

Министерство образования и науки
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»

А. В. Труевцев
А. Ю. Баранов

Технический текстиль. Геосинтетические материалы

Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия

Санкт-Петербург
2016

УДК 677.025
ББК 37.238
Т78

Рецензенты:

генеральный директор ООО «Мегатех инжиниринг»

А. Н. Деятилов;

кандидат технических наук, доцент Санкт-Петербургского государственного
университета промышленных технологий и дизайна

Г. П. Смирнов

Труевцев, А. В.

Т78 Технический текстиль. Геосинтетические материалы / А. В. Труевцев, А. Ю. Баранов. – СПб.: ФГБОУВО «СПбГУПТД», 2016. – 99 с.

ISBN 978-5-7937-1325-2

Учебное пособие предназначено для студентов направления подготовки 29.03.02 «Технологии и проектирование текстильных изделий», 54.03.03 «Художественное проектирование текстильных изделий», магистрантов направления подготовки 29.04.02 «Технологии и проектирование текстильных изделий».

ISBN 978-5-7937-1325-2

© ФГБОУВО «СПбГУПТД», 2016

© Труевцев А. В., 2016

© Баранов А. Ю., 2016

ВВЕДЕНИЕ

В настоящий момент средняя скорость автомобильных грузоперевозок в России в два раза ниже, чем в передовых странах, а расход топлива – в полтора раза выше. При этом средняя грузоподъемность единицы автотранспорта у нас одна из самых низких в мире. Именно высокие транспортные расходы остаются одной из причин недостаточной конкурентоспособности многих российских товаров.

Причина описанной ситуации кроется в том, что 75 % наших дорог могут пропускать грузовики с нагрузкой не более 6 тонн на ось, в то время как у современных трейлеров этот параметр составляет 8 – 10 тонн. К сожалению, Россия весьма неудобна для дорожного строительства из-за крайне неблагоприятного сочетания холодных зим и структуры почв. В нашей стране 86 % всех грунтов относятся к «связным», то есть содержат глину, и лишь 14 % – к песчаным [1]. Насыпь из песка считается вполне удовлетворительной для строительства дороги, но насыпь из связного грунта не позволяет получить качественную асфальтовую дорогу, поскольку глина хорошо впитывает и плохо отдает влагу. При замерзании такой насыпи асфальт растрескивается, а весной при таянии льда грунт на какое-то время может вообще терять несущую способность. Отчасти поэтому ремонтные расходы составляют две трети бюджета дорожного ведомства.

Таким образом, качество дороги определяется, прежде всего, тем материалом, который находится под асфальтом. Есть все основания полагать, что ключ к повышению качества дорог кроется в применении геосинтетических материалов. В последние десятилетия в дорожном хозяйстве все шире применяются различные геосинтетические материалы в конструктивных элементах дорожной одежды и земляного полотна [2]. При решении задач гражданского, промышленного, гидротехнического и транспортного строительства постоянно возникает необходимость поиска возможностей применения новых строительных материалов, что сильно затруднено в связи с отсутствием единой научно обоснованной классификации существующих геосинтетических материалов. Кроме того, отсутствие адекватной классификации делает фактически невозможной разработку единых технических требований к геосинтетическим материалам и рекомендаций по методам их испытаний.

Основанием для разработки этой проблемы явился «План научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ Федерального дорожного агентства на 2008 – 2009 гг.» по подпрограмме «Автомобильные дороги» Федеральной целевой программы «Модернизация транспортной системы России (2002 – 2010 гг.)». Необходимость проведения научно-исследовательской работы по данной теме была обусловлена следующим:

- в настоящее время в отечественных и зарубежных источниках предложен целый ряд классификаций и определений, к сожалению, не всегда дос-

таточно точно описывающих объекты классификации, а подчас даже исключаящих друг друга;

- строгое классифицирование, терминологическая ясность, точность определений лежат в основе правильного методологического подхода к выбору, теоретическому обоснованию и практическому использованию геосинтетических материалов в целях их применения в дорожной отрасли.

Выполнение поставленной задачи было бы невозможным без **комплексного подхода к анализу строения и технологии производства геосинтетических материалов**, совершенствованию их терминологии и классификации, выработке рекомендаций по рациональному применению геосинтетики. Поэтому научной базой работы явились современные достижения и опыт специалистов не только дорожного строительства, но и смежных областей знания: технологии волокнистых материалов, материаловедения, сопротивления материалов, лингвистики. Последняя особенно интересна, ибо решение проблемы адекватного перевода международных англоязычных стандартов на русский язык является базовым условием гармонизации отечественной и мировой терминологии.

1. МЕЖДУНАРОДНАЯ АНГЛОЯЗЫЧНАЯ ТЕРМИНОЛОГИЯ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ЕЁ АДЕКВАТНОГО ПЕРЕВОДА НА РУССКИЙ ЯЗЫК

Нельзя внести точность в рассуждения, если она сначала не введена в определения.

А. Пуанкаре [3]

1.1. Международные стандарты, регламентирующие терминологию геосинтетических материалов

В настоящее время на территории Российской Федерации действует второе издание стандарта ISO 103186:2005 *Geosynthetics. Terms and definitions* [4]. Являясь важным шагом вперед на пути упорядочения терминологии в рассматриваемой области, данный стандарт, к сожалению, не содержит классификации геосинтетических материалов в научном смысле этого слова. Впрочем, как следует из названия стандарта («Геосинтетика. Термины и определения»), его составители и не ставили перед собой задачу классифицирования: этот документ лишь условно объединяет описываемые в стандарте объекты в четыре большие и весьма разнородные группы: «геотекстиль», «изделия, относимые к геотекстилю», «геосинтетические барьеры» и «геокомпозиты». В процессе классифицирования геосинтетических материалов мы не стали вслед за ISO 10318:2005 выделять группу «изделий, относимых к геотекстилю» (*geotextile-related products*), в которую авторы стандарта условно объединили «объекты, не подпадающие под определение геотекстиля»

[4] – георешетки, геосетки, геоматы и др. В самом деле, если материал или изделие имеет текстильное происхождение, например, тканая георешетка или вязаная георешетка, то это геотекстиль. Если же материал получен по иной технологии (например, путем экструзии – пластмассовая георешетка), то он никоим образом не должен «маскироваться» под геотекстиль, ибо это лишь вводит в заблуждение проектировщика и строителя относительно его реальных характеристик и ожидаемых эксплуатационных свойств.

Хотя многие специалисты (например, в работах [5], [6]) ссылаются на классификацию Международного геосинтетического общества (IGS), ее документы [7], [8] содержат лишь перечень терминов даже без попытки их как-то сгруппировать. Член IGS Р. Дж. Басарст свою страницу сайта этой уважаемой организации [9] озаглавил «Классификация геосинтетики», на самом же деле она содержит лишь 9 самых распространенных терминов с иллюстрациями бразильского художника без какой-либо классификации.

Стандарт [10] ASTM (*American Society for Testing and Materials*) международной добровольной организации, разрабатывающей и издающей стандарты для материалов, продуктов, систем и услуг [11] является очень серьезным документом, но, увы, опять-таки не выходит за рамки перечня терминов и определений, то есть не предлагает классификации геосинтетических материалов.

1.2. Анализ русского перевода текста ISO 10318:2005, утвержденного ФГУП «Стандартинформ»

Как отмечалось выше, на территории нашей страны действует второе издание стандарта ISO 10318, принятое 01.07.2005 [4]. Отечественные специалисты, как правило, пользуются не оригиналом этого документа, а его официальным переводом на русский язык [12], который был сделан ФГУП «Стандартинформ» 21.01.2008 и утвержден 31.01.2008, рег. № 3270/ ISO.

В преамбуле, касающейся распределения действия стандарта ISO, отмечено, что «нельзя вносить какие-либо изменения и дополнения в термины и определения; ...обращение к настоящему международному стандарту должно быть как к исходному документу» [4]. Совершенно очевидно, что речь идет об оригинальном тексте стандарта, либо о его *адекватном* переводе. Обратимся к стандарту [12] и проанализируем, насколько он соответствует исходному английскому тексту стандарта и не является ли перевод тем самым примером «изменений и дополнений в термины», которые запрещены отделом авторских прав ISO. Для удобства восприятия материала сведем его в *табл. 1.1*.

9 Таблица 1.1. Сопоставление формулировок терминов и определений

Формулировка из английского текста ISO 10318: 2005 [4]	Перевод ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» [12]	Буквальный перевод формулировки из стандарта [4]	Предлагаемая формули- ровка, гармонизирован- ная с [4]
<i>Geosynthetics. Terms and definitions.</i>	Геосинтетические материалы. Термины и определения	Геосинтетические материалы. Термины и определения	Геосинтетические мате- риалы. Термины и оп- ределения
<i>Drainage – collecting and transporting of precipitation, ground water and/or other fluids in the plane of a geotextile or a geotextile – related product.</i>	<i>Дренаживание</i> – сбор и перенос осадкообразований, грунтовой воды и (или) других флюидов на плоскости геотекстиля или изделия, связанного с геотекстилем	<i>Дренаживание</i> – сбор и перенос осадков, грунтовой воды и (или) других жидкостей в плоскости геотекстиля и относимых к нему изделий	<i>Дренаживание</i> – сбор и перенос осадков, грунтовой воды и других жидкостей в плоскости материала
<i>Filtration – restraining of soil or other particles subjected to hydrodynamic forcus, while allowing the passage of fluids into or across a geotextile or a geotextile – related product.</i>	<i>Фильтрация</i> – сдерживание грунтовых или других частиц, подверженных воздействию гидродинамических сил, обеспечивая в то же время прохождение флюидов в геотекстиль или через геотекстиль или изделие, связанное с геотекстилем	<i>Фильтрация</i> – пропускание жидкостей в геотекстиль и относимые к нему изделия или сквозь них, при сдерживании грунтовых и других частиц, испытывающих воздействие гидродинамических сил	<i>Фильтрация</i> – пропускание жидкости в структуру материала или сквозь нее с одновременным сдерживанием грунтовых и подобных им частиц

Формулировка из английского текста ISO 10318: 2005 [4]	Перевод ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» [12]	Буквальный перевод формулировки из стандарта [4]	Предлагаемая формули- ровка, гармонизирован- ная с [4]
<i>Protection – preventing or limiting of local damage to a given element or material by the use of a geotextile or a geotextile-related product</i>	<i>Предохранение</i> – предотвращение или ограничение нанесения местного повреждения заданному элементу или материалу путем использования геотекстиля или изделия, связанного с геотекстилем	<i>Защита</i> – предохранение или ограничение нанесения повреждения какому-либо элементу или материалу путем применения геотекстиля или относимых к нему изделий	<i>Защита</i> – предохранение поверхности объекта от возможных повреждений
<i>Reinforcement – use of the stress-strain behaviour of a geotextile or geotextile-related product to improve the mechanical properties of soil or other construction materials</i>	<i>Укрепление</i> – использование деформативности геотекстиля или изделия, связанного с геотекстилем, чтобы улучшить механические свойства грунта или других конструкционных материалов	<i>Армирование</i> – использование особенностей поведения геотекстиля и относимых к нему изделий под нагрузкой в целях улучшить механические свойства грунта и других конструкционных материалов	<i>Армирование</i> – усиление дорожных конструкций и материалов с целью улучшения их механических характеристик
<i>Separation – prevention from intermixing of adjacent dissimilar soils and/or fill materials by the use of a geotextile or a geotextile-related product</i>	<i>отделение</i> – предотвращение взаимного перемешивания разнородных смежных грунтов и (или) заполняющих материалов путем использования геотекстиля или изделия, связанного с геотекстилем	<i>Разделение</i> – предотвращение взаимного проникновения разнородных смежных грунтов и (или) заполняющих материалов путем применения геотекстиля или относимых к нему изделий	<i>Разделение</i> – предотвращение взаимного проникновения частиц материалов смежных слоев дорожных конструкций

Формулировка из английского текста ISO 10318: 2005 [4]	Перевод ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» [12]	Буквальный перевод формулировки из стандарта [4]	Предлагаемая формули- ровка, гармонизирован- ная с [4]
<i>Surface erosion control – use of a geotextile or a geotextile-related product to prevent or limit soil or other particle movements at the surface of, for example, a slope</i>	<i>Контроль поверхностной эрозии</i> – использование геотекстиля или изделия, связанного с геотекстилем, чтобы предотвращать или ограничивать перемещения грунта или других частиц на поверхности, например, склона	<i>Борьба с поверхностной эрозией</i> – применение геотекстиля или относимых к нему изделий для предотвращения или ограничения перемещения грунта или других частиц, например, по поверхности склона	<i>Борьба с эрозией поверхности</i> – предотвращение или ограничение перемещения грунта или других частиц по поверхности объекта
<i>Barrier – use of a geosynthetic to prevent or limit the migration of fluids</i>	<i>Барьер</i> – использование геосинтетического материала для предотвращения или ограничения перетекания флюидов	<i>Барьер</i> – применение геосинтетического материала для предотвращения или ограничения перетекания жидкостей	<i>Гидроизоляция</i> – предотвращение или ограничение перемещения жидкостей

Формулировка из английского текста ISO 10318: 2005 [4]	Перевод ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» [12]	Буквальный перевод формулировки из стандарта [4]	Предлагаемая формули- ровка, гармонизирован- ная с [4]
<i>Geosynthetic (GSY) – generic term describing a product, at least one of whose components is made from a synthetic or natural polymer, in the form of a sheet, a strip or a three-dimensional structure, used in contact with soil and/or other materials in geotechnical and civil engineering applications</i>	<i>Геосинтетика (GSY) – общий термин, характеризующий изделие, в котором, по меньшей мере, один из компонентов делается из синтетического или природного полимера в форме листа или полосы или трехмерной структуры, используемых в контакте с грунтом и/или другими материалами в геотехнических приложениях и гражданском строительстве</i>	<i>Геосинтетика (GSY) – общий термин, описывающий изделие в форме листа, полосы или трехмерной конструкции, по крайней мере, один из компонентов которого сделан из синтетического или природного полимера, и применяемое в контакте с грунтом и (или) другими материалами в геотехническом и гражданском строительстве</i>	<i>Геосинтетические материалы (GSY) – материалы из синтетических или природных полимеров, контактирующие с грунтом или другими средами, применяемые в строительстве</i>
<i>Geotextile (GTX) – planar, permeable, polymeric (synthetic or natural) textile material, which may be nonwoven, knitted or woven, used in contact with soil and/or other materials in geotechnical and civil engineering applications</i>	<i>Геотекстиль (GTX) – плоский проницаемый полимерный (синтетический или природный) материал, который может быть нетканым, вязанным или сотканным. Этот материал может быть использован в контакте с грунтом и/или другими материалами в геотехнических приложениях и гражданском строительстве</i>	<i>Геотекстиль (GTX) – плоский проницаемый полимерный (синтетический или природный) текстильный материал, который может быть нетканым, трикотажным или тканым и применяется в контакте с грунтом и (или) другими материалами в геотехническом и гражданском строительстве</i>	<i>Геотекстиль (GTX) – материалы из синтетического или природного полимера, получаемые по текстильной технологии, контактирующие с грунтом или другими средами, применяемые в строительстве</i>

Формулировка из английского текста ISO 10318: 2005 [4]	Перевод ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» [12]	Буквальный перевод формулировки из стандарта [4]	Предлагаемая формули- ровка, гармонизирован- ная с [4]
<i>Nonwoven geotextile (GTX-N) – geotextile made of directionally or randomly orientated fibres, filaments or other elements, mechanically and/or thermally and/or chemically bonded</i>	<i>Геотекстиль нетканый (GTX-N)</i> – геотекстиль, изготовленный из направленно или произвольно ориентированных волокон, комплексных нитей или других элементов на механической и (или) термической, и (или) химической связке	<i>Геотекстиль нетканый (GTX-N)</i> – геотекстиль, изготовленный из ориентированных или хаотично расположенных волокон, нитей или других элементов, скрепленных механическим и (или) термическим и (или) химическим способом	<i>Геотекстиль нетканый (GTX-N)</i> – геосинтетический материал, полученный по технологии нетканых текстильных материалов
<i>Knitted geotextile (GTX-K) – geotextile produced by interloping one or more yarns, filaments or other elements</i>	<i>Геотекстиль вязанный (GTX-K)</i> – геотекстиль, изготовленный путем взаимного петлеования одной или больше нитей пряжи, комплексных нитей или других элементов	<i>Геотекстиль трикотажный (GTX-K)</i> – геотекстиль, изготовленный путем вязания одной или более нитей или других элементов	<i>Геотекстиль вязанный (GTX-K)</i> – геосинтетический материал, полученный по трикотажной технологии
<i>Woven geotextile (GTX-W) – geotextile produced by interlacing, usually at right angles, two or more sets of yarns, filaments, tapes or other elements</i>	<i>Геотекстиль тканый (GTX-W)</i> – геотекстиль, изготовленный переплетением, обычно под прямыми углами двух или больше наборов пряж, комплексных нитей, лент или других элементов	<i>Геотекстиль тканый (GTX-W)</i> – геотекстиль, изготовленный путем переплетения двух или более взаимно перпендикулярных систем нитей, лент или других элементов	<i>Геотекстиль тканый (GTX-W)</i> – геосинтетический материал, полученный по технологии ткачества

Формулировка из английского текста ISO 10318: 2005 [4]	Перевод ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» [12]	Буквальный перевод формулировки из стандарта [4]	Предлагаемая формули- ровка, гармонизирован- ная с [4]
<i>Geotextile-related prod- uct (GTP) – planar, per- meable, polymeric (syn- thetic or natural) mate- rial, which does not com- ply with the definition of a geotextile</i>	<i>Изделие, связанное с геотек- стилем (GTP) – плоский про- ницаемый полимерный синте- тический или природный) ма- териал, который не согласуется с определением геотекстиля</i>	<i>Изделие, относимое к геотек- стилю (GTP) – плоский про- ницаемый полимерный (син- тетический или природный) материал, который не подпа- дает под определение геотек- стиля</i>	Термин не рекомендует- ся к применению
<i>Geogrid (GGR) – planar, polymeric structure con- sisting of a regular open network of integrally connected, tensile ele- ments, which may be linked by extrusion, bonding or interlacing, whose opening are larger than the constituents</i>	<i>Георешетка (GGR) – плоская полимерная структура, состоя- щая из однообразной открытой сетки целостносоединенных растянутых элементов, которые могут быть связаны экструзией, склеиванием или переплетени- ем. Отверстия сетки обычно больше составляющих элемен- тов</i>	<i>Георешетка (GGR) – плоская полимерная конструкция, имеющая сквозные ячейки правильной формы, состоящая из соединенных в единое це- лое элементов, работающих на растяжение, которые могут быть скреплены экструзией (штамповкой), склеиванием или переплетением, причем размеры ячеек больше толщи- ны элементов</i>	<i>Георешетка (GGR) – плоский геосинтетиче- ский материал, имею- щий сквозные ячейки правильной стабильной формы, размер которых превышает толщину ре- бер, образованный путем экструзии, склеивания, термоскрепления или переплетения ребер, противостоящий растя- жению (внешним на- грузкам) и выполняю- щий роль усиления кон- струкции</i>

Формулировка из английского текста ISO 10318: 2005 [4]	Перевод ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» [12]	Буквальный перевод формулировки из стандарта [4]	Предлагаемая формули- ровка, гармонизирован- ная с [4]
<i>Geonet (GNT) – geosynthetic consisting of parallel sets of ribs overlying and integrally connected with similar sets at various angles</i>	<i>Геосетка (GNT)</i> – геосинтетический материал, состоящий из параллельных рядов ребер жесткости, перекрывающих и целостносоединенных с аналогичными рядами на разных углах	<i>Геосетка (GNT)</i> – геосинтетический материал, состоящий из групп параллельных ребер (рубчиков), наложенных поверх аналогичных групп ребер под разными углами и соединенных с ними в единое целое	<i>Геосетка (GNT)</i> – геосинтетический материал, имеющий сквозные ячейки лабиальной формы, размеры которых превышают толщину ребер, образованный путем экструзии или переплетением ребер
<i>Geomat (GMA) – three-dimensional, permeable structure, made of polymeric monofilaments, and/or other elements (synthetic or natural), mechanically and/or thermally and/or chemically and/or otherwise bonded</i>	<i>Геомат (GMA)</i> – проницаемая трехмерная структура, сделанная из полимерных монокомплексных нитей и/или других элементов (синтетических и природных) на механической и/или термической, и/или химической связке	<i>Геомат (GMA)</i> – проницаемая трехмерная конструкция из полимерных мононитей и/или других элементов (синтетических или природных), скрепленных механическим и (или) термическим и (или) химическим или другим способом	<i>Геомат (GMA)</i> – проницаемая пространственная конструкция из полимерных мононитей и (или) других элементов (синтетических или природных), скрепленных механическим и (или) термическим и (или) химическим или другими способами

Формулировка из английского текста ISO 10318: 2005 [4]	Перевод ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» [12]	Буквальный перевод формулировки из стандарта [4]	Предлагаемая формули- ровка, гармонизирован- ная с [4]
<i>Geocell (GCE) – three-dimensional, permeable, polymeric (synthetic or natural) honeycomb or similar cellular structure, made of linked strips of geosynthetics</i>	<i>Геоячейка (GCE) – проницаемая трехмерная полимерная (синтетическая или природная) пористая структура или аналогичная ячеистая структура, сделанная из связанных полосок геосинтетических материалов</i>	<i>Геоячейка (GCE) – проницаемая трехмерная полимерная (синтетическая или природная) сотовая или подобная ей ячеистая конструкция, образованная соединенными геополосами</i>	<i>Геосотовый материал (GCE) – пространственная конструкция, имеющая сквозные ячейки, образованная из геополос, соединенных в перпендикулярной плоскости относительно плоскости материала, высота ребер которого соизмерима с размером ячейки</i>
<i>Geostrip (GST) – polymeric material in the form of a strip of width not more than 200 mm, used in contact with soil and/or other materials in geotechnical and civil engineering applications</i>	<i>Геополоса (GST) – полимерный материал в форме полосы шириной не больше чем 200 мм, используемой в контакте с грунтом и/или другими материалами в геотехнических приложениях и гражданском строительстве</i>	<i>Геополоса (GST) – полимерный материал, имеющий форму полосы шириной не более 200мм, применяемый в контакте с грунтом и/или другими материалами в геотехническом и гражданском строительстве</i>	<i>Геополоса (GST) – узкий геосинтетический материал, имеющий технологически оформленные кромки или получаемый путем вырезания из геосинтетического материала большей ширины</i>

Формулировка из английского текста ISO 10318: 2005 [4]	Перевод ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» [12]	Буквальный перевод формулировки из стандарта [4]	Предлагаемая формули- ровка, гармонизирован- ная с [4]
<i>Geospacer (GSP) – three-dimensional polymeric structure designed to create an air space in soil and/or other materials in geotechnical and civil engineering applications</i>	<i>Геораспорка (GSP) – трехмерная полимерная структура, предназначенная для создания воздушного пространства в грунте и/или других материалах в геотехнических применениях и гражданском строительстве</i>	<i>Геораспорка (GSP) – трехмерная полимерная конструкция, предназначенная для создания воздушного пространства в грунте и/или других материалах в геотехническом и гражданском строительстве</i>	Термин не рекомендуется к применению
<i>Geosynthetic barrier (GBR) – low-permeability geosynthetic material, used in geotechnical and civil engineering applications with the purpose of reducing or preventing the flow of fluid through the construction</i>	<i>Геосинтетический барьер (GBR) – малопроницаемый геосинтетический материал, используемый в геотехнических применениях и гражданском строительстве с целью уменьшить или предотвратить поток флюида через сооружение</i>	<i>Геосинтетический барьер (GBR) – малопроницаемый геосинтетический материал, используемый в геотехническом и гражданском строительстве для уменьшения или предотвращения проникновения жидкости через сооружение</i>	<i>Геомембрана (GM) – геосинтетический материал, предназначенный для полной или частичной гидроизоляции</i>

Формулировка из английского текста ISO 10318: 2005 [4]	Перевод ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» [12]	Буквальный перевод формулировки из стандарта [4]	Предлагаемая формули- ровка, гармонизирован- ная с [4]
<i>Polymeric geosynthetic barrier (GBR-P) – factory-assembled structure of geo-synthetic materials in the form of a sheet which acts as a barrier. NOTE: the barrier function is essentially fulfilled by polymers. It is used in contact with soil and/or other materials in geotechnical and civil engineering applications</i>	<i>Полимерный геосинтетический барьер (GBR) – структура заводской сборки из синтетических материалов в форме листа, который действует как барьер.</i> ПРИМЕЧАНИЕ. Функция барьера в основном выполняется полимерами. Барьер используется в контакте с грунтом и (или) другими материалами в геотехнических применениях и гражданском строительстве	<i>Полимерный геосинтетический барьер (GBR) – конструкция заводской сборки из синтетических материалов в форме листа, которая действует как барьер.</i> ПРИМЕЧАНИЕ. Функцию барьера выполняют полимеры; мембрана используется для изоляции грунта и (или) других материалов в геотехническом и гражданском строительстве	<i>Геомембрана пластмассовая экструдированная (GM-E) – пленка из синтетического полимера, предназначенная для гидроизоляции</i>

Формулировка из английского текста ISO 10318: 2005 [4]	Перевод ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» [12]	Буквальный перевод формулировки из стандарта [4]	Предлагаемая формули- ровка, гармонизирован- ная с [4]
<i>Clay geosynthetic barrier (GBR-C) – factory-assembled structure of geo-synthetic materials in the form of a sheet which acts as a barrier.</i> <i>NOTE: the barrier function is essentially fulfilled by clay. It is used in contact with soil and/or other materials in geotechnical and civil engineering applications</i>	<i>Глинистый геосинтетический барьер (GBR-C)</i> – структура заводской сборки из геосинтетических материалов в форме листа, который действует как барьер. ПРИМЕЧАНИЕ. Функция барьера в основном выполняется глиной. Барьер используется в контакте с грунтом и (или) другими материалами в геотехнических применениях и гражданском строительстве	<i>Глинистый геосинтетический барьер (GBR-C)</i> – конструкция заводской сборки из геосинтетических материалов в форме листа, которая действует как мембрана. ПРИМЕЧАНИЕ. Функцию барьера выполняет глина; мембрана используется в геотехническом и гражданском строительстве	<i>Глиномат (GMA-CL)</i> – дискретно-упрочненная конструкция, заполненная глиной и формирующаяся при первом ее намокании

Формулировка из английского текста ISO 10318: 2005 [4]	Перевод ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» [12]	Буквальный перевод формулировки из стандарта [4]	Предлагаемая формули- ровка, гармонизирован- ная с [4]
<i>Bituminous geosynthetic barrier (GBR-B) – factory-assembled structure of geo-synthetic materials in the form of a sheet which acts as a barrier.</i> <i>NOTE: the barrier function is essentially fulfilled by polymers. It is used in contact with soil and/or other materials in geotechnical and civil engineering applications</i>	<i>Битумный геосинтетический барьер (GBR-B)</i> – структура заводской сборки из геосинтетических материалов в форме листа, который действует как барьер. ПРИМЕЧАНИЕ. Функция барьера в основном выполняется битумом. Барьер используется в контакте с грунтом и/или другими материалами в геотехнических применениях и гражданском строительстве	<i>Битумный геосинтетический барьер (GBR-B)</i> – конструкция заводской сборки из геосинтетических материалов в форме листа, которая действует как мембрана. ПРИМЕЧАНИЕ. Функцию барьера выполняет битум; мембрана используется для изоляции грунта и (или) других материалов в геотехническом и гражданском строительстве	<i>Геомембрана битумная (GM-BIT)</i> – битумная пленка, непрерывно-упрочненная геотекстилем, предназначенная для гидроизоляции
<i>Geocomposite (GCO) – manufactured, assembled material using at least one geosynthetic product among the components</i>	<i>Геокомпозит (GCO)</i> – изготовленный смонтированный материал, использующий, по меньшей мере, одно геосинтетическое изделие среди компонентов	<i>Геокомпозит (GCO)</i> – многокомпонентный материал фабричного производства, содержащий, как минимум, одно геосинтетическое изделие	<i>Геокомпозит (GCO)</i> – упрочненные композиционные материалы, состоящие из полимерной (синтетической или натуральной) непрерывной матрицы, выполняющей роль связующего все компоненты материала и армирующего компонента

Terms related to functions (п. 1.1 в тексте стандарта) – Термины, относящиеся к функциям.

Drainage (1.1.1) – Дренаживание:

а) употреблена транслитерация слова *fluid* – «флюид», в то время как англо-русский словарь [13] дает общепринятое значение «жидкость»;

б) *geotextile – related product* переводится как «изделие, связанное с геотекстилем». Слово *related* гораздо точнее переводится следующими значениями: «родственный», «относящийся к», «отнесенный к» [14], а вариант «связанное» представляется наименее удачным из всех возможных, хотя бы уже потому, что значительное место в ассортименте геосинтетики занимают *вязаные* материалы, и у специалиста может возникнуть неверная ассоциация с созвучным термином.

Filtration (1.1.2) – Фильтрация:

Те же замечания, что и по п. 1.1.1

Protection (1.1.3) – Предохранение.

Слову *protection* соответствует общепринятый в отечественной специальной литературе [2] термин «защита».

Reinforcement (1.1.4) – Укрепление (армирование).

При переводе слова «*reinforcement*» достаточно было ограничиться одним термином «армирование», общепринятым и в дорожном строительстве [2], и в терминологии композиционных материалов [15], [16].

Separation (1.1.5) – Отделение.

Separation означает «разделение», тем более что в тексте речь идет о предотвращении взаимного проникновения частиц разнородных смежных грунтов. В русской терминологии эта функция геосинтетики относится к категории «защита» [2].

Surface erosion control (1.1.6) – Контроль поверхностной эрозии.

Перевод термина *control* словом «контроль» представляется неуместным. В данном случае следует воспользоваться значением № 4 из [13] «4. борьба» и приводимым там же примером: *erosion control* – борьба с эрозией (*почвы*). Т. е. следует читать: «Борьба с эрозией поверхностей» или «Борьба с поверхностной эрозией».

Barrier (1.1.7) – Барьер.

Вновь вместо «жидкость» употреблено «флюид».

Terms related to products (1.2) – Термины, относящиеся к изделиям.

Учитывая, что не вся геосинтетика представляет собой изделия, более того, большая ее часть – рулонные метражные материалы, было бы правильнее говорить об «объектах», «материалах», а не об «изделиях».

Geosynthetic (1.2.1) – Геосинтетика.

Термин *structure* в определении переведен словом «структура». Формально верный перевод первым значением из словаря [13] не соотнесен с контекстом. «Структура» – это геометрическое свойство, особенность строения объекта. Поэтому фраза: «В форме листа, полосы или трехмерной струк-

туры», – представляется неуместной. Следует воспользоваться вторым значением термина *structure* – «конструкция» (*bearing structure* – несущая конструкция; *fabricated structure* – сборная конструкция, конструкция из готовых элементов [13]).

Geotextile (1.2.1.1) – Геотекстиль.

Переводчику следовало бы воспользоваться действующими текстильными терминами. Тогда первое предложение должно выглядело бы следующим образом: «текстильный материал, который может быть нетканым, вязанным или тканым». Второе, согласно нормам литературного русского языка, должно заканчиваться фразой «материалами в геотехническом и гражданском строительстве».

Nonwoven geotextile (1.2.1.1.1) – Геотекстиль нетканый.

Руководствуясь соображениями, изложенными в п. 1.2.1.1, определение должно заканчиваться фразой «или других элементов, скрепленных между собой механическим и (или) термическим и/или химическим способом».

Knitted geotextile (1.2.1.1.2) – Геотекстиль вязанный.

Правильно: «вязанный». Словосочетание «нитей пряжи» не имеет смысла. Следует перевести так: «Геотекстиль, изготовленный путем переплетения одной или нескольких нитей или других элементов».

Woven geotextile (1.2.1.1.3) – Геотекстиль тканый.

Вместо выражения «набор ... нитей» употребить общепринятый текстильный термин «система нитей».

Geotextile – related product (1.2.1.2) – Изделие, связанное с геотекстилем.

В замечании по п. 1.1.1 указывалось, что *related* желательно перевести выражением «отнесенный к». Как и в пожелании к переводу п. 1.2, предлагаем слово *product* перевести как «объект» или «материал». В итоге получим «объекты, отнесенные к геотекстилю», что вполне адекватно отражает содержание данного подраздела.

Geogrid (1.2.1.2.1) – Георешетка.

Как и в п. 1.2.1, слово «*structure*» следует перевести словом «конструкция»; *regular* – не как «однообразная», а как «правильная» и даже вполне допустимо «регулярная» (ср.: регулярные жаккардовые переплетения [17]); *open* – не как «открытая» (первое значение в словаре), а как «сквозная».

Понятие *of integrally connected tensile elements* не следует переводить выражением «из цельносоединенных растянутых элементов». Обращение к работе [13] дает более удачный вариант «из представляющих собой единое целое элементов (из соединенных в единое целое), работающих на растяжение», отражающий суть вопроса и внутреннее строение объекта. Фразу *may be linked by...* желательно перевести выражением «могут быть соединены (скреплены) экструзией, склеиванием или переплетением».

Geonet (1.2.1.2.2) – Геосетка.

Определение следует перевести иной грамматической конструкцией: «...состоящий из групп параллельных ребер, наложенных поверх аналогичных групп ребер под разными углами в единое целое».

Geomat (1.2.1.2.3) – Геомат.

Слово *structure*, как и в п. 1.2.1, следует перевести термином «конструкция»; *monofilament* – термином «мононить». Слово *bonded* в данном случае означает «соединенный, скрепленный». В итоге фраза должна приобрести следующий вид: «проницаемая трехмерная (пространственная) конструкция из полимерных мононитей и (или) других элементов (синтетических или природных), скрепленных механическим и (или) термическим, и (или) химическим способом».

Geocell (1.2.1.2.4) – Геоячейка.

У термина *honeycomb*, помимо выбранного переводчиком значения «пористый», имеется более точно характеризующее существующие материалы значение «сотовый». Поэтому фразу *honeycomb or similar cellular structure* желательно перевести иначе: «сотовая или подобная ей ячеистая конструкция».

Кроме того, перевод термина *strip* словом «полоса» не совсем удачен, ибо в следующем абзаце фигурирует термин *geostrip*, перевозимый в анализируемом тексте как «геополоса». Таким образом, представляется уместным закончить определение геоячейки так: «...ячеистая конструкция, образованная соединением (скреплением) геополос».

Geostrip (1.2.1.2.5) – Геополоса.

В технике выражения типа «шириной не больше, чем 200 мм» не приняты. Обычно употребляется более лаконичная конструкция «шириной не более 200 мм». Как и в п. 1.2.1, фразу «в геотехнических применениях и гражданском строительстве» желательно заменить на «в геотехническом и гражданском строительстве».

Geospacer (1.2.1.2.6) – Геораспорка.

Замечание по последней строке – то же, что и в п. 1.2.1.2.5.

Geosynthetic barrier (1.2.1.3) – Геосинтетический барьер.

Формально перевод термина правильный. К сожалению, материал с функциями барьера в отечественной терминологии называется мембраной [2]. По-видимому, при переводе следует принять исторически сложившийся термин.

Polymeric geosynthetic barrier (1.2.1.3.1) – Полимерная геосинтетическая мембрана.

Как и в предыдущих случаях, *structure* желательно перевести словом «конструкция». В итоге получим определение «конструкция заводской сборки из геосинтетических материалов в форме листа, который действует как мембрана».

ПРИМЕЧАНИЕ к п. 1.2.1.3.1. С учетом уже высказанных пожеланий перевод этого абзаца должен быть таким: «Функция мембраны, в основном, выполняется полимерами. Мембрана используется в контакте с грунтом и

(или) другими материалами в геотехническом и гражданском строительстве».

К переводу п. 1.2.1.3.2 и п. 1.2.1.3.3 замечания аналогичны высказанным относительно п. 1.2.1.3.1.

Учет вышеперечисленных замечаний позволяет сделать более строгий перевод терминов и определений стандарта как с точки зрения отечественной практики дорожного строительства, так и с точки зрения норм русского языка. Он предложен нами в столбце 3 *табл. 1.1*.

1.3. Особенности интерпретации иностранного научно-технического текста с позиций когнитивно-эвристической теории перевода

Поскольку одной из главных задач работы являлась гармонизация отечественных норм и понятий с терминами и стандартами, принятыми в мировой практике, в первую очередь, с ISO 10318:2005 «Геосинтетика. Термины и определения» [4], данный раздел работы представляется крайне важным. Перевод текста, особенно узкоспециального, представляет собой «активный когнитивный поиск, при проведении которого субъект опирается на свой разнообразный прошлый опыт. В рамках теории речевой деятельности *текст не считается первичным*, а рассматривается как «один из возможных вариантов реализации внутренней смысловой программы его автора» [18]. Соответственно, цель когнитивного поиска «состоит в воссоздании внутренней смысловой программы и единого замысла текста. Важную роль в этом процессе играют индивидуальные знания читателя, обеспечивающие *симпатическое понимание* того, что в тексте непосредственно не дано» [18].

С учетом этих положений современной теории перевода, выбор одного из вариантов перевода слова представляется весьма существенным, и это обстоятельство принято во внимание в предлагаемых формулировках, причем право выбора остается за экспертом, принимающим решение. «Привнесение *субъектом* своих *субъективных* знаний и представлений в процесс понимания текста ряд лингвистов (Бахтин, Масленникова, Горелов) связывают с введенным Нильсом Бором для описания физических явлений *принципом дополнительности*» [18]. М. М. Бахтин писал о диалогических отношениях, которые существуют между автором текста и читателем [18]. Принцип дополнительности обеспечивает определенную свободу интерпретации текста. Различия в субъективных знаниях и представлениях читателей обуславливают и вариативность понимания ими текстов. При этом, однако, свобода интерпретации текста не является безграничной. Поэтому, несмотря на неизбежную вариативность понимания текста, существуют пределы интерпретации. Они определяются исходя из объективных факторов знаний о предмете, описанном в тексте, и общих представлений автора и читателя об окружающей действительности [19].

Процесс понимания текста, как и процесс его написания, имеет многоэтапный «челночный» характер, то есть на каждом этапе этих процессов до-

пустим возврат к предыдущему этапу с целью скорректировать понимание и формулирование.

Объективно признано [19], что отношение между объектом и описывающим его словом не всегда однозначно. Так, наличие такого фактора, как «скрытый смысл», становится явным лишь при наличии у читателя соответствующих фоновых знаний, не имеющих прямого отношения к конкретному тексту.

1.4. Разработка адекватного перевода стандарта ISO 10318:2005

Учитывая вышесказанное, при работе над формулировками в данном пособии было решено выйти за рамки сделанного нами строгого, но формального перевода текста ISO 10318:2005 (см. *табл. 1.1*, столбец 3) с целью получить практически полезные формулировки, не противоречащие «букве и духу стандарта», но при этом опирающиеся на фоновые знания специалистов дорожной отрасли, опыт применения и производства геосинтетики, а также сведения из документов (в первую очередь, ASTM и IGS), используемых в международной практике. Следуя требованиям, сформированным отделом авторских прав ISO, приведем в настоящей работе тот вариант перевода, который, по нашему мнению, *адекватен оригиналу* и не искажает его смысла (см. *табл. 1.1*, столбец 4).

Соответствие перевода оригиналу является крайне серьезной проблемой, особенно в научно-технической сфере. Как следует из современной теории перевода, «переводческая деятельность оказывается возможной при условии наличия у переводчика релевантных для этого вида деятельности знаний. Они включают знания значений единиц двух задействованных в процессе деятельности языков, двух языковых картин мира, фоновые знания и знания контекста. Имеющие общественный характер знания значений и языковых картин мира способствуют тождественности понимания исходного текста, в то время как субъективные фоновые знания и представления, привносимые переводчиком в процессе своей деятельности, обуславливают вариативность понимания исходного текста различными переводчиками» [18].

Априори понятно, что стандарт ISO является руководством к действию и основой для дальнейшей работы. Тем не менее, научная методология предполагает критический анализ любых источников, ибо формальный авторитет в данном случае бессилён. Следует признать, что текст стандарта составлен весьма логично, особенно удачными представляются сокращенные обозначения (аббревиатуры) объектов. Вместе с тем, обнаруживается, что понятия *geotextile* и *geotextile-related product* используются в определениях функций геосинтетики, т. е. еще до того, как им самим были даны определения.

Рассмотрим отдельные термины, описание которых вызывает вопросы, либо замечания. При этом используем широко применяемый в лингвистике

метод словарных дефиниций, состоящий в поиске вариантов значений слова путем определения его через другие слова.

Geotextile-related product (п. 1.2.1.2 в тексте стандарта) – объекты (изделия), отнесенные к геотекстилю.

Planar, permeable polymeric (synthetic or natural) material, which does not comply with the definition of a geotextile.

Составители стандарта относят к данной категории плоские (*planar*) объекты, но, вместе с тем, предлагают включить в нее геоматы (*geomat*), геоячейку (*geocell*) и геораспорку (*geospaser*), в определениях которых присутствует выражение «трехмерный» (*three-dimensional*).

Geogrid (1.2.1.2.1) – Георешетка.

Составители стандарта отмечают, что это конструкция, *consisting of ...elements, which may be linked by extrusion, bonding or interlacing* (состоящая из ... элементов, которые могут быть соединены между собой *экструзией*, склеиванием или переплетением). Совершенно очевидно, что экструзия (выдавливание, прессование, штампование) не является технологией, применимой к текстильным материалам, и экструдированные (штампованные) решетки не следовало бы относить к геотекстилю.

Barrier (1.1.7) – Барьер.

Еще один класс геосинтетики, выделенный в ISO 10318:2005 – это *геосинтетический барьер*. Необходимо отметить следующее:

- в самом тексте ISO термином «барьер» одновременно описывается и функция, и материал, что само по себе не очень удачно;
- в отечественной терминологии функции «барьер» соответствует понятие «гидроизоляция», которое решено сохранить в предлагаемом переводе;
- к материалам, подпадающим под определение «барьер» в ISO, в отечественной терминологии применяется понятие «мембраны», которое решено сохранить в предлагаемом переводе.

2. ТЕРМИНЫ, АББРЕВИАТУРЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Первые усилия при разработке знания должны быть направлены на дело классификации.

С. Джевонс [20]

2.1. Основные принципы классифицирования объектов

На основании международных стандартов [4], [7], [10] и с учетом опыта дорожного строительства можно дать следующее определение: **геосинтетические материалы** (*geosynthetics, GSY*) – это материалы из синтетических или природных полимеров, органических веществ, контактирующие с грунтом или другими средами, применяемые в строительстве.

В общественном сознании слово «синтетика» ассоциируется, прежде всего, с текстилем из синтетических нитей (полиамидных, полиэфирных и т. д.), получаемых из высокомолекулярных соединений (полимеров). На самом же деле, понятие «синтетические материалы» охватывает весьма широкий круг объектов различного происхождения, и многие из них используются для изготовления строительных материалов и изделий [21]. Так, достаточно часто в качестве геосинтетических применяются материалы, получаемые из неорганических высокомолекулярных соединений, к которым относят кремнезем, кварц, силикаты, алюмосиликаты, слюду, асбест, тальк и глины [22]. Их промышленная переработка позволяет получать неорганические полимерные материалы – синтетические (например, стекловолокно) и искусственные (например, базальтовое волокно). Органические природные полимеры используются в строительстве гораздо реже, хотя джут и лен (как правило, тех сортов, которые непригодны для одежды и бытового текстиля) получили определенное распространение в рассматриваемой нами сфере. В настоящее время ассортимент геосинтетических материалов превышает 400 наименований [5], и задача их строгого научного классифицирования представляется крайне важной.

Общепризнано [20], что науки начинаются с классификации: средневековые минералогия, зоология, ботаника, география немногим ушли дальше от простого коллекционирования фактов. Они превратились в науку только после того, как упомянутое коллекционирование приобрело систематичность благодаря классификации. Именно она позволила перейти к сравнительным описаниям и диагностике в целях поиска более глубоких зависимостей между явлениями и объектами.

Классификация (от лат. *classis* – разряд, группа и *facio* – делаю) – распределение объектов по группам на основе их родства [23]. Под классифицированием понимают логическую операцию, состоящую в разделении всего множества предметов по обнаруженным сходствам и различиям на отдельные группы, или подчиненные множества, называемые классами.

К настоящему времени известен целый ряд классификаций текстильных, геотекстильных и геосинтетических материалов. И это не удивительно, поскольку при создании системы знаний об объекте каждый специалист имеет право расположить предметы по какому-то признаку. Поскольку у любого объекта имеется множество признаков, то неизбежно возникает возможность создания множества классификаций. Однако требуется разработать систему, одинаково ясную и понятную для всех специалистов, занятых производством, испытанием, применением геосинтетических материалов. Она должна позволять наиболее эффективно сопоставлять разные виды геосинтетики и прогнозировать их продуктивное применение.

В основу процесса классифицирования любых объектов закладывается *деление объема понятия* – логическая процедура, в результате которой объем родового понятия, отображающего класс предметов, делится на видовые по-

нения, отображающие виды данного класса предметов. Понятие, которое делится, называется *делимым* (от лат. *totum dividendum*), а видовые понятия, получаемые в результате деления – *членами деления* (от лат. *membra divisionis*). Признак, по которому производится деление объема понятия, называется *основанием деления* (от лат. *fundamentum divisionis*) [24].

Каждое родовое понятие можно делить по многим основаниям, так как классы предметов имеют много признаков. Выбор основания деления диктуется целями создания классификации. Для того, чтобы деление объема понятия имело практическую ценность, в качестве основания деления необходимо брать не случайный, а **существенный признак**.

Особым приемом деления объема понятия является двухчленное деление на два противоречащих видовых понятия, или *дихотомия*. Однако дихотомия не всегда применима к многообразию реальных объектов: так, деление на «волокнуистые материалы» и «неволокнуистые материалы» априори неинформативно по отношению ко второму из членов деления.

В процессе деления объема понятия следует соблюдать четыре правила:

1) *каждое деление должно производиться по одному и тому же основанию*. Так, нельзя разделить объем понятия «металл» на видовые понятия «легкий металл», «цветной металл», «щелочной металл», так как при таком делении взяты разные основания, т. е. признаки;

2) *члены деления должны взаимно исключать друг друга*. Поэтому объемом понятия «число» нельзя разделить на видовые понятия «целое число» и «отрицательное число». Подобное деление называлось бы *сбивчивым* или *перекрестным*, так как целое число может быть и отрицательным;

3) *члены деления должны быть ближайшими видами делимого понятия*. Например, нельзя разделить объем понятия «небесное тело» на видовые понятия «звезда», «комета» и «Марс». В приведенном примере совершена ошибка, называемая *скачком в делении*. Понятие «Марс» является ближайшим видом понятия «планета», а не «небесное тело»;

4) *объем всех членов деления должен равняться объему делимого понятия*. Например, нельзя разделить объем понятия «высшее учебное заведение» на «университет» и «институт», пропустив видовое понятие «академия».

2.2. Типы геосинтетических материалов

При разработке общей классификации геосинтетических материалов было решено разделить их по следующим основаниям:

тип – определяется природой объекта;

класс – определяется технологией получения и макроструктурой объекта;

вид – определяется конкретной реализацией технологии, обуславливающей существенные особенности строения объекта.

Анализ многообразия геосинтетических материалов показал, что они могут быть отнесены к одному из трех типов (рис. 2.1).

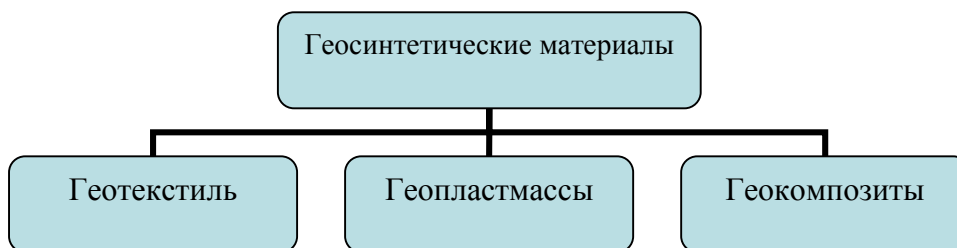


Рис. 2.1. Типы геосинтетических материалов

Геотекстиль, ГТ (*geotextile*, GXT) – материалы из синтетического или природного полимера, получаемые по текстильной технологии, контактирующие с грунтом или другими средами, применяемые в строительстве.

Текстильные технологии [25] позволяют получать материалы (рис. 2.2) с очень разными свойствами из одного и того же сырья. Текстильные материалы из одних и тех же волокон или нитей могут иметь хаотичную, ориентированную или усиленную структуру, что и определяет их свойства и возможности дальнейшего его применения.



Рис. 2.2. Геотекстиль

Геопластмассы, ГП (*geoplastics, GPL*) – материалы, получаемые методом экструзии или вспенивания расплава синтетического полимера, или скреплением полимерных полос, контактирующие с грунтом, применяемые в строительстве (рис. 2.3).

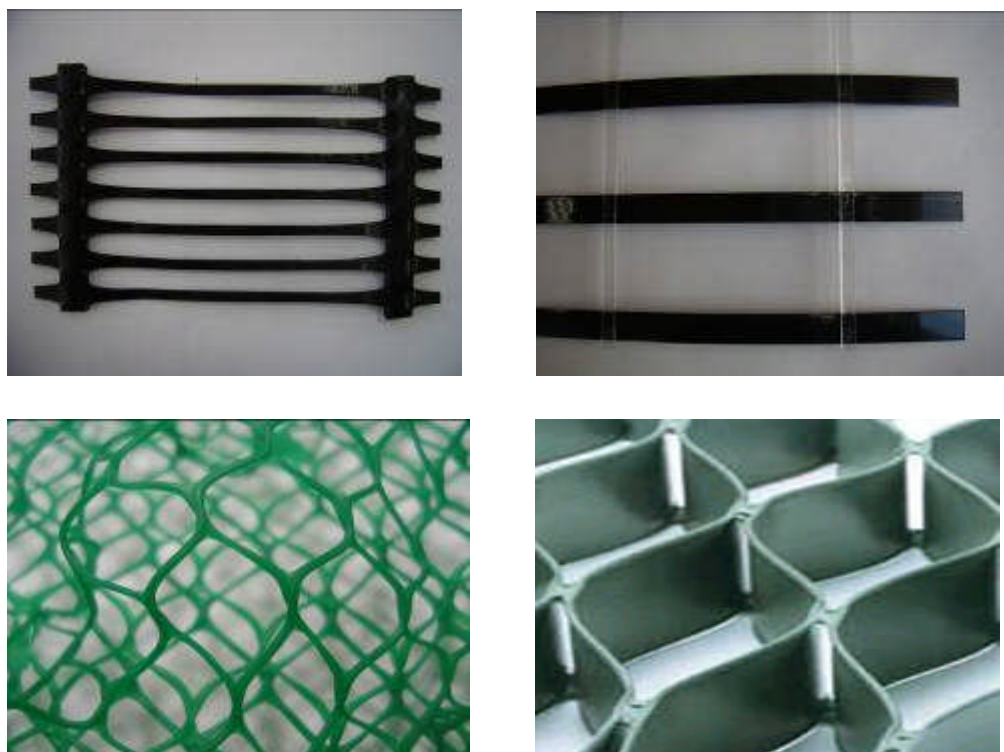


Рис. 2.3. Геопластмасса

Геокомпози́ты, ГК (*geocomposites, GCO*) – упрочненные композиционные материалы, состоящие из полимерной (синтетической или натуральной) непрерывной матрицы, выполняющей роль связующего все компоненты материала, и армирующего компонента.

Согласно современным представлениям о конструкционных материалах [15], любой композит является однородным в макромасштабе и неоднородным в микромасштабе (компоненты различаются по свойствам, между ними существует явная граница раздела, но разделить их без разрушения невозможно). В инженерной практике композиты делят на дисперсно-упрочненные (например, бетон) и волокнистые (например, текстолит). В любом композите один компонент, обладающий непрерывностью по всему объему, называется матрицей, а другой (другие) – армирующим [16]. Матрица должна быть действительно непрерывной и объединять все компоненты материала. Поясним сущность строения композита на примере из смежной сферы инженерной деятельности: древесно-стружечная плита (ДСП), т. е. стружка, склеенная в единый блок или лист, является композитом, прорезиненная ткань – тоже, а стеганое одеяло – нет. Наверное, самый древний из композитов – фанера

(слои шпона, проклеенные связующим): упомянутые слои видны, но расслоить фанеру без разрушения обоих компонентов невозможно. Отсюда вытекает, что понятию «геокомпозит» соответствует, например, сплошной волокнистый материал, пропитанный каким-либо полимером (рис. 2.4). Важно иметь в виду, что компоненты, составляющие композит, при взаимодействии друг с другом изменяют свои индивидуальные свойства и характеристики, а композит в целом приобретает качественно иные свойства, не присущие его составляющим.

Необходимо отметить, что часто геокомпозитами называют просто многослойные материалы, причем каждый слой в них выполняет свою собственную функцию и его присутствие не оказывает сколько-нибудь существенного влияния на свойства соседнего слоя (рис. 2.5).



Рис. 2.4. Геокомпозит (геомембрана композиционная)

Применительно к настоящему геокомпозиту вопрос о том, какую функцию (см. табл. 1.1) в нем выполняет какой-либо компонент не имеет смысла, ибо композит – целостный материал, а не конструкция из самостоятельных элементов. В теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) [26] многослойные материалы должны быть отнесены к частично свернутым бисистемам, а композиты – к полностью свернутым бисистемам.



Рис. 2.5. Многослойные материалы, не являющиеся композитами

2.3. Классы геосинтетических материалов

Внутри каждого типа могут быть выделены классы, объединяющие материалы, различающиеся технологией получения и макроструктурой. Как отмечалось выше, **геотекстиль** – это материалы из синтетического или природного полимера, получаемые по текстильной технологии, контактирующие с грунтом или другими средами, применяемые в строительстве. Структура материала, в первую очередь, определяется технологией его производства, и в соответствии с этим традиционно выделяют четыре класса текстильных материалов – тканые, вязаные (трикотажные), плетеные и нетканые [25]. Руководствуясь этими сведениями, разделим геотекстиль на аналогичные классы (рис. 2.6).

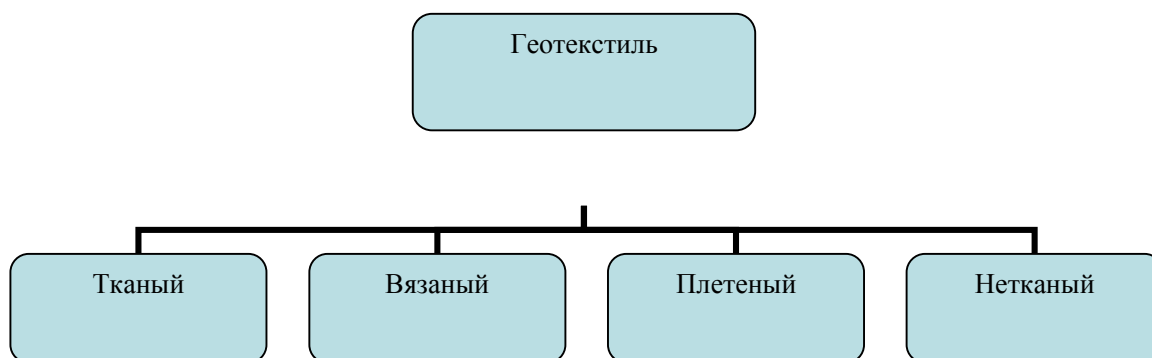


Рис. 2.6. Классы геотекстиля

Можно дать следующие определения классов геотекстильных материалов:

геотекстиль тканый, ГТ-ТК (*geotextile woven, GTX-W*) – геосинтетический материал, полученный по технологии ткачества (*рис. 2.7*);



Рис. 2.7. Геотекстиль тканый

геотекстиль вязаный, ГТ-ВЗ (*geotextile knitted, GTX-K*) – геосинтетический материал, полученный по технологии трикотажа (*рис. 2.8*);



Рис. 2.8. Геотекстиль вязаный

геотекстиль плетеный, ГТ-ПТ (*geotextile braided, GTX-B*) – геосинтетический материал, полученный по технологии плетения (*рис. 2.9*);

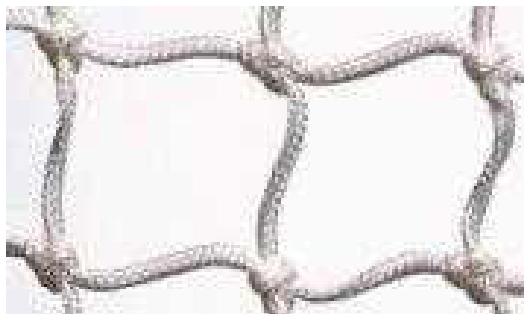


Рис. 2.9. Геотекстиль плетеный

геотекстиль нетканый, ГТ-НТ (*geotextile nonwoven, GTX-N*) – геосинтетический материал, полученный по технологии нетканых текстильных материалов (*рис. 2.10*);



Рис. 2.10. Геотекстиль нетканый

В свою очередь, **геопластмассы** в соответствии с технологией производства и макроструктурой получаемого материала [15] могут быть разделены на три класса (*рис. 2.11*).

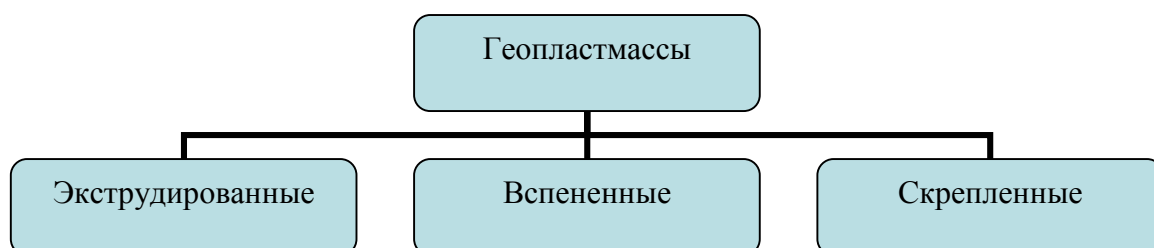


Рис. 2.11. Классы геопластмасс

Можно дать следующие определения классов геопластмасс:

геопластмассы экструдированные, ГП-Э (*geoplastics extruded, GPL-E*) – материалы, получаемые методом экструзии синтетического полимера (*рис. 2.12*);



Рис. 2.12. Геопластмассы экструдированные

геопластмассы вспененные, ГП-ВС (*geoplastics foamed, GPL-FO*) – материалы, получаемые методом вспенивания синтетического полимера (рис. 2.13);



Рис. 2.13. Геопластмассы вспененные

геопластмассы скрепленные, ГП-СК (*geoplastics consolidated, GPL-C*) – материалы, получаемые методом химического, термического скрепления полос из синтетического полимера (рис. 2.14);



Рис. 2.14. Геопластмассы скрепленные

Третий тип геосинтетических материалов – **геокомпозиты** – в соответствии с теми же принципами [15] может быть разделен на два класса (рис. 2.15).

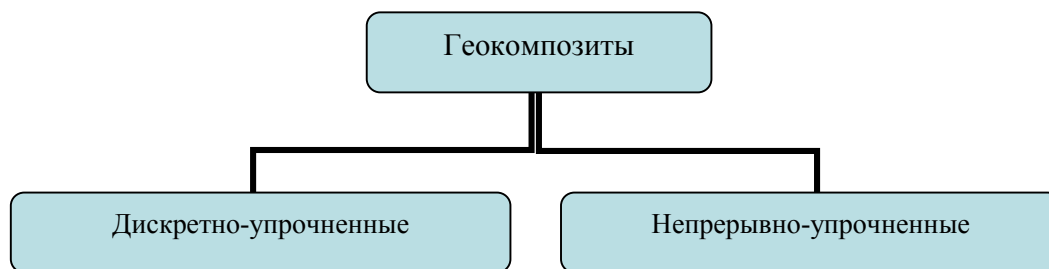


Рис. 2.15. Классы геокомпозитов

На основании современных представлений о технологии композиционных материалов [15] приходим к следующим определениям:

геокомпозиты дискретно-упрочненные, ГК-ДУ (*geocomposites discontinuously reinforced, GCO-DR*) – геокомпозиционные материалы, состоящие из полимерной (синтетической или натуральной) непрерывной матрицы, выполняющей роль связующего все компоненты материала, и армирующего компонента в виде отдельных хаотично распределенных волокон, нитей или иных дискретных включений. Характерным представителем этого класса геокомпозитов является глиномат – волокнистая конструкция, заполненная глиной и формирующаяся при первом ее намокании (рис. 2.16);



Рис. 2.16. Геокомпозит дискретно-упрочненный

геокомпозиты непрерывно-упрочненные, ГК-НУ (*geocomposites continuously reinforced, GCO-CR*) – геокомпозиционные материалы, состоящие из полимерной (синтетической или натуральной) непрерывной матрицы, выполняющей роль связующего все компоненты материала, и армирующего компонента в виде текстильного полотна или ориентированных нитей (рис. 2.17);



Рис. 2.17. Геокомпозит непрерывно-упрочненный

2.4. Виды геосинтетических материалов

2.4.1. Базовые термины

Как отмечалось выше, класс объединяет различные **виды** материалов. Однако прежде, чем приступить к описанию последних, необходимо на основании международных норм [4], [7], [10] и практики дорожного строительства дать определения базовым терминам, которые будут в дальнейшем использоваться при формировании названий видов геосинтетических материалов.

Геополотно, ГП (*geofabric, GF*): сплошной геосинтетический материал, образованный из волокон, нитей, пряжи, лент по текстильной технологии (*рис. 2.18*).



Рис. 2.18. Геополотно

Геомат, ГМА (*geomat, GMA*): проницаемая пространственная конструкция из полимерных мононитей и/или других элементов (синтетических или природных), скрепленных механическим и (или) термическим и (или) химическим или другими способами (*рис. 2.19*).



Рис. 2.19. Геомат

Геомембрана, ГМ (*geomembrane, GM*): геосинтетический материал, предназначенный для полной или частичной гидроизоляции (*рис. 2.20*).

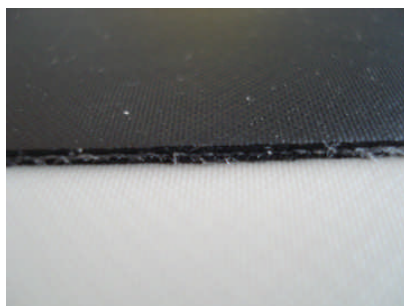


Рис. 2.20. Геомембрана

Геополоса, ГПС (*geostripe, GST*): узкий геосинтетический материал, имеющий технологически оформленные кромки или получаемый путем вырезания из геосинтетического материала большей ширины (*рис. 2.21*).



Рис. 2.21. Геополоса

Георешетка, ГР (*geogrid*, GGR): плоский геосинтетический материал, имеющий сквозные ячейки правильной стабильной формы, размер которых превышает толщину ребер, образованный путем экструзии, склеивания, термоскрепления или переплетения ребер, противостоящий растяжению (внешним нагрузкам) и выполняющий роль усиления конструкции (*рис. 2.22*).



Рис. 2.22. Георешетки

Геосетка, ГС (*geonet*, GNT): геосинтетический материал, имеющий сквозные ячейки лабильной формы, размеры которых превышают толщину ребер, образованный путем экструзии или переплетением ребер (*рис. 2.23*).



Рис. 2.23. Геосетки

Первые георешетки и геосетки были изготовлены из пластмасс. В работах [27] и [28] отмечается, что различия между этими объектами во многом определяются не только технологией производства, но и историей возникновения конструкции и тем применением, ради которого она производится. Так, геосетки произошли от тонких легких пластмассовых сеток, которые можно часто видеть в магазинах в качестве фасовочной тары для овощей и фруктов (*рис. 2.24*).



Рис. 2.24. Вязаная сетка

Дальнейшее утолщение образующих сетку элементов (ребер) привело к созданию довольно жестких и прочных сеток с заметной толщиной, которая создает большую пористость такой конструкции, и структура геосетки позволяет ей эффективно дренировать жидкость в плоскости материала. Поэтому *геосетки* предназначены преимущественно для *дренирования*, в то время как *георешетки* – главным образом, для *армирования*. Геосетки – материалы, не предназначенные для силового нагружения. Они могут иметь довольно значительную прочность при растяжении, но при этом их структура весьма лабильна (их ячейки легко меняют форму). Получаемые по технологии плетения [29] или вязания [30], геосетки могут сочетать высокую прочность с высокой растяжимостью (рис. 2.24).

Георешетки, напротив, призваны быть несущей конструкцией, а значит, должны иметь и высокую прочность, и малую растяжимость. Эти требования, диктуемые применением георешеток в качестве армирующего материала, распространяются на все три варианта выпускаемых сейчас решеток. *Первый вариант* – это штампованные георешетки, получаемые из полимерного листа, в котором пробиваются сквозные ячейки, а затем заготовки вытягиваются (ориентируются) в одном или двух направлениях. Именно такие материалы были первыми георешетками, и последующие опыты в данной области были призваны воспроизвести такую конструкцию, но придать ей какие-либо дополнительные свойства. Так, весьма удачной оказалась попытка фирмы ICI (Великобритания) изготовить в 1980 г. *второй вариант* георешетки – тканую георешетку. Согласно этой технологии, из комплексных синтетических нитей на ткацком станке получают некое подобие решетки, в которой продольные и поперечные ребра соединены ткацким переплетением. Затем тканый полуфабрикат подвергается пропитке битумом, латексом или поливинилхлоридом (ПВХ). Это необходимо для предотвращения возможности смещения точек пересечения ребер, перекосов структуры и т. д. Прочность и растяжимость определяется не столько пропиткой, сколько свойствами нитей. Впоследствии появились вязаные георешетки, получаемые на основовязальных машинах с механизмами прокладки утка по всей ширине игольницы, и менее чувстви-

тельные к нагрузкам, не совпадающим с геометрическими осями материала (т. е. с ребрами). *Третий вариант* георешеток образуется из полимерных лент, скрепленных в точках пересечения лазером, ультразвуком, термофиксацией.

Весьма близки к геосеткам и георешеткам трехмерные материалы, также состоящие из ячеек (*geocell* [4]). В русской строительной терминологии этот термин еще не оформился окончательно (такие материалы называют пространственными георешетками, объемными георешетками, геоячейками и др.). Согласно словарю [13], английское слово *cell* имеет следующие значения: клетка, камера, сота, секция, отсек, ячейка. Одной из важнейших функций *geocell* является *защита* склонов от поверхностной эрозии, что осуществляется путем заполнения грунтом ячеек этого материала. То есть имеет место явление, аналогичное наблюдаемому в пчелиных сотах, которые заполняются медом и имеют ячейки правильной формы и высоты. Принимая во внимание функции объекта и его строение, представляется рациональным перевести *geocell* как *геосотовый материал*. Отсюда вытекает следующее определение:

геосотовый материал, ГСТ (*geocell*, GCE) – пространственная конструкция, имеющая сквозные ячейки, образованная из геополос, соединенных в перпендикулярной плоскости относительно плоскости материала, высота ребер которого соизмерима с размером ячейки (*рис. 2.25*).

Поскольку геосотовый материал предназначен для защиты, прочность и растяжимость для него не очень важны. Более того, наиболее распространенные геосотовые материалы образованы из геополос, скрепленных в шахматном порядке, и транспортируются в сложенном виде, а на месте укладки растягиваются подобно «гармошке» и фиксируются на грунте различными видами крепежа.



Рис. 2.25. Геосотовый материал

Отметим, что ISO 10318:2005 [4] регламентирует *плоское* строение *георешеток*, *объемное* строение *геосотовых материалов*, но не оговаривает этот параметр для геосеток. Это лишний раз доказывает, что пространственное строение геосетки зависит от технологии ее получения, и ребра могут придавать материалу объемность, но могут и не производить этого эффекта.

Геоплита, ГПЛ (geoplate, GP) – материал, получаемый методом экструзии, вспенивания синтетического полимера или по технологии изготовления композитов, применяемый в дорожных конструкциях.

Геооболочка, ГОБ (geocase, GCS) – емкость из геосинтетического материала для заполнения грунтом или другими строительными материалами, создающая замкнутый объем.

2.4.2. Виды тканого геотекстиля

Отличительной особенностью тканых материалов является высокая плотность при сравнительно небольшой толщине. Плотность определяется числом продольных нитей основы и поперечных нитей утка, приходящихся на единицу длины. Это обстоятельство ценно для сплошных полотен (геополотен), которые сочетают малую пористость с невысокой поверхностной плотностью (материалоемкостью). Однако следует учитывать, что плотность тканых структур (рис. 2.26) можно изменять лишь в сравнительно узких пределах: тканые материалы (рис. 2.27) существуют только за счет трения между нитями, и ослабление межниточного контакта неизбежно ведет к получению неустойчивой структуры. Следствием этого могут быть перекосы, нестабильность ширины рулона, неравномерность по поверхностной плотности.

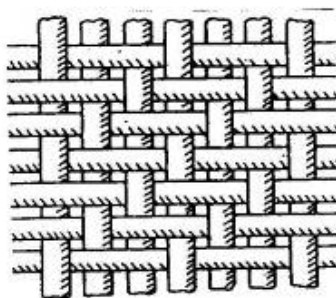


Рис. 2.26. Структура тканого материала

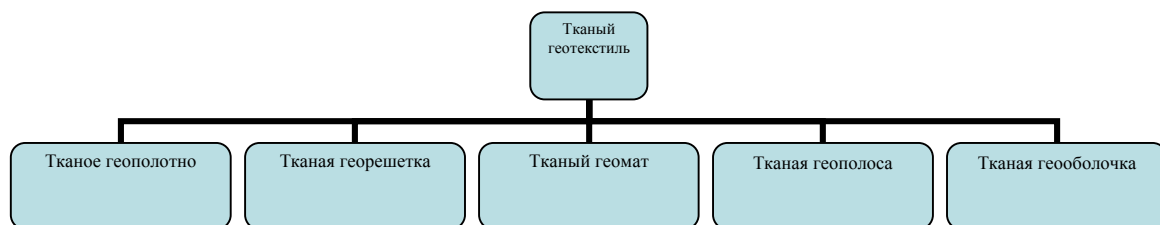


Рис. 2.27. Схема видов геотекстиля тканого

Класс тканого геотекстиля можно разделить на пять видов (*рис. 2.27*) и дать им следующие определения с учетом рекомендаций стандарта [4] (см. *табл. 1.1*) и значений базовых терминов (см. п. 2.3.1).

Геополотно тканое, ГП-ГТ-ТК (*geofabric woven, GF-W*) – сплошной геотекстильный материал, образованный нитями основы и утка ткацким переплетением (*рис. 2.28*).



Рис. 2.28. Геополотно тканое

Георешетка тканая, ГР-ГТ-ТК (*geogrid woven, GGR-W*) – георешетка, образованная нитями основы и утка ткацким переплетением. Тканый полуфабрикат обычно пропитывается битумом или аналогичным составом и в итоге материал приобретает вид, представленный на *рис. 2.29*.



Рис. 2.29. Георешетка тканая

Геомат тканый, ГМА-ГТ-ТК (*geomat woven, GMA-W*) – проницаемая пространственная конструкция из полимерных нитей, скрепленных ткацким переплетением.

Геополоса тканая, ГПС-ГТ-ТК (*geostripe woven, GST-W*) – узкое геополотно, образованное нитями основы и утка ткацким переплетением, с нераспускающимися кромками.

Геооболочка тканая, ГОБ-ТК (*geocase woven, GCS-W*) – емкость из тканого геотекстиля для заполнения грунтом или другими строительными материалами, создающая замкнутый объем.

2.4.3. Виды геотекстиля вязаного

Вязаные материалы отличаются большим разнообразием, но в строительстве применяются, главным образом, полотна, усиленные прокладыванием продольных и поперечных уточных нитей. По сути дела, усиленные вязаные материалы представляют собой системы нитей основы и утка, дополнительно скрепленные между собой грунтовыми нитями, образующими трикотажное основовязаное переплетение (рис. 2.30).

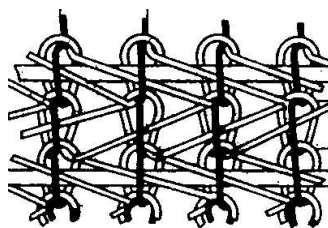


Рис. 2.30. Структура вязаного материала

Класс геотекстиля вязаного можно разделить на шесть видов (рис. 2.31) и дать им следующие определения с учетом рекомендаций стандарта [4] (см. табл. 1.1) и значений базовых терминов (см. п. 2.3.1).

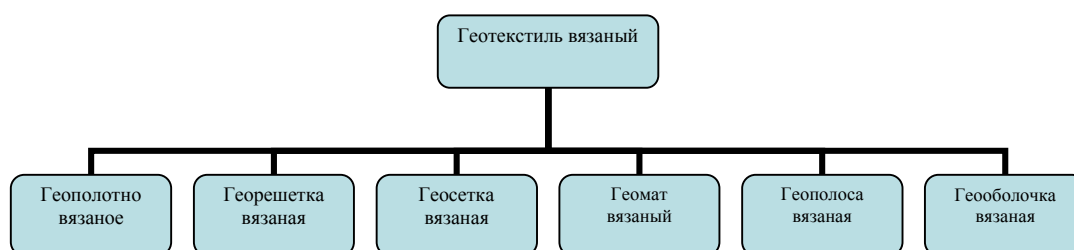


Рис. 2.31. Схема видов геотекстиля вязаного

Геополотно вязаное, ГП-ГТ-ВЗ (*geofabric knitted, GF-K*) – сплошной геотекстильный материал, образованный трикотажным переплетением одной или многими нитями (рис. 2.32).



Рис. 2.32. Геополотно вязаное

Георешетка вязаная, ГР-ГТ-ВЗ (*geogrid knitted*, GGR-K) – георешетка, образованная системами продольных и поперечных уточных нитей, связанных между собой трикотажным переплетением.

Георешетки вязаные (рис. 2.33) несколько тяжелее и дороже тканых (см. рис. 2.29), но обладают значительно большей формоустойчивостью [31], поскольку вертикальные и горизонтальные нити надежно соединены (см. рис. 2.30).



Рис. 2.33. Георешетка вязаная

Геосетка вязаная, ГС-ГТ-ВЗ (*geonet knitted*, GNT-K) – геосетка, образованная трикотажным переплетением одной или многими нитями (рис. 2.34).



Рис. 2.34. Геосетка вязаная

Геомат вязаный, ГМА-ГТ-ВЗ (*geomat knitted*, GMA-K) – проницаемая пространственная конструкция из полимерных нитей, скрепленных трикотажным переплетением.

Геополоса вязаная, ГПС-ГТ-ВЗ (*geostripe knitted*, GST-K) – узкое геополотно, образованное трикотажным переплетением одной или многими нитями, с нераспускающимися кромками.

Геооболочка вязаная, ГОБ-ВЗ (*geocase knitted*, GCS-K) – емкость из вязаного геотекстиля для заполнения грунтом или другими строительными материалами, создающая замкнутый объем.

2.4.4. Виды геотекстиля нетканого

Геотекстиль нетканый был первым классом геосинтетических материалов, получившим широкое распространение. В нашей стране он применяется в дорожном хозяйстве с 1973 года, когда было налажено серийное производство нетканого геополотна «Дорнит», имевшего ширину 180 см и активно использовавшегося на Крайнем Севере. Нетканые материалы составляют около 70 % всего геотекстиля, и это неудивительно: уникальное сочетание объемности, воздухопроницаемости, капиллярности, способности к эффективной сорбции и десорбции наряду с достаточной прочностью при относительно невысокой цене – вот основные причины незаменимости нетканого геотекстиля в дорожном строительстве. Технология нетканых материалов [25] позволяет получать как полотна с высокой объемностью (механически скрепленные), так и абсолютно тонкие, практически пленочные структуры минимальной поверхностной плотности (термоскрепленные и др.).

Класс геотекстиля нетканого можно разделить на пять видов (*рис. 2.35*) и дать им следующие определения с учетом рекомендаций стандарта [4] (*см. табл. 1.1*) и значений базовых терминов (*см. п. 2.3.1*).

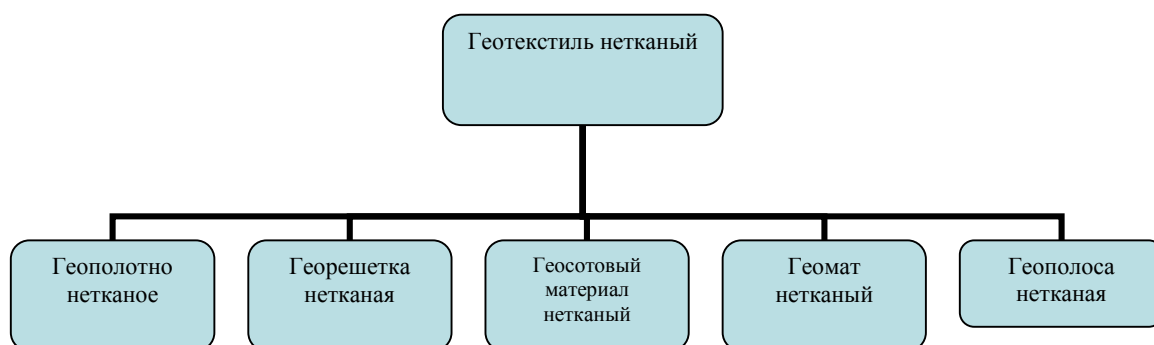


Рис. 2.35. Схема видов геотекстиля нетканого

Геополотно нетканое, ГП-ГТ-НТ (*geofabric nonwoven*, GF-N) – сплошной геотекстильный материал, образованный из ориентированных или хаотично расположенных волокон или нитей, скрепленных механическим, физико-химическим, термическим или комбинированным способом (рис. 2.36).

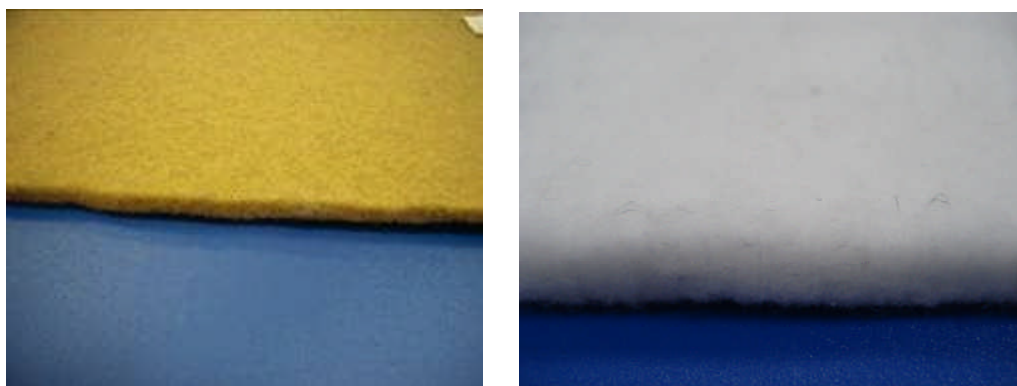


Рис. 2.36. Геополотна нетканые

Георешетка нетканая, ГР-ГТ-НТ (*geogrid nonwoven*, GGR-N) – георешетка, образованная склеиванием систем нитей.

Геосотовый материал нетканый, ГСТ-ГТ-НТ (*geocell nonwoven*, GCE-N) – пространственная конструкция, имеющая сквозные ячейки, образованная из текстильных нетканых геополос, соединенных в перпендикулярной плоскости относительно плоскости материала, высота ребер которого соизмерима с размером ячейки (рис. 2.37).



Рис. 2.37. Геосотовый материал нетканый

Геомат нетканый, ГМА-ГТ-НТ (*geomat nonwoven*, GMA-N) – проницаемая трехмерная конструкция из нитей, волокон, хаотично скрепленных по технологии нетканых материалов.

Геополоса нетканая, ГПС-ГТ-НТ (*geostripe nonwoven*, GST-N) – узкое геополотно, образованное по технологии нетканых материалов, или вырезанное из нетканого геополотна большей ширины.

2.4.5. Виды геотекстиля плетеного

Надо признать, что геотекстиль плетеный применяется гораздо реже, чем три описанных выше класса – тканый, вязаный и нетканый. Сравнительно невысокая производительность плетельного оборудования [29] обуславливает и достаточно высокую цену получаемых материалов. Тем не менее, они имеют структуру (один из вариантов представлен на *рис. 2.38*), принципиально отличающую их от прочих классов геотекстиля, а следовательно, и особые свойства. Поэтому геотекстиль плетеный занимает определенную нишу в ассортименте геосинтетических материалов.

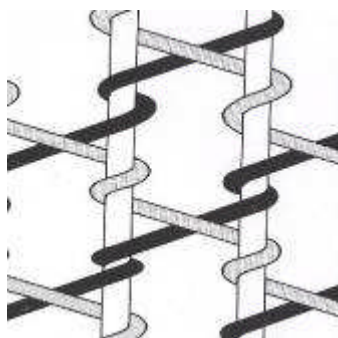


Рис. 2.38. Структура плетеного материала

Класс геотекстиль плетеный можно разделить на два вида (*рис. 2.39*) и дать им следующие определения с учетом рекомендаций стандарта [4] (см. *табл. 1.1*) и значений базовых терминов (см. п. 2.3.1).

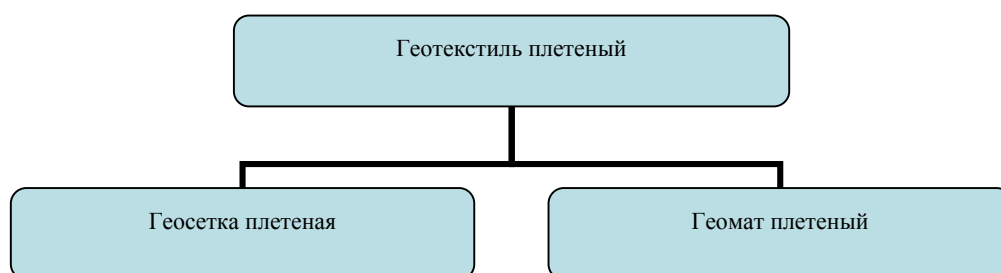


Рис. 2.39. Схема видов геотекстиля плетеного

Геосетка плетеная, ГС-ГТ-ПТ (*geonet braided*, GNT-B) – геосетка, получаемая по технологии плетения (см. *рис. 2.9*).

Геомат плетеный, ГМА-ГТ-ПТ (*geomat braided*) – геотекстильный плетеный материал, предназначенный для борьбы с эрозией поверхностей.

2.4.6. Виды геопластмасс экструдированных

Экструзией называют процесс выдавливания расплава полимера, который при застывании образует весьма жесткий материал. В процессе затвердевания заготовка может вытягиваться в одном или двух направлениях, и получаемый материал называется, соответственно, одноосно-ориентированным или двухосно-ориентированным. Класс геопластмасс экструдированных можно разделить на пять видов (рис. 2.40) и дать им следующие определения с учетом рекомендаций стандарта [4] (см. табл. 1.1) и значений базовых терминов (см. п. 2.3.1).

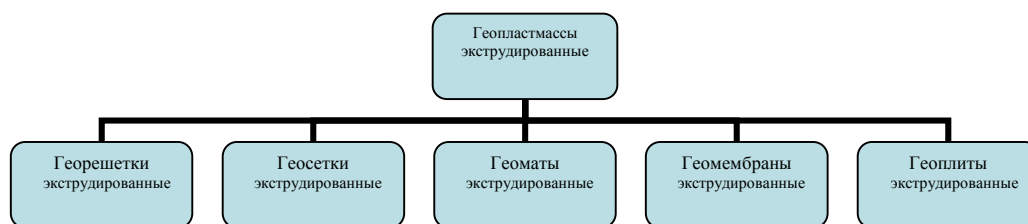


Рис. 2.40. Схема видов геопластмасс экструдированных

Георешетка пластмассовая экструдированная, ГР-ГП-Э (*geogrid extruded, GGR-E*) – плоская конструкция из синтетического полимера, получаемая экструзией, ориентированная в одном или нескольких направлениях, имеющая сквозные ячейки, размеры которых превышают толщину ребер (рис. 2.41).



Рис. 2.41. Георешетка пластмассовая экструдированная

Геосетка пластмассовая экструдированная, ГС-ГП-Э (*geonet extruded, GNT-E*) – конструкция из синтетического полимера, получаемая методом экструзии, имеющая сквозные ячейки (рис. 2.42).



Рис. 2.42. Геосетка пластмассовая экструдированная

Геомат пластмассовый экструдированный, ГМА-ГП-Э (*geomat extruded, GMA-E*) – пространственная конструкция из полимерных мононитей и других синтетических экструдированных элементов, соединенных термическим или химическим способом (см. *рис. 2.19*).

Геомембрана пластмассовая экструдированная, ГМ-ГП-Э (*geomembrane extruded, GM-E*) – пленка из синтетического полимера, предназначенная для гидроизоляции.

Геополоса пластмассовая экструдированная, ГПС-ГП-Э (*geostripe extruded, GST-E*) – лента из синтетического полимера, получаемая методом экструзии и предназначенная для дискретного армирования или как полуфабрикат в производстве геосотовых материалов (см. *рис. 2.21*).

Геоплита экструдированная, ГПЛ-ГП-Э (*geoplate extruded, GP-E*) – геоплита из синтетического полимера, получаемая методом экструзии.

2.4.7. Виды геопластмасс вспененных

Вспенивание расплава полимера позволяет значительно увеличить его объем, придавая получаемому материалу пониженную плотность и хорошие теплоизоляционные свойства. В настоящее время этот класс геосинтетических материалов представлен лишь одним видом, но весьма востребованным – геоплитами.

Геоплита вспененная, ГПЛ-ГП-ВС (*geoplastic foamed, GPL-FO*) – геоплита, получаемая методом вспенивания синтетического полимера (см. *рис. 2.13*).

2.4.8. Виды геопластмасс скрепленных

Класс геопластмасс скрепленных можно разделить на два вида (*рис. 2.43*) и дать им следующие определения с учетом рекомендаций стандарта [4] (см. *табл. 1.1*) и значений базовых терминов (см. п. 2.3.1).

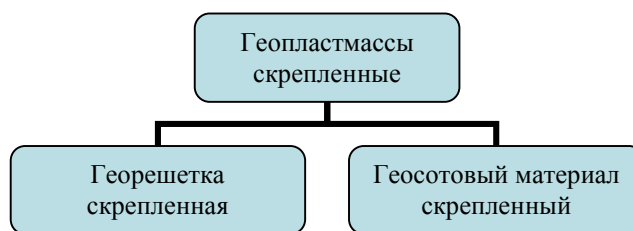


Рис. 2.43. Схема видов геопластмасс скрепленных

Георешетка пластмассовая скрепленная, ГР-ГП-СК (*geogrid consolidated, GGR-C*) – георешетка из синтетического полимера, получаемая склеиванием, термоскреплением или сваркой геополос (рис. 2.44).



Рис. 2.44. Георешетка пластмассовая скрепленная

Геосотовый материал пластмассовый скрепленный, ГСТ-ГП-СК (*geocell consolidated, GCE-C*) – геосотовый материал из синтетического полимера, получаемый склеиванием, термоскреплением или сваркой геополос (см. рис. 2.25).

2.4.9. Виды геокомпозитов дискретно-упрочненных

Эти материалы, как правило, формируются непосредственно в процессе строительства и приобретают свои свойства при взаимодействии со средой. Класс геокомпозитов дискретно-упрочненных можно разделить на два вида (рис. 2.45) и дать им следующие определения с учетом значений базовых терминов (см. п. 2.3.1).

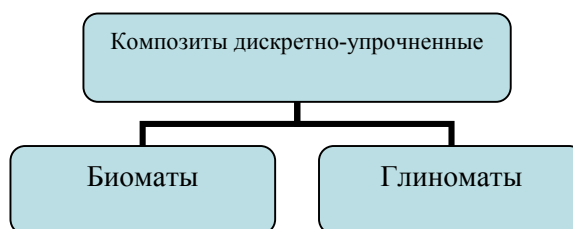


Рис. 46. Схема видов геокомпози́тов дискретно-упрочненных

Биомат, БИОМА-ГК-ДУ (*biomat*, BM) – проницаемая дискретно-упрочненная пространственная конструкция из полимерных мононитей, волокон и других элементов, содержащая в своей структуре семена растений.

Глиномат ГЛМА-ГК-ДУ (*claymat*, GMA-CL) – дискретно-упрочненная конструкция, заполненная глиной и формирующаяся при первом ее намокании (см. *рис. 2.16*).

2.4.10. Виды геокомпози́тов непрерывно-упрочненных

В отличие от геокомпози́тов дискретно-упрочненных, это материалы фабричного производства. Класс геокомпози́тов непрерывно-упрочненных можно разделить на четыре вида (*рис. 2.46*) и дать им следующие определения с учетом значений базовых терминов (см. п. 2.3.1).

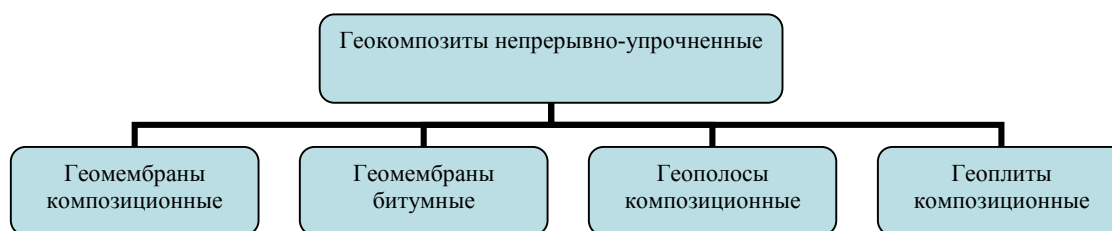


Рис. 2.46. Схема видов геокомпози́тов непрерывно-упрочненных

Геомембрана композиционная, ГМ-ГК-НУ (*geomembrane composite*, GM-C) – пленка из синтетического полимера, непрерывно-упрочненная геотекстилем, предназначенная для гидроизоляции (*рис. 2.4*).

Геомембрана битумная, ГМБИТ-ГК-НУ (*geomembrane bituminous*, GM-BIT) – битумная пленка, непрерывно-упрочненная геотекстилем, предназначенная для гидроизоляции.

Геополоса композиционная, ГПС-ГК-НУ (*geostripe composite, GST-C*) – геополоса из синтетического полимера, непрерывно-упрочненная геотекстилем (см. *рис. 2.17*).

Геоплита композиционная, ГПЛ-ГК (*geoplate composite, GPL-C*) – геоплита из синтетического полимера, непрерывно-упрочненная геотекстилем.

Давая геокомпозитам латинские аббревиатуры, мы сознательно избегали обозначения GCO, принятого в стандарте ISO 10318:2005 [4], который дает определение (см. *табл. 1.1*), позволяющее отнести к композитам просто многослойные конструкции из различных геосинтетических материалов (см. *рис. 2.5*). По соображениям, изложенным в п. 2.2, в данном вопросе мы не можем позволить себе согласиться с точкой зрения составителей стандарта [4]. Однако упомянутая аббревиатура GCO часто встречается в коммерческих материалах (проспектах, рекламе) и ею обозначают самые разные конструкции, например, предназначенные для дренирования, часто называемые «геодренами» (*рис. 2.47*).

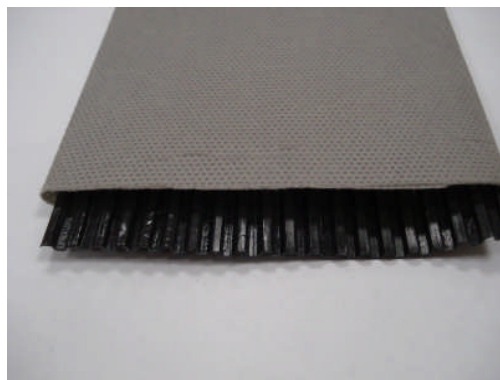


Рис. 2.47. Конструкция, состоящая из геополотна нетканого и геомембраны экструдированной

Конструкция, приведенная на *рис. 2.47*, разборная, а потому композитом считаться никак не может. Поэтому мы предлагаем в подобных случаях обозначать объект суммой аббревиатур входящих в него материалов. Так, для рассматриваемого примера обозначение будет таким: ГП-ГТ-НТ + ГМА-ГП-Э (в латинской версии GF-N + GM-E).

Полная классификация геосинтетических материалов представлена на *рис. 2.48*.

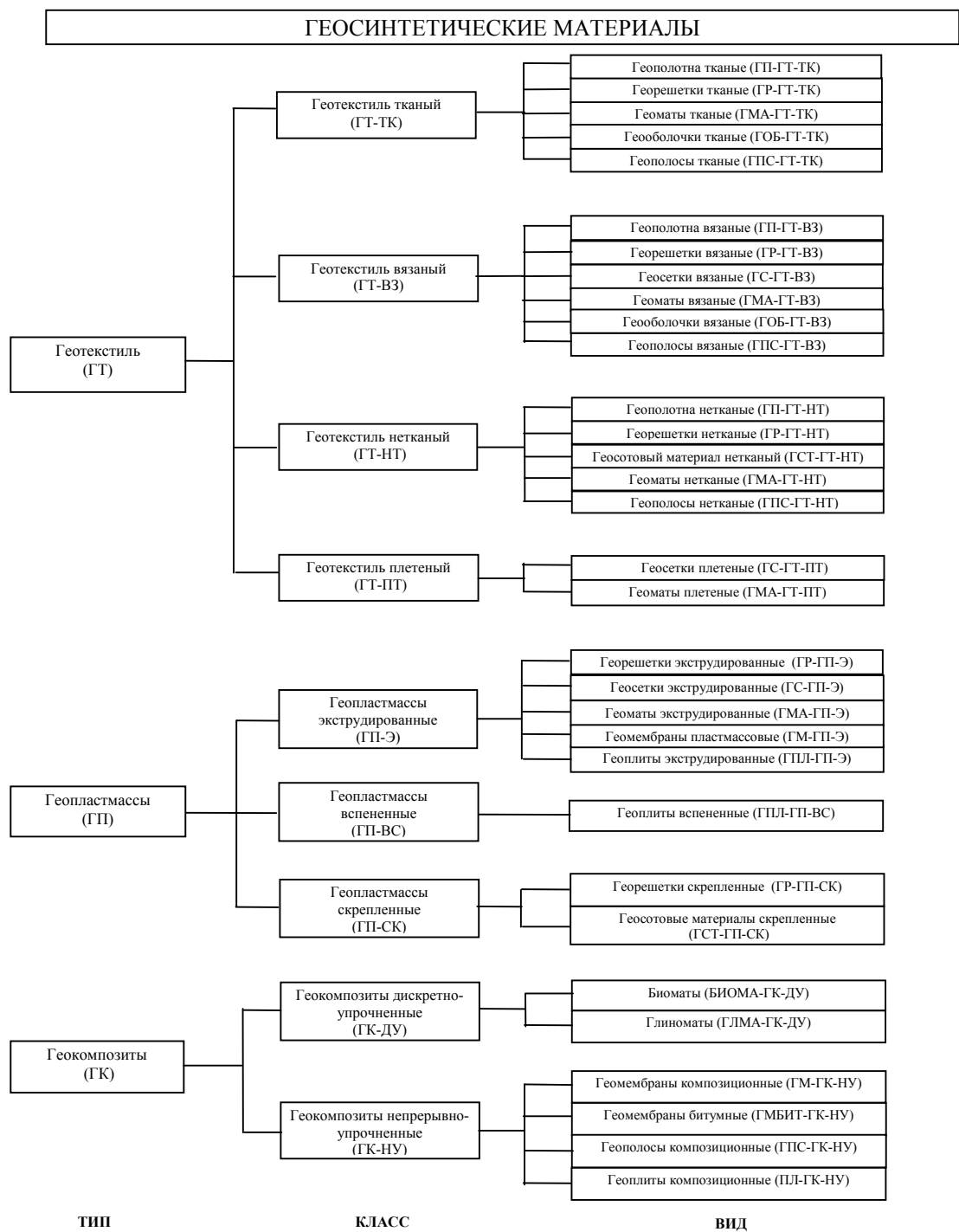


Рис. 2.48. Классификация геосинтетических материалов

2.5. Термины, определения и классификация, относящиеся к функциям геосинтетических материалов

Армирование (*reinforcement*) – усиление дорожных конструкций и материалов с целью улучшить их механические характеристики.

Разделение (*separation*) – предотвращение взаимного проникновения частиц материалов смежных слоев дорожных конструкций.

Фильтрация (*filtration*) – пропускание жидкости в структуру материала или сквозь нее с одновременным сдерживанием грунтовых и подобных им частиц.

Дренаживание (*drainage*) – сбор и перенос осадков, грунтовой воды и других жидкостей в плоскости материала.

Борьба с эрозией поверхности (*surface erosion control*) – предотвращение или ограничение перемещения грунта или других частиц по поверхности объекта.

Гидроизоляция (*hydroisolation*) – предотвращение или ограничение перемещения жидкостей.

Теплоизоляция (*thermoinsulation*) – ограничение теплового потока между объектом и средой.

Защита (*protection*) – предохранение поверхности объекта от возможных повреждений.

Классификация функций геосинтетических материалов приведена на *рис. 2.49*.

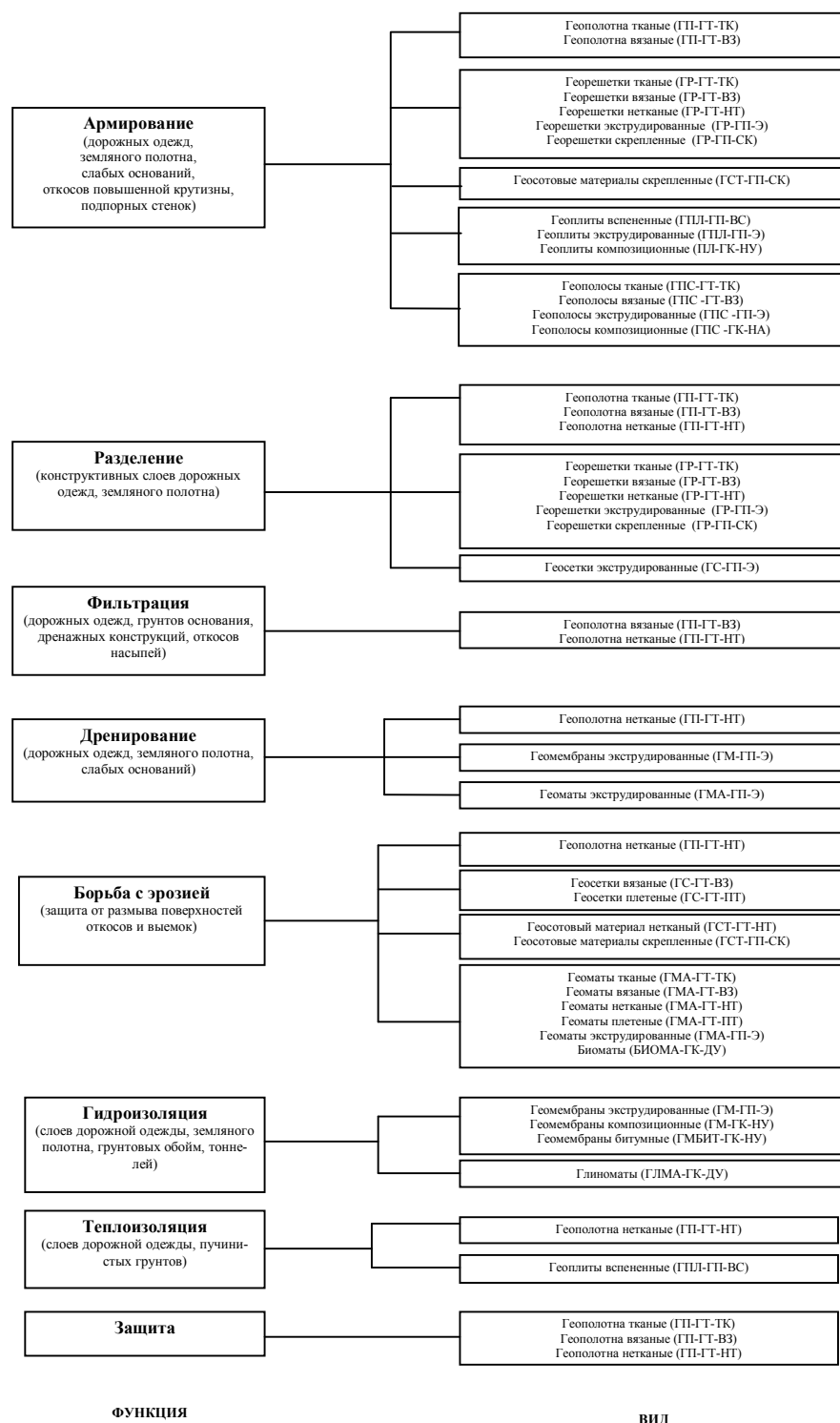


Рис. 2.49 Классификация функций геосинтетических материалов

3. ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Рассмотрим некоторые варианты реального применения геосинтетических материалов в дорожном строительстве. На *рис. 3.1* и *3.2* показаны противокарстовые мероприятия в Сосновском районе Нижегородской области. Возводилась армогрунтовая конструкция насыпи дороги в зоне карстового провала.

Участок строительства характеризовался сложными инженерно-геологическими условиями. Образовавшийся карстовый провал диаметром от 3,5 до 4,30 м располагается в зоне проезжей части автодороги и захватывает обочину. Ширина проезжей части 7,0 м, ширина обочины 1,5 м. На участке провала наблюдается замачивание грунта со стороны склона. Вокруг провала существует ослабленная зона 6 – 9 м. Воронка карстового провала заполнена глиной. Для осуществления проекта были реализованы следующие инженерные решения. Проведены мероприятия по дополнительному отведению воды. Разобрано существующее полотно с учетом общего перекрытия на 29 м по оси автодороги и на 25 м вдоль автодороги. На дно котлована уложены глинистые грунты. Создан разделительный слой из геополотна нетканого поверхностной плотностью 300 г/м². Для армирования основания, предотвращения провалов, выравнивания осадок и обеспечения устойчивости в нижней части дорожной одежды уложена георешетка вязаная из полиэфирных комплексных нитей прочностью 600/100 кН/м.

Предложенные конструктивные решения позволили добиться существенного снижения осадочных деформаций, гарантировать устойчивость сооружения, произвести работы по устройству дорожной одежды непосредственно после возведения земляного полотна, сократить сроки строительства.



Рис. 3.1. Противокарстовые мероприятия (укладка геополотна)



Рис. 3.2. Противокарстовые мероприятия (укладка георешетки)

На *рис. 3.3* показана первая очередь строительства кольцевой автодороги вокруг Санкт-Петербурга. Участок от транспортной развязки с автодорогой «Россия» до транспортной развязки с проспектом Обуховской Обороны. В рассмотренном случае были применены геополотна тканые из комплексных полиэфирных нитей прочностью 400/50, 200/45, 150/45, 100/50 кН/м.

Участок строительства обременен наличием достаточно плотной промышленной и транспортной застройки, большим количеством пересекаемых и примыкающих транспортных путей, инженерных сетей и коммуникаций. Грунты оснований на данном участке представлены преимущественно слоистыми и неяснослоистыми суглинками, консистенция которых варьируется от текучепластичных до тугопластичных, с преобладанием мягкопластичных. Мощность таких грунтов, которые в целом должны быть охарактеризованы как «слабые», колеблется от 7,1 до 15,7 м. Сооружения участка представляют собой комплекс из четырех транспортных эстакад и сопряженных с ними трех участков насыпей.

В данной ситуации потребовалось повсеместное усиление основания геополотна, которое было выполнено за счет возведения по всей ширине основания свайного поля из грунто-цементных свай (ГЦС). Устройство насыпей находится в стесненных местах без естественных откосов, т. е. имеющих в основании минимальную ширину. В связи с неприемлемостью по технико-экономическим показателям строительства подпорных бетонных стенок для насыпей была применена технология армированного грунта. Одновременно армогрунт был использован и для уменьшения нагрузок со стороны насыпи на устои примыкающих эстакад, что позволило спроектировать устои в виде облегченных конструкций.

В качестве армирующего материала в насыпях были использованы геополна тканые из комплексных полиэфирных нитей прочностью 400/50, 200/45, 150/45, 100/50 кН/м. Высота слоев армирования насыпи была принята равной 600 мм. На участке 1 армирование насыпи осуществлялось только в части примыканий насыпи к устоям эстакад. На участке 2 спроектирована двухсторонняя армонасыпь. На участке 3 насыпь имеет один армированный, а с другой стороны – естественный откос.

Использование указанных конструктивных решений позволило добиться при достаточно экономичной конструкции существенного снижения осадочных деформаций сооружения и его гарантированной устойчивости (откосов насыпи, устоев глубокому сдвигу) на слабых грунтах основания.



Рис. 3.3. Армогрунтовая конструкция подпорной стенки



Рис. 3.4. Этап строительства армогрунтовой конструкции

На *рис. 3.5* представлен фрагмент строительства автомобильной дороги жилого комплекса поселок Пески Ленинградской области.

Грунты оснований на данном участке представлены преимущественно торфом до 1,5 м и суглинками, консистенция которых варьируется от текучепластичных до тугопластичных, с преобладанием мягкопластичных, мощностью до 5 м и характеризуются как «слабые» с учетом высокого уровня грунтовых вод. Таким образом, основание автодорог представлено водонасыщенными грунтами с низкой несущей способностью. Кроме того, на ряде участков строительство осложнялось ограничением земельного пространства (с обеих сторон жилые здания, строения), сильными поверхностными водными потоками на склонах и откосах, избыточной увлажненностью откосов, что при их крутизне 50 – 60 град приводило к опасным склоновым процессам. Период строительства – осень, т. е. наиболее дождливый период.

Для армирования слабого основания и повышения несущей способности основания автомобильной дороги было применено геополотно тканое из комплексных полиэфирных нитей прочностью 200/45 кН/м. Обеспечен водоотвод от основного земляного полотна автодороги. Для противоэрозионной защиты на откосах углом заложения более 45 град уложен геомат вязаный прочностью 30 кН/м. При строительстве автодороги с применением в качестве армирующего материала геополотна тканого стало возможным значительно сократить сметную стоимость объекта за счет минимальной выборки слабого грунта основания, максимально использовать местный завозной грунт (ПГС), сократить сроки строительства, а также несмотря на дождливый период провести строительные мероприятия и в короткие сроки передать земляное полотно для прохода тяжелой техники.

На *рис. 3.6* показано проведение ремонтных работ в Санкт-Петербурге на Шпалерной улице по замене асфальтобетонного покрытия. Предварительно была проведена фрезеровка верхнего слоя, после чего осуществлялась укладка двухслойного геосинтетического материала георешетки вязаной прочностью 50 кН/м + геополотна нетканого поверхностной плотностью 80 г/м² для армирования покрытия. Нетканое полотно в этом случае было необходимо для улучшения адгезии между материалом и асфальтобетоном.



Рис. 3.5. Использование противоэрозионного мата



Рис. 3.6. Армирование асфальтобетонного покрытия

Приведенные, хотя и ограниченные примеры, как представляется, достаточно убедительно иллюстрируют широкие возможности применения геосинтетических материалов. Авторы надеются, что в целом работа позволит более эффективно, учитывая особенности свойств и характеристик, обусловленных структурой геосинтетических материалов, использовать их в конструкциях дорог.

4. Долговечность геосинтетических материалов

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

Механические:

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

Физико-химические:

- повышенная или пониженная температура;
- влияние атмосферных воздействий;
- влияние агрессивных сред.

Биологические:

- разрушение микроорганизмами;
- разрушение другими биологическими объектами.

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

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.

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 *рис. 4.1*. Неприемлемым является условие, при котором величина доступного свойства в период срока службы геосинтетического материала становится меньше величины требуемого свойства (*кривая 4*).

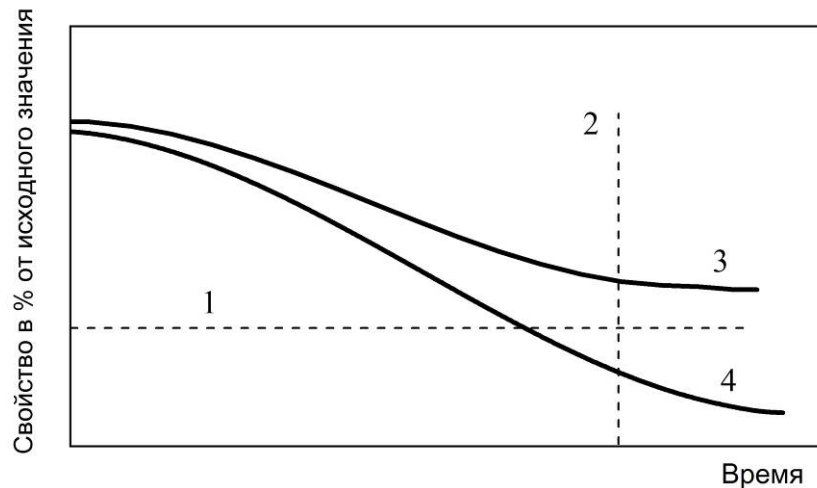


Рис. 4.1. Доступное и требуемое свойства как функция времени при двух различных условиях:

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

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 (*рис. 4.1*).

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*), как показано на *рис. 4.2*.

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 *рис. 4.2*. События, происходящие в период службы геосинтетического материала, отделены друг от друга на горизонтальной оси времени вертикальными пунктирными линиями.

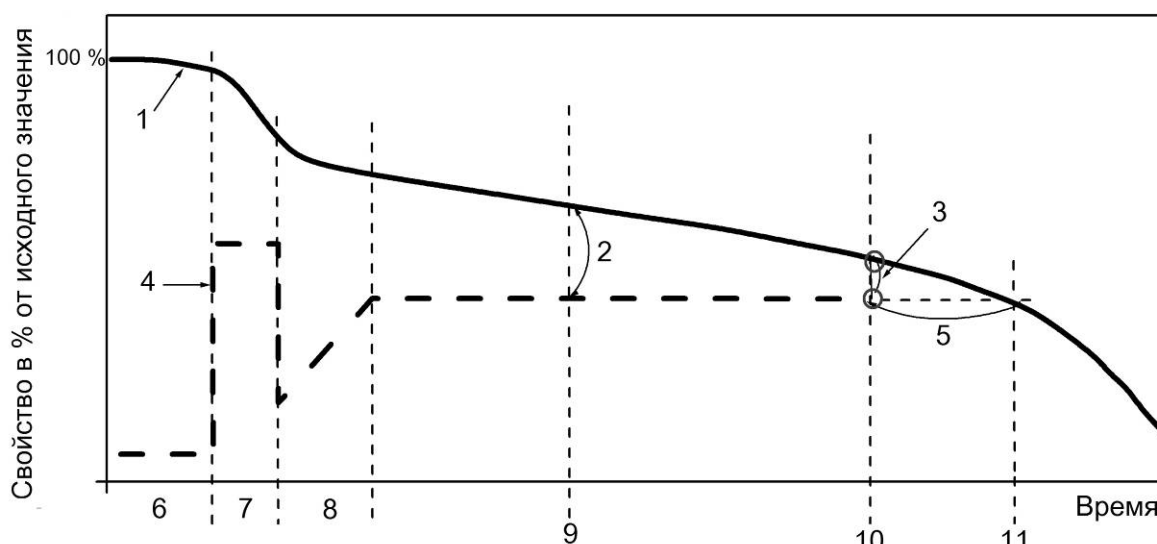


Рис. 4.2. Доступное и требуемое свойства геосинтетического материала во времени при хранении и транспортировке, строительстве, засыпке и эксплуатации:

1 – доступное свойство; 2 – запас между требуемым и доступным свойством в промежуточный момент времени; 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

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 оборудованием и мерами предосторожности, обеспеченными 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 (*поз. 10 на рис. 4.2*). 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 *рис. 4.2*. 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 высокой прочности, 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.

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 (*поз. 3* на *рис. 4.2*).

В конце ожидаемого расчетного срока службы проектировщик должен обеспечить определенный запас прочности так, чтобы разрушение (*поз. 11* на *рис. 4.2*) по прогнозам было за пределами расчетного срока службы (*поз. 10* на *рис. 4.2*). По окончании расчетного срока службы геосинтетического материала остается некоторый запас прочности до разрушения геосинтетического материала (*поз. 3*). Запас прочности между расчетным сроком службы и временем до разрушения показан *периодом 5*.

Конец срока службы – точка на горизонтальной оси времени, где кривая доступного свойства пересекается с кривой требуемого свойства (*поз. 11* на *рис. 4.2*). 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.

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.

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

$$K_i = \frac{T_0}{T_k}, \quad (4.1)$$

где T_k – 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 (рис. 4.3):

- 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.

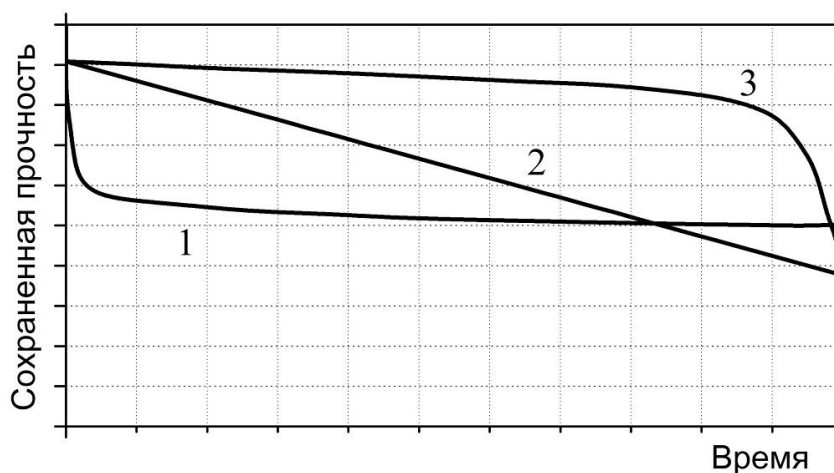


Рис. 4.3. Сохраненная доступная прочность в зависимости от времени для трех режимов ухудшения свойств: 1 – режим (1); 2 – режим (2); 3 – режим (3)

Для свойств, характерных для режима 1, коэффициент учета долговечности не зависит от времени. Для свойств, характерных для режима 2, коэф-

фициент 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 засыпчным 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).

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.

Расчетное значение долговременной прочности геосинтетического материала определяется по формуле

$$T = \frac{T_{\text{нор}}}{K_{\text{общ}} \cdot \gamma_b}, \quad (4.2)$$

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

$$K_{\text{общ}} = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_7, \quad (4.3)$$

где $K_1, \dots, K_7$ – коэффициенты, учитывающие влияние определенного фактора или группы факторов;

- коэффициент, учитывающий снижение прочности от механических повреждений структуры (K_1);
- коэффициент, учитывающий снижение прочности от ползучести (K_2);
- коэффициент, учитывающий снижение прочности от ухудшения свойств ниточных и сварных швов или прочности соединения элементов структуры материала (K_3);

- коэффициент, учитывающий снижение прочности от атмосферных воздействий (k_4);
- коэффициент, учитывающий снижение прочности от воздействия агрессивных сред (k_5);
- коэффициент, учитывающий снижение прочности от воздействия микроорганизмов (k_6);
- коэффициент, учитывающий снижение прочности от температуры (k_7).

5. Механические повреждения при укладке

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 – k_1 . Как правило, механические повреждения происходят при укладке геосинтетических материалов.

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;
- глубину, 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.

Методика устанавливает способ испытания геосинтетических материалов на устойчивость к воздействию механических повреждений при укладке. Методика применима к широкому кругу геосинтетических материалов: гео-

текстильных, геопластмассовых и геокомпози́тов, используемых в дорожном строительстве.

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).

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.

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.

Для проведения испытаний отбирают образец геосинтетического материала из одной единицы продукции (рулона, брикета и т. д.), минимальной площадью 4 м². После этого образец должен быть разрезан на две части. Первая часть минимальной площадью 2 м² испытывается для оценки механических повреждений на месте укладки, а вторая минимальной площадью 2 м² (исходный образец предназначен для сравнительных испытаний).

Испытуемый образец вырезается в форме квадрата или прямоугольника.

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

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 в четырех местах по периметру образца. Затем геосинтетический материал покрывается дорожно-строительными материалами с толщиной слоя 30 см, разравнивается и уплотняется при помощи оборудования для уплотнения согласно СНиП 2.05.02-85. Засыпка строительного материала производится механическим и ручным способами, исключая возможные повреждения. Проход техники по непокрытому геосинтетическому материалу категорически запрещен. Принципиальная схема испытательного полигона показана на *рис. 5.1*.

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.

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

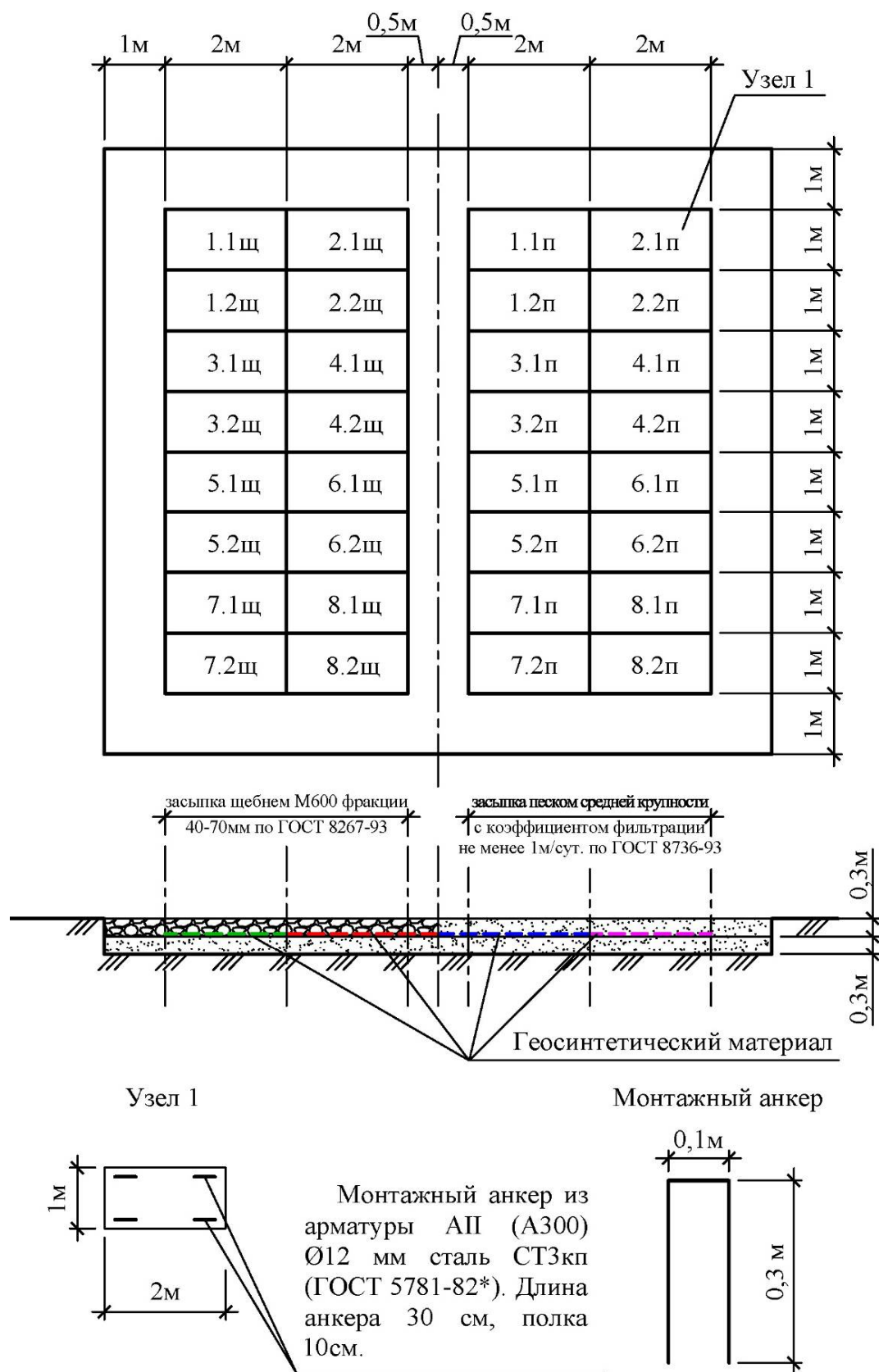


Рис. 5.1. Схема испытательного полигона

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.

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.

После извлечения испытуемый образец оценивают визуально на предмет механических повреждений и регистрируют количество сквозных дыр на 1 м² 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.

Коэффициент учета механических повреждений геосинтетических материалов при укладке k_1 определяется как отношение средней прочности исходного материала к средней прочности материала после механических повреждений по формуле

$$k_1 = \frac{T_0}{T_k}, \quad (5.1)$$

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

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

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

Порядок действий при отсутствии прямых данных

Если значения коэффициента k_1 были определены для строительных материалов с размером фракции меньшей или большей, чем те, которые будут использоваться, то коэффициент k_1 может быть определен путем интерполяции. Примером этой процедуры является интерполяция для получения k_1 для строительных материалов с различной фракцией. На *рис. 5.2* представлена интерполяция коэффициента учета k_1 для строительных материалов с различной фракцией гранулированного материала.

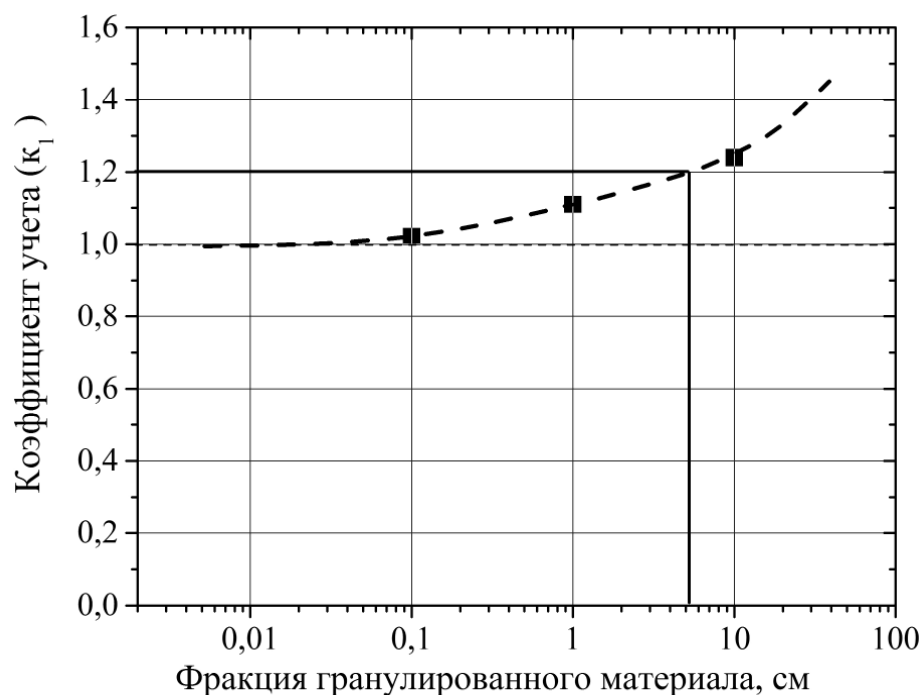


Рис. 5.2. Интерполяция коэффициента учета k_1

Для геосинтетических материалов одной серии, но имеющих разную поверхностную плотность, может быть также проведена интерполяция коэффициента учета k_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 k_1 для испытанных материалов с самой высокой поверхностной плотностью. Для этого необходимо провести интерполяцию коэффициента учета k_1 с различными значениями поверхностной плотности, как показано в примере на рис. 5.3. Для материала с поверхностной плотностью 300 г/м^2 коэффициент учета $k_1 = 1,42$.

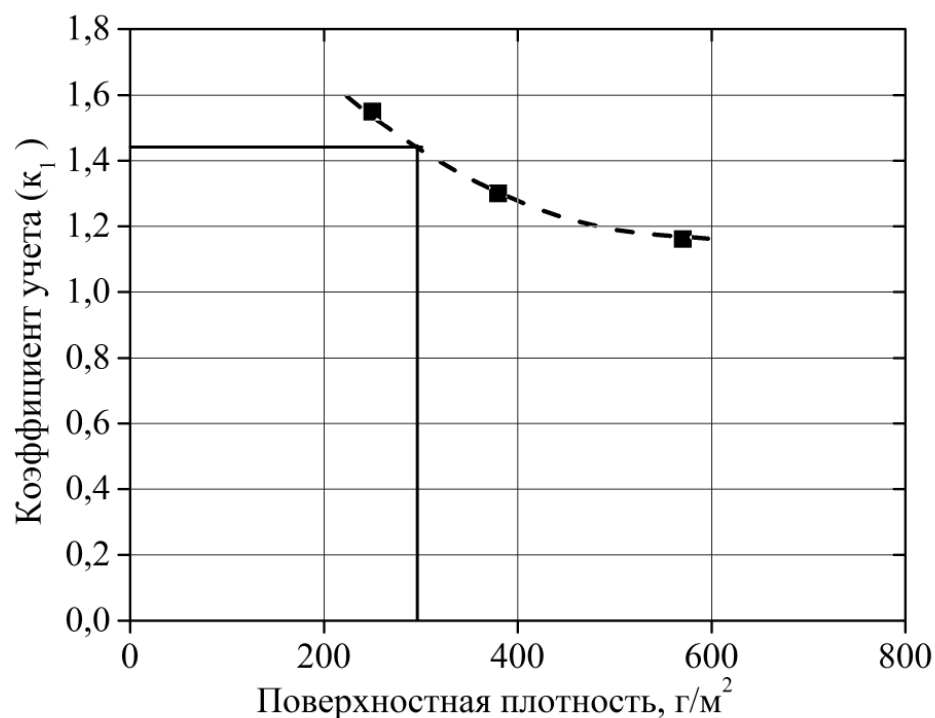


Рис. 5.3. Интерполяция k_1 от измерений повреждений на материалах одной серии, отличающихся только поверхностной плотностью

Испытания в соответствии с методикой оценки механических повреждений геосинтетических материалов при циклической нагрузке ПО ОДМ 218.5.006-2010 предназначены только для сравнительного анализа различных материалов и не должны использоваться для получения коэффициента учета k_1 .

6. Ползучесть и длительная прочность

Геосинтетические материалы в основном представляют собой класс полимерных материалов, у которых в значительной мере проявляются вязкоупругие свойства. Под действием постоянной 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.

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.

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 *рис. 6.1*. 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)».

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;
- Методике 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.

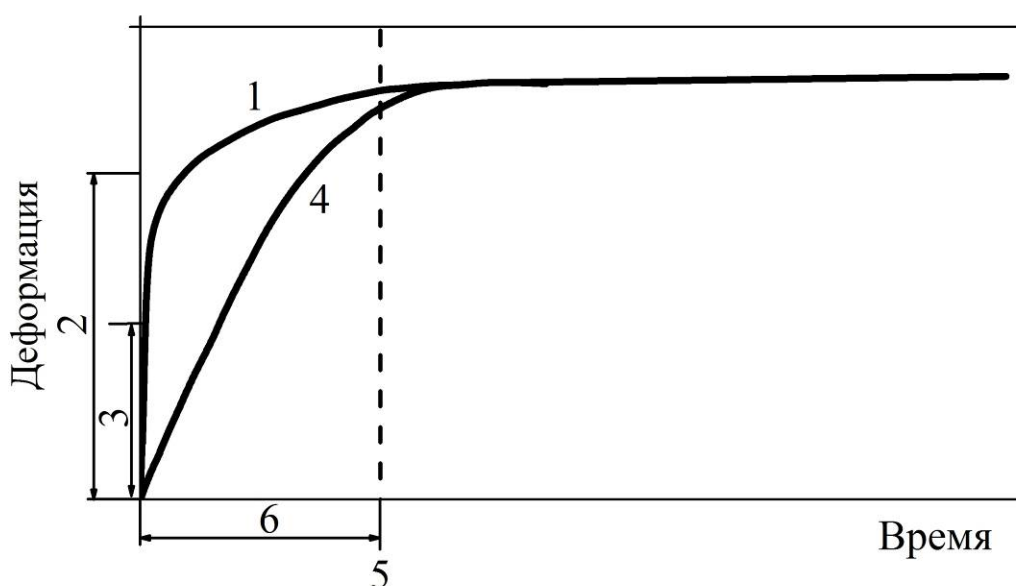


Рис. 6.1. Концептуальная иллюстрация для сравнения ползучести, измеренной в конструкции, с данными ползучести, полученными в лаборатории:

- 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

Методика экстраполяция кривых ползучести

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.

Порядок проведения испытаний

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).

По результатам проведенных измерений строят зависимости между относительным удлинением (ϵ , %) и временем в полулогарифмической системе координат. По горизонтальной оси откладывают время в логарифмической системе координат, а по вертикальной оси – относительное удлинение образцов при различных задаваемых нагрузках (рис. 6.2). Нагрузки, применяемые в процессе испытаний на разрыв при ползучести, должны быть выражены в процентах от нормативной прочности при растяжении $\% T_{\text{нор}}$.

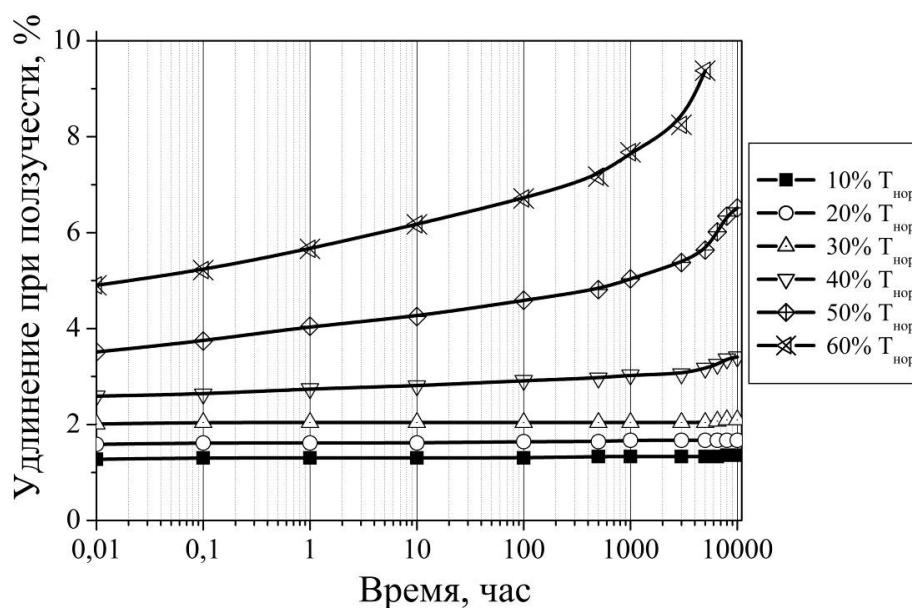


Рис. 6.2. Ползучесть геосинтетического материала при разных уровнях задаваемой нагрузки

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.

Кривые ползучести удовлетворительно описываются в полулогарифмической системе координат уравнением вида

$$\varepsilon_t = \varepsilon_{\text{нач}} + a \cdot \lg t, \quad (6.1)$$

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

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

a – постоянная;

t – срок службы, ч.

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

Пример. На рис. 6.3 показана изохронная кривая, построенная по измерениям ползучести геосинтетического материала (см. рис. 6.2) при заданном времени t . Уровень максимально допустимой нагрузки ≈ 33 кН/м на геосинтетический материал определен по пересечению касательных к двум участкам кривой.

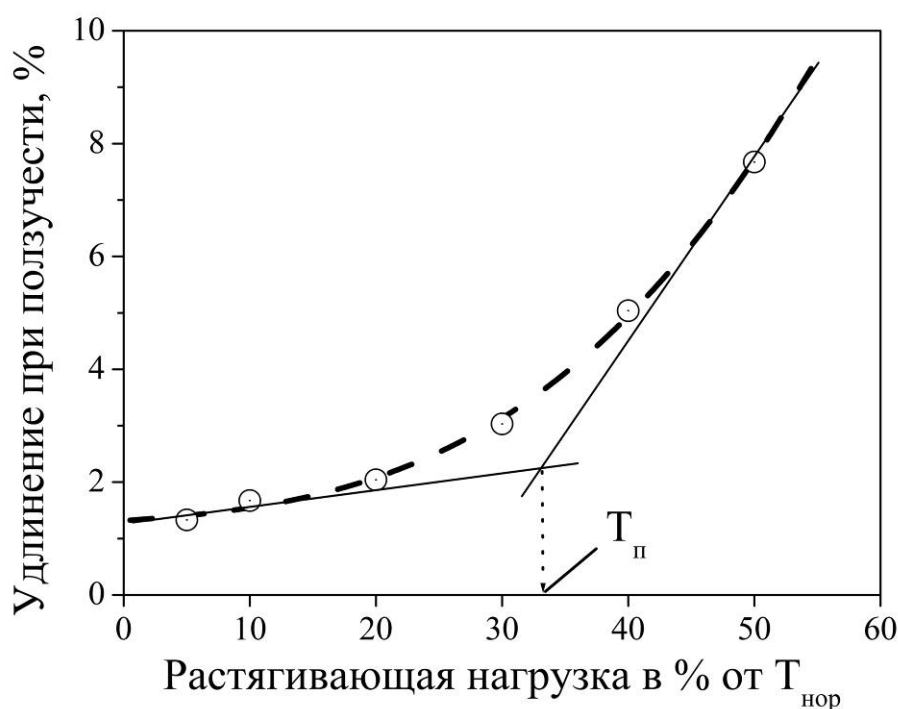


Рис. 6.3. Изохронная кривая «растягивающая нагрузка – относительное удлинение» при заданном времени t

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 или по условию

$$\Delta \varepsilon = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_{\text{нач}}}{\varepsilon_{\text{нач}}} \cdot 100 \% \leq [\Delta \varepsilon], \quad (6.2)$$

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

Пример. На рис. 6.4 показана изохронная кривая, построенная по измерениям ползучести геосинтетического материала при заданной максимальной деформации $\varepsilon = 4$ %, уровень максимально допустимой нагрузки ≈ 35 кН/м.

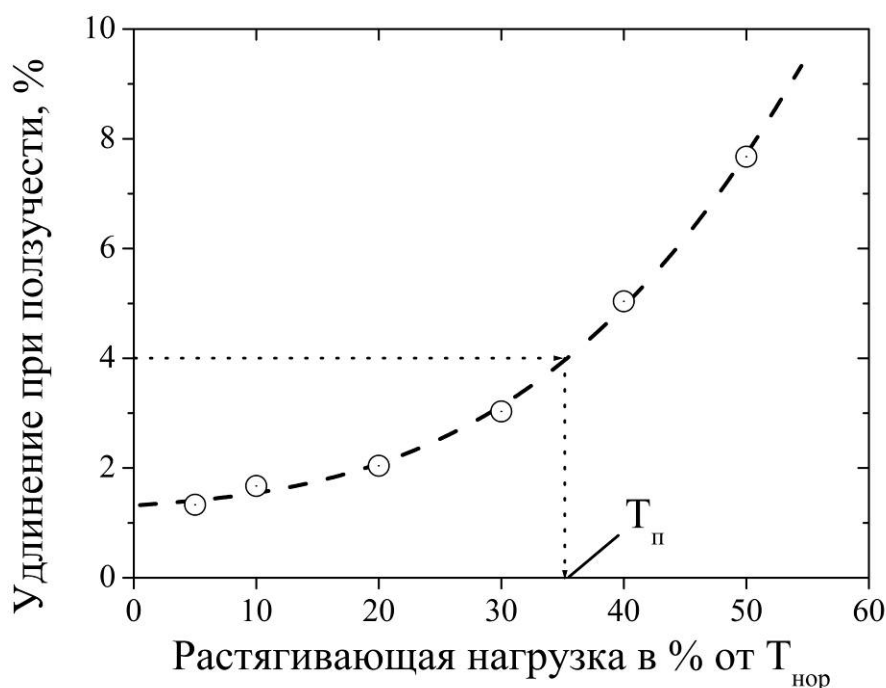


Рис. 6.4. Изохронная кривая «растягивающая нагрузка – относительное удлинение» при заданном времени t

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.

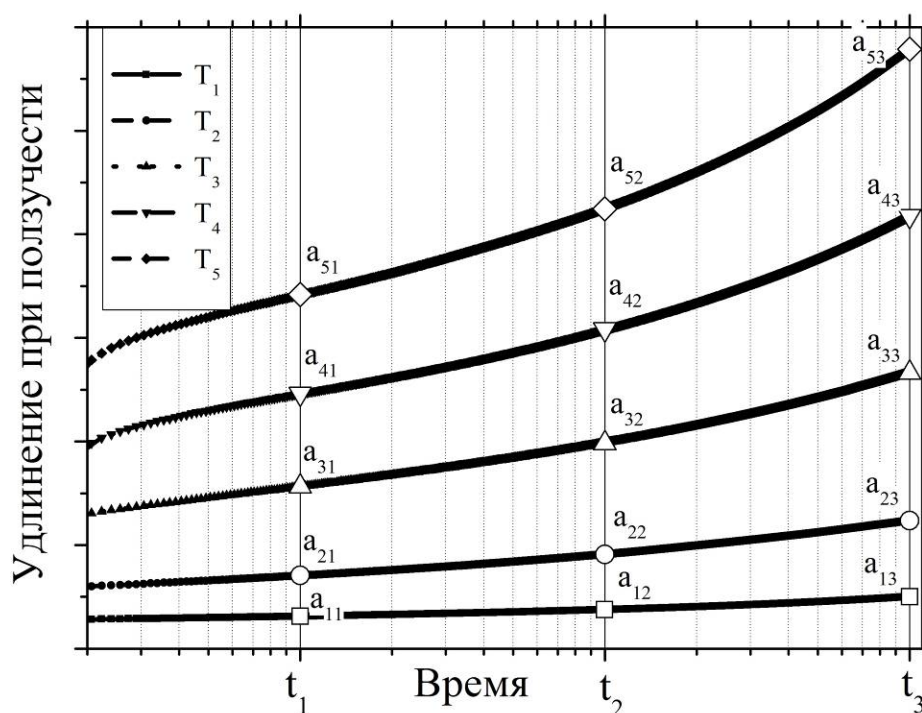
По результатам проведенных измерений ползучести, соответствующей каждой нагрузке ($T_1, \dots, T_5$), определяются удлинения (a_{ij}) для различных длительностей измерений (t_1, t_2, t_3), как схематично показано на рис. 6.5, а.

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 (рис. 6.5, б). По горизонтальной оси откладывают относительное удлинение при ползучести, а по вертикальной оси – растягивающую нагрузку.

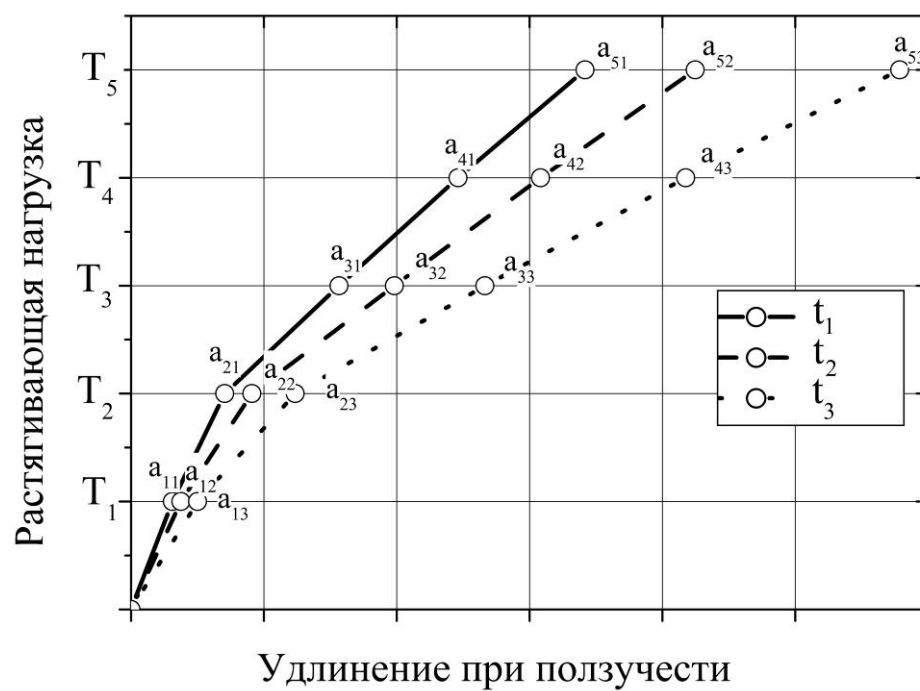
Пример. Изохронные кривые (рис. 6.5, а), построенные для различных длительностей измерений от 0,1 ч до 10^4 ч получены экстраполяцией на один порядок изохрона для 10^5 ч (11,4 г). При максимальной суммарной деформации ползучести в 6 % и расчетного срока службы 10^5 ч максимальная допускаемая растягивающая нагрузка составит ≈ 30 % от нормативной прочности при растяжении.

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.

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

Рис. 6.5. Ползучесть геосинтетического материала (а) и изохронные кривые ползучести (б)

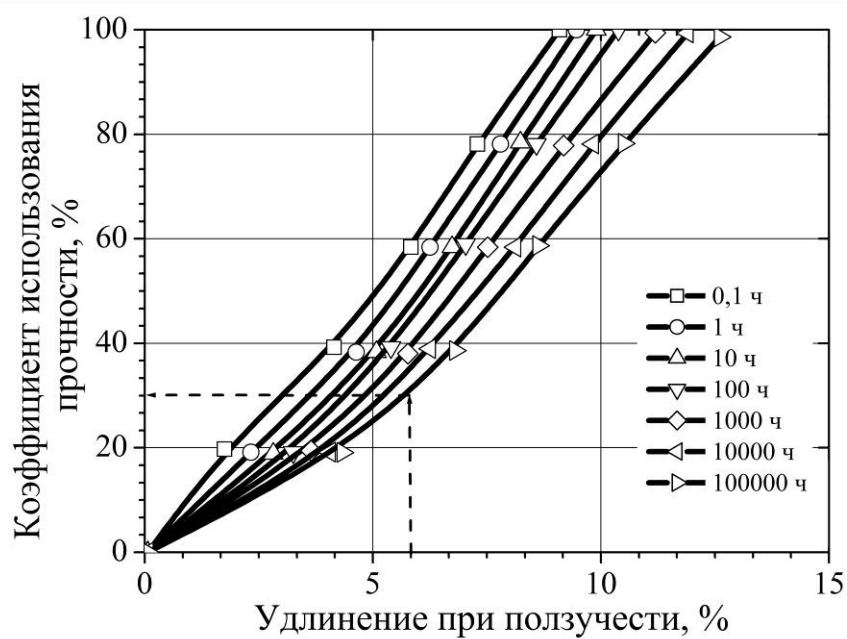


Рис. 6.6. Изохронные кривые ползучести

Коэффициент, учитывающий снижение прочности от ползучести материала (κ_2), определяется по формуле

$$\kappa_2 = \frac{T_0}{T_K}, \quad (6.3)$$

где T_K – 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.

Длительная прочность

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.

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 (рис. 6.7).

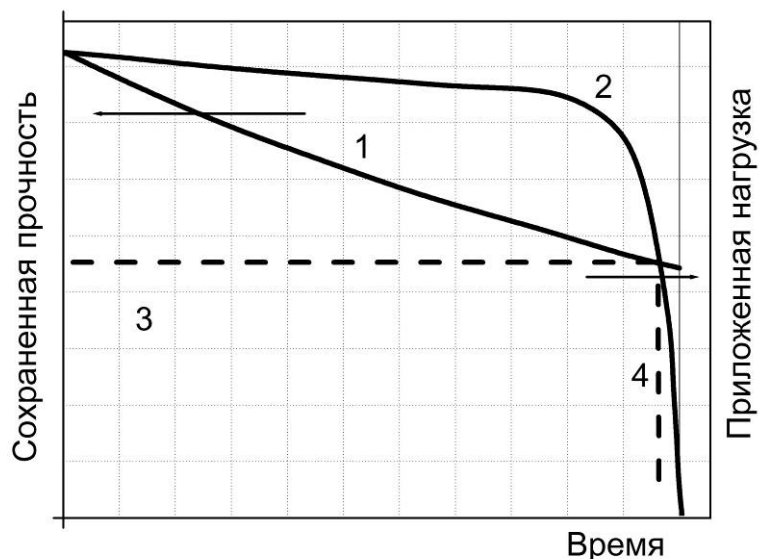


Рис. 6.7. Разрушение при ползучести и сохраненная прочность:

1 – разрушение при ползучести; 2 – сохраненная прочность;

3 – приложенная нагрузка; 4 – срок службы

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.

Методика экстраполяции длительной прочности

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.

Средства измерения, вспомогательные устройства и материалы

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

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

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 $\% T_{\text{нор}}$.

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

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, 4 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 до 10 000 ч, и, по крайней мере, один дополнительный результат измерений должен иметь время до разрушения (разрыва) около 10 000 ч (1,14 лет) или более.

Данные измерений должны быть построены на графике: по оси ординат откладывается нагрузка на единицу ширины T (выраженная в процентах от $T_{\text{нор}}$), по оси абсцисс время до разрушения $\log t_R$. Это дает возможность полу-

читать линейный участок на диаграмме в полулогарифмической системе координат (рис. 6.8).

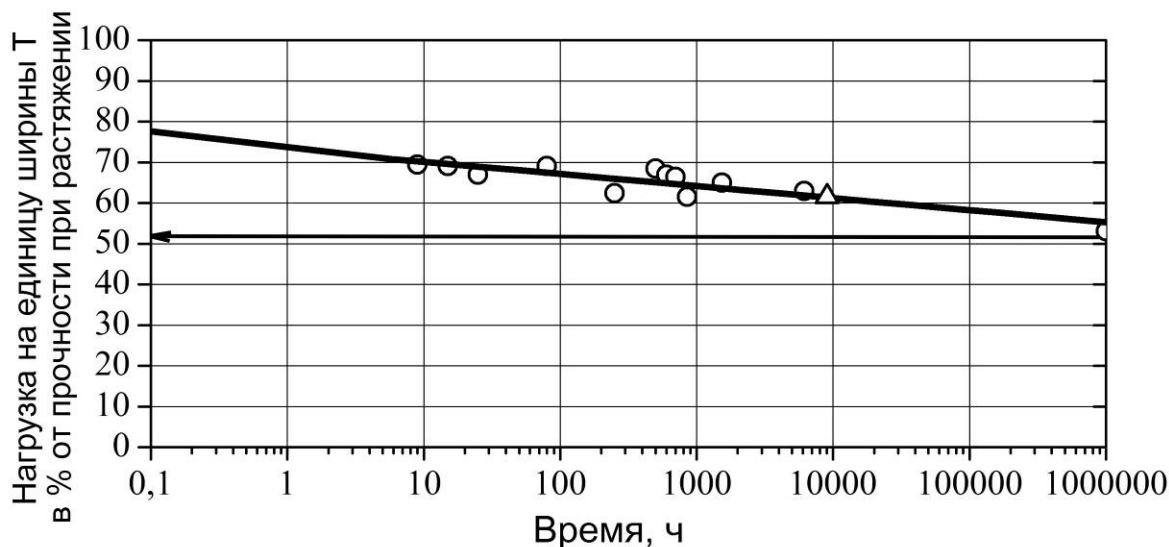


Рис. 6.8. Кривая длительной прочности при ползучести с линейной Аппроксимацией

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

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

$$x = \bar{x} + m(y - \bar{y}), \quad (6.4)$$

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 -й точки.

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

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

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

$$y_0 = \bar{y} - \bar{x}/m. \quad (6.5)$$

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_n . Если прогнозируемое время до разрушения меньше, чем продолжительность неполного испытания, то данные могут быть добавлены и регрессионный анализ, который должен быть выполнен вновь. Если прогнозируемое время до разрушения больше, чем продолжительность неполного испытания, то точки должны быть исключены. Прямая линия экстраполируется по $\log t$. Определяется соответствующая величина нагрузки на единицу ширины % $T_{нор}$ при расчетном сроке службы.

Коэффициент, учитывающий снижение прочности от разрыва при ползучести (k_2), определяется по формуле

$$k_2 = \frac{100}{T_n}. \quad (6.6)$$

Коэффициент учета k_2 должен быть больше единицы.

Сохраненная прочность

Разрыв при ползучести, относящийся к режиму 3 ухудшения свойств, приводит к незначительному снижению прочности до расчетного срока службы (см. *рис. 6.1*). Если приложенная нагрузка по прогнозам будет ниже, чем $T_{нор}/k_2$, то она может быть более подходящей для расчета времени до разрушения, соответствующего приложенной нагрузке. На основе текущих измерений можно затем считать, что прочность остается близкой к $T_{нор}$ в течение расчетного срока службы.

Порядок действий при отсутствии достаточных данных

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 испытываемом 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 применяется 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 100 000 ч до 10 000 000 ч для максимальной стати-

стической эффективности. Трех испытаний по методу ступенчатых изотерм достаточно для каждого предлагаемого материала.

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.

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.

Одиночные ребра для георешеток или нити для геотекстиля тканого или вязаного могут быть использованы в испытаниях на ползучесть при условии, что это может быть показано, например, методикой, подобной испытанию на ползучесть так, что поведение процесса разрыва для одиночного ребра или нити такое же, что и для всего продукта.

7. Прочность швов и соединений

При использовании геосинтетических материалов могут возникнуть случаи, когда необходимо соединять разные части полотен при помощи сшивания 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, %.

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.

Коэффициент k_3 , учитывающий влияние прочности соединения, определяется как отношение средней прочности исходного материала к средней прочности шва или соединения по формуле

$$k_3 = \frac{T_0}{T_k}, \quad (7.1)$$

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

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

Соотношение прочности исходного геосинтетического материала и прочности соединенных частей или элементов структуры должно находиться в заштрихованной области, как показано на диаграмме (рис. 7.1).

При отсутствии швов и соединений значение коэффициента учета k_3 принимается равным 1.



Рис. 7.1. Зависимость между прочностью геосинтетического материала и прочностью шва или соединения

8. Влияние атмосферных воздействий на долговечность

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.

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.

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.

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.

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

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.

Оценка устойчивости геосинтетических материалов к действию ультрафиолетового излучения производится в соответствии с ГОСТ Р 55031-2012. Энергетическая экспозиция (ультрафиолетовое излучение) составляет 50 МДж/м² и соответствует приблизительно воздействию в течение одного летнего месяца.

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.

Методика оценки устойчивости к атмосферным воздействиям

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.

Средства измерения, вспомогательные устройства и материалы:

деревянная рама, обеспечивающая надежное крепление образцов в течение всего периода испытания;

металлические измерительные линейки по ГОСТ 427-75;

металлические скобы для фиксации образцов;

подготовка образцов

Для проведения испытаний отбирают серии образцов геосинтетических материалов из одного рулона, минимальной площадью 5 м². После этого образец должен быть разрезан на две части. Первая часть минимальной площадью 2,5 м² испытывается для оценки влияния атмосферных воздействий, а вторая минимальной площадью 2,5 м² для сравнительных испытаний.

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

Исходный образец шириной 200 мм оставляется для сопоставительных испытаний в соответствии с ГОСТ Р 55030-2012.

Проведение испытаний

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

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

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.

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

Обработка результатов измерений

После проведенных натурных испытаний образцы испытывают на растяжение до разрыва в соответствии с ГОСТ 55030-2012 для сравнительного анализа с исходными образцами.

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

$$C_w = \frac{T_k}{T_0}, \quad (8.1)$$

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

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

Коэффициент k_4 , учитывающий влияние светопогоды, определяется как отношение средней прочности не подвергнутого воздействию материала к средней прочности подвергнутого воздействию материала по формуле

$$k_4 = \frac{T_0}{T_k}, \quad (8.2)$$

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

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

9. Влияние воздействия агрессивных сред на долговечность

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 осадчений и гумуса, производимого разлагающимися органическими материалами. Условия распада могут быть аэробными с присутствием кислорода или анаэробными.

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.

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 рН фактором, шкала с нейтральным грунтом имеет рН фактор 7, меньшие значения указывают на кислотность, большие значения указывают на щелочность.

Верхний слой грунта, как правило, имеет рН фактор 5,5 – 7, но торф или грунт, подверженные влиянию кислотных дождей, могут иметь рН фактор 4. Углекислый газ в атмосфере главным образом приводит к увеличению кислотности почвы. Известняковые почвы могут иметь рН фактор 8 – 8,5. Геологические отложения имеют широкий диапазон рН фактора от 2 до 10 (табл. 9.1).

Таблица 9.1. Некоторые типичные минералы, засыпочные материалы и их рН фактор

Материал	Химическая формула	Максимальный рН фактор
Полевой шпат: альбит анортит ортоклаз	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ KAlSi_3O_8	9 – 10 8 8 – 9
Песок: кварцевый мусковит	SiO_2 $\text{KAl}_2(\text{OH},\text{F})_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}$	7 7 – 8
Глина: каолинит	$\text{Al}_4(\text{OH})_8\text{AlSi}_4\text{O}_{10}$	5 – 7
Карбонат: доломит кальцит	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ CaCO_3	9 – 10 8 – 9

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

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 рН 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 рН фактором выше 9. Вторая форма, внутренний гидролиз, имеет место в поперечных сечениях волокон в водных растворах или влажных почвах при любых значениях рН фактора. Скорость гидролиза является достаточно низкой, так что процесс имеет незначительное влияние при средней температуре грунта в 15° С 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.

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 55035-2012. При оценке влияния продолжительных воздействий испытания должны проводиться в соответствии с методикой ускоренных испытаний, в которой температура повышается для увеличения скорости химической реак-

ции. Стойкость к воздействию агрессивных сред определяют по изменению механических характеристик (сохранение прочности, %).

Методика ускоренных испытаний на стойкость к агрессивным средам

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.

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. При необходимости испытания могут быть проведены на отдельных элементах структуры: нитях, ребрах, ровингах.

Порядок проведения испытаний определяется программой испытаний. Для этого выбирается определенный параметр, например, сохраненная прочность при растяжении в 90, 80, 70, 60 или 50 %.

Выбирается соответствующая окружающая среда: дистиллированная вода по ГОСТ 6709-72, воздух или специальная химическая среда. Если геосинтетический материал устанавливается в грунт с $\text{pH} < 4$ или $\text{pH} > 9$ 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.

Выбирается диапазон, по крайней мере, из трех-четырех температур, расположенных обычно с интервалом в $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Самая низкая температура испытания должна быть не более чем на $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше температуры эксплуатации с учетом того, что продолжительность испытания при этой температуре должна лежать в пределах времени программы испытаний.

Необходимо принять во внимание, если имеет место переход в физическом состоянии полимера или механизме старения при температуре, менее чем на $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше самой высокой температуры испытания, или между самой низкой температурой испытания и рабочей температурой. Стеклование происходит в диапазоне от 50 до $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ у полиэфирных волокон и плавление в полиэтилене высокой плотности происходит в диапазоне температур с максимумом при $128\text{ }^{\circ}\text{C}$. Вытянутые полиэтиленовые волокна имеют тенденцию терять ориентацию при температуре около $70\text{ }^{\circ}\text{C}$. 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.

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.

Обработка результатов измерений

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 рис. 9.1 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.

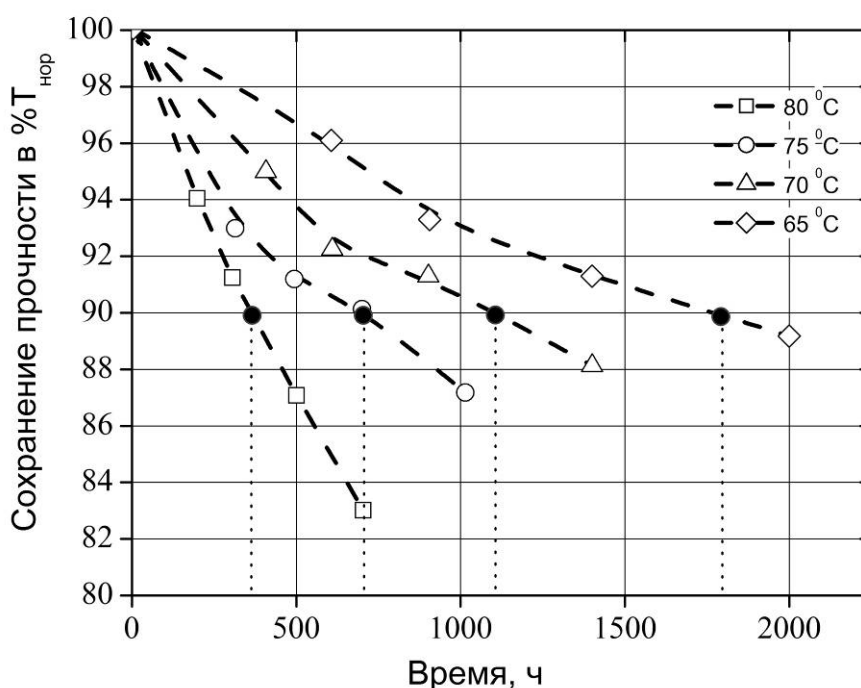


Рис. 9.1. Снижение прочности при заданных температурах

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

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

Строится зависимость времени до достижения сохраненной прочности и обратной величины абсолютной температуры θ_k в градусах Кельвина (рис. 9.2). Если данная зависимость является линейной, то может быть применимо уравнение Аррениуса. В противном случае уравнение Аррениуса не применяется, и экстраполяция является недействительной.

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

$$y = \bar{y} + b_a (x - \bar{x}), \quad (9.1)$$

где $b_a = S_{xy} / S_{xx}$;
 $S_{xx} = \sum (x - \bar{x})^2$;
 $S_{yy} = \sum (y - \bar{y})^2$;
 $S_{xy} = \sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})$.

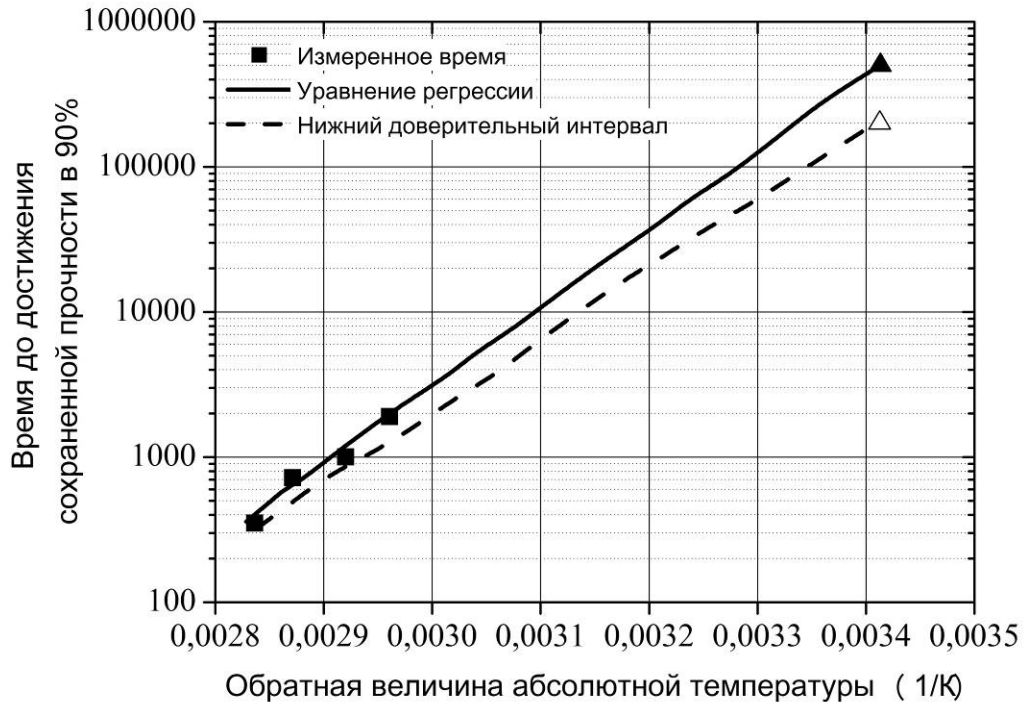


Рис. 9.2. Диаграмма Арениуса

Вычисляется нижний доверительный интервал:

$$y = \bar{y} + b_a (x - \bar{x}) - t_{n-2} \sigma_0 \sqrt{(1 + 1/n + (x - \bar{x})^2 / S_{xx})} , \quad (9.2)$$

где t_{n-2} – коэффициент Стьюдента для степени свободы $n-2$ и доверительной вероятности; n – количество точек на диаграмме Арениуса;

$$\sigma_0 = \sqrt{[(S_{yy} - S_{xy}^2 / S_{xx}) / (n - 2)]} .$$

Полученные результаты строятся, как показано на *рис. 9.2*. 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°C). Из нижнего доверительного предела определяется время $t_{\text{нди}}$. Как показано в примере (*рис. 9.2*), эти два значения соответственно равны 516 000 и 199 000 ч.

Используя форму кривых старения, строится кривая сохранения прочности таким образом, что определенная сохраненная прочность достигается после t_s (*рис. 9.3*). Вычисляется длительная прочность на единицу ширины T_x (выраженная в процентах от прочности на растяжение) после расчетного сро-

ка службы $100/T_x$. Строится подобная зависимость для $t_{нди}$ и определяется $T_{нди}$. Отношение сохраненной прочности $T_x/T_{нди}$.

Пример. На рис. 9.3 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 $81,5 / 58,8 = 1,39$.

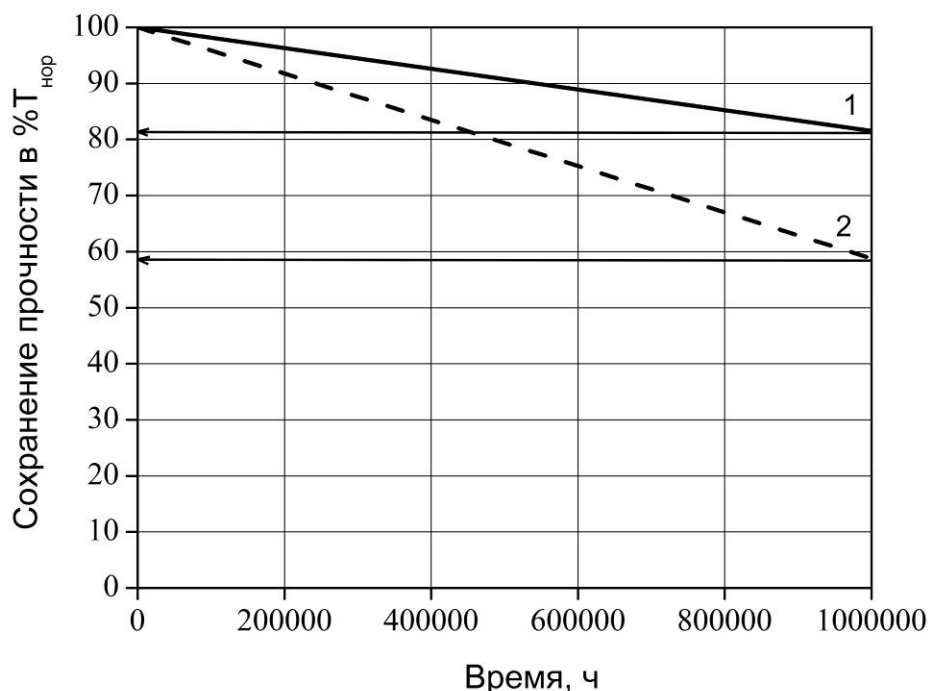


Рис. 9.3. Кривая старения при температуре эксплуатации

Коэффициент k_5 , учитывающий влияние действия агрессивных сред, определяется как отношение средней прочности не подвергнутого воздействию материала к средней прочности подвергнутого воздействию материала по формуле

$$k_5 = \frac{T_0}{T_k}, \quad (9.3)$$

где T_k — прочность при растяжении образца после воздействия, кН/м;

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

10. Устойчивость к микробиологическому разрушению

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 грибов.

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.

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.

Средства измерения, вспомогательные устройства и материалы:

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;

термостат, обеспечивающий поддержание температуры испытаний в рабочем объеме с допускаемой погрешностью ± 2 °С;

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 9.060-75

Для определения биологической активности грунта используют полоски отбеленной необработанной хлопчатобумажной ткани длиной 200 мм и шириной 50 мм с поверхностной плотностью 250 г/м².

Подготовка к испытаниям

Содержание воды определяют путем высушивания 100 г грунта, разложенного тонким слоем, при температуре от 103 °С до 105 °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 двукальевой соли ортофосфорной кислоты на 1 л воды.

Испытательный грунт перед проведением эксперимента должен быть выдержан не менее одного месяца при 28 ± 2 °С и относительной влажности

воздуха 97 ± 2 %. При использовании одного и того же грунта несколько раз половина старого грунта должна заменяться новым при проведении каждого нового эксперимента. Биологическую активность грунта можно повысить, добавив в него хорошо перепревший компост.

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

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

Определение коэффициента биологической активности грунта

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

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

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.

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

Коэффициент биологической активности испытательного грунта определяют по формуле

$$k_6 = \frac{t_0}{144}, \quad (10.1)$$

где t_0 – время контакта образца хлопчатобумажной ткани с испытательным грунтом, за которое прочность при растяжении падает на 75 %.

Испытательный грунт считается биологически активным, если коэффициент биологической активности лежит в диапазоне $0,65 \div 1,35$ (рис. 10.1). 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.

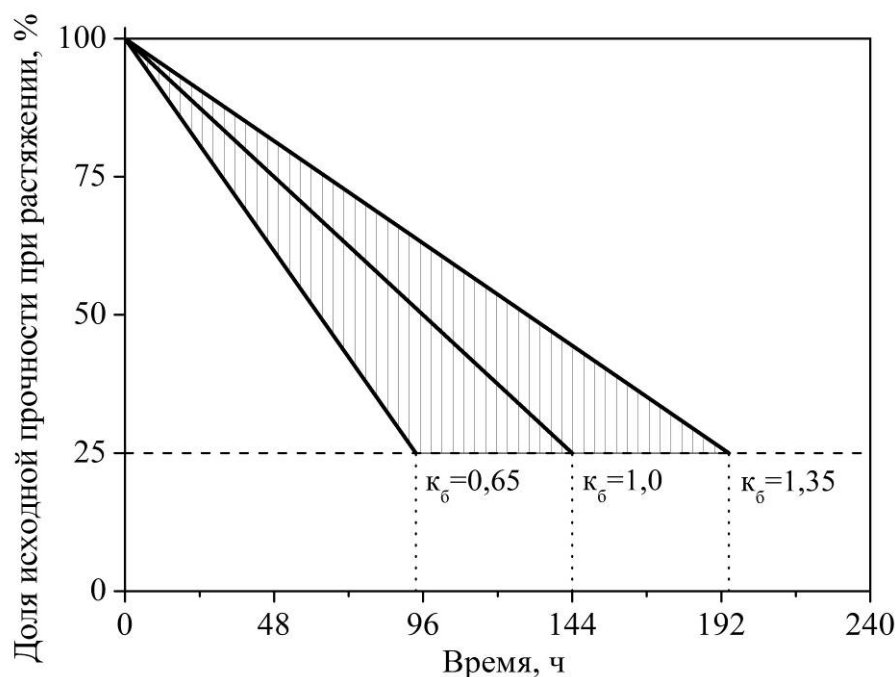


Рис. 10.1. Зависимость прочности при растяжении от времени контакта образцов с испытательным грунтом

Подготовка образцов

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.

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 $(95 \pm 5)\%$ и температуре $(26 \pm 1)^\circ\text{C}$. Во время эксперимента необходимо следить, чтобы грунт не стал сухим или влажным, так как это может привести к непригодной для эксперимента микробиологической среде.

Порядок проведения испытаний

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

Испытательные контейнеры помещают в термостат. При испытании серийных образцов длительность эксперимента составляет 16 недель. При раз-

работке новых видов геосинтетических материалов длительность эксперимента можно увеличить до 32 недель.

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

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 °С и относительной влажности воздуха 65 ± 5 %.

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

Коэффициент k_6 , учитывающий влияние воздействия микроорганизмов, определяется как отношение средней прочности не подвергнутого воздействию материала к средней прочности подвергнутого воздействию материала по формуле

$$k_6 = \frac{T_0}{T_k}, \quad (10.2)$$

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

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

11. Воздействие морозостойкости на долговечность

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 55032-2012. В результате испытаний определяется величина сохранения прочности, %.

Коэффициент k_7 , учитывающий влияние морозостойкости, определяется как отношение средней прочности не подвергнутого воздействию материала к средней прочности подвергнутого воздействию материала по формуле

$$k_7 = \frac{T_0}{T_k}, \quad (11.1)$$

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

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опираясь на важнейшие документы, которыми руководствуются в своей работе специалисты дорожной отрасли и смежных областей, авторы разработали систему терминов, аббревиатур и определений, гармонизированных с международными стандартами, создали классификацию геосинтетических материалов, построенную в соответствии с основополагающими принципами классифицирования объектов.

Термины, определения и классификации, приведенные в документе, предназначены для точной идентификации геосинтетических материалов, а также их рационального применения при строительстве, ремонте и реконструкции автомобильных дорог общего пользования, временных дорог, подъездных путей, стоянок, дорог промышленных и сельскохозяйственных предприятий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сидоров В. В. Изменилось ли что-нибудь в России за двести лет? // www.netler.ru/articles/dorogi.htm.
2. Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог: Отраслевой дорожный методический документ / ГП «РосдорНИИ»; ФГУП «СоюздорНИИ». – М., 2003. – 122 с.
3. Пуанкаре А. О. О науке: пер. с франц. – М.: Наука, 1990. – 736 с.
4. ISO 103186:2005. Geosynthetics. Terms and definitions. – Geneva: ISO Secretariat, 2005. – 14 p.
5. Мухамеджанов Г. К. О классификации и терминологии геотекстильных материалов / Г. К. Мухамеджанов, А. П. Фомин // Дорожная держава. – 2007. – № 9. – С. 61 – 64.
6. Бубновский В. В. Классификация геосинтетических материалов // Дороги. Красная линия. – 2009. – № 9. – С. 83 – 85.
7. Recommended descriptions of geosynthetics functions, geosynthetics terminology, mathematical and graphical symbols. – Easley: IGS Secretariat, 2000. – 17 p.
8. Ingold T. Geosynthetics: Training course/ T.Ingold , H.Brandl, G.Mannsbart // Seventh International Conference on Geosynthetics. – Paris: Comite Francais Geosynthetics, 2002. – 24 p.
9. Bathurst R. J. Classification of geosynthetics // www.geosyntheticssociety.org.
10. ASTM D 4439-04. Standard Terminology for Geosynthetics. – West Conshohocken: ASTM International Committee on Standards, 2004. – 5 p.
11. ASTM International // www.astm.org.
12. ISO 10318:2005. Геосинтетические материалы. Термины и определения: пер. с англ. Н. К. Макарова / под ред. Е. В. Лебедевой. – М.: Стандартинформ, 2008. – 24 с.
13. Англо-русский политехнический словарь: 80 000 терминов / под ред. А. Е. Чернухина. – М.: Советская энциклопедия, 1971. – 672 с.
14. Англо-русский словарь: 70000 слов / сост. В. К. Мюллер. – М.: Советская энциклопедия, 1965. – 912 с.
15. Белозеров Б. П. Свойства, технология переработки и применение пластических масс и композиционных материалов / Б. П. Белозеров, В. В. Гущев, К. Е. Перепелкин. – Томск: Изд-во науч.-техн. литературы, 2004. – 224 с.
16. Композиционные материалы: справочник / В. В. Васильев и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
17. Труевцев А. В. Англо-русский словарь-справочник по трикотажному производству / А. В. Труевцев, Н. А. Куц; под ред. Н. А. Добрыниной. – СПб.: ИПЦ СПГУТД, 2005. – 119 с.

18. *Минченков А. Г.* Когнитивно-эвристическая модель перевода (на материале английского языка): автореф. дис. ... д-ра филол. наук / СПбГУ. – СПб, 2008. – 43 с.
19. *Минченков А. Г.* Когниция и эвристика в процессе переводческой деятельности: монография. – СПб.: Антология, 2007. – 256 с.
20. *Регирер Е. И.* Развитие способностей исследователя. – М.: Наука, 2003. – 223 с.
21. *Перепелкин К. Е.* Структура и свойства волокон. – М.: Химия, 1985. – 208 с.
22. Краткая химическая энциклопедия: в 5 т. – Т. 1. – М.: Советская энциклопедия, 1961. – 1262 с.
23. Большая Советская Энциклопедия. – 2-е изд. – Т. 21. – С. 363.
24. Большая Советская Энциклопедия. – 2-е изд. – Т. 13. – С. 628 – 629.
25. *Труевцев Н. И.* Технология и оборудование текстильного производства / Н. И. Труевцев, Н. Н. Труевцев, М. С. Гензер. – М: Легкая индустрия, 1975. – 640 с.
26. *Альтишуллер Г. С.* Найти идею. – Новосибирск: Наука, 1986. – 209 с.
27. *Geogrid* // <http://www.wikipedia.org>.
28. *Geonet* // <http://www.wikipedia.org>.
29. *Крысько Л. П.* Техника и технология плетения / Л. П. Крысько, М. Г. Деханова. – М.: Легпромбытиздат, 1990. – 176 с.
30. *Коняс К.* Технология основовязаного трикотажа: пер. с польск. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 190 с.
31. *Spencer D. J.* Knitting Technology: 2nd Edition / D. J. Spencer. – Oxford: Pergamon Press, 1989. – 357 p.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Международная англоязычная терминология геосинтетических материалов и научные основы ее адекватного перевода на русский язык.....	4
1.1. Международные стандарты, регламентирующие терминологию геосинтетических материалов.....	4
1.2. Анализ русского перевода текста ISO 10318:2005, утвержденного ФГУП «Стандартинформ».....	5
1.3. Особенности интерпретации иностранного научно-технического текста с позиций когнитивно-эвристической теории перевода.....	21
1.4. Разработка адекватного перевода стандарта ISO 10318:2005.....	22
2. Термины, аббревиатуры, определения и классификация геосинтетических материалов.....	23
2.1. Основные принципы классифицирования объектов.....	23
2.2. Типы геосинтетических материалов.....	25
2.3. Классы геосинтетических материалов.....	29
2.4. Виды геосинтетических материалов.....	34
2.5. Термины, определения и классификация, относящиеся к функциям геосинтетических материалов.....	52
3. Инженерные решения в строительстве с применением геосинтетических материалов.....	54
4. Долговечность геосинтетических материалов.....	59
5. Механические повреждения при укладке.....	66
6. Ползучесть и длительная прочность.....	71
7. Прочность швов и соединений.....	82
8. Влияние атмосферных воздействий на долговечность.....	83
9. Влияние воздействия агрессивных сред на долговечность.....	86
10. Устойчивость к микробиологическому разрушению.....	91
11. Воздействие морозостойкости на долговечность	95
Заключение.....	96
Библиографический список.....	97

Учебное издание

**Труевцев Алексей Викторович
Баранов Андрей Юрьевич**

**ТЕХНИЧЕСКИЙ ТЕКСТИЛЬ.
ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ**

Учебное пособие

Оригинал-макет подготовлен в РИО СПбГУПТД

Издательский редактор Т. Н. Козлова

Подписано в печать 01.09.2016 г. Формат 60x84 1/16
Усл. печ. л. 5,8. Заказ 546/16.

<http://publish.sutd.ru>

Отпечатано в типографии СПбГУПТД
191028, С.-Петербург, ул. Моховая, 26