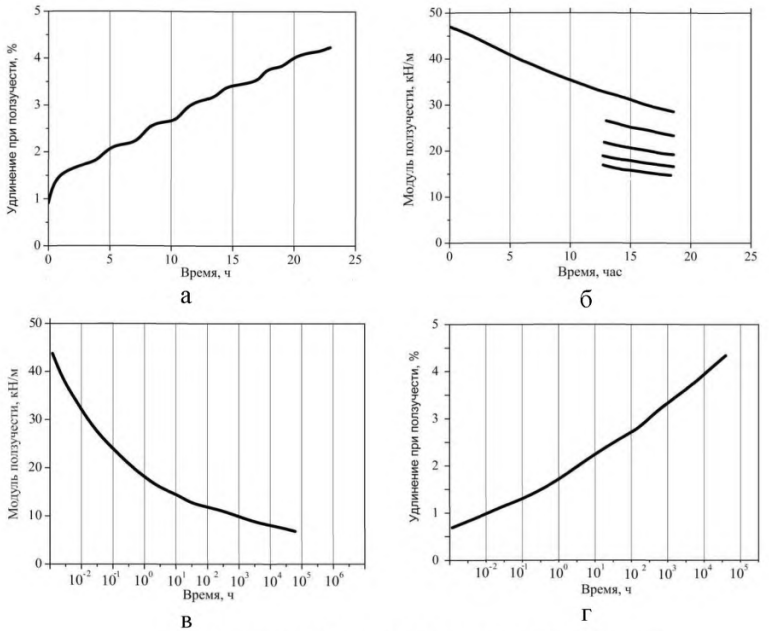


Рисунок 7.8 – Метод ступенчатых изотерм

7.5.6 Протокол испытания

Протокол испытания должен содержать:

– вид, наименование материала и данные поставщика;

– количество образцов, испытанных в каждом направлении;

– условия проведения испытаний;

– описание силонагружающего механизма;

– уровни задаваемой температуры, при которых проводились испытания;

– уровни статической нагрузки в кН/м и в процентах от фактической разрывной нагрузки, приложенной к образцу;

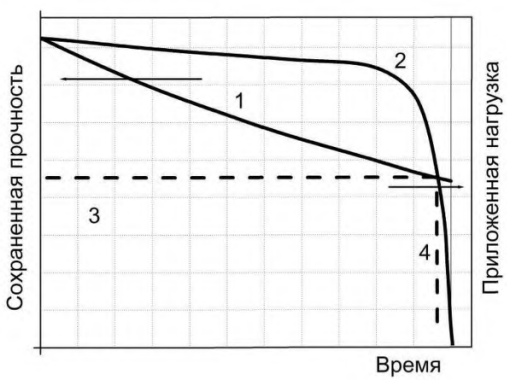
– графики измерения ползучести;

– дату проведения испытаний.

7.6 Длительная прочность

7.6.1 Длительная прочность представляет собой сопротивление геосинтетического материала разрушению (разрыву при растяжении) при длительных воздействиях нагрузок и ползучести в процессе службы дорожной конструкции. При этом величина длительной прочности, изначально равная кратковременной прочности материала, постепенно уменьшается по мере увеличения времени до разрушения T_p или же времени до достижения заданной относительной деформации.

7.6.2 Кривая длительной прочности, показывающая зависимость величины приложенной нагрузки от времени до разрушения, не является универсальной для всех геосинтетических материалов. Прочность многих геосинтетических материалов под действием постоянной нагрузки может незначительно уменьшаться до конца своего прогнозируемого срока службы. Когда прочность становится равной приложенной нагрузке, то происходит разрушение материала (рисунок 7.9).



1 – разрушение при ползучести; 2 – сохраненная прочность; 3 – приложенная нагрузка; 4 – срок службы

Рисунок 7.9 – Разрушение при ползучести и сохраненная прочность

7.6.3 Кривая длительной прочности показывает прогнозируемый срок службы материала, соответствующий конкретной приложенной нагрузке. В течение этого срока службы прочность геосинтетического материала соответствует кривой сохраненной прочности, становясь равной приложенной нагрузке в момент разрыва.

7.6.4 Методика экстраполяции длительной прочности

7.6.4.1 Методика устанавливает способ экстраполяции измерений длительной прочности геосинтетических материалов при одноосном растяжении. Методика применима к широкому кругу геосинтетических материалов, используемых в дорожном строительстве.

Данная методика регламентирует порядок экстраполяции кривых длительной прочности, что может быть использовано для определения расчетного срока службы геосинтетического материала.

7.6.4.2 Средства измерения, вспомогательные устройства и материалы

7.6.4.3 Установка для испытания на ползучесть в соответствии с требованиями п. 7.3.2.1 ОДМ 218.5.006-2010.

7.6.4.4 Металлические измерительные линейки по ГОСТ 427.

7.6.5 Подготовка образцов

7.6.5.1 Подготовка образцов для проведения испытаний в соответствии с п.7.3.3 ОДМ 218.5.006-2010.

7.6.5.2 Порядок проведения испытаний

7.6.5.3 Образцы геосинтетического материала испытываются на разрыв при ползучести при разных уровнях задаваемой нагрузки в соответствии с «Методикой испытания геосинтетических материалов на ползучесть при растяжении и разрыве при ползучести» (п. 7.3.4 ОДМ 218.5.006-2010). Образцы должны быть испытаны в том направлении, в котором будет прикладываться нагрузка при их использовании. Нагрузки, применяемые в процессе испытаний на разрыв при ползучести, должны быть выражены в процентах от прочности при растяжении % $T_{нор}$.

7.6.5.4 Прочность при растяжении материала в том же направлении должна быть определена в соответствии с ГОСТ Р 55030 с использованием зажимов, подобных тем, которые используются для испытания на длительную прочность.

7.6.5.5 Для предельного состояния конструкции зависимость разрыва при ползучести от времени до разрушения должна быть определена не менее чем по результатам 12 испытаний. По крайней мере, четыре результата испытаний должны иметь разрыв при ползучести при времени до разрушения от 100 ч до 1000 ч, четыре результата испытаний должны иметь разрыв при времени до разрушения от 1000 ч до 10000 ч, и, по крайней мере, один дополнительный результат измерений должен иметь время до разрушения (разрыва) около 10000 ч (1,14 лет) или более.

7.6.6 Обработка результатов измерений

7.6.6.1 Данные измерений должны быть построены на графике: по оси ординат откладывается нагрузка на единицу ширины T (выраженная в процентах от $T_{нор}$), по оси абсцисс время до разрушения log t_R. Это дает возможность получить линейный участок на диаграмме в полулогарифмической системе координат (рисунок 7.10).

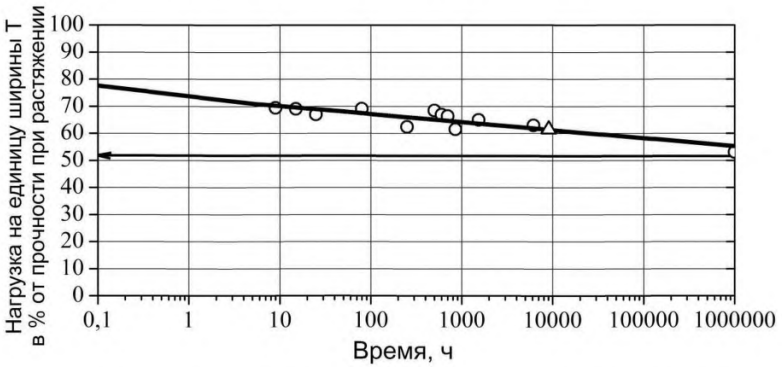


Рисунок 7.10 – Кривая длительной прочности при ползучести с линейной аппроксимацией

7.6.6.2 Если построенная зависимость не является линейной, то необходимо построение в полном логарифмическом масштабе.

7.6.6.3 Линейная аппроксимация производится с помощью статистического регрессионного анализа. Уравнение прямой линии (линия регрессии) определяется по формуле

$$x = \bar{x} + m(y - \bar{y}), \qquad (7.5)$$

где x – логарифм времени разрушения $\log t_R$;

y – нагрузка на единицу ширины T;

n – общее число точек разрыва при ползучести;

(x_i, y_i) – координаты i-ой точки.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \text{ и } \bar{y} = \frac{\sum y_i}{n},$$

$$m = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (y_i - \bar{y})^2}.$$

7.6.6.4 Для полулогарифмической шкалы градиент равен 1/m и выражается в процентах прочности на растяжение за десятилетие времени.

Пересечения y_0 с x = 0 (т.е. при $\log t$ = 0, t = 1 ч) определяются по формуле:

$$y_0 = \bar{y} - \bar{x}/m \qquad (7.6)$$

7.6.6.5 Общепринятая практика для испытаний с неполными данными измерений заключается в следующем:

Регрессионный анализ сначала должен быть выполнен с исключенными неполными испытаниями. Время до разрушения для неполного испытания должно быть определено для соответствующего значения $T_н$. Если прогнозируемое время до разрушения меньше, чем продолжительность неполного испытания, то данные могут быть добавлены и регрессионный анализ должен быть выполнен вновь. Если прогнозируемое время до разрушения больше, чем продолжительность неполного испытания, то точки должны быть исключены. На рисунке 7.9 неполное испытание

показано пустым треугольником. Записывается продолжительность самого длинного испытания, которое закончилось разрывом, или продолжительность самого длинного неполного испытания, длительность которого была включена в регрессионный расчет: этот срок обозначается как t_{max}.

7.6.6.6 Прямая линия экстраполируется по log t. Определяется соответствующая величина нагрузки на единицу ширины $\%T_{нор}$ при расчетном сроке службы.

7.6.7 Коэффициент, учитывающий снижение прочности от разрыва при ползучести ($к_2$), определяется по формуле

$$к_2 = \frac{100}{T_н} \qquad (7.7)$$

Коэффициент учета $к_2$ должен быть больше единицы.

7.6.8 Протокол испытания

Протокол испытаний должен содержать следующую информацию:

– наименование материала и все данные, относящиеся к нему;

– количество образцов, испытанных в каждом направлении;

– условия проведения испытаний;

– описание силонагружающего механизма;

– нагрузка на ширину образца $T_н$, как процент от прочности при растяжении $T_{нор}$;

– время до разрыва, $t_р$ в часах;

– log *t* до разрыва;

– расчетный срок службы;

– результаты должны быть представлены в виде графиков приложенной нагрузки (или функции приложенной нагрузки) в зависимости от времени до разрыва;

– уравнение линии регрессии;

– коэффициент учета $к_2$;

– осмотр разрушения, включая деформацию при разрушении или деформацию в точке, где скорость ползучести начинает резко увеличиваться (ускоренная ползучесть) и где виден характер разрушения поверхности, например, пластичный, полухрупкий или хрупкий и гладкий;

– характер разрушения должен быть проанализирован и отмечен в протоколе испытаний;

– дату проведения испытаний.

7.7 Сохраненная прочность

Разрыв при ползучести, относящийся к режиму 3 ухудшения свойств (п. 5.7), приводит к незначительному снижению прочности до расчетного срока службы (рисунок 7.9). Если приложенная нагрузка по прогнозам будет ниже, чем $T_{нор}/к_2$, то она может быть более подходящей для расчета времени до разрушения, соответствующему приложенной нагрузке. На основе текущих измерений можно затем считать, что прочность остается близкой к $T_{нор}$ в течение расчетного срока службы.

7.8 Порядок действий при отсутствии достаточных данных

7.8.1 Данные по длительной прочности, полученные из испытаний, проведенных на старых сериях материалов, могут быть применены к новым сериям аналогичных материалов, если выполняется одно из следующих условий:

– сырье и структура предлагаемого продукта являются аналогичными испытанному материалу. Должны быть предоставлены данные, которые показывают, что незначительные различия между испытанными и неиспытанными материалами приведут к одинаковому или лучшему сопротивлению ползучести для неиспытанных материалов;

– результаты ограниченной программы испытаний на предлагаемом материале существенно не отличаются от прогнозируемых результатов, исходя из данных об испытуемом материале. Для оценки ползучести данная ограниченная программа испытаний должна включать в себя принятые

испытания на ползучесть, по крайней мере, от 1000 ч до 2000 ч по длительности;

– если метод ступенчатых изотерм принимается на ранее испытанных материалах, то данный метод может быть использован исключительно для предлагаемого материала. В этом случае метод должен быть сосредоточен на временном интервале от 100000 ч до 10000000 ч для максимальной статистической эффективности. Трех испытаний по методу ступенчатых изотерм достаточно для каждого предлагаемого материала.

7.8.2 Сопоставимость результатов можно оценить по следующим параметрам:

– идентичность структуры полимера, молекулярная масса, количество сшитых карбоксильных концевых групп, степень кристалличности и вытяжки;

– прочность при растяжении на определенные элементы структуры, такие как одиночные ребра, нити, ровинги. Испытания, проведенные на одиночном ребре, нити, ровинге должны демонстрировать репрезентативность материала в целом;

– используемые добавки в полимеры (например, тип и количество антиоксидантов или других используемых добавок);

– структура текстильного материала (переплетение, вид нетканого материала, решетка), нити и диаметр волокна.

7.8.3 Прилагаемые данные должны показывать, что характеристика нового или аналогичного материала схожа или лучше, чем характеристика ранее испытанного материала. В этом случае результаты полной программы испытаний на старом или подобном материале могут быть использованы для нового/аналогичного материала. Если эти условия не выполняются, то должна проводиться полная проверка и осуществляться программа оценки для материала новой серии.

7.8.4 Одиночные ребра для георешеток или нити для геотекстиля тканого могут быть использованы в испытаниях на ползучесть при условии,

что это может быть показано, например, программой, подобной испытанию на ползучесть, так что поведение разрыва для одиночного ребра или нити такие же, что и для всего продукта.

7.8.5 Если применяются процедуры, описанные в данном пункте, то это должно быть отмечено в отчете о соответствующих коэффициентах учета.

7.9 Влияние атмосферных, химических и биологических воздействий на ползучесть

7.9.1 Геосинтетические материалы характеризуются температурно-временными зависимостями при эксплуатации в различных условиях окружающей среды.

7.9.2 Деформация ползучести, как правило, не зависит от влияния атмосферных, химических и биологических воздействий.

7.9.3 Повреждения при укладке в целом не влияют на деформацию при ползучести, если они не являются серьезными или если приложенный уровень нагрузки лежит очень близко к пределу ползучести неповрежденного материала. В большинстве случаев приложенный уровень нагрузки лежит значительно ниже предела ползучести.

7.9.4 Загрязненный грунт может содержать химические вещества, такие как органические виды топлива и растворители, которые могут повлиять на ползучесть геосинтетических материалов. При необходимости выполняются краткосрочные испытания на ползучесть на образце геосинтетического материала, погруженного в схожую химическую среду или только что извлеченного из нее. Если деформация ползучести существенно отличается, то не следует использовать геосинтетический материал в данных условиях.

8 Прочность швов и соединений

8.1 Основные положения

8.1.1 При использовании геосинтетических материалов могут возникнуть случаи, когда необходимо соединять разные части полотен при помощи стачивания их краев или каким-либо термическим способом.

Важной характеристикой в данном случае будет прочность этого соединения. В таком случае испытания проводятся на следующие показатели:

- прочность шва при растяжении, кН/м;
- эффективность прочности соединения, %;
- стойкость швов к воздействию воды или агрессивных сред, %.

8.1.2 Определение прочности швов геосинтетических материалов производится в соответствии с методикой определения прочности ниточных и сварных швов геосинтетических материалов при растяжении ОДМ 218.5.006-2010. Применение данной методики необходимо, если разрушение шва может привести к разрушению всей конструкции.

8.2 Расчет коэффициента учета

Коэффициент $к_3$, учитывающий влияние прочности соединения, определяется как отношение средней прочности исходного материала к средней прочности шва или соединения по формуле

$$к_3 = \frac{T_0}{T_к}, \qquad (8.1)$$

где $T_к$ – прочность при растяжении шва или соединения, кН/м;

T_0 – прочность при растяжении исходного образца, кН/м.

8.3 Соотношение прочности исходного геосинтетического материала и прочности соединенных частей или элементов структуры должно находиться в заштрихованной области, как показано на диаграмме (рисунок 8.1).

8.4 При отсутствии швов и соединений значение коэффициента учета $к_3$ принимается равным 1.



Рисунок 8.1 – Зависимость между прочностью геосинтетического материала и прочностью шва или соединения

9 Влияние атмосферных воздействий на долговечность

9.1 При использовании в большинстве функций геосинтетические материалы подвергаются воздействию ультрафиолетового излучения только ограниченное время в течение хранения, транспортировки и установки. После процесса установки они надежно защищены слоем грунта. Необходимость кратковременного или долговременного сопротивления атмосферным воздействиям геосинтетических материалов зависит от их функции применения.

Атмосферные воздействия рассматриваются как стойкость геосинтетических материалов исключительно к воздействию ультрафиолетового излучения, либо отдельно, либо совместно с действием температуры и воды.

9.2 Старение геосинтетических материалов на поверхности грунта главным образом вызвано ультрафиолетовым компонентом солнечного излучения, температурой и кислородом с учетом других климатических

факторов, таких как влажность, дождь, оксиды азота и серы, озон и осадки от загрязненного воздуха.

9.2.1 Воздействие ультрафиолетового излучения может понизить химическую стойкость геосинтетических материалов. Энергии ультрафиолетового излучения достаточно для начала разрушений химических связей в полимере, впоследствии приводящих к рекомбинации, например, с кислородом в воздухе или вызывающих более сложные цепные реакции.

9.2.2 Температура на поверхности и осадки влияют на устойчивость к ультрафиолетовому излучению. Все типы полимеров подвержены старению при воздействии ультрафиолетового излучения. Для повышения стойкости геосинтетических материалов применяются стабилизирующие добавки.

9.3 Рекомендации по оценки атмосферных воздействий связаны с продолжительностью их воздействия во время хранения и монтажа.

9.3.1 Если геосинтетический материал подвергается воздействию ультрафиолетового излучения менее 12 ч, то ухудшение свойств от воздействия не учитывается. При более длительном времени воздействия должна быть произведена оценка геосинтетического материала на стойкость к атмосферным воздействиям.

9.3.2 Оценка устойчивости геосинтетических материалов к действию ультрафиолетового излучения производится в соответствии с ГОСТ Р 55031. Энергетическая экспозиция (ультрафиолетовое излучение) составляет 50 МДж/м^2 и соответствует приблизительно воздействию в течение одного летнего месяца.

9.3.3 При необходимости в качестве дополнительной меры или альтернативы для оценки атмосферных воздействий могут быть проведены натурные испытания геосинтетических материалов по методике оценки устойчивости геосинтетических материалов к атмосферным воздействиям (п. 9.4).

9.4 Методика оценки устойчивости к атмосферным воздействиям

9.4.1 Методика устанавливает порядок определения устойчивости геосинтетических материалов к атмосферным воздействиям. Сущность методики состоит в проведении натурных испытаний геосинтетических материалов на открытом воздухе. Основное отличие данной методики от лабораторных испытаний состоит в моделировании реальных условий эксплуатации геосинтетических материалов под действием различных атмосферных воздействий (дождь, ультрафиолетовое излучение). Методика применима к широкому кругу геосинтетических материалов: геотекстильных, геопластмассовых и геокомпозитов, используемых в дорожном строительстве.

9.4.2 Средства измерения, вспомогательные устройства и материалы

9.4.2.1 Деревянная рама, обеспечивающая надежное крепление образцов в течение всего периода испытания.

9.4.2.2 Металлические измерительные линейки по ГОСТ 427.

9.4.2.3 Металлические скобы для фиксации образцов.

9.4.3 Подготовка образцов

9.4.3.1 Для проведения испытаний отбирают серии образцов геосинтетических материалов из одного рулона, минимальной площадью 5 $м^2$. После этого образец должен быть разрезан на 2 части. Первая часть минимальной площадью 2,5 $м^2$ испытывается для оценки влияния атмосферных воздействий, а вторая минимальной площадью 2,5 $м^2$ для сравнительных испытаний.

9.4.3.2 Испытуемый образец должен быть вырезан в форме полосы шириной 25 см и длиной 100 см.

9.4.3.3 Исходный образец шириной 200 мм оставляется для сопоставительных испытаний в соответствии с ГОСТ Р 55030.

9.4.4 Проведение испытаний

9.4.4.1 Образцы геосинтетического материала крепят к деревянной раме, наклоненной под углом 45^0 к горизонтальной поверхности и ориентированной на юг.

9.4.4.2 Время воздействия составляет 1, 3 и 12 месяцев. Также допускаются и другие времена воздействия.

9.4.4.3 Образцы должны подвергаться экспозиции в таком режиме, чтобы гарантировать максимальную интенсивность ультрафиолетового воздействия в течение года. Целесообразно проводить испытания в соответствующей дорожно-климатической зоне, где они будут применяться.

9.4.4.4 По истечении каждого срока воздействия снимается серия образцов для проведения сравнительных испытаний.

9.4.5 Обработка результатов измерений

9.4.5.1 После проведенных натурных испытаний образцы испытывают на растяжение до разрыва в соответствии с ГОСТ 55030 для сравнительного анализа с исходными образцами.

9.4.5.2 Сохранение прочности образцов определяется как отношение средней прочности испытанного образца после воздействия к средней прочности исходного образца по формуле

$$C_W = \frac{T_к}{T_0}, \qquad (9.1)$$

где $T_к$ – прочность при растяжении образца после воздействия, кН/м;

T_0 – прочность при растяжении исходного образца, кН/м.

9.4.6 Протокол испытания

Протокол испытания должен содержать:

- наименование материала и все данные, относящиеся к нему;
- количество испытанных образцов;
- прочность при растяжении образцов до и после испытаний, кН/м;
- коэффициент вариации;
- условия проведения испытаний;
- дату проведения испытаний.

Результаты также могут быть представлены в виде графика.

9.5 Коэффициент $к_4$, учитывающий влияние светопогоды, определяется как отношение средней прочности не подвергнутого воздействию материала к средней прочности подвергнутого воздействию материала по формуле

$$к_4 = \frac{T_0}{T_к}, \qquad (9.2)$$

где $T_к$ – прочность при растяжении образца после воздействия, кН/м;

T_0 – прочность при растяжении исходного образца, кН/м.

9.6 Рекомендации по срокам установки геосинтетических материалов с учетом проведенных испытаний на устойчивость к атмосферным воздействиям

9.6.1 Если потеря прочности при растяжении (п. 9.3.2) не превышает 5% или не является статистически значимой величиной, то коэффициент учета не применяется. Однако материал должен быть установлен и покрыт в течение одного месяца.

9.6.2 Геосинтетические материалы, применяемые для армирования дорожных одежд, имеющие большую потерю прочности при ускоренных или натурных испытаниях, не должны подвергаться атмосферным воздействиям на месте установки дольше, чем указано в таблице 9.1. Расчетная прочность при растяжении должна быть уменьшена на соответствующий коэффициент $к_4$.

9.6.3 Для ассортимента продукции, идентичной по сырьевому составу и другим характеристикам используемой, достаточно подвергнуть испытанию только материал с самой низкой поверхностной плотностью. Данные результаты могут быть применены для других изделий в серии продукции, если они не были испытаны по отдельности.

9.6.4 В случае, если геосинтетический материал должен подвергаться атмосферным воздействиям дольше, чем один месяц, то он должен быть проверен в соответствии с ГОСТ Р 55031 с увеличенной дозой ультрафиолетового излучения, чтобы экстраполяция воздействия была такой,

как ожидается при эксплуатации, либо в соответствии с методикой (п. 9.4) при необходимой продолжительности.

Таблица 9.1 – Требования к продолжительности укладки геосинтетических материалов

Сохраненная прочность после испытания на стойкость к светопогоде	Максимальное время воздействия света на непокрытый материал во время укладки	Понижающий коэффициент
более 80%	1 месяц [a]	Отношение прочности при растяжении материала до и после воздействия
60-80 %	2 недели	1,25
менее 60 %	1 день	1,00
Неиспытанный материал	1 день	1,00

[a] воздействие на срок до четырех месяцев может быть приемлемо в зависимости от времени года и местоположения

10 Воздействие агрессивных сред на долговечность

10.1 Основные положения

10.1.1 Для оценки влияния агрессивных сред на долговечность геосинтетических материалов необходимо проанализировать химический состав грунта, который зависит от нижележащих пород и местного климата, включая среднюю годовую температуру и дренажные условия. Верхний слой является смесью погодных осаждений и гумуса, производимого разлагающимися органическими материалами. Условия распада могут быть аэробными с присутствием кислорода или анаэробными.

10.1.2 Температура грунта равна среднегодовой атмосферной температуре на поверхности. Дневные и сезонные изменения имеют место с уменьшением интенсивности при увеличении расстояния от поверхности. Изменения температуры и солнечного излучения в течение дня могут иметь место на глубине до 0,5 м. Более высокие температуры непропорционально увеличивают скорость старения и ползучесть полимерных материалов. В

этом случае необходимо учесть их влияние на поведение геосинтетических материалов при укладке ближе к поверхности.

10.1.3 Химическое воздействие может быть существенным, если происходит воздействие на исходный полимерный материал, что приводит к потере механических свойств. Это главным образом происходит вследствие окисления или гидролиза в зависимости от типа полимера, а также кислотности или щелочности грунта. Кислотность и щелочность выражаются pH фактором, шкала с нейтральным грунтом имеет pH фактор 7, меньшие значения указывают на кислотность, большие значения указывают на щелочность.

10.1.4 Верхний слой грунта, как правило, имеет pH фактор 5,5 – 7, но торф или грунт, подверженные влиянию кислотных дождей, может иметь pH фактор 4. Углекислый газ в атмосфере главным образом приводит к увеличению кислотности почвы. Известняковые почвы могут иметь pH фактор 8 – 8,5. Геологические отложения имеют широкий диапазон pH фактора от 2 до 10 (таблица 10.1).

Таблица 10.1 – Некоторые типичные минералы, засыпочные материалы и их pH фактор

	Химическая формула	Максимальный pH фактор
Полевой шпат		
Альбит	$NaAlSi_3O_8$	9 – 10
Анортит	$CaAl_2Si_2O_8$	8
Ортоклаз	$KAlSi_3O_8$	8 – 9
Песок		
Кварцевый	SiO_2	7
Мусковит	$KAl_2(OH,F)_2AlSi_3O_{10}$	7 – 8
Глина		
Каолинит	$Al_4(OH)_8AlSi_4O_{10}$	5 – 7
Карбонат		
Доломит	$CaMg(CO_3)_2$	9 – 10
Кальцит	$CaCO_3$	8 – 9

10.1.5 Использование бентонитов и других глин может привести к отдельным областям с высокой щелочностью со значениями pH фактора от 8,5 до 10. Некоторые геокомпозиты содержат бентонит в сухой форме, который, соединяясь с подпочвенными водами, образует гель.

10.1.6 Полиэфирные и полиамидные волокна подвержены гидролизу, который проявляется в полиэфирных волокнах в двух формах. Первая форма – щелочной или наружный гидролиз имеет место в щелочных почвах с pH фактором выше 10, особенно в присутствии кальция, и проявляется как поверхностное воздействие. Меры предосторожности должны быть предприняты при использовании полиэфирных волокон в течение срока службы в среде с pH фактором выше 9. Вторая форма, внутренний гидролиз, имеет место в поперечных сечениях волокон в водных растворах или влажных почвах при любых значениях pH фактора. Скорость гидролиза является достаточно низкой, так что процесс имеет незначительное влияние при средней температуре грунта в 15^0C или ниже в нейтральных грунтах, хотя он может ускоряться в кислотной среде. Скорость внутреннего гидролиза в частично водонасыщенных грунтах зависит от относительной влажности на месте. Полиэфирные и полиамидные волокна также подвержены окислению.

10.2 Данные о стойкости геосинтетических материалов к действию агрессивных сред дают возможность определить долговечность материала в случае контакта с данной средой. Определение стойкости образцов геосинтетических материалов к агрессивным средам производится в соответствии с ГОСТ Р 55035. При оценке влияния продолжительных воздействий испытания должны проводиться в соответствии с методикой ускоренных испытаний (п. 10.3), в которой температура повышается для увеличения скорости химической реакции. Стойкость к воздействию агрессивных сред определяют по изменению механических характеристик (сохранение прочности, %).

10.3 Методика ускоренных испытаний на стойкость к агрессивным средам

10.3.1 Методика устанавливает способ определения стойкости материалов к действию физически и химически активных агрессивных сред. Сущность методики заключается в определении изменения механических характеристик материалов в результате воздействия на них агрессивных сред: растворов кислот и щелочей.

10.3.2 Средства измерения, вспомогательные устройства и материалы

10.3.2.1 В соответствии с п.8.3.2 ОДМ 218.5.006-2010.

10.3.3 Подготовка образцов

10.3.3.1 Подготовка образцов для проведения испытаний в соответствие с п.8.3.3 ОДМ 218.5.006-2010. Образцы в форме широкой полосы являются предпочтительными для данных испытаний. При необходимости испытания могут быть проведены на отдельных элементах структуры: нитях, ребрах, ровингах.

10.3.4 Порядок проведения испытаний

10.3.4.1 Определяется программа испытаний. Для этого выбирается определенный параметр, например, сохраненная прочность при растяжении в 90%, 80%, 70%, 60% или 50%.

10.3.4.2 Выбирается соответствующая окружающая среда: дистиллированная вода по ГОСТ 6709, воздух или специальная химическая среда. Если геосинтетический материал устанавливается в грунт с pH <4 или >9, или в грунт с примесями, например, промышленными отходами, то испытания должны выполняться в жидкости с соответствующим химическим составом и экстраполироваться для соответствующей температуры грунта, химического состава и срока службы.

10.3.4.3 Выбирается диапазон, по крайней мере, из трех-четырех температур, расположенных обычно с интервалом в 10 ^{0}C. Самая низкая температура испытания должна быть не более чем на 25 ^{0}C выше температуры эксплуатации, с учетом того, что продолжительность

испытания при этой температуре должна лежать в пределах времени программы испытаний.

10.3.4.4 Необходимо принять во внимание, если имеет место переход в физическом состояние полимера или механизме старения при температуре, менее чем 10 ^{0}С выше самой высокой температуры испытания, или между самой низкой температурой испытания и рабочей температурой. Стеклование происходит в диапазоне от 50 до 80 ^{0}С у полиэфирных волокон и плавление в полиэтилене высокой плотности происходит в диапазоне температур, с максимумом при 128 ^{0}С. Вытянутые полиэтиленовые волокна имеют тенденцию терять ориентацию при температуре около 70 ^{0}С. Если переход присутствует, то должно быть доказано, что это не приводит к значительным изменениям в скорости старения, например, должно быть подтверждено, что график уравнения Аррениуса представляет собой прямую линию.

10.3.4.5 Определяется снижение прочности с течением времени в каждом диапазоне температур. Дополнительные образцы могут понадобиться в случае, если снижение прочности идет с меньшей скоростью, чем предполагалось.

10.3.5 Обработка результатов измерений

10.3.5.1 Строится зависимость между сохраненной прочностью и временем при разных температурах. По данной зависимости путем интерполяции определяется время до достижения необходимой прочности при растяжении. Характер полученных зависимостей может быть нелинейным.

Пример: На рисунке 10.1 показаны построенные зависимости снижения прочности для четырех температур. Черными точками и пунктирными линиями обозначено снижение прочности до 90 % от исходной и соответствующее время, прошедшее до этого.

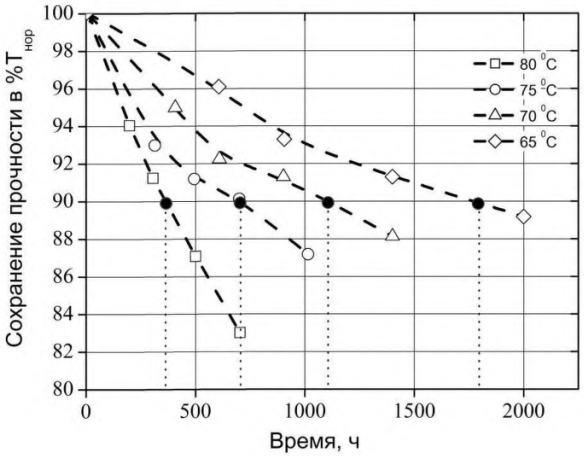


Рисунок 10.1 – Снижение прочности при заданных температурах

10.3.5.2 Проводится анализ каждого исследуемого образца на любые изменения в характере старения или разрушения.

10.3.5.3 Если процесс старения состоит из двух или более отдельных этапов, то отдельные экстраполяции должны быть сделаны для каждого этапа.

10.3.5.4 Строится зависимость времени до достижения сохраненной прочности и обратной величины абсолютной температуры θ_k в градусах Кельвина (рисунок 10.2). Если данная зависимость является линейной, то может быть применимо уравнение Аррениуса. В противном случае уравнение Аррениуса не применяется, и экстраполяция является недействительной.

10.3.5.5 Вычисляется уравнение прямой линии при $y = \log t_{90}$ и $x = 1/\theta_j$

$$y = \overline{y} + b_a(x - \overline{x}), \qquad (10.1)$$

где $b_a = S_{xy}/S_{xx}$;

$S_{xx} = \sum (x - \overline{x})^2$;

$S_{yy} = \sum (y - \overline{y})^2$;

$$S_{xy} = \sum (x - \overline{x})(y - \overline{y}).$$

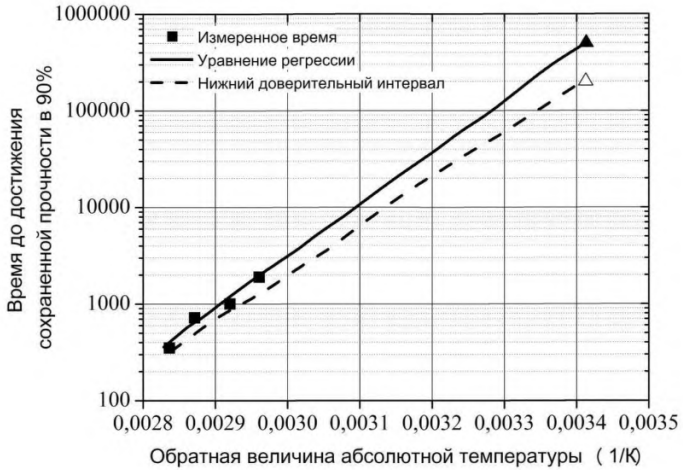


Рисунок 10.2 – Диаграмма Арениуса

10.3.5.6 Вычисляется нижний доверительный интервал:

$$y = \overline{y} + b_a(x - \overline{x}) - t_{n-2}\sigma_0\sqrt{(1 + 1/n + (x - \overline{x})^2)/S_{xx}} \qquad (10.2)$$

где t_{n-2} - коэффициент Стьюдента для степени свободы n-2 и доверительной вероятности; n – количество точек на диаграмме Аррениуса; $\sigma_0 = \sqrt{\left[\left(S_{yy} - S_{xy}^2/S_{xx}\right)/(n-2)\right]}$.

10.3.5.7 Полученные результаты строятся, как показано на рисунке 10.2. По полученному уравнению регрессии определяется время t_s для сохраненной прочности при рабочей температуре x = $1/\theta_s$ (учитывая, в частности, если она превышает 25 ^{0}C). Из нижнего доверительного предела определяется время $t_{нди}$. Как показано в примере (рисунок 10.2), эти два значения соответственно равны 516 000 ч и 199 000 ч.

10.3.5.8 Используя форму кривых старения, строится кривая сохранения прочности таким образом, что определенная сохраненная прочность достигается после t_s (рисунок 10.3). Вычисляется длительная

прочность на единицу ширины T_x (выраженная в процентах от прочности на растяжение) после расчетного срока службы $100/T_x$. Строится подобная зависимость для $t_{нди}$ и определяется $T_{нди}$. Отношение сохраненной прочности $T_x/ T_{нди}$.

Пример: На рисунке 10.3 90% сохраненная прочность достигается при прогнозируемой продолжительности для рабочей температуры после 516 000 ч. Прогнозируемая прочность после 1 000 000 ч составляет 81,5%, а отношение =100/81,5=1,23. Аналогичный вывод осуществляется для нижнего доверительного интервала, прогнозируемая прочность после 1 000 000 ч составляет 58,8%. Отношение 81,5 / 58,8 = 1,39.

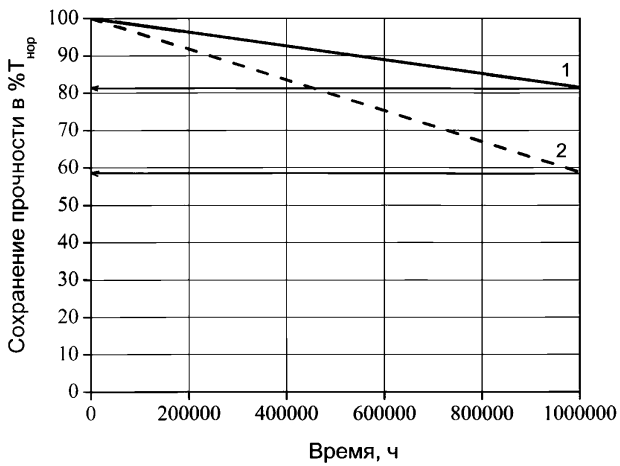


Рисунок 10.3 – Кривая старения при температуре эксплуатации

10.4 Коэффициент $к_5$, учитывающий влияние действия агрессивных сред, определяется как отношение средней прочности не подвергнутого воздействию материала к средней прочности подвергнутого воздействию материала по формуле

$$к_5 = \frac{T_0}{T_к}, \qquad (10.3)$$

где $T_к$ – прочность при растяжении образца после воздействия, кН/м;

T_0 – прочность при растяжении исходного образца, кН/м.

11 Устойчивость к микробиологическому разрушению

11.1 В зависимости от дорожно-климатической зоны, применяемых грунтов и материалов геосинтетические материалы должны быть устойчивы к воздействию микроорганизмов. Ухудшение свойств геосинтетических материалов различными микроорганизмами вызывает биологический износ данных материалов, который приводит к частичной или полной потере механических свойств. Устойчивость геосинтетических материалов к микробиологическому разложению – это стойкость геосинтетических материалов к воздействию бактерий или грибков. Определение стойкости образцов геосинтетических материалов к воздействию микроорганизмов производится в соответствии с методикой, описанной в п. 11.2.

11.2 Методика испытаний геосинтетических материалов на устойчивость к микробиологическому разрушению

11.2.1 Данная методика устанавливает порядок определения устойчивости геосинтетических материалов к микробиологическому разложению путем укладки испытуемых образцов в землю. В данной методике учтены основные нормативные положения европейского стандарта ЕН 12225 [6].

11.2.2 Сущность методики заключается в том, что испытуемые образцы при определенных условиях подвергаются воздействию микробиологически активного грунта. По истечении срока определяют устойчивость к микробиологическому разрушению по соотношению прочности при растяжении испытанных образцов и прочности исходных образцов.

11.3 Средства измерения, вспомогательные устройства и материалы

11.3.1 Испытательные контейнеры, обеспечивающие возможность закладки испытуемых образцов в испытательный грунт на глубину от 100 до 150 мм. Крышки контейнеров должны иметь вентиляционные отверстия.

Конструкция контейнера должна обеспечивать беспрепятственный обмен воздуха.

11.3.2 Термостат, обеспечивающий поддержание температуры испытаний в рабочем объеме с допускаемой погрешностью $\pm 2^0$С.

11.3.3 Испытательный грунт, содержащий множество микроорганизмов. Грунт должен быть биологически активным. Для достижения оптимального воздействия на геосинтетический материал всей микробиологической популяции насыщенность грунта влагой должна составлять 60%. В качестве испытательного грунта может применяться смесь в соответствии с п.3.1 ГОСТ 9.060.

11.3.4 Для определения биологической активности грунта используют полоски отбеленной необработанной хлопчатобумажной ткани длиной 200 мм и шириной 50 мм с поверхностной плотностью 250 г/м^2.

11.4 Подготовка к испытаниям

11.4.1 Содержание воды определяют путем высушивания 100 г грунта, разложенного тонким слоем, при температуре от 103 ^{0}С до 105 ^{0}С, пока масса не перестанет изменяться более чем на 1%. Если содержание воды в испытательном грунте большое, то его выкладывают тонкими слоями и сушат в лабораторных климатических условиях. Не допускается нагревать грунт, чтобы не нарушить комплекс естественной микрофлоры. При необходимости содержание воды можно повысить с помощью раствора: 1 г аммиачной селитры и 0,2 г двукалиевой соли ортофосфорной кислоты на 1 л воды.

11.4.2 Испытательный грунт перед проведением эксперимента должен быть выдержан не менее одного месяца при 28±2 ^{0}С и относительной влажности воздуха 97±2 %. При использовании одного и того же грунта несколько раз половина старого грунта должна заменяется новым при проведении каждого нового эксперимента. Биологическую активность грунта можно повысить, добавив в него хорошо перепревший компост.

11.4.3 Противомикробные средства: в качестве очищающего и дезинфицирующего средства используют смесь этанола и воды в соотношении 70:30.

11.4.4 Перед испытанием определяют биологическую активность грунта путем закапывания в грунт полосок хлопчатобумажной ткани сроком на 7 дней. После этого определяют коэффициент биологической активности грунта.

11.4.5 Определение коэффициента биологической активности грунта

11.4.5.1 Подготавливают шесть серий образцов в форме полосок отбеленной необработанной хлопчатобумажной ткани размером согласно п. 11.3.4. Одну серию образцов оставляют для сопоставительных испытаний.

11.4.5.2 Пять серий образцов закладывают в испытательный грунт. После этого образцы извлекают последовательно по истечении 48, 72, 96, 144 и 192 ч.

11.4.5.3 Определяют прочность при растяжении извлеченных образцов. Испытания проводят на образцах в форме полосок длиной 200 мм и шириной 50 мм, зажимная длина 100 мм. По полученным данным строят график. По оси абсцисс откладывают время испытаний в часах, по оси ординат – прочность при растяжении.

11.4.5.4 По построенной зависимости находят время, за которое происходит падение прочности пробных полосок на 75%.

11.4.5.5 Коэффициент биологической активности испытательного грунта определяют по формуле

$$k_б = \frac{t_o}{144}, \qquad (11.1)$$

где t_o – время контакта образца хлопчатобумажной ткани с испытательным грунтом, за которое прочность при растяжении падает на 75 %.

11.4.5.6 Испытательный грунт считается биологически активным, если коэффициент биологической активности лежит в диапазоне 0.65÷1.35

(рисунок 11.1). Если это условие не выполняется, то следует заменить испытательный грунт, на грунт с более высокой биологической активностью. После этого вновь проводится определение биологической активности грунта.

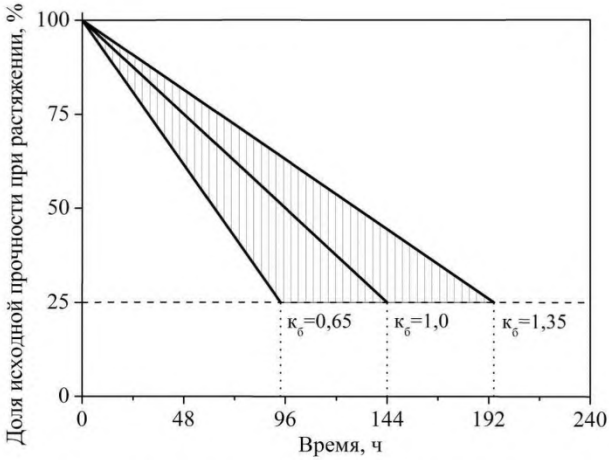


Рисунок 11.1 – Зависимость прочности при растяжении от времени контакта образцов с испытательным грунтом

11.5 Подготовка образцов

11.5.1 Подготовка образцов для проведения испытаний в соответствии с п.8.3.3 ОДМ 218.5.006-2010. Образцы в форме широкой полосы являются предпочтительными для данных испытаний.

11.5.2 Климатические условия испытания

Насыщенность испытательного грунта влагой постоянно должна быть на уровне 60%. Грунт должен находиться в темном помещении, куда поступает свежий воздух и где циркуляция воздуха происходит при относительной влажности 95±5 % и температуре 26±1 ^{0}C. Во время эксперимента необходимо следить, чтобы грунт не стал сухим или влажным, т.к. это может привести к непригодной для эксперимента микробиологической среде.

11.6 Порядок проведения испытаний

11.6.1 При проведении испытаний устанавливают минимум 2 контейнера. Длительность испытания составляет 16 недель. В каждый контейнер с грунтом нужно поместить минимум 2 испытуемых образца и одну дополнительную хлопчатобумажную полоску. Испытуемые образцы закладывают на глубину 100 мм. Образцы должны контактировать с испытательным грунтом.

11.6.2 Испытательные контейнеры помещают в термостат. При испытании серийных образцов длительность эксперимента составляет 16 недель. При разработке новых видов геосинтетических материалов длительность эксперимента можно увеличить до 32 недель.

11.6.3 Насыщенность грунта влагой контролируют один раз в 4 недели, каждый раз проверяя массу грунта в контейнерах. Если необходимо, добавляют раствор аммиачной селитры и двукалиевой соли ортофосфорной кислоты.

11.6.4 Испытуемые образцы вынимают из грунта и отряхивают. Все образцы, включая исходные, погружают в водный раствор этанола (70:30) на 300 с. Затем образцы моют в проточной воде, протирают фильтровальной бумагой и сушат в течение минимум 72 ч при температуре 20±2 ^{0}С и относительной влажности воздуха 65±5 %.

11.6.5 После этого проводят испытания образцов на растяжение для сравнительного анализа по ГОСТ Р 55030.

11.6.6 Протокол испытаний

В протокол испытаний включаются следующие данные:

– вид, наименование материала и данные поставщика;

– количество образцов, испытанных в каждом направлении;

– прочность при растяжении образцов после воздействия микроорганизмов, кН/м;

– условия проведения испытаний;

– дату проведения испытаний.

11.7 Коэффициент $к_6$, учитывающий влияние воздействия микроорганизмов, определяется как отношение средней прочности не подвергнутого воздействию материала к средней прочности подвергнутого воздействию материала по формуле

$$к_6 = \frac{T_0}{T_к}, \quad (11.2)$$

где $T_к$ – прочность при растяжении образца после воздействия, кН/м;

T_0 – прочность при растяжении исходного образца, кН/м.

12 Воздействие морозостойкости на долговечность

12.1 Основные положения

Под морозостойкостью геосинтетических материалов понимают их способность в увлажненном состоянии выдерживать многократные циклы «замораживание – оттаивание» без потери свойств. Основной причиной разрушения материала при низких температурах является расширение воды, заполняющей его поры. Определение морозостойкости геосинтетических материалов к воздействию перепада температур производится в соответствии с ГОСТ Р 55032. В результате испытаний определяется величина сохранения прочности, %.

12.2 Коэффициент $к_7$, учитывающий влияние морозостойкости, определяется как отношение средней прочности не подвергнутого воздействию материала к средней прочности подвергнутого воздействию материала по формуле

$$к_7 = \frac{T_к}{T_0}, \quad (12.1)$$

где $T_к$ – прочность при растяжении образца после воздействия, кН/м;

T_0 – прочность при растяжении исходного образца, кН/м.

Библиография

[1]	ИСО/ТР 13434:1998 (ISO/TR 13434:1998)	Геосинтетика. Руководящие указания по оценке долговечности (Geosynthetics. Guidelines for the assessment on durability)
[2]	ИСО/ТР 20432:2007 (ISO/TR 20432:2007)	Определение долгосрочной прочности геосинтетики для упрочнения грунта. Руководящие указания (Guidelines for the determination of the long-term strength of geosynthetics for soil reinforcement)
[3]	СНиП 3.06.03-85	Автомобильные дороги. Строительные нормы и правила
[4]	СНиП 2.05.02-85	Автомобильные дороги. Строительные нормы и правила
[5]	ОДМ 218.5.006-2010	Рекомендации по методикам испытаний геосинтетических материалов в зависимости от области их применения в дорожной отрасли
[6]	ЕН 12225:2000 (EN 12225:2000)	Геотекстиль и связанные с ним изделия. Методы определения устойчивости к микробиологическому разложению при испытании закапыванием в землю (Geotextiles and geotextile-related products – Method for determining the microbiological resistance by a soil burial test)

Ключевые слова: геосинтетические материалы, дорожное строительство, долговечность, механические повреждения, ползучесть, прочность швов и соединений, атмосферные воздействия, агрессивные среды, микробиологическая стойкость, морозостойкость, коэффициенты учета

gost.e-ecolog.ru