

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

В.И. Костин

ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Часть I

Учебно-методическое пособие

по подготовке к лекционным и практическим занятиям по дисциплинам
«Геосинтетические материалы в дорожной отрасли», «Новые технологии в
дорожном строительстве», «Технология и организация строительства дорог»
для обучающихся по направлениям подготовки 08.04.01 Строительство
(магистратура) и 08.03.01 Строительство (бакалавриат) профиль
«Автомобильные дороги»

Нижегород
2022

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

В.И. Костин

ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Часть I

Учебно-методическое пособие

по подготовке к лекционным и практическим занятиям по дисциплинам
«Геосинтетические материалы в дорожной отрасли», «Новые технологии в
дорожном строительстве», «Технология и организация строительства дорог»
для обучающихся по направлениям подготовки 08.04.01 Строительство
(магистратура) и 08.03.01 Строительство (бакалавриат) профиль
«Автомобильные дороги»

Нижний Новгород
ННГАСУ
2022

Костин В.И. Геосинтетические материалы в дорожном строительстве [Электронный ресурс]: учеб.- метод. пос./ В.И. Костин; Нижегор. гос. архитектур.- строит. ун-т – Н. Новгород: ННГАСУ, 2022. - 145 с., ил. 85. 1 электрон. опт. диск (CD-RW)

В пособии содержатся сведения о номенклатуре, классификации, области применения, принципах выбора, требованиях к показателям физико-механических свойств геосинтетических материалов и др.

Рассмотрены основы технологии и организации работ с применением геосинтетических материалов в дорожных конструкциях.

Пособие составлено в дополнение к основной учебной и справочной литературе, используемой студентами ННГАСУ при подготовке к лекционным и практическим занятиям по дисциплинам «Геосинтетические материалы в дорожной отрасли», «Новые технологии в дорожном строительстве», «Технология и организация строительства дорог», обучающимися по направлениям подготовки 08.04.01 Строительство (магистратура) и 08.03.01 Строительство (бакалавриат) профиль «Автомобильные дороги».

© Костин В.И., 2022

© ННГАСУ, 2022

Содержание

	стр.
1. Краткий исторический обзор	5
2. Термины, определения и обозначения	9
3. Классификация, область применения и выбор ГМ	16
4. Нормативная база по определению показателей свойств ГМ (методы испытаний)	22
5. Требования к показателям физико-механических свойств ГМ	41
6. Технические характеристики ГМ (на примере продукции фирмы «Ritten Geosintetics»)	41
7. Примеры образцов некоторых типичных конструкций с применением ГМ	52
8. Долговечность ГМ	62
9. Технология и организация производства работ	78
9.1. Армирование дорожных покрытий геосетками, плоскими георешет- ками и геокомпозитами	78
9.2. Армирование оснований дорожных одежд, обочин, земляного полотна геосетками, плоскими георешетками и геокомпозитами	87
9.3. Противоэрозионная защита и армирование откосов с применением геосеток и геокомпозитов	91
9.4. Армирование дорожных конструкций с применением геосотовых материалов (пространственных георешеток)	99
9.5. Гидроизоляция дорожных сооружений с применением геомембран....	121
9.6. Дренаж дорожных конструкций с применением геотекстиля и геокомпозитов	129

1. Краткий исторический обзор

Мировой опыт применения геосинтетических материалов (ГМ) в строительстве насчитывает несколько десятилетий. По разным источникам для этих целей ГМ впервые были использованы еще в конце 60-х годов XX века.

Так, компания «Рон-Пуленк Текстиль» (Франция) приступила к массовому производству иглопробивного нетканого полотна после успешного его применения на одном из складов для хранения инертных заполнителей в особо неблагоприятных гидрогеологических условиях. Тогда же подобные опытные работы проводятся в США.

В Нидерландах в 1953 году произошло затопление юго-западной части страны, при котором погибло более 1800 человек и более 72 тыс. людей остались без крова. Для защиты от прорыва плотин в это время использовалась обычная мешковина, заполненная песком. Последствия катастрофы показали неэффективность (неработоспособность) подобных конструкций. Данное обстоятельство заставило органы власти Голландии искать альтернативный вариант, что привело к созданию материалов из более прочных синтетических волокон (геосинтетики). Разработку новых материалов возглавила фирма «Энка Индастриал Систем». Результатом решения этой задачи явилось создание полиамидных матрасов «Энкалон» в виде полимерных матов с инертным наполнителем. Следующим прецедентом использования данной технологии стало берегоукрепление для нефтяной фирмы в Рио Магдалене (Колумбия). Определенными ступенями на пути к современным геосинтетикам следует считать противозерозионные и дренажные маты «Энкамат» и «Энкадрайн» (1973 г.).

Таким образом, полученный положительный опыт в дальнейшем привел к широкомасштабному применению ГМ в строительстве, в том числе дорожном.

Дальнейшие научные разработки специалистов отраслевых научно-исследовательских институтов и предприятий, предопределили весьма интенсивное развитие производства геосинтетических материалов.

Семидесятые годы прошлого столетия отмечены значительным ростом геотекстильной промышленности с появлением фирм-производителей таких как: «Ай-Си-Ай Файберз», «Хьюскер-геосинтетик», «Энка»-«НауФазертехник» (Германия), «Акзо-Нобель-геосинтетик» - «Колбонд геосинтетик» (Нидерланды), «Хеми Линц»-«Полифелт» (Австрия), «ДюПон» (США) и др.

На территории бывшего СССР геосинтетические материалы появились на 10 лет позднее.

В качестве основных этапов отечественного применения геосинтетики в дорожном строительстве можно выделить.

Начало 1970-х годов (Опыт первого применения)

Минтрансстрой СССР принял программу по изготовлению ГМ в целях использования на объектах дорожного строительства. Это был первый шаг по созданию и расширению производственной базы для выпуска геотканей и нетканых материалов. В этот период под патронажем Союздорнии прошли первые опытные работы по применению геосинтетики на автомобильной дороге Москва - Рига.

Исследования, проведённые на участке одной из «мокрых» выемок, послужили отправной точкой по разработке области применения нетканого материала «Бидим» французской фирмы «Рон-Пуленк» для обеспечения стабильности переувлажнённых участков дорог. Исследования велись в двух направлениях - геотехническом и по части водно-теплого режима. Последующие наблюдения позволили разработать требования к дорожным конструкциям, в которых необходимо или целесообразно использовать ГМ в качестве дополнительного фильтра, армоэлемента или разделительной прослойки. На данном этапе эти требования касались только нетканых иглопробивных материалов зарубежного производства и, отчасти их отечественных аналогов. Тем не менее, именно они предопределили в дальнейшем направленность применения ГМ в дорожной отрасли в то время СССР.

1977 г. (Первый отечественный продукт)

При участии нескольких российских институтов был разработан первый нетканый геотекстиль типа «Дорнит». Опытные партии изготовлены из смеси волокон из расплава полимера и штапелированного (измельченного) шерстяного волокна, представляющего отходы текстильной промышленности.

В дальнейшем на основе исследований этого материала были разработаны конструкции и необходимые технологии для климатических условий Западной Сибири, в том числе для районов распространения вечномёрзлых грунтов. По своей структуре и учету механизма взаимодействия грунта и геосинтетического материала подобные конструкции положили начало созданию многих современных решений. Они базируются на менее деформативных и более прочных современных материалах. Под ними специалисты понимают конструкции «грунт в обойме», в том числе с использованием мерзлого комковатого грунта, всевозможных разделительных элементов. В качестве типовых решений были представлены конструкции дренажей, сборного железобетонного покрытия с антикольматирующим и разделительным элементом из нетканого геосинтетического материала. В те годы появились первые временные дороги с прослойкой из технологичного ГМ в основании.

Выполненные полевые и экспериментальные исследования позволили обобщить полученные результаты и внести их в соответствующие разделы нормативных документов: СНиП 2.05.02-85, СНиП 3.06.03-85, ВСН 26-90, ВСН 84-89.

Возможность регулирования напряжённо-деформированного состояния геотехнических сооружений в сложных инженерно-геологических условиях с помощью ГМ была реализована при разработке ряда специальных документов для дорожной отрасли (рекомендаций по выбору проектных решений нефтепромысловых дорог в районах Ямбурга и Уренгоя, технических условий по Ямалу, рекомендаций по технологии сооружения земляного полотна из грунтов повышенной влажности для условий Нечерноземной зоны России и др.).

1990-е годы (Обобщение мирового опыта)

К исследованиям в этой области подключились не только инженеры и ученые, но и проектировщики, производители, потребители. В конце 1990-х го-

дов был проведен анализ продукции ведущих европейских фирм, таких как, «Хьюскер», «Дюпон», «Полифелт», «Тензар», «Тепакс», «Геотерра», «Фазер-Техник», «Престорус», «Геовеб» и более 50 российских фабрик. Основной объём исследований был направлен, прежде всего, на формирование пакета первичных документов для отечественных производителей. В результате разработаны требования, сформированы и согласованы ТУ, выполнены сертификационные лабораторные испытания, включая изменчивость прочностных и деформационных свойств, фильтрационной способности этих материалов, способности выдерживать локальные нагрузки в зависимости от физических показателей и особенностей технологии изготовления. По результатам исследований установлены рациональные области применения геосинтетических материалов различных типов в элементах дорожных конструкций, положено начало разработке и совершенствованию современной расчетной базы (алгоритма).

2000-е и последующие годы (Расширение номенклатуры ГМ)

В настоящее время усилия специалистов направлены на расширение номенклатуры ГМ, прежде всего композиционных. Проводятся обширные исследования пластиковых объемных георешеток, геосеток с любой размерностью ячеек, высокой прочностью и когезией. В рассматриваемый период разрабатываются методики определения показателей физико-механических свойств отдельных видов ГМ и целых геосистем типа грунт (дорожно-строительный материал) + геосинтетика, т.е. работающих совместно.

В это время на основе результатов лабораторных и экспериментальных исследований разработаны практические рекомендации и осуществлено широкомасштабное внедрение ГМ на МКАД, автомагистралях «Дон», «Крым» и многих других.

Для армирования асфальтобетонных покрытий совместно с фирмой «Стеклопрогресс» выполнен комплекс работ по созданию новых видов стеклосеток с прочностью не менее 40 кН/м.

Наряду с лабораторными, полевыми и экспериментальными, ведутся теоретические исследования по созданию комплекса методик расчета и соответствующих программных продуктов, так необходимых для проектирования дорожных конструкций с использованием геотекстильных и геопластиковых материалов различного назначения.

В отечественной и зарубежной дорожной отрасли с помощью геосинтетики успешно решаются следующие задачи:

- устройство разделительных прослоек;
- армирование земляного полотна и слоев одежды дорог и аэродромов;
- повышение общей и местной устойчивости откосов и склонов;
- устройство траншейных, пластовых, откосных и пр. видов дренажных систем;
- применение гидроизолирующих и термоизолирующих прослоек;

Следует сразу сказать, что это далеко не полный перечень функциональных возможностей применения композиционных ГМ в дорожном строительстве.

При всем многообразии номенклатуры геосинтетике, производимой в настоящее время, первостепенное значение имеют вопросы выбора рациональных конструктивных решений, методов расчета, оценки их работоспособности и долговечности.

Долговечность ГМ зависит от сочетания целого комплекса факторов, таких как качество исходного сырья, климатические условия, реакция грунтовой среды, солнечная радиация, нагрузки и воздействия в процессе строительства и эксплуатации.

При изготовлении геосинтетических композитов применяют в основном полиамид, полиэфир, полипропилен, полиэтилен, стекловолокно, что в принципе должно сохранять данный показатель в интервале от 40 до 120 лет (данные литературных источников). Тем не менее разное сырье (исходный материал) ведет себя по-разному по отношению к внешним воздействиям. Так, следует учитывать чувствительность полиамида к агрессивному воздействию кислотно-щелочной среды, а также к их набуханию в присутствии воды. Не следует допускать длительного применения ГМ на основе полиэфира в грунтовых средах с показателем кислотности $pH > 10$.

Для придания специфических свойств в сырье вводят добавки: например, в качестве стабилизатора от солнечной радиации - технический углерод (сажу), пигменты для окраски материала и т.д. В целях усиления адгезии или надежного контакта с рабочей текстурой конструкций и сооружений с применением традиционных дорожно-строительных материалов на внешнюю поверхность ГМ в ряде случаев наносят обволакивающие и защитные слои из поливинилхлорида, полиэтилена, битумных эмульсий, а также специальных материалов, запатентованных в ряде зарубежных стран.

Работоспособность (стабильность гидравлических свойств в процессе срока службы) дренажных систем следует обеспечивать путем соблюдения соответствия фильтрационных характеристик нетканых и материалов с подобными функциями, граничащими с грунтовой средой. Объединение геотекстиля с геосетками и георешетками позволило получить оригинальные композиты, удачно применяемые в дренажных конструкциях для регулирования поверхностного и подземного стоков.

В условиях необходимости обеспечения армирующего эффекта особую значимость приобретают показатели долговременной прочности и ползучести ГМ при длительном воздействии постоянных нагрузок. Последние должны устанавливаться на основании результатов соответствующих испытаний и указываться фирмой-изготовителем в паспорте, технических условиях или в сертификате на материал.

При выборе и последующем использовании ГМ следует учитывать необходимость обеспечения их экологической безопасности, в первую очередь по отношению к геологической и водной среде, препятствуя либо поглощая водорастворимые и вымываемые вредные загрязняющие компоненты. Особая роль отводится геосинтетике при создании полигонов по размещению и захоронению промышленных и твердых бытовых отходов (ТБО). Весьма эффективно

себя зарекомендовали конструкции гидроизолирующих экранов из геомембран толщиной 1,5-5 мм совместно с дренажом из геотекстиля или геосинтетического композита для сбора ядовитого инфильтрата.

Одной из наиболее перспективных областей применения геосеток и объемных георешеток является армирование асфальтобетонных покрытий, в том числе для предотвращения отраженного трещинообразования, усиления конструктивных слоев дорожных одежд и земляного полотна путем укрепления слабых оснований, конусов, откосов, склонов и т.п.

Кроме того, внедрение геосинтетики и геопластики в условиях России приобретает особую актуальность в части экономии материально-технических ресурсов при строительстве дорог за счет снижения расхода объемов дефицита традиционных природных инертных материалов (песок, щебень, гравий и т.п.).

Таким образом, можно констатировать, что в настоящее время современное развитие геосинтетики и геопластики достигло уровня, позволяющего обеспечить дорожное строительство практически любыми материалами с различными требуемыми свойствами.

2. Термины, определения и обозначения

Термины и определения, относящиеся к функциям ГМ

Армирование - усиление дорожных конструкций и материалов с целью улучшения их механических характеристик.

Разделение - предотвращение взаимного проникновения частиц материалов смежных слоев дорожных конструкций.

Фильтрация - пропускание жидкости в структуру материала или сквозь нее с одновременным сдерживанием грунтовых и подобных им частиц.

Дренаживание - сбор и перенос осадков, грунтовой воды и других жидкостей в плоскости материала.

Борьба с эрозией поверхности - предотвращение или ограничение перемещения грунта или других частиц по поверхности объекта.

Гидроизоляция - предотвращение или ограничение перемещения жидкостей.

Теплоизоляция - ограничение теплового потока в дорожных конструкциях.

Защита - предохранение поверхности объекта от возможных повреждений.

Термины и определения, относящиеся к виду материала

Геосинтетический материал (геосинтетика) - материал из синтетических или природных полимеров, неорганических веществ, контактирующий с грунтом или другими средами, применяемый в дорожном строительстве.

Геополотно (геотекстиль) – сплошной, проницаемый, пористый геосинтетический материал, образованный из волокон, нитей, пряж, лент, получаемый путем их скрепления механическим (плетение, иглопробивание), химическим (склеивание), термическим (сплавление) способами или их комбинацией.

Геопластмасса - материал, получаемый методом экструзии, вспенивания расплава синтетического полимера или скреплением полимерных полос.

Георешетка – плоский геосинтетический материал из расплава полимера, имеющий сквозные ячейки правильной стабильной формы, размеры которых превышают наибольший размер поперечного сечения ребер, с жесткой сетчатой структурой, образованной путем экструзии, склеивания, термоскрепления или переплетения ребер в узлах.

Геосетка - плоский геосинтетический материал из расплава полимера или стекловолокна, имеющий сквозные ячейки лабильной формы, размеры которых превышают наибольший размер поперечного сечения ребер, образованный путем экструзии или переплетения ребер под различными углами с образованием эластичной сетчатой структуры.

Геосетка (георешетка) одноосноориентированная - материал, имеющий повышенные показатели механических свойств в одном направлении – продольном по отношению к направлению раскатки рулона;

Геосетка (георешетка) двухосноориентированная - материал, имеющий близкие (отличающиеся не более, чем на 20%) механические свойства в продольном и поперечном направлениях.

Геосоты (георешетка пространственная) - объемный ячеистый модуль, состоящий из полимерных полос различной высоты с поперечным размером сквозных ячеек, соизмеримым с высотой ребер, соединенных между собой в шахматном порядке при помощи экструзии, прессования, сварки, литья под давлением или другими способами.

Геоккомпозит - геосинтетический материал, состоящий из полимерной (синтетической или натуральной) непрерывной матрицы, выполняющей роль связующего все компоненты материала, и из армирующего, фильтрующего или дренирующего компонента.

Геоболочка - емкость из геосинтетического материала для заполнения грунтом или другими строительными материалами, создающая замкнутый объем.

Геомат - проницаемый материал трехмерной структуры из полимерных или натуральных волокон, монофиламентов или других элементов, скрепленных механическим, термическим, химическим или другими способами.

Геомембрана - геосинтетический материал, предназначенный для полной или частичной гидроизоляции.

Биомат - проницаемая дискретно-упрочненная пространственная конструкция из полимерных мономеров, волокон и других элементов, содержащая в своей структуре семена растений.

Глиномат (бенитонит) – многослойный водонепроницаемый материал, в котором между двумя слоями, как правило, иглопробивного полотна, скрепленного иглопрокалыванием, провязыванием или другими способами (дискретно-упрочненная конструкция) заключена природная глина, формирующаяся при первом ее намокании.

Геополоса - геосинтетический материал, представленный в виде ленты, имеющей технологически оформленные кромки или получаемой путем вырезания из геосинтетического материала большей ширины, с нераспускающимися кромками.

Геоплита - геосинтетический материал, получаемый методом экструзии, вспенивания синтетического полимера или по технологии изготовления композитов, применяемый в дорожных конструкциях.

Геоячейка – трехмерная проницаемая синтетическая или натуральная полимерная с ней «сотовая» или схожая с ней ячеистая структура, созданная из соединенных между собой полос геосинтетики или геомембран или в сочетании с геотекстильным материалом.

Термины и определения, относящиеся к способу (технологии) изготовления материала

Фильтерный – формирование холста путем протягивания струй расплава или дисперсии полимера через фильтры с образованием мононитей, отверждения их и укладки на приемной поверхности.

Экструзия – процесс плавления и выдавливания под давлением термопластического полимера или с добавками со специальными функциями через отверстия различной формы (круглой или профилированной).

Иглопрокалывание – процесс, при котором происходит протаскивание иглами пучков волокон сквозь волокнистый холст или его сочетание с другими материалами (тканью, пленкой, фольгой).

Провязывание – процесс, при котором происходит скрепление волокнистого холста прошивной нитью (пряжей) с образованием петель.

Холстопрошивной безниточный – механический способ изготовления нетканых полотен путем провязывания волокнистого холста пучками самих волокон с образованием петель.

Нитепрошивной - механический способ изготовления нетканых полотен путем провязывания систему одной (уточной) или двух систем (основной и уточной) нитей прошивной нитью (пряжей).

Ткачество – образование полотна на основе ткацкого переплетения двух систем нитей (основы и утка).

Химический – скрепление элементов геосинтетических материалов специальными клеящими составами.

Термический – скрепление элементов геосинтетических материалов путем их предварительного нагрева до температуры сплавления.

Обозначения, относящиеся к функциям применения ГМ

А – армирование;

Р – разделение;

Ф – фильтрация;

Д – дренирование;

Э – борьба с эрозией;

Г – гидроизоляция;

З – защита.

Обозначения, относящиеся к исходному сырью, используемому для изготовления ГМ

ПА – полиамид;
ПП – полипропилен;
ПЭ – полиэтилен;
ПЭТ – полиэфир (полиэтилентерефталат);
СТ – стекловолокно;
ПВС – поливиниловый спирт;
БЗ – базальтовое волокно.

Обозначения, относящиеся к видам ГМ

ГПТ-ТК – Геополотно тканое;
ГПТ-ВЗ – Геополотно вязаное;
ГПТ-НТ – Геополотно нетканое;
ГРТ-ТК – Георешетка тканая;
ГРТ-ВЗ – Георешетка вязаная;
ГРТ-НТ – Георешетка нетканая;
ГРТ-ПЭ – Георешетка пластмассовая экструдированная;
ГРТ-ПС – Георешетка пластмассовая скрепленная;
ГСТ-ВЗ – Геосетка вязаная;
ГСТ-ПЛ – Геосетка плетеная;
ГСТ-ПЭ – Геосетка пластмассовая экструдированная;
ГМТ-ТК – Геомат тканый;
ГМТ-ВЗ – Геомат вязаный;
ГМТ-НТ – Геомат нетканый;
ГМТ-ПЛ – Геомат плетеный;
ГМТ-ПЭ – Геомат пластмассовый экструдированный;
БМТ – Биомат;
ГСВ-НТ – Геосотовый материал нетканый;
ГСВ-ПС – Геосотовый материал пластмассовый скрепленный;
ГММ-ПЭ – Геомембрана пластмассовая экструдированная;
ГММ-КП – Геомембрана композиционная;
ГММ-БТ – Геомембрана битумная;
ГМТ – Глиномат;
ГОб-ТК – Геооболочка тканая;
ГОб-ВЗ – Геооболочка вязаная.

Обозначения общих показателей физико-механических свойств ГМ

$\gamma_{ГМ}$ - поверхностная плотность или масса 1 м² полотна, г/м²;
 δ - толщина полотна, мм;
 $B_{ГМ}$ - ширина полотна, секции модуля, элемента, м;
 $l_{ГМ}$ - длина полотна, секции модуля, элемента, м;
 T_0 - максимальная температура, при которой допустимо применение ГМ;
 O_{90} - фильтрующая способность - показатель способности ГМ выполнять функции фильтра, связанный с размером пор, мкм;

$K_{\phi(2)}$ - коэффициент фильтрации в направлении, нормальном плоскости полотна, м/сут. Индекс (2) (или иной) показывает величину обжатия в кПа, при которой определены значения K_{ϕ} ;

$K_{\phi(2)}$ - коэффициент фильтрации в направлении плоскости полотна, м/сут. Индекс (2) (или иной) показывает величину обжатия в кПа, при которой определены значения K_{ϕ} ;

R_p^6 - прочность при растяжении (кратковременном, одноосном) в продольном направлении, Н/см или кН/м;

R_p^n - прочность при растяжении (кратковременном, одноосном) в поперечном направлении, Н/см или кН/м;

$\epsilon_{p\epsilon}^6$ - относительная деформация при растяжении (кратковременном, одноосном) в продольном направлении, %. Индекс « p » соответствует нагрузке, при которой фиксируется деформация, выраженной в Н/см или в долях от R_p (значения $p = 0$ и $p = \max$ соответствуют относительной деформации при разрыве - ϵ_{ov} , ϵ_{on} и при максимальной нагрузке $\epsilon_{\max \epsilon}$, $\epsilon_{\max n}$). Индекс « ϵ » в верхней части соответствует ширине образца, см ($\epsilon = 0$ соответствует испытанию одного элемента, например, ровинга геосетки);

ϵ_{pn}^6 - относительная деформация при растяжении (кратковременном, одноосном) в поперечном направлении, %. Индекс « p » соответствует нагрузке, при которой фиксируется деформация, выраженной в Н/см или в долях от R_p (значения $p = 0$ и $p = \max$ соответствуют относительной деформации при разрыве - ϵ_{ov} - ϵ_{on} и при максимальной нагрузке $\epsilon_{\max \epsilon}$, $\epsilon_{\max n}$). Индекс « ϵ » в верхней части соответствует ширине образца, см ($\epsilon = 0$ соответствует испытанию одного элемента, например, ровинга геосетки).

$E_{p\epsilon}^6$ - условный модуль деформации при растяжении (кратковременном, одноосном) в продольном направлении, кН/м. Значение индексов « p », « ϵ » (верхняя часть) - как для $\epsilon_{p\epsilon}^6$ и ϵ_{pn}^6 ; при отсутствии расшифровки индекса « p » значения $E_{p\epsilon}^6$ и E_{pn}^6 определены при нагрузке $p = 0,3R_p$, но не менее 25 Н/см.

E_{pn}^6 - условный модуль деформации при растяжении (кратковременном, одноосном) в продольном направлении, кН/м. Значение индексов « p », « ϵ » (верхняя часть) - как для $\epsilon_{p\epsilon}^6$ и ϵ_{pn}^6 ; при отсутствии расшифровки индекса « p » значения $E_{p\epsilon}^6$ и E_{pn}^6 определены при нагрузке $p = 0,3R_p$, но не менее 25 Н/см.

$E_{рсф}$ - условный модуль деформации при сферическом растяжении в условиях сложного напряженного состояния, кН/м;

P_p - усилие продавливания, Н;

D_k - условный показатель сопротивляемости ГМ местным повреждениям - диаметр отверстия в образце ГМ после падения конуса, мм;

P_k - показатель сопротивляемости ГМ местным повреждениям - снижение прочности при укладке ГМ на контакте с крупнофракционным материалом, %, к значениям R_p^6 (R_p^n);

R_{ε}^6 - усилие при продольном растяжении (кратковременном, одноосном), требуемое для достижения определенной величины относительной деформации ε , кН/м;

ε_p - относительная деформация при растяжении (кратковременном, одноосном), достигаемая при определенной величине усилия при растяжении P в долях от R_p , %;

$R^{Tол}$ - длительная прочность ГМ с учетом срока службы T лет, кН/м;

$\Delta\delta_{ГМ}$ - относительная деформация сжатия ГМ - изменение толщины ГМ в % к первоначальной под действием сжимающей нагрузки определенной величины;

P_z - допустимая потеря прочности на растяжение после 25 циклов замораживания оттаивания, %, к значениям R_p^6 (R_p^n).

Дополнительные термины, определения и обозначения, относящиеся к свойствам геосеток (георешеток)

Ребра геосетки (георешетки) - основные элементы геосетки (георешетки) в виде плоских пластин, объединяемых в узлах с образованием ячеек;

Узлы геосетки (георешетки) - места объединения ребер, имеющие (для георешеток) повышенную по отношению к ребрам толщину.

A_L (A_T) - размер ячейки в продольном (поперечном) направлении - расстояние между осями ребер в направлении длины (ширины) материала;

W_{LR} (W_{TR}) ширина ребер в продольном (поперечном) направлении - минимальная ширина ребер, расположенных в направлении длины (ширины) материала;

t_{LR} (t_{TR}) толщина ребер в продольном (поперечном) направлении - минимальная толщина ребер, расположенных в направлении длины (ширины) материала;

t_j - толщина узлов;

B_R - ширина рулона;

L_R - длина рулона;

F_{LR} (F_{TR}) - площадь сечения ребер, расположенных в направлении длины (ширины) материала;

γ_R поверхностная плотность - отношение массы образца определенного размера к его площади (г/м²);

K_{LR} (K_{TR}) - число ребер геосетки (георешетки) на 1 пог.м. материала по направлению длины (ширины). Может определяться нецелым числом (с точностью до десятых долей).

R_{LR} (R_{TR}) - прочность при растяжении в продольном (поперечном) направлении - максимальное растягивающее усилие при одноосном растяжении образца в направлении длины (ширины) материала с постоянной скоростью растяжения, отнесенное к ширине образца, кН/м;

ε_{LRmax} (ε_{TRmax}) – относительная деформация в продольном (поперечном) направлении при разрыве;

ε_{LRR} (ε_{TRR}) – относительная деформация при максимальном растягивающем усилии в направлении длины (ширины) материала, %;

$R_{LR}(\varepsilon)$ и $R_{TR}(\varepsilon)$ – усилие в образце в направлении длины (ширины) материала, отнесенное к ширине образца, возникающее при определенной относительной деформации ε (как правило, $\varepsilon = 2\%$ и $\varepsilon = 5\%$, см., кН/м;

$E_{LR}(\varepsilon)$ и $E_{TR}(\varepsilon)$ – условный показатель деформативности в направлении длины (ширины) материала, определяемый при фиксированном значении относительной деформации, кН/м;

R_{JR} – относительная прочность узлов сетки, % к R_{LR} или R_{TR} ;

G_{LR} (G_{TR}) – условный показатель жесткости в плоскости материала по направлению его длины (ширины), % к R_{LR} или R_{TR} ;

P_{LR} (P_{TR}) – условный показатель сопротивляемости местным повреждениям в направлении длины (ширины) материала, % к R_{LR} или R_{TR} .

E''_{LR} , E''_{TR} – условное значение модуля упругости для геосетки (георешетки), МПа;

E'''_{LR} , E'''_{TR} – условное значение модуля упругости для ребра сетки, МПа;

$E''''_{LR} \times F_{LR}$, $E''''_{TR} \times F_{TR}$ – показатель деформативности материала, Н.

Термины и определения, относящиеся к долговечности ГМ

Длительная деформация (long-term strain) - прогнозируемая полная деформация ГМ на срок службы дорожной конструкции.

Длительная прочность (long-term strength) - постоянная нагрузка, приложенная к ГМ в течение срока службы и по прогнозу, не приводящая к его разрыву.

Долговечность (durability) - способность ГМ сохранять требуемые проектом свойства (работоспособность) на протяжении всего срока службы дорожной конструкции путем сопротивления воздействию внешних факторов (погодных, механических, химических, биологических и др.).

Модуль ползучести (creep modulus) - отношение нагрузки при ползучести к относительному удлинению образца.

Нормативная прочность при растяжении (characteristic strength) - прочность при растяжении ГМ, определенная с 95% доверительной вероятностью.

Расчетный срок службы (design life) - время, в течение которого доступное свойство ГМ превосходит требуемое и обеспечивается выполнение геосинтетическим материалом желаемой функции в дорожной конструкции.

Ползучесть (creep) - медленное непрерывное удлинение образца под действием постоянной растягивающей нагрузки.

Полный срок службы (service life) - продолжительность эксплуатации ГМ до состояния, при котором доступное свойство геосинтетического материала

становится равным требуемому свойству и его дальнейшая эксплуатация недопустима.

Старение (aging) - совокупность процессов, происходящих в ГМ во времени при хранении или эксплуатации и, приводящих к потере его первоначальных свойств и характеристик.

Требуемое свойство (required property) - свойство, требуемое проектом и обеспечиваемое включением ГМ в дорожную конструкцию.

Доступное свойство (available property) - свойство дорожной конструкции, обеспеченное в данный момент времени за счет применения ГМ.

Обозначения, относящиеся к долговечности ГМ

R_{p95} – нормативная прочность при растяжении ГМ, Н/м;

γ_b – коэффициент запаса для ГМ;

R_{pK} - прочность при растяжении ГМ после воздействия определенного фактора, кН/м;

R_{p0} - прочность при растяжении исходного материала, кН/м;

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

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

$T_{ч}$ – срок службы, ч;

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

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

$R_{дл}$ – длительная прочность ГМ (нагрузка на единицу ширины), кН/м;

3. Классификация, область применения и выбор ГМ

Классификация ГМ определяется следующими критериями:

- 1) тип — составом исходного сырья;
- 2) класс - технологическими особенностями изготовления (формирования структуры) материала;
- 3) вид – макроструктурой материала.

ГМ могут быть одноосно-ориентированными, с повышенными показателями механических свойств в одном направлении, двуосно- и многоосно - ориентированными, имеющими сравнимые показатели механических свойств в двух и более направлениях.

В случае если геосинтетический материал состоит из нескольких слоев геосинтетических материалов, скрепленных механическим, химическим, термическим или другими способами, его следует обозначать как комбинированный (композиционный), указывая при этом ГМ, входящие в каждый слой по отдельности, и способ скрепления слоев.

Классификация ГМ по типам, классам и видам представлена в табл.3.1.

ГМ применяются в дорожном строительстве с целью выполнения следующих функций:

- армирование;
- разделение;
- фильтрация;
- дренирование;
- борьба с эрозией;
- гидроизоляция;
- теплоизоляция;
- защита.

Классификация ГМ в зависимости от выполняемых функций приведена в табл. 3.2.

Область применения ГМ определяется их свойствами и характеристиками, зависящими от состава исходного сырья, технологии производства, структуры материала. Наибольшее распространение ГМ получили применение для выполнения перечисленных выше функций или их комбинации, например, армирование и разделение (А+Р), фильтрация и армирование (Ф+А); фильтрация и разделение (Ф+Р); фильтрация, армирование и разделение (Ф+А+Р) и др. в следующих конструктивных элементах дорог:

- слои покрытий и оснований дорожной одежды;
- дополнительные слои дорожной одежды;
- обочины дорожной одежды;
- рабочие слои земляного полотна;
- тело и основание насыпи;
- слабые грунты в основании насыпи;
- грунты в основании выемки;
- откосы насыпей и выемок;
- дренажные конструкции.

Выбор ГМ в зависимости от выполняемой функции

Рекомендации по назначению вида ГМ в зависимости от выполняемых функций и области применения представлены в табл.3.3.

Выбор ГМ осуществляется в порядке, приведенном на рис. 3.1, в несколько этапов.

1. Уточнение области применения, определение конструктивного элемента в дорожной одежде и земляном полотне.

2. Определение выполняемых ГМ функций в дорожной конструкции.

3. Выбор номенклатуры (типоразмера) ГМ с учетом особенностей его взаимодействия с контактирующими строительными материалами.

Например, для работы в конструкции с зернистыми фракционными материалами применяются георешетки. Выбирая размер ячеек при армировании слоев асфальтобетона, необходимо соблюдать условие:

$$0,5 \times (d + D) < 1,5 \times A \quad (3.1)$$

Классификация ГМ по видам

Таблица 3.1

Геосинтетические материалы для дорожного строительства		
Тип	Класс	Вид
Геотекстиль	Геотекстиль тканый	Геополотно тканое
		Георешетка тканая
		Геомат тканый
		Геооболочка тканая
		Геополоса тканая
	Геотекстиль вязаный	Геополотно вязаное
		Георешетка вязаная
		Геосетка вязаная
		Геомат вязаный
		Геооболочка вязаная
	Геотекстиль нетканый	Геополотно нетканое
		Георешетка нетканая
		Геосотовый материал нетканый
		Геомат нетканый
	Геотекстиль плетеный	Геополоса нетканая
		Геосетка плетеная
Геопластмасса	Геопластмасса экструдированная	Геомат плетеный
		Георешетка пластмассовая экструдированная
		Геосетка пластмассовая экструдированная
		Геомат пластмассовый экструдированный
		Геомембрана пластмассовая экструдированная
	Геополоса пластмассовая экструдированная	
	Геопластмасса вспененная	Геоплита вспененная
	Геопластмасса скрепленная	Георешетка пластмассовая скрепленная
Геосотовый материал пластмассовый скрепленный		
Геокомпозит	Геокомпозит дискретно-упрочненный	Биомат
		Глиномат
	Геокомпозит непрерывно-упрочненный	Геомембрана композиционная
		Геомембрана битумная
		Геополоса композиционная
		Геоплита композиционная
Геосотовый материал композиционный скрепленный		

Классификация ГМ в зависимости от выполняемых функций

Таблица 3.2.

Функция геосинтетического материала	Вид геосинтетического материала
Армирование	Геополотно тканое Геополотно вязаное
	Георешетка тканая Георешетка вязаная Георешетка нетканая Георешетка пластмассовая экструдированная Георешетка пластмассовая скрепленная
	Геосотовый материал пластмассовый скрепленный
	Геоплита композиционная
	Геополоса тканая Геополоса вязаная Геополоса пластмассовая экструдированная Геополоса композиционная
	Геосотовый материал композиционный скрепленный
	Геоболочка тканая Геоболочка вязаная
Разделение	Геополотно тканое Геополотно вязаное Геополотно нетканое
	Георешетка тканая Георешетка вязаная Георешетка нетканая Георешетка пластмассовая экструдированная Георешетка пластмассовая скрепленная
	Геосетка пластмассовая экструдированная
	Геоболочка тканая Геоболочка вязаная
Фильтрация	Геополотно вязаное Геополотно нетканое Геополоса нетканая
Дренаживание	Геополотно нетканое
	Геомембрана пластмассовая экструдированная
	Геомат пластмассовый экструдированный Геополоса нетканая
	Геополотно нетканое
Борьба с эрозией	Геосетка вязаная Геосетка плетеная
	Геосотовый материал нетканый Геосотовый материал пластмассовый скрепленный

Продолжение табл. 3.2.

Функция геосинтетического материала	Вид геосинтетического материала
Борьба с эрозией	Геомат тканый Геомат вязаный Геомат нетканый Геомат плетёный Геомат пластмассовый экструдированный Биомат
	Геосотовый материал композиционный скрепленный
Гидроизоляция	Геомембрана пластмассовая экструдированная Геомембрана композиционная Геомембрана битумная
	Глинومات
Теплоизоляция	Геополотно нетканое
	Геоплита вспененная
Защита	Геополотно тканое Геополотно вязаное Геополотно нетканое
	Геооболочка тканая Геооболочка вязаная

где d – наименьший номинальный размер зёрен каменного материала в асфальтобетоне;

D – наибольший номинальный размер зёрен каменного материала в асфальтобетоне;

A – средний размер ячейки (среднее значение между шириной и высотой ячейки).

Для георешеток текстильного производства значения определяются по средней линии ребер, для экструдированных - между краями ребер.

Размер ячеек при армировании оснований и дополнительных слоев дорожной одежды и земляного полотна должен соответствовать требованиям:

$$0,5 \times (d + D) < 0,8 \times A \quad (3.2)$$

где d – наименьший номинальный размер зёрен каменного материала в основаниях и дополнительных слоях дорожной одежды;

D – наибольший номинальный размер зёрен каменного материала в основаниях и дополнительных слоях дорожной одежды.

4. Оценка условий работы ГМ, то есть комплекса погодных-климатических, инженерно-геологических, гидрологических и прочих показателей и характеристик района строительства. Выбирается ГМ и вид исходного сырья по стойкости к температурным воздействиям, уровням РН и биологической устойчивости.

**Рекомендации по выбору вида ГМ
в дорожной конструкции по выполняемым функциям**

Таблица 3.3.

ФУНКЦИИ ГМ	ДОРОЖНАЯ ОДЕЖДА			ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО					
	ПОКРЫТИЕ	ОСНОВАНИЕ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ	ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛОИ	РАБОЧИЙ СЛОЙ	ТЕЛО НАСЫПИ	ОСНОВАНИЕ НАСЫПИ	ОСНОВАНИЕ ВЫЕМКИ	ОТКОСЫ НАСЫПИ	ДРЕНАЖНЫЕ КОНСТРУКЦИИ
АРМИРОВАНИЕ	ГРТ-ТК ГРТ-ВЗ	ГРТ-ПЭ ГРТ-ТК ГРТ-ВЗ ГСВ-ПС ГПТ-ТК	ГРТ-ПЭ ГРТ-ТК ГРТ-ВЗ ГРТ-ПС ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГСВ-ПС	ГРТ-ПЭ ГРТ-ТК ГРТ-ВЗ ГРТ-ПС ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГСВ-ПС	ГРТ-ПЭ ГРТ-ТК ГРТ-ВЗ ГРТ-ПС ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГСВ-ПС	ГРТ-ПЭ ГРТ-ТК ГРТ-ВЗ ГРТ-ПС ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГСВ-ПС	ГРТ-ПЭ ГРТ-ТК ГРТ-ВЗ ГРТ-ПС ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГСВ-ПС	ГРТ-ПЭ ГРТ-ТК ГРТ-ВЗ ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГСВ-ПС	-
РАЗДЕЛЕНИЕ	-	ГРТ-ПЭ ГРТ-ТК ГРТ-ВЗ ГРТ-ПС ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГПТ-НТ ГСТ-ПЭ	ГРТ-ПЭ ГРТ-ТК ГРТ-ВЗ ГРТ-ПС ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГПТ-НТ ГСТ-ПЭ	ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГПТ-НТ	ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГПТ-НТ	ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГПТ-НТ	ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГПТ-НТ	-	ГПТ-НТ
ФИЛЬТРАЦИЯ	-	ГПТ-НТ	ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГПТ-НТ	ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГПТ-НТ	ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГПТ-НТ	ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГПТ-НТ	ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГПТ-НТ	ГПТ-НТ	ГПТ-НТ
ДРЕНИРОВАНИЕ	-	-	ГПТ-НТ	ГПТ-НТ	ГПТ-НТ	ГПТ-НТ ГОб-ТК ГОб-ВЗ	ГПТ-НТ ГОб-ТК ГОб-ВЗ	ГПТ-НТ	ГПТ-НТ ГММ-ПЭ ГММ-БТ

БОРЬБА С ЭРОЗИЕЙ	-	-	-	-	-	-	-	ГРТ-ПЭ ГСТ-ВЗ ГСТ-ПЛ ГМТ-ТК ГМТ-ВЗ ГМТ-НТ ГМТ-ПЛ ГМТ-ПЭ БМТ ГСВ-НТ ГСВ-ПС ГОВ-ТК	ГПТ-НТ
	-	-	-	-	-	ГММ-ПЭ ГММ-КП ГММ-БТ ГМТ	ГММ-ПЭ ГММ-КП ГММ-БТ ГМТ	-	ГММ-ПЭ ГММ-БТ ГММ-КП

5. Определение необходимых физико-механических характеристик ГМ производится на основании инженерных расчетов дорожных конструкций с учетом показателей, указанных в табл. 3.9-3.11. В зависимости от прогнозируемого срока службы дорожной конструкции в расчетах необходимо вводить поправочные коэффициенты запаса, приведенные в табл. 3.15 или данные лабораторного контроля.

Выбор ГМ с учетом конструктивного элемента, выполняемой функции, исходного сырья дорожно-климатической зоны и вида следует осуществлять, руководствуясь данными табл.3.4, 3.5. В табл. 3.5 представлены наиболее распространенные схемы применения ГМ в дорожных конструкциях.

Получаемый в результате применения ГМ эффект выражается в продлении сроков службы, повышении эксплуатационной надёжности дорожных конструкций, снижении эксплуатационных затрат, улучшении транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог.

Морозостойкость исходного сырья и поправочные коэффициенты на долговечность работы ГМ в дорожной конструкции оценивают в соответствии с ОДМ 218.2.047-2014 «Методика оценки долговечности геосинтетических материалов».

4. Нормативная база по определению показателей свойств ГМ (методы испытаний)

Методы испытаний соответствующих характеристик ГМ выбирают в зависимости от функции применения, назначения и подразделяются следующим образом:

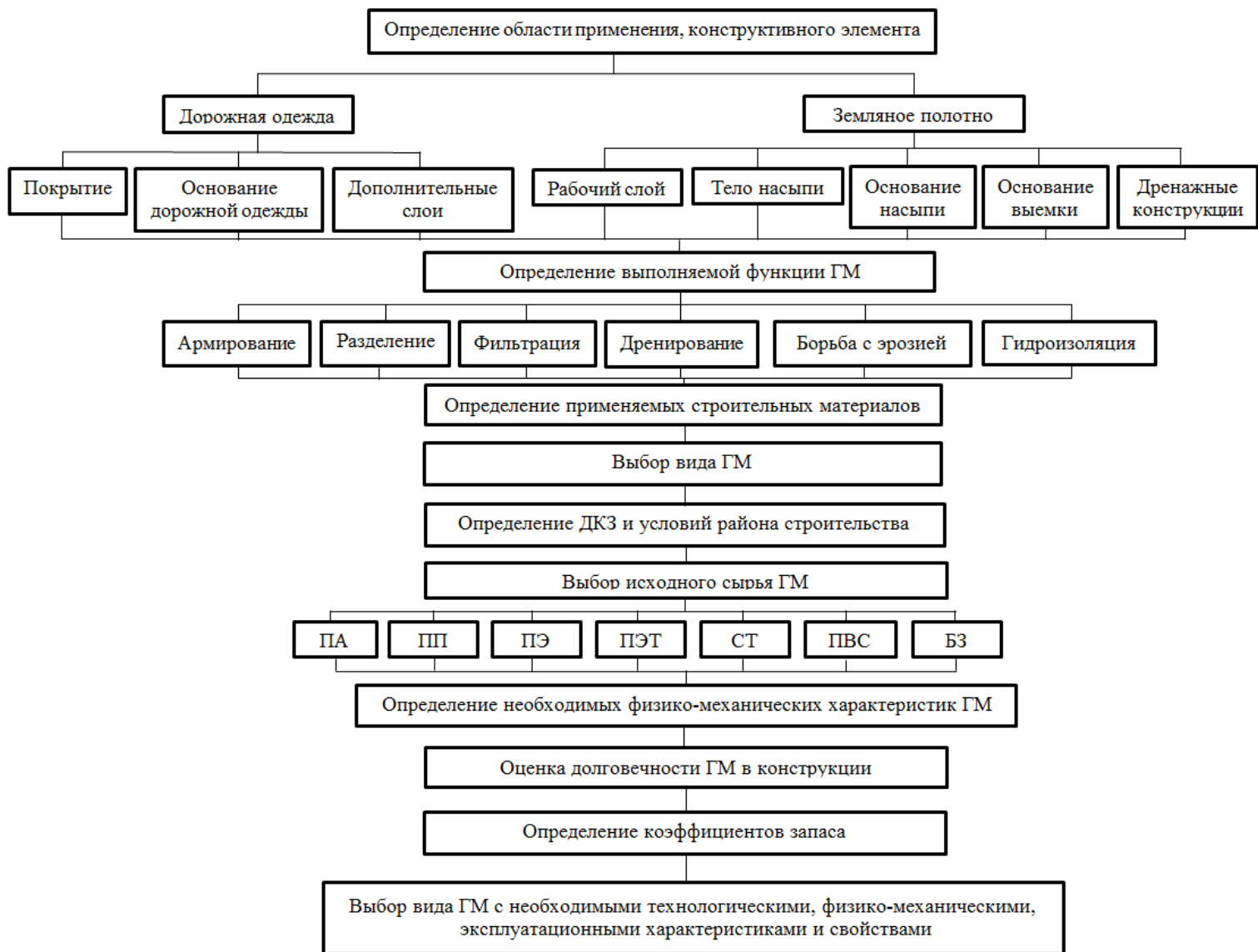


Рис.3.1. Алгоритм выбора геосинтетического материала

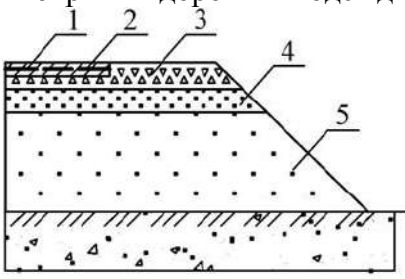
**Классы прочности ГМ в зависимости
от прочности при растяжении**

Таблица 3.4

Класс	Прочность при растяжении, кН/м	Область применения или функция
1	до 30	разделение, фильтрация, противоэрозионная защита
2	от 30 до 100	армирование слоев дорожных одежд, земляного полотна, применение для противоэрозионной защиты и сооружения откосов насыпных сооружений повышенной крутизны
3	от 100 до 500	армирование земляного полотна, оснований и выемок, подпорные стены и устои мостовых сооружений из армированного грунта
4	от 500 до 1500	для специальных условий применений на основании инженерных расчетов
5	свыше 1500	для особых условий применений на основании инженерных расчетов

Рекомендации по применению ГМ в дорожных конструкциях

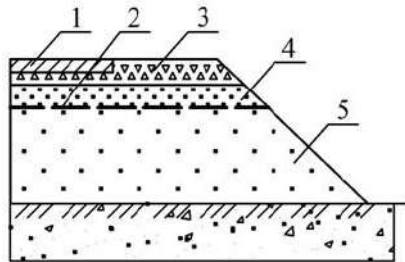
Таблица 3.5

Схема применения геосинтетических материалов в дорожных конструкциях	функция	Основное сырьё ГМ, ДКЗ		Вид ГМ	Класс прочности при растяжении	Дополнительные требования к ГМ
		I	II - V			
<p>Слои покрытий дорожных одежд</p> 	А	ПЭТ ПВС	СТ БЗ ПЭТ ПВС	ГРТ-ТК ГРТ-ВЗ	2-3	адгезия к битуму, регламентация температурной стойкости, размер ячеек 25 мм для мелкозернистого асфальтобетона и 40 мм для крупнозернистого асфальтобетона, обеспечение сцепления асфальтобетонных слоев; нагрузка при удлинении в 2%

Продолжение табл.3.5

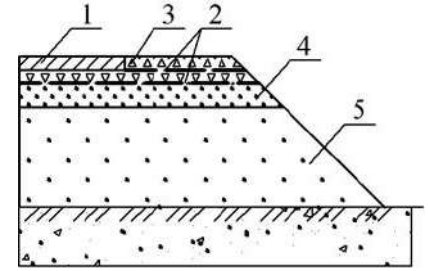
<p>Основание дорожной одежды</p>	А	ПЭТ ПВС	ПП ПЭТ ПВС	ГРТ-ПЭ ГРТ-ТК ГРТ-ВЗ ГСВ-ПС ГПТ-ТК	2-3	Размер ячейки в зависимости от фракций щебня, устойчивость к повреждениям при укладке
	Р	ПП ПЭТ ПВС	ПП ПЭТ ПВС	ГРТ-ПЭ ГРТ-ТК ГРТ-ВЗ ГРТ-ПС ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГПТ-НТ ГСТ-ПЭ	1-2	
	Ф	ПП ПЭТ	ПП ПЭТ ПЭ	ГПТ-НТ	1	

Продолжение табл.3.5

<p>Дополнительные слои дорожной одежды*</p> 	А	ПП ПЭТ	ПП ПЭТ	ГРТ-ПЭ ГРТ-ТК ГРТ-ВЗ ГРТ-ПС ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГСВ-ПС	2-3	
	Р	ПП ПЭТ	ПП ПЭТ ПЭ ПА	ГРТ-ПЭ ГРТ-ТК ГРТ-ВЗ ГРТ-ПС ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГПТ-НТ ГСТ-ПЭ	1-2	
	Ф	ПП ПЭТ	ПП ПЭТ ПЭ ПА	ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГПТ-НТ	1	
	Д	ПП ПЭТ	ПП ПЭТ ПЭ ПА	ГПТ-НТ	1	

* необходимо определить устойчивость ГМ к щелочной среде при наличии бетона или минеральных слоев, укрепленных органическими вяжущими в зоне контакта или распространения щелочной среды (например, грунтовыми водами или дождевой водой)

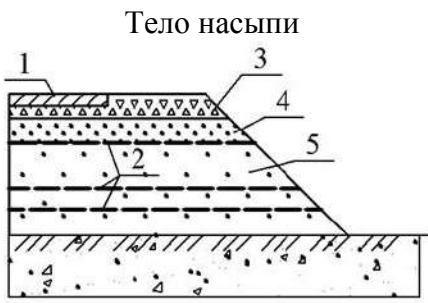
Продолжение табл.3.5

<p>Обочины дорожной одежды</p> 	<p>А/Р</p>	<p>ПП ПЭТ</p>	<p>ПП ПЭТ ПЭ</p>	<p>ГРТ-ПЭ ГРТ-ВЗ ГРТ-ТК ГСВ-ПС ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ</p>	<p>1-2</p>	
<p>1 – дорожная одежда, 2 – геосинтетический материал, 3 – основание дорожной одежды, 4 – подстилающий слой, 5 – земляное полотно</p>						

Продолжение табл.3.5

<p>Рабочие слои земляного полотна</p>	А	ПЭТ ПВС	ПЭТ ПВС ПА ПП	ГРТ-ПЭ ГРТ-ТК ГРТ-ВЗ ГРТ-ПС ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГСВ-ПС	2-3	
	Р	ПЭТ ПВС ПП ПЭ	ПЭТ ПВС ПА ПП ПЭ	ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГПТ-НТ	1-2	
	Ф	ПЭТ ПП ПЭ	ПЭТ ПП ПЭ	ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГПТ-НТ	1	
	Д	ПЭТ ПП ПЭ	ПЭТ ПП ПЭ	ГПТ-НТ	1	

Продолжение табл.3.5

 <p>Тело насыпи</p>	А	ПЭТ ПВС ПП	ПЭТ ПВС ПП ПЭ	ГРТ-ПЭ ГРТ-ТК ГРТ-ВЗ ГРТ-ПС ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГСВ-ПС	2-4	
	Р	ПЭТ ПВС ПП ПЭ	ПЭТ ПВС ПП ПЭ	ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГПТ-НТ	1-2	
	Ф	ПЭТ ПП ПЭ	ПЭТ ПП ПЭ	ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГПТ-НТ	1	
	Д	ПЭТ ПП ПЭ	ПЭТ ПП ПЭ	ГПТ-НТ	1	

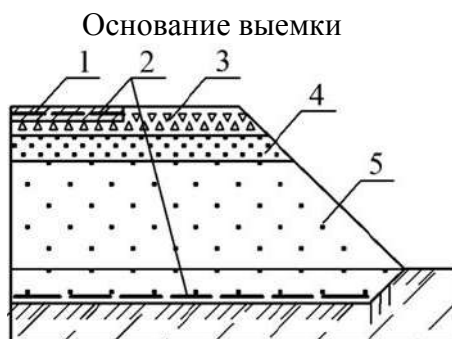
Продолжение табл.3.5

	А	ПЭТ ПВС ПП	ПЭТ ПВС ПП ПЭ	ГРТ-ПЭ ГРТ-ТК ГРТ-ВЗ ГРТ-ПС ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГСВ-ПС	2-5	
	Р	ПЭТ ПВС ПП ПЭ	ПЭТ ПВС ПП ПЭ	ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГПТ-НТ	1-2	
	Ф	ПЭТ ПП ПЭ	ПЭТ ПП ПЭ	ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГПТ-НТ	1	
	Д	ПЭТ ПП ПЭ	ПЭТ ПП ПЭ	ГПТ-НТ ГОб-ТК ГОб-ВЗ	1	
	Г	ПП ПЭ	ПП ПЭ	ГММ-ПЭ ГММ-КП ГММ-БТ ГМТ	1	
<p>1 – дорожная одежда, 2 – геосинтетический материал, 3 – основание дорожной одежды, 4 – подстилающий слой, 5 – земляное полотно</p>						

Продолжение табл.3.5

<p style="text-align: center;">Слабые грунты основания</p> 	А/Ф/Д	ПВС ПЭТ	ПВС ПЭТ	ГОБ-ТК ГОБ-ВЗ	2-5	
<p>1 – дорожная одежда, 2 – геосинтетический материал, 3 – основание дорожной одежды, 4 – подстилающий слой, 5 – земляное полотно, 6 – текстильно-песчаные сваи (дрены), 7,8,9 – слабые грунты основания</p>						

Продолжение табл.3.5



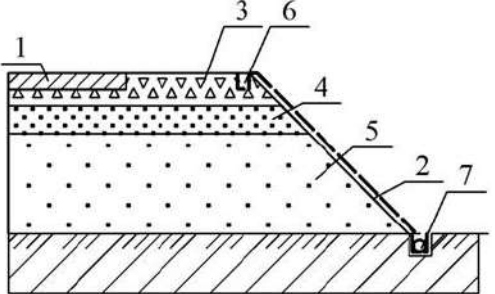
А	ПЭТ ПВС	ПЭТ ПВС	ГРТ-ПЭ ГРТ-ТК ГРТ-ВЗ ГРТ-ПС ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГСВ-ПС	2-5	
Р	ПЭТ ПП	ПЭТ ПП ПЭ	ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГПТ-НТ	1-2	
Ф	ПП	ПП	ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГПТ-НТ	1	
Д	ПП	ПП ПЭ	ГПТ-НТ ГОб-ТК ГОб-ВЗ	1	
Г	ПЭ	ПЭ	ГММ-ПЭ ГММ-КП ГММ-БТ ГМТ	1	

1 – дорожная одежда, 2 – геосинтетический материал, 3 – основание дорожной одежды, 4 – подстилающий слой, 5 – земляное полотно

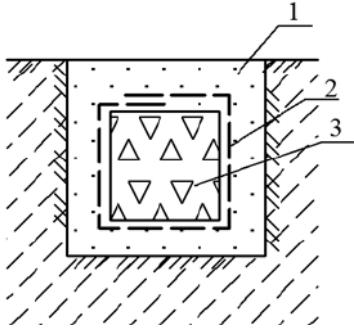
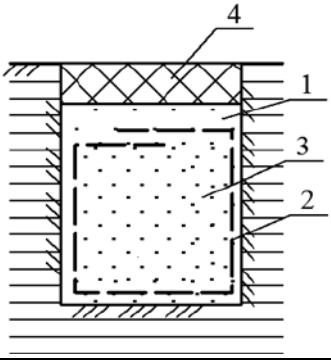
Продолжение табл.3.5

<p>Откосы насыпи, обеспечение общей устойчивости</p>	А	ПЭТ ПВС	ПЭТ ПВС ПП ПЭ	ГРТ-ПЭ ГРТ-ТК ГРТ-ВЗ ГПТ-ТК ГПТ-ВЗ ГСВ-ПС	2-3	
	Ф	ПЭТ ПП	ПЭТ ПП ПЭ	ГПТ-НТ	1	
	Д	ПЭТ ПП	ПЭТ ПП ПЭ	ГПТ-НТ	1	
<p>1 – дорожная одежда, 2 – обоймы из геосинтетического материала, 3 –основание дорожной одежды, 4 – песчаный подстилающий слой, 5 – земляное полотно, 6 – кривая обрушения</p>						

Продолжение табл.3.5

<p>Откосы насыпи, обеспечение местной устойчивости, противозерозионная защита</p> 	<p>А/Э</p>	<p>ПЭТ</p>	<p>ПЭТ ПП ПА</p>	<p>ГРТ-ПЭ ГСТ-ВЗ ГСТ-ПЛ ГМТ-ТК ГМТ-ВЗ ГМТ-НТ ГМТ-ПЛ ГМТ-ПЭ БМТ ГСВ-НТ ГСВ-ПС ГОб-ТК</p>	<p>1-2</p>	
<p>1 – дорожная одежда, 2 – геосинтетический материал, 3 – основание дорожной одежды, 4 – песчаный подстилающий слой, 5 – земляное полотно, 6 – анкерующий ровик, 7 – закрытый (открытый) дренаж</p>						

Продолжение табл.3.5

<p>Дренажные конструкции</p> 	<p>Р/Ф/Д</p>	<p>ПЭТ ПП</p>	<p>ПЭТ ПП ПЭ</p>	<p>ГПТ-НТ</p>	<p>1</p>	
<p>1 – песчаная засыпка, 2 – геосинтетический материал, 3 – щебень</p>						
	<p>Р/Ф/Д</p>	<p>ПЭТ ПП</p>	<p>ПЭТ ПП ПЭ</p>	<p>ГПТ-НТ</p>	<p>1</p>	
<p>1 – песчаная засыпка, 2 – геосинтетический материал, 3 – крупнозернистый песок, 4 – утеплитель</p>						

обязательные (обязательно для всех условий эксплуатации);
дополнительные (дополнительные требования заказчика в соответствии с условиями эксплуатации);

не регламентированные (для особых условий эксплуатации).

Отбор проб производится в соответствии с ГОСТ Р 50275.

Толщина ГМ измеряется в соответствии с ГОСТ Р 50276 при давлении 2 кПа. Для определения линейных размеров образцов материалов применяют металлические измерительные линейки, рулетки, толщинометры по ГОСТ 427, 7502 и 11358 соответственно. Измерительный инструмент выбирается в зависимости от требуемой точности.

Для оценки материалоемкости используют показатель *поверхностной плотности*, который определяют в соответствии с ГОСТ Р 50277.

Прочность при растяжении и относительное удлинение ГМ при максимальной нагрузке определяются в соответствии с ГОСТ Р 55030. Для всех видов ГМ на величину указанных показателей оказывают влияние такие факторы как: температура, кислотно-щелочной баланс среды, ультра-фиолетовое излучение и другие факторы. По результатам испытаний на растяжение ГМ подразделяются на классы прочности согласно табл.3.4.

Прочность при продавливании ГМ оценивается в соответствии с ОДМ 218.5.006-2010. Данный вид испытаний обязателен в случаях, когда по условиям эксплуатации геосинтетический материал на строительной площадке подвергается механическим воздействиям (продавливанию), а также при его использовании в качестве разделяющей, армирующей или гидроизолирующей прослойки. По данному показателю классифицируются согласно табл. 4.1.

Ударная прочность (пробой конусом) является важной характеристикой стойкости ГМ к сопротивлению местным повреждениям на контакте с крупноскелетными материалами в процессе производства работ (укладка, засыпка, уплотнение и т.д.). Ударную прочность образцов определяют в соответствии с ОДМ 218.5.006- 2010.

Ползучесть ГМ зависит от типа полимера, количества различных добавок, структуры и технологии изготовления материала, величины нагрузки, температуры, ультрафиолетового излучения, кислотно-щелочной среды и прочих факторов. Определение характеристик ползучести образцов ГМ производится в соответствии с ОДМ 218.5.006-2010. Значения ползучести используются для оценки поведения ГМ под действием длительной растягивающей нагрузки, главным образом, для функции армирования.

Водопроницаемость ГМ характеризует их способность пропускать воду при наличии гидравлического градиента. Водопроницающую способность в продольном и поперечном относительно плоскости материала (полотна) направлениях оценивают с помощью коэффициента фильтрации. Водопроницаемость и фильтрующая способность геотекстильных материалов определяют по ГОСТ Р 52608.

**Классы ГМ в зависимости
от прочности при продавливании**

Таблица 4.1

Класс	Усилие при продавливании, кН	Функция
1	до 0,5	разделительный и/или фильтрационный слой
2	1,0 – 1,5	разделительный слой на глинистом и песчаном грунтах
3	1,5 – 3,0	разделительный слой между мелкозернистым грунтом и грунтом с содержанием обломочных включений до 40%
4	более 3,0	разделительный и армирующий слои в обломочных грунтах и щебне

Открытый размер пор ГМ материалов определяется в соответствии с ГОСТ Р 53238. Рекомендуемые размеры открытых пор геосинтетических материалов в зависимости от контактирующего грунта приведены в табл. 4.2.

Устойчивость ГМ к ультрафиолетовому воздействию определяется в соответствии с ГОСТ Р 55031. по изменению механических характеристик в сравнении с исходным образцом (процент сохранения прочности). На основании данного показателя устанавливается предельное время, в течение которого материал может подвергаться атмосферным воздействиям в процессе укладки (табл.4.3).

Определение *устойчивости ГМ к воздействию агрессивных сред* осуществляют по ГОСТ Р 55035.

Устойчивость ГМ к воздействию микроорганизмов определяется в соответствии с ОДМ «Методика оценки долговечности геосинтетических материалов, используемых в дорожном строительстве».

Морозостойкость ГМ оценивают в соответствии с ГОСТ Р 55032. Данный показатель должен в обязательном порядке определяться для I-III дорожно-климатических зон.

**Рекомендуемые размеры открытых пор ГМ в зависимости
от контактирующего грунта**

Таблица 4.2

Вид грунта	O_{90} , мкм
Суглинки	от 60 до 200
Песок пылеватый	от 60 до 110
Песок мелкозернистый	от 60 до 130
Песок средней крупности	от 80 до 300
Крупнозернистый песок, щебень фр. до 5 мм	от 120 до 600

Рекомендуемая продолжительность укладки ГМ

Таблица 4.3

Функция	Показатель устойчивости к действию УФ, %	Максимальное время воздействия света на материал во время укладки
Армирование или другое применение, где долговременная прочность является значительным параметром	более 80	1-4 месяца ¹⁾
	60-80	2 недели
	менее 60	в день укладки
Другие функции	более 60	1-4 месяца
	20-60	2 недели
	менее 20	в день укладки

¹⁾ в зависимости от времени года и дорожно-климатической зоны

Механические повреждения ГМ при установке оценивают путем экспериментальной закладки образцов ГМ и последующем их немедленном извлечении на строительной площадке. Оценку повреждений при установке производят в соответствии с ОДМ «Методика оценки долговечности геосинтетических материалов, используемых в дорожном строительстве».

Прочность швов и соединений элементов структуры определяют в соответствии с ОДМ 218.5.006-2010. Данные характеристики обязательны при наличии ниточных или сварных швов, на которые воздействует нагрузка.

Оценка показателей свойств ГМ, применяемых в дорожных одеждах (покрытия, основания, дополнительные слои) и обочинах, осуществляется в соответствии с табл. 4.4.

Определение необходимых показателей свойств ГМ, используемых в земляном полотне (рабочий слой, тело насыпи, основание насыпи, основание выемки, откосы насыпи) и подпорных стенках, производится в соответствии с табл. 4.5.

Установление величины необходимых показателей свойств ГМ, применяемых в дренажных конструкциях, ведется в соответствии с табл. 4.6.

5. Требования к показателям физико-механических свойств ГМ

Фактические показатели физико-механических свойств ГМ, полученные в результате испытаний должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 5.1 – 5.3.

Для оценки долговечности ГМ выбирают методы испытания в зависимости от выполняемой функции, условий применения и исходного сырья для изготовления материала. Выбор коэффициентов запасов при отсутствии данных прямых испытаний по оценке отдельных коэффициентов учета осуществляется в соответствии с табл. 5.4.

6. Технические характеристики ГМ (на примере продукции фирмы «Ritten Gtosintenic»)

Примеры представления технических характеристик ГМ изготовителем приведены в табл.6.1-6.10.

Технические характеристики геотекстиля нетканого иглопробивного «Риттекс Д»
Таблица 6.1

Показатель	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	
Поверхностная плотность, гр/м ²	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	
Разрывная нагрузка, кН/м в продольном направлении	1,6	3,0	4,5	5,5	6,0	7,0	9,0	10,5	12,0	13,3	14,0	
в поперечном направлении	1,6	3,0	4,5	5,5	6,0	7,0	9,0	10,5	12,0	13,3	14,0	
Удлинение при разрыве, % - в продольном направлении	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	
- в поперечном направлении	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Толщина при нагрузке 2 кПа, мм, ±0,2	1,3	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,1	4,5	4,9	5,1	
Коэффициент фильтрации при давлении 2 кПа, м/сут, не менее, ±15	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	
Устойчивость к агрессивным средам, %, не менее	80											
Устойчивость к УФ-излучению, %, не менее	80											
Размер пор, мкм	120-160					100-130			60-			
Сырье	Полиэфир 100%											
Ширина полотна	До 6 метров											

**Определяемые показатели свойств ГМ, используемых в
дорожных одеждах (покрытия, основания, дополнительные слои) и обочинах**

Таблица 4.4

Свойство / Функция	армирова- ние	разделе- ние	филътра ция	дрениро вание	борьба с эрозией	гидроизо ляция	защита
Прочность при растяжении	О	О	О	О	-	-	-
Удлинение при максимальной нагрузке	О	О	Д	Д	-	-	-
Прочность при продавливании	О ¹⁾	О ¹⁾	О	О	-	-	-
Ударная прочность (пробой конусом)	Д	Д	Д	Д	-	-	-
Ползучесть	О	Н	Н	Н	-	-	-
Механические повреждения при укладке	О	О	О	О	-	-	-
Прочность швов и соединений	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
Водопроницаемость и филътр. способность	Н	О	О	О	-	-	-
Открытый размер пор О90	Н	Д	О	Д	-	-	-
Устойчивость к УФ	Н	Н	Д	Д	-	-	-
Устойчивость к агрессивным средам	Д	Д	Д	Д	-	-	-
Устойчивость к микроорганизмам	Д	Д	Д	Д	-	-	-
Морозостойкость	О	Д	Д	Д	-	-	-

Обозначения: О – обязательные (обязательно для всех условий эксплуатации); Д – дополнительные (дополнительные требования заказчика в соответствии с условиями эксплуатации); Н – не регламентируемые (для особых условий эксплуатации)

¹⁾ данная характеристика не определяется для георешеток

Определяемые показатели свойств ГМ, используемых в земляном полотне (рабочий слой, тело и основание насыпи, основание выемки, откосы насыпи) и подпорных стенках)

Таблица 4.5

Свойство / Функция	армирова- ние	разделе- ние	филътра ция	дрениро вание	борьба с эрозией	гидроизо ляция	защита
Прочность при растяжении	О	О	О	О	О	О	-
Удлинение при максимальной нагрузке	О	Д	Д	Д	О	Д	-
Прочность при продавливании	О ¹⁾	О ¹⁾	О	О	Д	О	-
Ударная прочность (пробой конусом)	О	Д	О	О	Д	О	-
Ползучесть	О	Н	Н	Н	Н	Н	-
Механические повреждения при укладке	О	О	О	О	О	О	-
Прочность швов и соединений	Н	Н	Н	Н	Н	Д	Н
Водопроницаемость и филътр. способность	Д	О	О	О	Д	Н	-
Открытый размер пор О90	Н	Д	О	Д	Н	Н	-
Устойчивость к УФ	Д	Д	Д	Д	О	Д	-
Устойчивость к агрессивным средам	Д	Д	Д	Д	Д	Д	-
Устойчивость к микроорганизмам	Д	Д	Д	Д	Д	Д	-
Морозостойкость	О	Д	Д	Д	О	Н	-

Обозначения: О – обязательные (обязательно для всех условий эксплуатации); Д – дополнительные (дополнительные требования заказчика в соответствии с условиями эксплуатации); Н – не регламентируемые (для особых условий эксплуатации)

¹⁾ данная характеристика не определяется для георешеток

Определяемые показатели свойств ГМ, используемые в дренажных конструкциях

Таблица 4.6

Свойство / Функция	армирова- ние	разделе- ние	филтра- ция	дрениро- вание	борьба с эрозией	гидроизо- ляция	защита
Прочность при растяжении	-	О	О	О	-	-	О
Удлинение при максимальной нагрузке	-	Д	Д	Д	-	-	О
Прочность при продавливании	-	О ¹⁾	О ¹⁾	О	-	-	О
Ударная прочность (пробой конусом)	-	Д	О	О	-	-	Д
Ползучесть	-	Н	Н	Н	-	-	Н
Механические повреждения при укладке	-	О	О	О	-	-	О
Прочность швов и соединений	-	Н	Н	Н	-	-	Н
Водопроницаемость и филтр. способность	-	Д	О	О	-	-	Д
Открытый размер пор О90	-	Д	О	Д	-	-	Д
Устойчивость к УФ	-	Д	Д	Д	-	-	Д
Устойчивость к агрессивным средам	-	Д	Д	Д	-	-	Д
Устойчивость к микроорганизмам	-	Д	Д	Д	-	-	Д
Морозостойкость	-	Д	Д	Д	-	-	Д

Обозначения: О – обязательные (обязательно для всех условий эксплуатации); Д – дополнительные (дополнительные требования заказчика в соответствии с условиями эксплуатации); Н – не регламентируемые (для особых условий эксплуатации)

¹⁾ данная характеристика не определяется для георешеток

**Требования к свойствам ГМ, используемых в дорожных одеждах
(покрытия, основания, дополнительные слои) и обочинах**

Таблица 5.1

Свойство / Функция	армирова- ние	разделе- ние	филътра- ция	дрениро- вание	борьба с эрозией	гидроизо- ляция
Прочность при растяжении, кН/м, не менее	50*	6	5	5	10	-
Удлинение при растяжении, %, не более	15**	100	120	120	20	-
Прочность при продавливании, кН, не менее	2,5	1,0	1,0	1,0	-	-
Пробой конусом, мм, не более	30		20		-	-
Устойчивость к механическим повреждениям при укладке, %, не менее	80		-	-	-	-
Коэффициент фильтрации при давлении 2,0 кПа, м/сут, не менее	20		20		-	-
Открытый размер пор O ₉₀ , мкм, не менее	60	60	100	60	-	-
Устойчивость к УФ, %, не менее	80		-	-	-	-
Устойчивость к агрессивным средам, %, не менее	80		-	-	-	-
Устойчивость к микроорганизмам, %, не менее	90		-	-	-	-
Морозостойкость, %, не менее	80		-	-	-	-

* - для геосотовых материалов не менее 12 кН/м; ** - для геосотовых материалов не более 35%.

Требования к свойствам ГМ, используемых в земляном полотне (рабочий слой, тело и основание насыпи, основание выемки, откосы насыпи) и подпорных стенках

Таблица 5.2

Свойство / Функция	армирова- ние	разделе- ние	фильтра- ция	дрениро- вание	борьба с эрозией	гидроизо- ляция
Прочность при растяжении, кН/м, не менее	30	5	7,5	7,5	1	-
Удлинение при растяжении, %, не более	15	100	100	100	25	-
Прочность при продавливании, кН, не менее	2,5	1,0	1,5	1,0	0,5	-
Пробой конусом, мм, не более	30			-		
Устойчивость к механическим повреждениям при укладке, %, не менее	80			-		
Коэффициент фильтрации при давлении 2,0 кПа, м/сут, не менее	20			-		
Открытый размер пор O ₉₀ , мкм, не менее	60	60	100	60	60	-
Устойчивость к УФ, %, не менее	80					
Устойчивость к агрессивным средам, %, не менее	80					
Устойчивость к микроорганизмам, %, не менее	90					
Морозостойкость, %, не менее	80					

Требования к свойствам ГМ, используемые в дренажных конструкциях

Таблица 5.3

Свойство / Функция	армирова- ние	разделе- ние	фильтра- ция	дрениро- вание	борьба с эрозией	гидроизо- ляция
Прочность при растяжении, кН/м, не менее	-	6	5	5	-	-
Удлинение при растяжении, %, не более	-	100	100	100	-	-
Прочность при продавливании, кН, не менее	-	1,0	1,0	0,5	-	-
Пробой конусом, мм, не более	-	30			-	-
Устойчивость к механическим повреждениям при укладке, %, не менее	-	80			-	-
Коэффициент фильтрации при давлении 2,0 кПа, м/сут, не менее	-	20			-	-
Открытый размер пор O ₉₀ , мкм, не менее	-	60	100	60	-	-
Устойчивость к УФ, %, не менее	-				-	-
Устойчивость к агрессивным средам, %, не менее	-	80			-	-
Устойчивость к микроорганизмам, %, не менее	-	90			-	-
Морозостойкость, %, не менее	-	80			-	-

Рекомендуемые значения коэффициентов запаса для оценки долговечности ГМ

Таблица 5.4

Коэффициент	Обозначения.		Полиэфир	ПП	ПЭ	ПА	ПВС	Стекло, базальт
Механические повреждения	К1	укладка в песок	1,4			3		
		укладка в щебень	2,0			7		
Ползучесть	К2	для геотекстильных	2,5	4	4	2,5	2,5	-
		для геопластмасс		4,5	4,5	3		-
Прочность швов и соединений	К3	без шва или соединения	1					
		ниточный, сварной шов	2,75					
		соединение внутренних элементов	3					
Светопогода	К4	борьба с эрозией	1,2		1,4		1,2	
		другие функции	1,05					
Агрессивные среды	К5	pH фактор < 7	1,5	1,5	2	2	1,5	3,5
		pH фактор > 7	2	1,5	2	2	2	4,5
Микроорганизмы	К6		1,2					
Морозостойкость	К7		1,5					

Характеристики геотекстиля нетканого термоскрепленного «Риттекс Т»

Таблица 6.2

Показатель	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	
Поверхностная плотность, гр/м ²	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	
Разрывная нагрузка, кН/м в продольном направлении	4,4	6,5	8,0	10,0	15,0	16,0	18,2	19,4	21,0	22,4	24,1	
в поперечном направлении	4,4	6,5	8,0	10,0	15,0	16,0	18,2	19,4	21,0	22,4	24,1	
Удлинение при разрыве, % - в продольном направлении	75	75	80	90	90	90	90	90	90	90	90	
- в поперечном направлении	75	75	90	90	90	90	90	90	90	90	90	
Толщина при нагрузке 2 кПа, мм, ±0,2	1,0	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5	
Коэффициент фильтрации при давлении 2 кПа, м/сут, не менее, ±15	35											
Устойчивость к агрессивным средам, %, не менее	80											
Устойчивость к УФ-излучению, %, не менее	80											
Размер пор, мкм	100-130			60-80				40-60				
Сырье	Полиэфир 100%. Полипропилен 100%.											

Технические характеристики геотекстиля тканого «Риттекс ПЭТ»

Таблица 6.3

НАИМЕНОВАНИЕ	Плотность, г/м ²	Прочность при разрыве в продольном/поперечном направлении, кН/м	Прочность растяжения и при 6% удлинении (продольная), кН/м	Относительное удлинение при максимальной нагрузке в продольном/поперечном направлении, %	Рулон	
					намотка, м ²	ширина, м ²
Риттекс 40/40	160	40/40	25	≤10/≤20	50-300	5,2
Риттекс 80/80	320	80/80	50	≤10/≤20		
Риттекс 100/50	230	100/50	60	≤10/≤20		
Риттекс 100/100	350	100/100	60	≤10/≤20		
Риттекс 150/50	350	150/45	75	≤9/≤20		
Риттекс 150/150	500	150/150	75	≤10/≤20		
Риттекс 200/50	430	200/45	100	≤10/≤20		
Риттекс 200/200	680	200/200	100	≤10/≤20		
Риттекс 300/50	550	300/45	150	≤10/≤20	50-200	
Риттекс 300/100	680	300/100	150	≤10/≤20		
Риттекс 400/50	830	400/50	200	≤10/≤8		
Риттекс 400/100	900	400/100	200	≤10/≤8		
Риттекс 600/50	1150	600/50	300	≤10/≤18		
Риттекс 600/100	1230	600/100	300	≤10/≤18		
Риттекс 800/50	1350	800/50	400	≤10/≤18		
Риттекс 800/100	1450	800/100	400	≤10/≤18		
Риттекс 1000/50	1700	1000/50	500	≤10/≤18		
Риттекс 1000/100	1800	1000/100	500	≤10/≤18		
Риттекс 1200/100	2350	1200/100	600	≤10/≤18		
Риттекс 1600/100	2750	1600/100	800	≤10/≤18		

Сырье	Полиэстер (PET)
Устойчивость к агрессивным средам, pH	2.0-9.5
Устойчивость к УФ излучению	90

Технические характеристики геомембраны ПВД (LDPE) и ПНД (HDPE) Риттекс
Таблица 6.4

Показатель	HDP					LLD				
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Толщина, мм										
Плотность геомембраны, г/см ³	0,940-0,960					0,924-0,935				
Прочность при разрыве, не менее, кН/м	27	40	54	68	85	25	37	50	66	77
Относительное удлинение при разрыве, %	700					800				
Прочность на прокол, Н	410	560	725	910	115	280	410	530	640	800
Водопоглощение, %	0									
Содержание сажи, %	2-3									
Химическая стойкость, pH	0,5-13									
Диапазон рабочих температур, °С	От -70									
Устойчивость к ультрафиолету, не менее, %	90									
Морозостойкость, не ниже, %	90									
Коэффициент трения	0,35									

Технические характеристики геосетки полипропиленовой Риттекс СД

Таблица 6.5

Показатель	СД 20	СД 30	СД 40	СД 42	СД 45
Нагрузка при растяжении, не менее, кН/м.					
-в продольном направлении	20	30	40	42	45
-в поперечном направлении	20	30	40	42	45
Нагрузка при растяжении, при относительном удлинении 2%, не менее, кН/м.					
-в продольном направлении	7	10	13	14	15
-в поперечном направлении	7	10	13	14	15
Нагрузка при растяжении, при относительном удлинении 5%, не менее, кН/м.					
-в продольном направлении	15	21	26	27	30
-в поперечном направлении	15	21	26	27	30
Относительное удлинение при нормированной загрузке, не более, %					
-в продольном направлении	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5
-в поперечном направлении	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6
Ширина рулона, не более, м	4	4	4	4	4
Длина рулона, стандартная, м	50	50	50	50	50
Размер ячеек, мм	40x40±	40x40±	40x40±	40x40±	40x40±

Перекося ячейки, градус	±3	±3	±3	±3	±3
-------------------------	----	----	----	----	----

Технические характеристики геосетки полиэфирной Риттекс

Таблица 6.6

Тип сырья	Полиэфир (PET)		
Разрывная нагрузка, кН/м, в продольном направлении	50	80	100
в поперечном направлении	50	80	100
Тип пропитки	Битумная дисперсия		
Стандартный размер ячейки, мм	25x25, 40x40 Может производиться с различными размерами ячеек		
Устойчивость к ультрафиолетовому излучению	не менее 90 %		
Температурный диапазон, °С	От -60 до +190		
Удлинение при разрыве, %	13		
Форма поставки	В рулонах		
Длина, м	50-150		
Ширина, м	До 5,4		
Поверхностная плотность, г/м ² , не менее	250	370	500

Технические характеристики геосетки стеклянной Риттекс

Таблица 6.7

Тип сырья	Стекловолокно	
Разрывная нагрузка, кН/м, 3 в продольном направлении	50	100
4 в поперечном направлении	50	100
Тип пропитки	битумная дисперсия	
Стандартный размер ячейки, мм	25x25, 40x40 Может производиться с различными размерами ячеек	
Удлинение при разрыве, %	5:1	
Форма поставки	В рулонах	
Длина, м	100	
Ширина, м	От 1 до 4	
Поверхностная плотность, г/м ² , не менее	300	500
Технический документ	СТО 03410767-004-2016	

Технические характеристики георешетки объемной полимерной Риттекс

Таблица 6.8

Показатель	Значение						Метод испытания
	50	75	100	150	200	300	
Высота ячейки, мм	50	75	100	150	200	300	СТО 03410767-004-
Толщина ленты, мм	1,35; 1,5; 1,8						ГОСТ 17035
Прочность ленты при растяжении, кН/м	15-22						ГОСТ 11262
Относительное удлинение ленты при максимальной нагрузке, %, не более	15						ГОСТ 11262
Прочность шва, кН/м, не менее	9-17						ГОСТ 11262
Прочность перфорированной ленты при растяжении, кН/м, не менее	9						ГОСТ 11262
Морозостойкость, %, не ниже	95						ОДМ 218.5.006-2010
Химическая стойкость, рН	0,5-14						СТО 03410767-004-

Размеры модуля

Таблица 6.9

Высота, мм	Размер ячейки,	Размер модуля, мм	Площадь модуля,
50	160*160	2430*4115 /	10/19,4
100	210*210	2430*5960 /	14,6/18,6
150	320*320	2430*8230 /	20/21
200	420*420	3000*9000	27

Технические характеристики геоматов трехмерных СТМ 300 и СТМ 400

Таблица 6.10

Показатель	СТМ	СТМ
Поверхностная плотность, гр/м ²	270	370
Разрывная нагрузка, кН/м	1,8/1,8	2,8/2,8
Толщина, мм	15	15

7. Примеры образцов и некоторых типичных конструкций с применением ГМ

Примеры внешнего вида образцов некоторых видов ГМ приведены на рис.7.1 - 7.6.

Примеры типичных конструкций с применением основных видов ГМ представлены на рис.7.7.

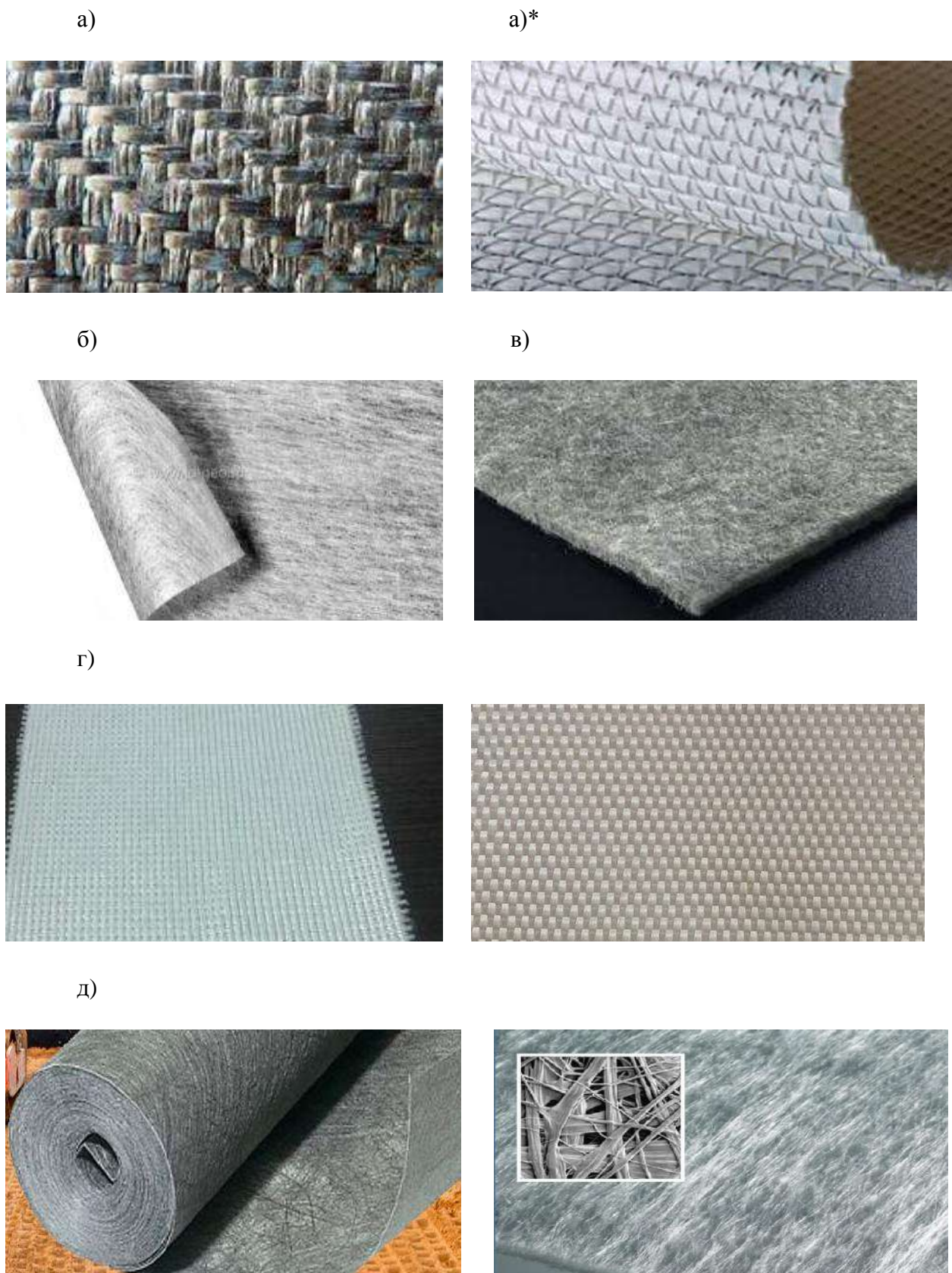
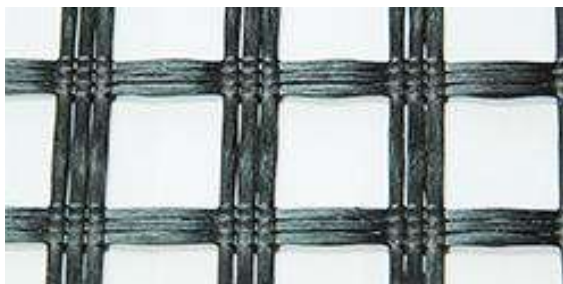


Рис. 7.1 Примеры образцов геотекстиля
 а) геотекстиль тканый а)* геотекстиль тканый высокопрочный); б) геотекстиль нетканый; в) геотекстиль нетканый плотностью 600 г/м²; г) геотекстиль вязаный; д) геотекстиль нетканый термоскрепленный .

а)



б)

в)



г)

д)



Рис. 7.2 Примеры образцов геосеток
а) геосетка из стекловолокна); б) базальтовая геосетка; в) геосетка из полиэфира; г) геосетка для грунтов двуосноориентированная; д) геосетка из полиэфира одноосноориентированная.
Все представленные виды геосеток (кроме п.г) имеют битумную пропитку.

а)



б)



в)



Рис. 7.3 Примеры образцов георешеток (плоских)
а) георешетка пластмассовая одноосноориентированная; б) георешетка пластмассовая двухосноориентированная; в) георешетка пластмассовая трехосноориентированная.

а)



б)



в)



г)

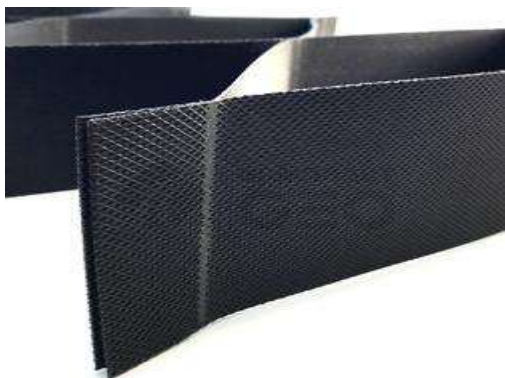


Рис. 7.4 Примеры образцов геоматов

а) геомат на армирующей основе из плоской полимерной георешетки (геокомпозит);

б) геомат пластмассовый трехмерный; в) дренажный геомат; г) биомат.

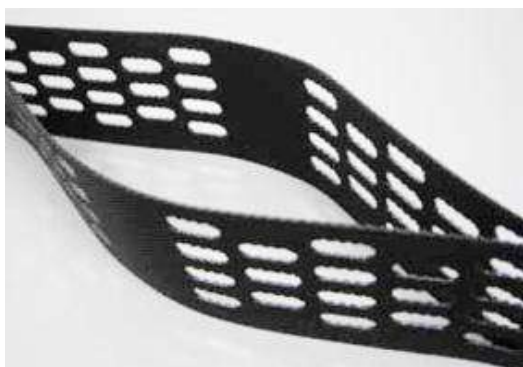
а)



б)



в)



г)



Рис. 7.5 Примеры образцов геосотового материала (пространственных георешеток)

а) геосоты без перфорации б) геосоты с перфорацией; в) геосотовая ячейка;

г) геосоты из тканых лент

а)



б)



Рис. 7.6 Анкеры для крепления пространственных георешеток
а) металлические; б) полимерные композитные.

а)



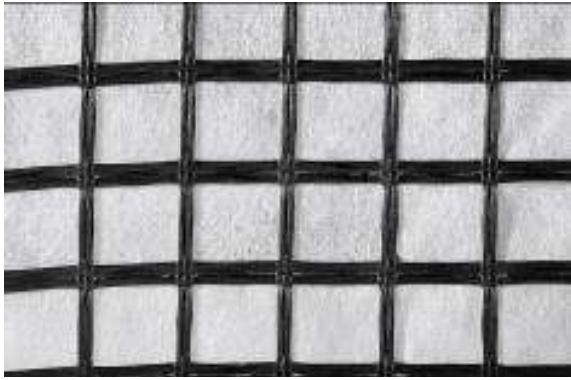
б)



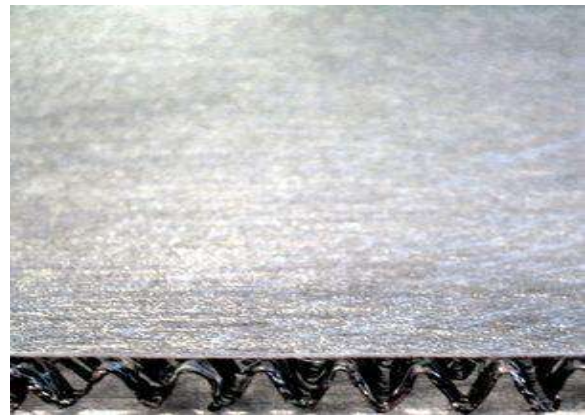
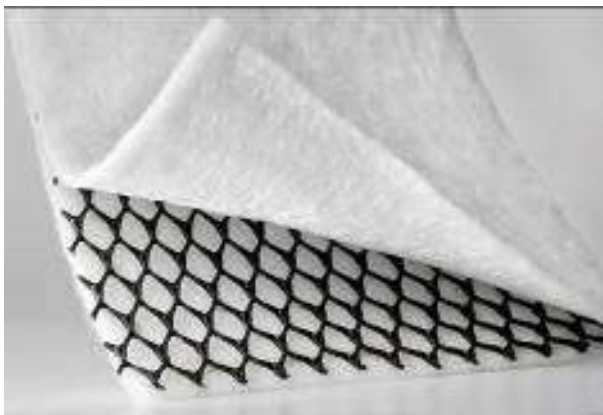
7.5 Примеры образцов геомембран
а) геомембрана текстурированная; б) геомембрана гладкая.

а)





б)



в)

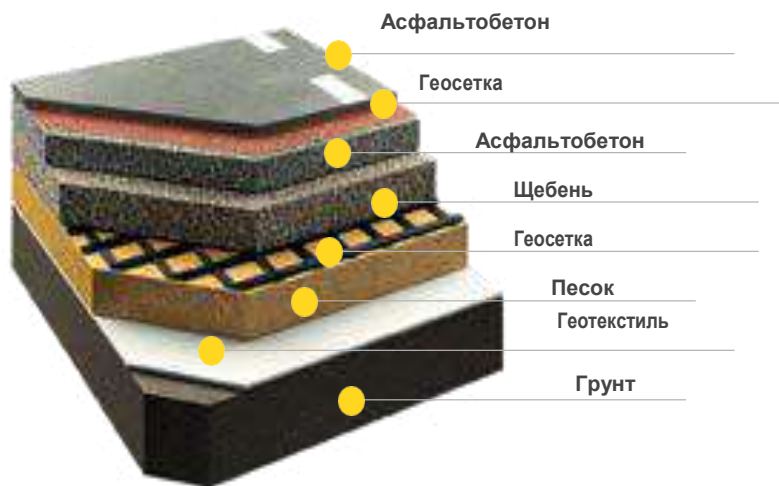


Рис. 7.6 Примеры образцов геокomпозиционных материалов
а) армокомпозиаты двухслойные; б) дренажный геокomпозит трехслойный
в) противозерозийный геокomпозит

а)



б)



в)



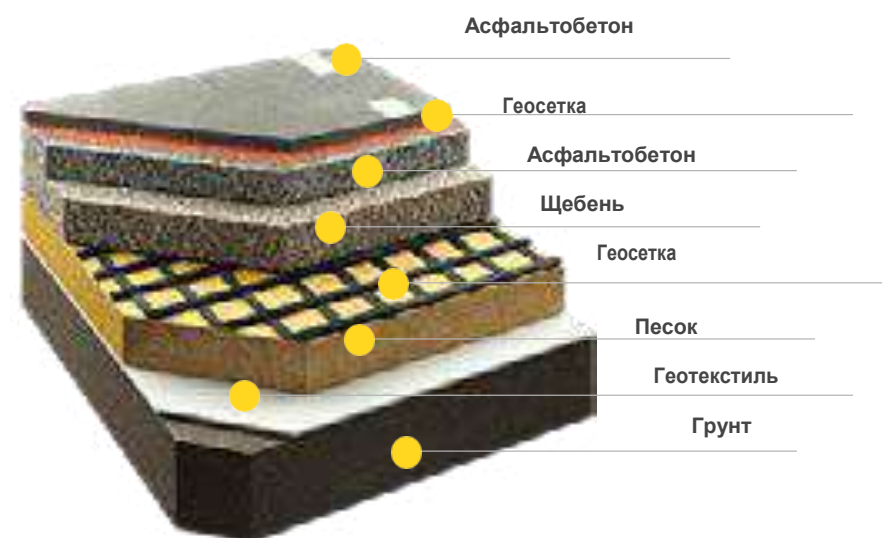
г)



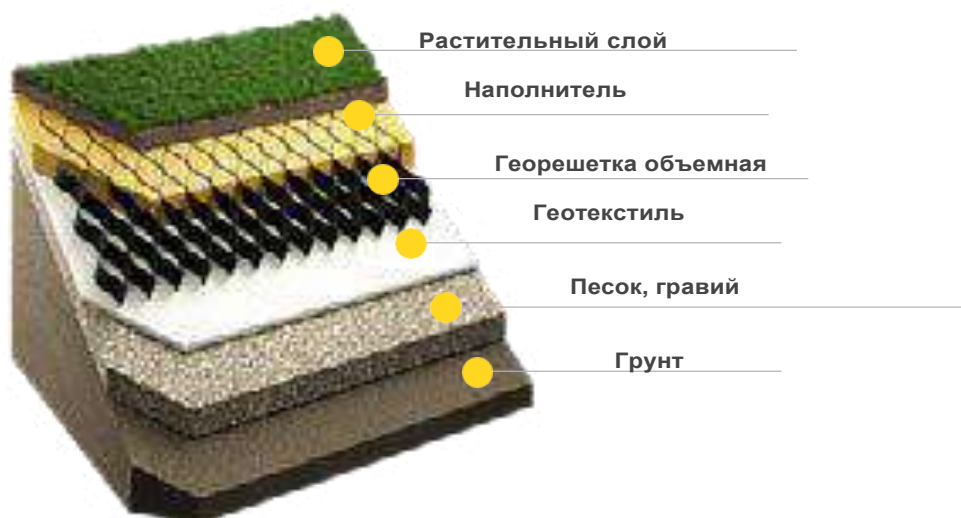
д)



е)



ж)



з)



Рис. 7.7 Примеры типичных конструкций с применением ГМ

а) геотекстиль нетканый или термоскрепленный (фильтрующая и разделяющая прослойка) в дренажных конструкциях; б) геотекстиль тканый (армирующая, разделяющая или фильтрующая прослойка) в слоях оснований дорожных одежд; в) геомембрана (гидроизоляция, пароизоляция, экранирование) на полигонах бытовых отходов; г) геосетка или георешетка плоская полимерная (армирование, защита от эрозии) в откосах земляных сооружений; д) геосетка или георешетка плоская полимерная (армирование, разделение слоев) асфальтобетонных покрытий и зернистых оснований дорожных одежд; е) геосетка стеклянная или базальтовая (армирование) в асфальтобетонных покрытиях, геотекстиль нетканый (дренирующая, фильтрующая или разделяющая прослойка) в основаниях дорожных одежд; ж) геосоты (пространственные георешетки) при армировании откосов земляных сооружений; з) геоматы (защита от эрозии, обеспечение местной устойчивости) в откосах земляных сооружений.

8. Долговечность геосинтетических материалов (ГМ)

В настоящем разделе приводятся основные положения методики по оценке физико-механических свойств ГМ с учетом их структуры, области применения, используемого сырья, влияния физических, химических и прочих сред, действующих нагрузок в процессе хранения, монтажа и последующей эксплуатации. Представленные данные рекомендуются к использованию для прогнозирования изменения свойств ГМ во времени и сравнительного анализа различных типов геосинтетических материалов.

Основные факторы, влияющие на долговечность ГМ, подразделяются на следующие группы:

I. Механические:

повреждения при укладке;

ползучесть;

прочность швов и соединений элементов структуры материала.

II. Физико-химические:

температурные воздействия;

атмосферные воздействия;

воздействия агрессивных сред.

III. Биологические:

микробиологические разрушения

Доступное и требуемое свойства ГМ

ГМ обладает одним или одновременно несколькими функциональными свойствами, т.е. свойствами, имеющими решающее значение при выполнении той или иной функции. Эти свойства ГМ разделяются на доступные и требуемые (см. определение выше).

Условием удовлетворительной работоспособности ГМ в дорожной конструкции является превышение значения доступного свойства (кривая 3) над требуемым (линия 1) в течение расчетного срока службы (линия 2) на рис.8.1. Неприемлемым считается вариант, при котором значение доступного свойства в данный период ГМ становится меньше величины требуемого (кривая 4).

При этом величина запаса работоспособности ГМ в дорожной конструкции на любой момент времени определяется расстоянием между прямой линией 1 требуемого свойства и кривыми 3 или 4 доступного свойства (рис.8.1).

На практике механизм изменения, доступного и требуемого свойств, как правило, имеет более сложный характер и подчиняется определенной закономерности.

Так, потенциальные изменения значений требуемого свойства в течение всего срока службы ГМ могут быть представлены линией 1 на рис.8.2. Процессы, происходящие в этот период, обозначены на горизонтальной оси времени вертикальными пунктирными линиями. Требуемое свойство показано в виде линии 4.

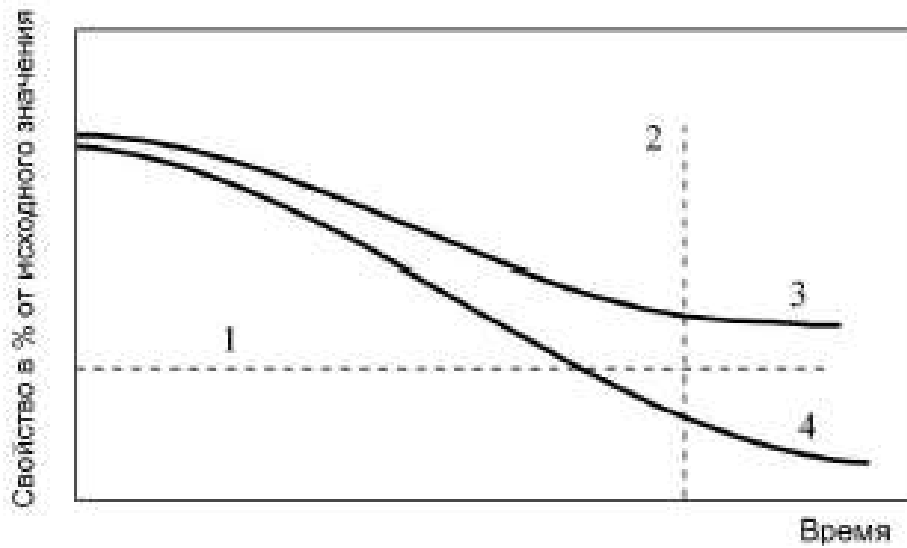


Рисунок 8.1 – Доступное и требуемое свойства ГМ как функция времени
 1 – минимально приемлемый уровень требуемого свойства; 2 – расчетный срок службы; 3 – доступное свойство при приемлемом варианте;
 4 – доступное свойство при неприемлемом варианте

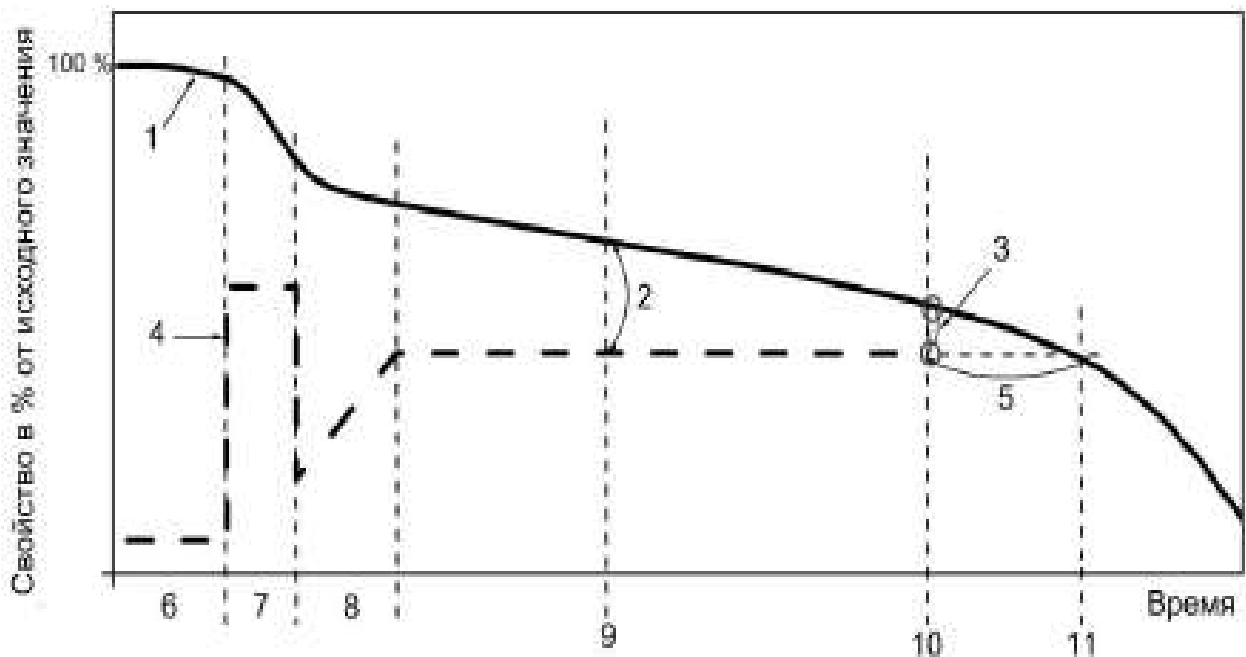


Рисунок 8.2 – Доступное и требуемое свойства ГМ во времени при хранении и транспортировке, строительства, засыпки и эксплуатации
 1 – доступное свойство; 2 – запас между требуемым и доступным свойством в процессе эксплуатации; 3 – запас прочности на расчетный срок службы; 4 – требуемое проектом свойство; 5 – временной интервал между расчетным сроком службы и моментом разрушения ГМ; 6 – период хранения и транспортировки; 7 – период установки (монтажа); 8 – период дальнейшего строительства объекта; 9 – период эксплуатации; 10 – расчетный срок службы; 11 – момент разрушения (полный срока службы).

При транспортировке и хранении (период 6) ГМ должен обладать прочностью, необходимой для противостояния внешним погоднo-климатическим воздействиям. Монтаж ГМ, засыпка и уплотнение контактирующих дорожно-строительных материалов (период 7) могут потребовать более высокой прочности, чем в процессе эксплуатации. В ходе дальнейшего строительства (период 8) нагрузка на ГМ будет продолжать расти, достигнув определенного предела. В эти периоды прочность, как правило определяется величиной механических повреждений. В течение периода эксплуатации ГМ подвергается в основном химическому, биологическому и физическому воздействиям внешних факторов, что приводит к постепенному ухудшению показателей доступного свойства до тех пор, пока не будет превышен расчетный срок службы (линия 10). В этот период запас прочности в любой момент времени определяется позицией 2 на рис 8.2. В дальнейшем, если ГМ остается в тех же условиях, величина доступного свойства продолжает снижаться и, запас прочности постепенно становится равным нулю (момент разрушения (линия 11)).

При обеспеченной работоспособности по окончании периода эксплуатации должен оставаться некоторый запас прочности (позиция 3), а момент разрушения материала наступать за пределами расчетного срока службы ГМ (позиция 5).

Снижение доступной прочности ГМ во времени может происходить в трех режимах (рис.8.3):

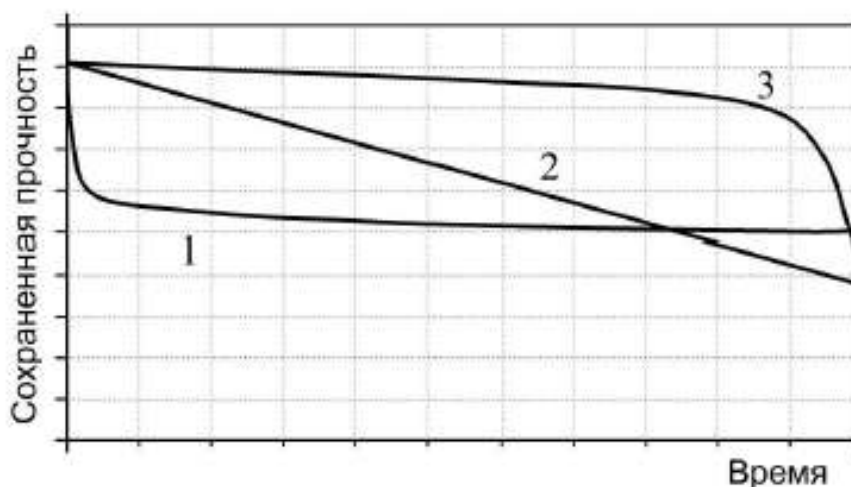


Рисунок 8.3 – Сохраненная доступная прочность в зависимости от времени для трех режимов ухудшения свойств
1 – режим (1); 2 – режим (2); 3 – режим (3)

Режим 1: Быстрое снижение доступной прочности в период укладки ГМ под воздействием атмосферных и механических факторов с незначительным ее уменьшением в дальнейшем. При этом ухудшение свойств не зависит от времени эксплуатации.

Режим 2: Постепенное снижение прочности в течение срока службы ГМ при постоянном воздействии атмосферных факторов. Ухудшение свойств зависит от продолжительности эксплуатации.

Режим 3: Отсутствие снижения доступной прочности в течение длительного периода эксплуатации с последующим резким ухудшением свойств по истечении расчетного срока службы ГМ. Режим характерен для воздействия агрессивных сред и требует ограничения срока службы материала.

Учет потенциального ухудшения доступного свойства ГМ осуществляется посредством введения поправочного коэффициента:

$$k_i = R_{po} / R_{pk} \geq 1, \quad (8.1)$$

где R_{po} – прочность при растяжении исходного материала, кН/м.

R_{pk} – прочность при растяжении материала после воздействия внешнего фактора, кН/м;

8.1. Оценка долговечности ГМ

Критерием оценки долговечности является значение длительной прочности ГМ, рассчитываемое по формуле (8.2):

$$R_{dl} = R_{p95} / K_{общ} \cdot \gamma_b, \quad (8.2)$$

где R_{p95} – нормативная прочность при растяжении ГМ, кН/м;

γ_b – коэффициент запаса для ГМ (см табл.5.4);

$K_{общ}$ – общий коэффициент влияния внешних факторов ухудшения свойств ГМ:

$$K_{общ} = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_7, \dots \dots \dots (8.3)$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий снижение прочности от механических повреждений структуры;

K_2 – коэффициент, учитывающий снижение прочности от ползучести;

K_3 – коэффициент, учитывающий снижение прочности ниточных, сварных швов или соединений элементов структуры материала;

K_4 – коэффициент, учитывающий снижение прочности от атмосферных воздействий;

K_5 – коэффициент, учитывающий снижение прочности от воздействия агрессивных сред;

K_6 – коэффициент, учитывающий снижение прочности от воздействия микроорганизмов;

K_7 – коэффициент, учитывающий снижение прочности от температурных воздействий.

Механические повреждения ГМ

Использование ГМ в слоях зернистых материалов (щебень, песок, грунт) при отсыпке и последующем уплотнении может приводить к повреждению структуры и, как следствие, снижению прочности и разрушению геосинтети-

ческого материала в целом. Для учета механических повреждений применяется соответствующий коэффициент – K_I .

Коэффициент учета механических повреждений ГМ при укладке K_I вычисляется по формуле (8.1) при

R_{pK} – прочность при растяжении материала после механических повреждений, кН/м.

Данный показатель следует определять в ходе непосредственных испытаний на устойчивость к механическим повреждениям либо на объекте, либо на полигоне в условиях максимально приближенных к условиям реальной эксплуатации ГМ в дорожной конструкции. При моделировании должны учитываться:

- готовность основания дорожной конструкции;
- используемые дорожно-строительные материалы;
- характер обратной засыпки выше образца;
- глубину установки образца;
- метод и степень уплотнения

По результатам испытаний в продольном и поперечном направлениях в качестве расчетного принимают коэффициент учета механических повреждений с максимальным значением.

При отсутствии данных непосредственных испытаний на механические повреждения для определения величины коэффициента K_I в первом приближении могут быть рекомендованы следующие методы:

- Интерполяции измерений со строительными материалами различных фракций.
- Интерполяции измерений ГМ с различной поверхностной плотностью.

Значения коэффициента K_I допускается определять по графику на рис.8.4. при известной крупности фракций контактирующего зернистого материала.

Коэффициент K_I для ГМ одной серии с разной поверхностной плотностью может быть установлен путем интерполяции с использованием рис.8.5 при условии, что ранее установлена взаимосвязь между прочностью при растяжении и поверхностной плотностью материала. Для ГМ с более высокой поверхностной плотностью величину коэффициента принимают как для испытанных материалов с самой высокой поверхностной плотностью.

Ползучесть ГМ

Для большинства ГМ как класса полимеров с вязкоупругими свойствами под действием постоянной нагрузки характерно развитие явления ползучести с постепенным снижением прочности (вплоть до разрыва) как армирующего элемента и разрушением дорожной конструкции. Поэтому проектирование таких конструкции должно включать ограничение по допустимым деформациям ползучести ГМ в течение расчетного срока службы. Интенсивность развития

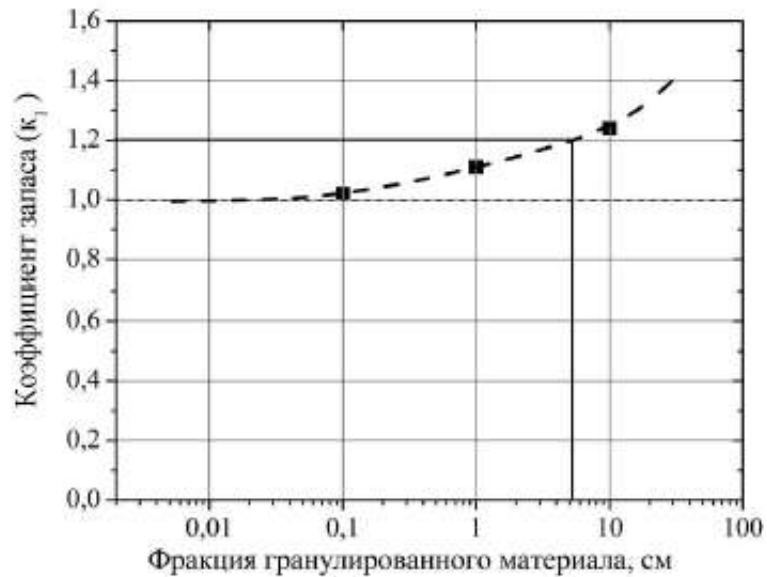


Рисунок 8.4 Интерполяция K_1 при известной крупности фракций зернистого материала

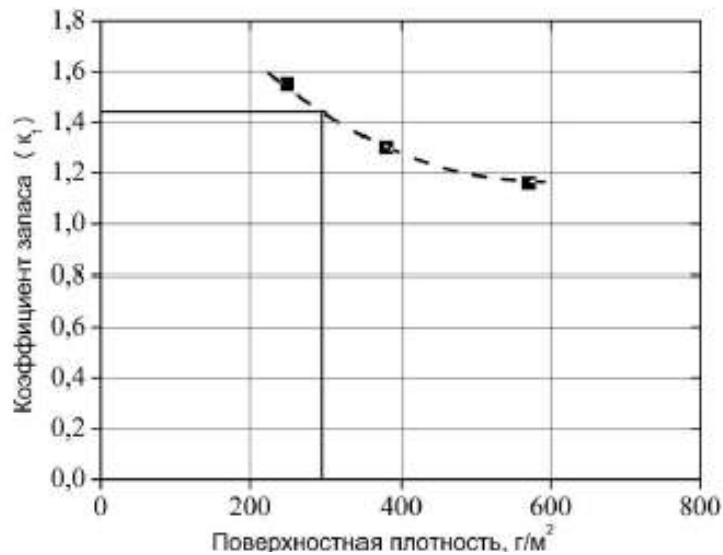


Рисунок 8.5 Интерполяция K_1 на ГМ с различной поверхностной плотностью

Интенсивность развития деформаций во времени зависит от условий работы ГМ в конструкции, интенсивности дорожного движения и воспринимаемых материалом нагрузок.

При этом могут устанавливаться ограничения на суммарную деформацию в течение всего срока службы ГМ или на деформацию, образовавшуюся между окончанием строительства и расчетным сроком службы. В последнем случае время «окончания строительства» устанавливается как показано на рис.8.6. Деформация ползучести и длительная прочность определяются в соответствии с Методикой испытания ГМ на ползучесть при растяжении и разрыве при ползучести (ОДМ 218.5.006- 2010).

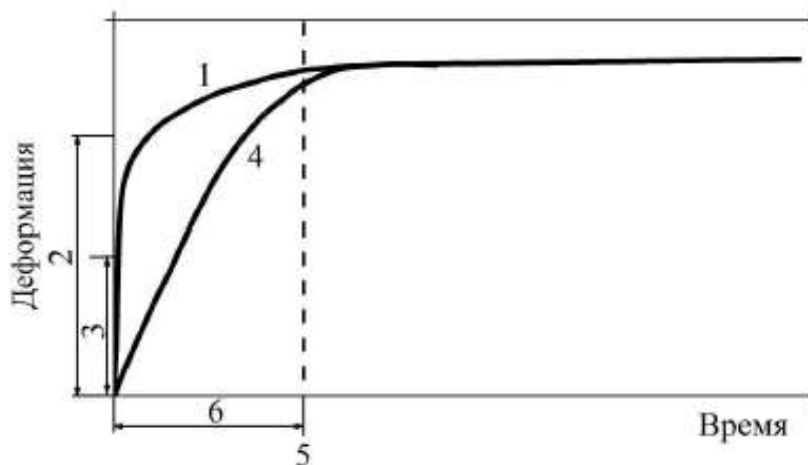


Рисунок 8.6 Иллюстрация для сравнения ползучести, измеренной в конструкции, с данными, полученными в лаборатории
 1 – испытание на ползучесть в лаборатории; 2 – деформация за период приложения нагрузки в конструкции; 3 – деформация за период приложения нагрузки при испытаниях на ползучесть; 4 – нагружение и ползучесть армирующего элемента в конструкции; 5 – новое время 0 ползучести после строительства; 6 – время строительства конструкции

Характеристики ползучести ГМ определяются по следующим методикам:

- экстраполяции измерений ползучести;
- определения максимальной растягивающей нагрузки в зависимости от предельно допустимой деформации и расчетного срока службы;
- определения длительной прочности.

Методика экстраполяция кривых ползучести

Методика устанавливает способ экстраполяции измерений ползучести ГМ при одноосном растяжении и применима к широкому кругу материалов, особенно используемых в качестве армирующих элементов.

Измерение деформации ползучести в лабораторных условиях обычно осуществляется при несравнимо более коротких интервалах времени, чем предполагаемый срок службы ГМ в дорожной конструкции. Поэтому определенный порядок экстраполяции данных ползучести во времени дает возможность прогнозирования поведения ГМ в будущем и определения расчетного срока их службы.

Образцы ГМ испытывают на разрыв при ползучести для разных уровней задаваемой нагрузки, выраженных в процентах от нормативной прочности при растяжении R_{p95} . По результатам проведенных измерений строят график рис.8.7 зависимости между относительным удлинением (ϵ , %) и временем (t - срок службы, ч).

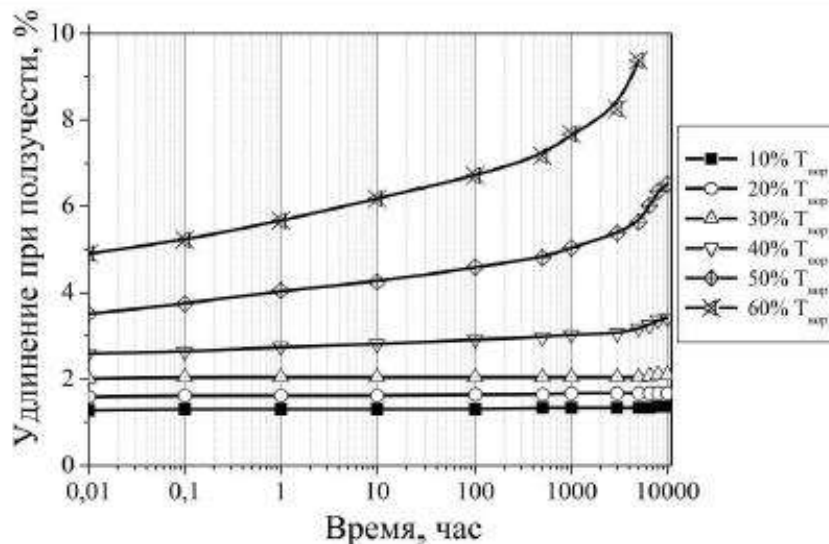


Рисунок 8.7 Ползучесть ГМ при разных уровнях задаваемой нагрузки (на рисунке обозначения $T_{нор}$ соответствуют R_{p95})

Кривые ползучести удовлетворительно описываются в полулогарифмической системе координат уравнением вида

$$\varepsilon_t = \varepsilon_{нач} + a \lg t, \quad (8.4)$$

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

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

a – постоянная;

t – срок службы, ч.

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

При наличии обоснованных технических ограничений по величине суммарного удлинения ГМ (см. условие (8.5)) предельный уровень нагрузки может быть определен из изохронной зависимости «относительное удлинение - нагрузка» при заданном времени t (рис.8.8) или (рис. 8.9)

$$\Delta\varepsilon = ((\varepsilon_t - \varepsilon_{нач})/\varepsilon_{нач}) \cdot 100\% \leq [\Delta\varepsilon] \quad (8.5)$$

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

Пример: На рис.8.8 показана изохронная кривая, построенная по измерениям ползучести ГМ (рис.8.7). При заданной максимальной деформации $\varepsilon=4\%$, уровень максимально допустимой растягивающей нагрузки ≈ 35 кН/м.

Пример: Изохронные кривые (рис.8.9), построенные для различных длительностей измерений от 0,1ч до 10^4 ч и полученных экстраполяцией на один порядок изохрона для 10^5 ч (11.4 г). При максимальной суммарной деформации ползучести в 6% и расчетного срока службы 10^5 ч максимальная допускаемая растягивающая нагрузка составит $\approx 30\%$ от нормативной прочности при растяжении.

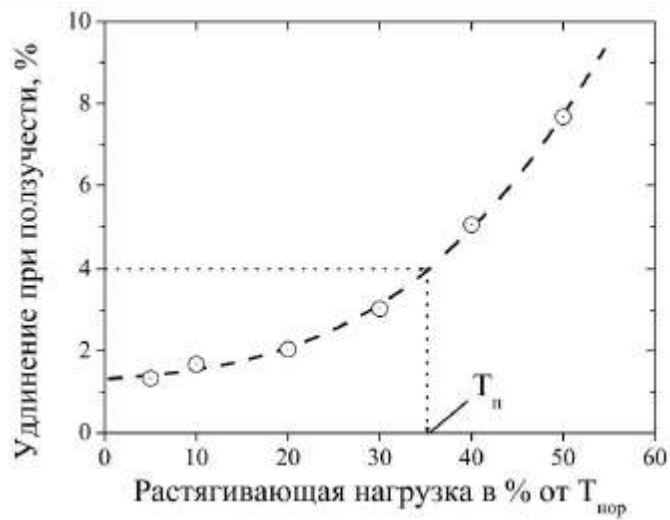


Рисунок 8.8 Изохронная кривая «растягивающая нагрузка – относительное удлинение» при заданном времени t
 $T_n = R_{pn}$ - предельный уровень нагрузки

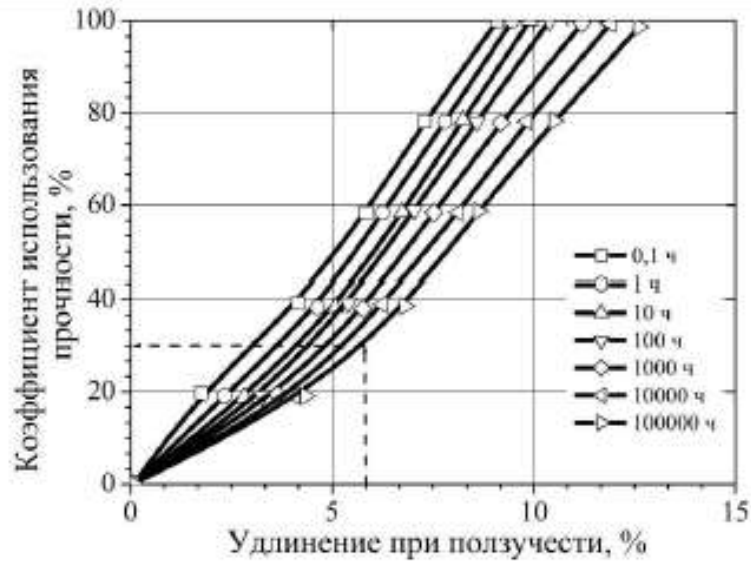


Рисунок 8.9 Изохронные кривые ползучести

Коэффициент, учитывающий снижение прочности от ползучести материала K_2 определяется по формуле (8.1) при

R_{pk} – прочность при растяжении образца материала, равная нагрузке, которая не оказывает существенного влияния на ползучесть материала, кН/м.

Длительная прочность представляет собой сопротивление ГМ 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 на

разрыв, постепенно уменьшается по мере увеличения времени до разрушения R_p или же времени до достижения заданной относительной деформации $[\Delta\varepsilon]$.

Когда прочность становится равной приложенной нагрузке - происходит разрушение материала (рис.8.10).

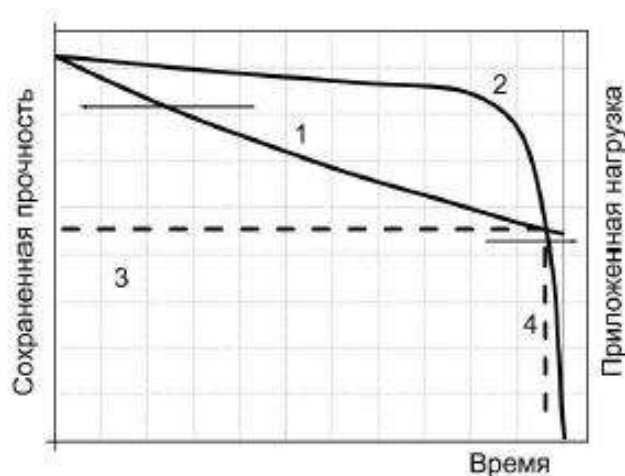


Рисунок 8.10 – Разрушение при ползучести и сохраненная прочность
 1 – разрушение при ползучести; 2 – сохраненная прочность;
 3 – приложенная нагрузка; 4 – срок службы

Разрыв при ползучести относится к режиму 3 ухудшения свойств и приводит к незначительному снижению прочности до расчетного срока службы. Если приложенная нагрузка по прогнозам будет ниже, чем R_{p95}/K_2 , то она может быть приемлемой для расчета времени до разрушения при соответствующей величине нагрузки. В этом случае можно считать, что прочность остается близкой к R_{p95} в течение расчетного срока службы и представляет собой кривую сохраненной прочности.

Для определения длительной прочности по данным измерений строится график рис.8.11 в координатах нагрузка на единицу ширины или сохраненная прочность R_{dt} (% от R_{p95}) – время до разрушения $\log t_R$ (час).

Данный подход дает возможность получить на диаграмме линейный участок в полулогарифмической системе координат. При этом прямая линия экстраполируется по $\log t$ с определением соответствующей величины нагрузки при расчетном сроке службы.

Испытания на ползучесть одиночных ребер георешеток или нитей для геотекстиля тканого могут проводиться подобным образом, так как условия поведения разрыва для одиночного ребра или нити такие же, как и для всего продукта.

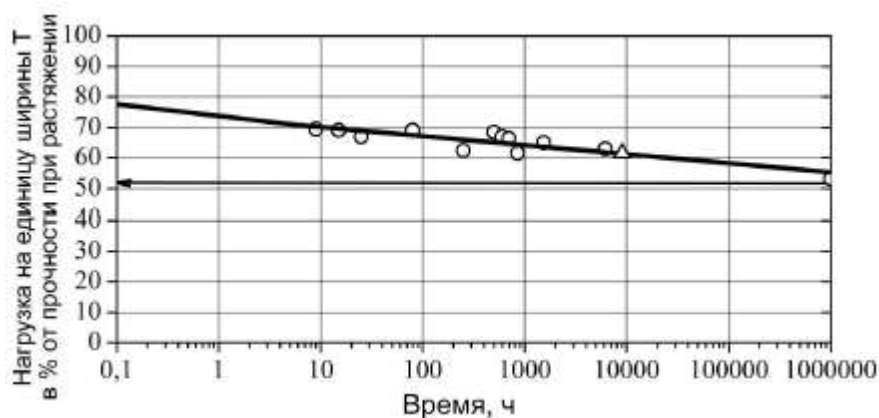


Рисунок 8.11 Кривая длительной прочности при ползучести с линейной аппроксимацией

Прочность швов и соединений ГМ

При соединении разных частей или элементов ГМ при помощи стачивания их краев, сшивания, термическим или каким-либо другим способом прочность такого соединения может оказаться определяющей при оценке прочности всего материала или изделия в целом. 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 ГМ производится в соответствии с методикой оценки прочности ниточных и сварных швов геосинтетических материалов при растяжении ОДМ 218.5.006-2010.

Коэффициент K_3 , учитывающий влияние прочности соединения, рассчитывают по формуле (8.1) при

R_{pK} – прочность при растяжении шва или соединения, кН/м.

Соотношение прочности исходного ГМ и прочности соединенных частей или элементов структуры должно находиться в заштрихованной области рис.8.12.

При отсутствии швов и соединений значение коэффициента учета K_3 принимается равным 1.

Атмосферные воздействия на ГМ

Реакцией на атмосферные воздействия в большинстве случаев является стойкость ГМ к ультрафиолетовому излучению, либо в отдельности, либо совместно с действием других факторов. При этом в зависимости от выполняемой ГМ функции воздействие может быть кратковременным (хранение, транспортировка, установка) или долговременного (процесс эксплуатации).

Старение ГМ в конструкции может быть вызвано не только ультрафиолетовым компонентом солнечного излучения, но и температурой, кислородом, влажностью, оксидами азота и серы, озоном и осадками из загрязненного воздуха.

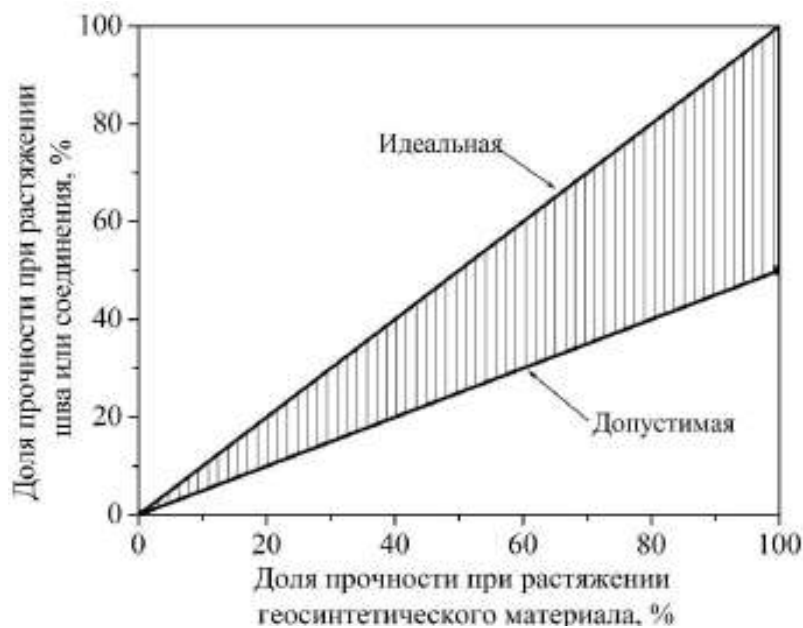


Рисунок 8.12 – Зависимость между прочностью ГМ и прочностью шва или соединения

Энергии ультрафиолетового излучения достаточно для начала разрушения химических связей в полимере, приводящих впоследствии к рекомбинации, например, с кислородом воздуха или вызывающих более сложные цепные реакции. Температура и осадки ускоряют процесс снижения устойчивости ГМ к ультрафиолету.

Все типы полимеров подвержены старению при воздействии ультрафиолетового излучения. Для повышения стойкости ГМ применяются стабилизирующие добавки, а рекомендации по оценке атмосферных воздействий связаны прежде всего с ограничением продолжительности хранения и монтажа материала. Так, при воздействии ультрафиолета на ГМ в течение 12 ч ухудшение свойств считается несущественным и не учитывается. При более длительном времени воздействия производится оценка ГМ на устойчивость к действию ультрафиолетового излучения в соответствии с методикой, изложенной в ГОСТ Р 55031.

Сохранение прочности образцов определяется по формуле (8.6):

$$K_w = 100 \cdot R_{pk} / R_{po} \quad , \quad \% \quad (8.6)$$

где R_{pk} – прочность при растяжении образца после воздействия ультрафиолетового излучения (атмосферных воздействий), кН/м;

Данный показатель используется производителями при описании технических характеристик ГМ.

Коэффициент K_d , учитывающий влияние светопогоды, рассчитывается по формуле (8.1) при

R_{pk} – см. формулу (8.6)

В случае потери прочности при растяжении менее 5% коэффициент учета не применяется, а материал должен быть установлен и закрыт в течение одного месяца.

ГМ, применяемые для армирования дорожных одежд с большей потерей прочности при ускоренных или натуральных испытаниях, не должны подвергаться атмосферным воздействиям на месте установки дольше, чем указано в табл.8.1. Расчетная прочность при растяжении должна быть уменьшена на соответствующий коэффициент K_4 .

9.6.4 Если ГМ будет подвергаться атмосферным воздействиям дольше, чем один месяц, то он должен быть проверен в соответствии с ГОСТ Р 55031 с увеличенной дозой ультрафиолетового излучения с возможностью экстраполяции значений по ОДМ 218.2.047-2014, ожидаемых при эксплуатации.

Требования к продолжительности укладки ГМ

Таблица 8.1

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

Воздействия агрессивных сред на ГМ

Оценку влияния агрессивности внешних сред на долговечность ГМ ведут на основе данных по химическому составу и температуре грунта.

Температура грунта равна среднегодовой температуре воздуха на его поверхности. Суточные изменения температуры и солнечной радиации наблюдаются на глубине до 0,5 м.

Химическое воздействие на полимерный материал приводит к потере его механических свойств вследствие окисления или гидролиза в зависимости от типа исходного сырья, а также показателя кислотности грунта. Шкала с нейтральным грунтом имеет рН фактор на уровне 7, меньшие значения указывают на кислотность, большие значения на щелочность грунтовой среды. Полиэфирные и полиамидные волокна подвержены гидролизу, который проявляется в двух формах. Первая форма – щелочной (наружный) гидролиз имеет место в почвах с рН фактором выше 10 и проявляется как поверхностное воздействие. Для полиэфирных волокон меры предосторожности следует предпринимать при их эксплуатации в среде с рН фактором выше 9. Вторая форма - внут-

ренный гидролиз, имеет место в поперечных сечениях волокон в водных растворах кислот и щелочей при любых значениях показателя рН. При средней температуре грунта 15 С_о и нейтральных грунтах скорость наружного гидролиза достаточно низка. Хотя в кислой среде он может ускоряться. Скорость внутреннего гидролиза в водонасыщенных грунтах зависит от их относительной влажности. Полиэфирные и полиамидные волокна также подвержены окислению.

Определение стойкости образцов ГМ к агрессивным средам производится в соответствии с ГОСТ Р 55035. При оценке влияния продолжительных воздействий эксперименты должны проводиться в соответствии с методикой ускоренных испытаний, при которой температура искусственно завышается для увеличения скорости химической реакции. Стойкость к воздействию агрессивных сред в виде растворов кислот и щелочей определяют по изменению механических характеристик (сохранение прочности, %).

По результатам измерений строится зависимость между сохраненной прочностью и временем при разных температурах (рис.8.13). По данной зависимости путем интерполяции определяется время до достижения необходимой прочности при растяжении.

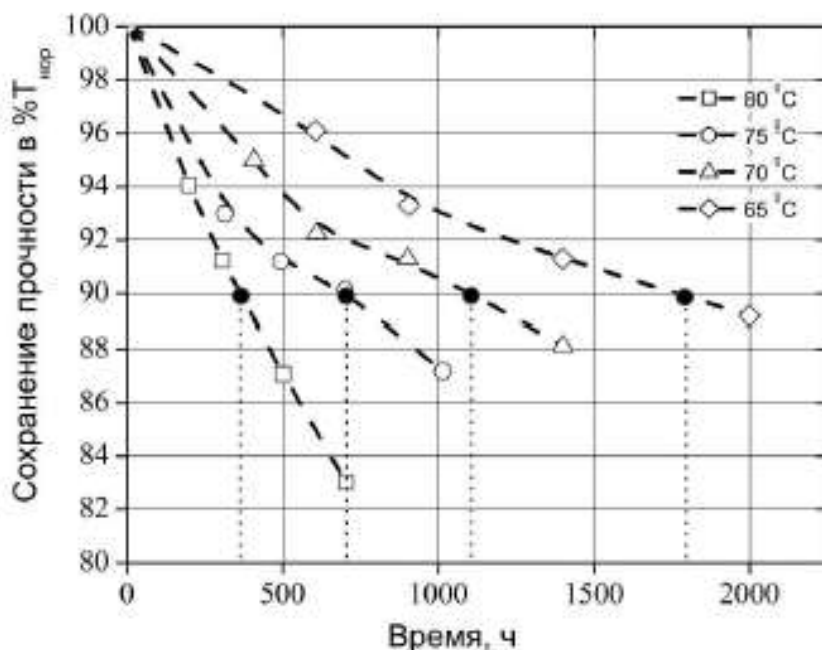


Рисунок 8.13 Снижение прочности при растяжении ГМ в зависимости от заданных температур

(на рисунке обозначения $T_{нпр}$ соответствуют R_{p95})

Коэффициент K_5 , учитывающий воздействие агрессивных сред, определяется по формуле (8.1) при

R_{pK} – прочность при растяжении образца после воздействия агрессивных сред, кН/м;

Микробиологические разрушения ГМ

ГМ должны быть устойчивы к воздействию микроорганизмов, которые могут вызывать биологический износ данных материалов с частичной или полной потерей механических свойств. Устойчивость ГМ к микробиологическому разложению – это стойкость геосинтетических материалов к воздействию бактерий или грибов. Определение стойкости образцов ГМ к воздействию микроорганизмов производится в соответствии с методикой, основанной на положениях европейского стандарта EN 12225.

Испытательный грунт должен быть биологически активным. Для достижения оптимального воздействия на ГМ 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.

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

Готовят пять серий образцов и закладывают их в испытательный грунт. По истечении 48, 72, 96, 144 и 192 ч образцы последовательно извлекают с определением прочности при растяжении. На основе полученных данных строят график (рис.8.14).

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

Коэффициент биологической активности испытательного грунта определяют по формуле (8.7)

$$K_6 = t_0 / 144 \quad , \quad (8.7)$$

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 находится в диапазоне 0.65÷1.35. В противном случае испытательный грунт меняют на грунт с более высокой биологической активностью.

Затем проводят основные испытания на образцах ГМ. Коэффициент K_6 , учитывающий воздействие микроорганизмов на прочность ГМ рассчитывают по формуле (8.1) при

R_{pK} – прочность при растяжении образца после воздействия микробиологической среды, кН/м;

Воздействие отрицательных температур (морозостойкость) ГМ

Под морозостойкостью ГМ понимают их способность в увлажненном состоянии выдерживать многократные циклы «замораживание – оттаивание» без потери прочности. Основной причиной разрушения материала при низких температурах является расширение воды, заполняющей его поры. Определение морозостойкости ГМ к воздействию перепада температур производится в

соответствии с ГОСТ Р 55032. В результате испытаний определяется величина сохранения прочности $K_{мрз}$, % по формуле (8.8)

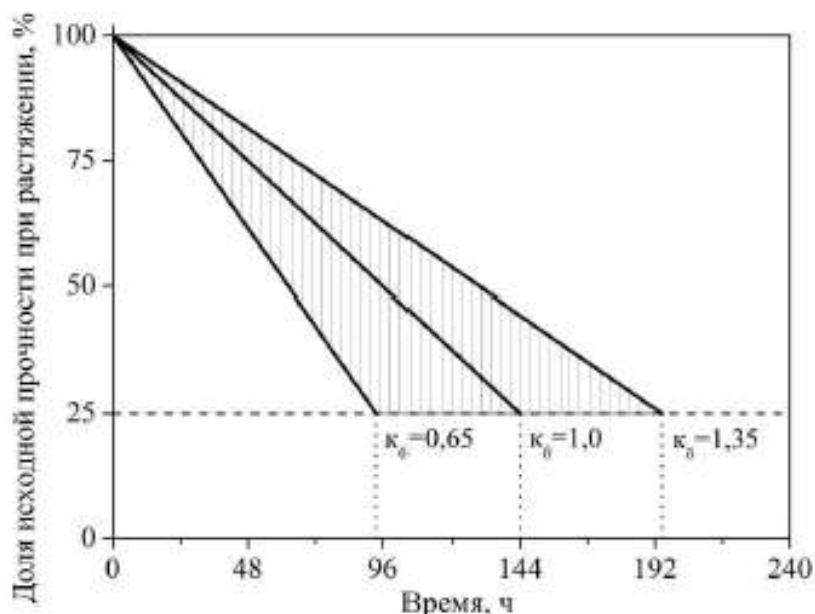


Рисунок 8.14 Зависимость прочности при растяжении от времени контакта образцов с испытательным грунтом

$$K_{мрз} = 100 \cdot R_{рк} / R_{р0} \quad , \% \quad (8.8)$$

Коэффициент K_7 , учитывающий влияние морозостойкости на долговечность ГМ, рассчитывается по формуле (8.1) при

$R_{рк}$ – прочность при растяжении образца после воздействия процессов «замораживание – оттаивание», кН/м;

9. Технология и организация производства работ

9.1. Армирование дорожных покрытий геосетками, плоскими георешетками и геокомпозитами

Общие положения

Армирование покрытий геосетками, плоскими георешетками и геокомпозитами на их основе выполняется с целью усиления дорожных одежд при их несоответствии по прочности действующим транспортным нагрузкам, исправления продольных и поперечных неровностей путем укладки выравнивающих и дополнительных слоёв, а также устройства более совершенных типов покрытий с использованием существующих конструкций в качестве основания;

До начала устройства армированного асфальтобетонного покрытия должны быть выполнены внеплощадочные и внутриплощадочные подготовительные работы.

В состав *внеплощадочных работ* входят:

- организация входного контроля качества материалов, прежде всего ГМ);
- подготовка рецептуры смеси и отладка режимов работы АБЗ и укладочной техники;
- определение потребности в материально-технических ресурсах, включая машины и механизмы, инструмент и оборудование, дорожно-строительные материалы, персонал исполнителей (в том числе для распределения и фиксации ГМ) и др.;

Особыми видами *внутриплощадочных подготовительных работ*, характерными для устройства армированного асфальтобетонного покрытия, являются следующие:

- обеспечение организованного проезда транзитного транспорта;
- настройка дозирующих систем автогудронатора и нормы розлива вяжущего для приклеивания ГМ к основанию;
- проверка работоспособности оборудования для распределения ГМ (при наличии такового);
- проверка работы стиплера или строительного монтажного пистолета, с набором дюбелей и патронов для фиксации ГМ к основанию;
- пробное распределение и уплотнение асфальтобетонной смеси с проверкой отсутствия сдвигов и повреждений ГМ при воздействии колёс автосамосвалов, гусениц (колёс) асфальтоукладчика и уплотняющих средств.

Работы по устройству слоёв покрытия с применением армирующих прослоек из ГМ выполняют в соответствии с рекомендациями СП 78.13330.2012, СНиП 12-03-2001, ВСН 8-89, Методических рекомендаций по ремонту и содержанию автомобильных дорог, ВСН 37-84 по типовым технологическим схемам с некоторыми видоизменениями и дополнениями отдельных операций.

В состав основных работ по устройству армирующей прослойки из ГМ обычно входят:

- подготовка основания (существующего покрытия);

- розлив вяжущего;
- подготовка армирующего материала (при необходимости);
- укладка и фиксация (приклеивание) армирующей прослойки;
- повторный розлив вяжущего;
- укладка верхнего асфальтобетонного слоя.

Подготовка основания

Конкретный набор операций по подготовке основания зависит от его транспортно-эксплуатационного состояния, а также видов и объемов работ, предусмотренных проектом на ремонт или новое строительство участка автомобильной дороги.

1. Устройство армированного покрытия на существующей дорожной одежде с недостаточной прочностью.

Подготовительные мероприятия по повышению несущей способности старых дорожных одежд:

- фрезерование существующего покрытия и основания с устройством слоёв усиления из материалов, обработанных вяжущим;
- устранение износа и колеиности асфальтобетонных покрытий в соответствии с «Рекомендациями по выявлению и устранению колеи на нежестких дорожных одеждах»;
- устранение деформаций и разрушений существующего цементобетонного покрытия в соответствии с «Методическими рекомендациями по ремонту цементобетонных покрытий автомобильных дорог» (дефрагментация плит, выравнивание поверхности и уступов, замена разрушенных участков плит, ремонт сколов кромок и углов плит, деформационных швов, герметизация швов, консервация трещин и т.п.);
- при уширении существующей дорожной одежды или при ее восстановлении в местах ремонта земляного полотна спектр работ по подготовке основания начинается с сооружения или ремонта земляного полотна и завершается очисткой и подгрунтовкой поверхности нового несущего основания;

2. Устройство армированного покрытия на существующей дорожной одежде с обеспеченной прочностью.

- устранение выбоин и других мелких дефектов, очистку и заделку герметизирующим материалом трещин с шириной раскрытия более 5 мм. При несоответствии ровности основания требуемым значениям выполняют выравнивание его поверхности путём фрезерования или устройства выравнивающего слоя.

При небольших объёмах подготовительных работ они ведутся параллельно со строительством армированного покрытия специализированным отрядом (бригадой) с организационным разрывом на отдельной захватке.

Непосредственно перед началом основных работ производят очистку основания от пыли и грязи с помощью поливомоечной или подметально - уборочной машины. При наличии бортового камня особое внимание уделяют лотку проезжей части путем его очистки ПУМ с пылесосом или вручную.

Устройство армированного асфальтобетонного покрытия производят только после приёмки основания (существующего покрытия) представителями технического надзора с оформлением акта на скрытые работы. Приёмка основания ведется согласно СП 78.13330.2012.

Розлив вяжущего (подгрунтовка)

Все виды работ по устройству армированного покрытия должны выполняться на одной сменной захватке с длиной, определяемой эксплуатационной производительностью и количеством асфальтоукладчиков.

По очищенному основанию выполняют розлив вяжущего или подгрунтовку (рис.9.1) Выбор марки вяжущего, расход и порядок розлива производят в зависимости от условий производства работ, вида применяемого ГМ, свойств вышележащего под прослойкой слоя.



Рисунок 9.1 Подгрунтовка основания

Подгрунтовка проводится в целях:

- фиксации («приклеивания») геосетки к основанию на период движения по нему строительной техники при укладке верхнего слоя покрытия;
- для обеспечения сцепления геосетки с нижним и верхним слоями покрытия, а также смежных слоёв между собой для дальнейшей совместной работы.

Надежность «приклеивания» сетки определяется по отсутствию сдвигов и волн геосетки при укладке верхнего слоя покрытия, что во многом определяет эффективность армирования.

В качестве вяжущего может быть использован вязкий битум марок БНД 40/60, БНД 60/90 или БНД 90/130 (по ГОСТ 22245-97) с температурой при розливе не ниже $120-150^{\circ}\text{C}$.

В случае плохого растекания вязкого битума при подгрунтовке его разжижают 8-12% керосина с обязательной проверкой ГМ на химическую стойкость к реагенту. При использовании разжиженного битума геосетку лучше

укладывать до испарения разжижителя, а асфальтобетонную смесь – после испарения.

При пониженной температуре воздуха, необходимости укладки покрытия на влажное основание, использовании геокомпозитов для подгрунтовки предпочтительно применять быстрораспадающиеся битумные или полимербитумные эмульсии (классов ЭБК-1, ЭБК-1, ЭБК-2 и др.). В прохладное время (ниже плюс 15°С) эмульсию подогревают до 50-60°С. Продолжительность розлива уточняют по периоду распада эмульсии.

Положительным фактором применения битумных эмульсий является более равномерное распределение вяжущего и возможность исправления дефектов, допущенных при укладке ГМ, до момента распада эмульсии. В тоже время, необходимость ожидания распада эмульсии задерживает начало технологических операций по распределению и уплотнению асфальтобетонной смеси.

Особое внимание следует уделять равномерности розлива и норме расхода вяжущего. Недостаточное количество вяжущего в целом или в отдельных местах может привести к ослаблению фиксации ГМ к основанию, что приводит к сдвигам геосетки при укладке асфальтобетона.

Избыточное количество вяжущего затрудняет технологию производства работ, провоцируя прилипание ГМ к колёсам и повреждение самого армирующего материала при заезде на него автосамосвалов.

Норма расхода вяжущего зависит от состояния основания (старый или свежееуложенный слой), вида и свойств ГМ и самого вяжущего с учетом рекомендаций производителя геосетки. Повышенная норма розлива вяжущего (битума 0,9-1,2 л/м², эмульсии 1,1-1,5 л/м²) допускается в следующих случаях:

- при укладке геосетки на существующее покрытие со значительным количеством не устранённых дефектов (мелкие трещины, локальные неровности и т.п.);
- при повышенной шероховатости существующего покрытия;
- при использовании непропитанных при изготовлении геосеток или геокомпозитов.

В остальных случаях норма розлива вяжущего обычно составляет 0,7-1,0 л/м². На участках с большим продольным уклоном, в местах экстренного торможения расход вяжущего должен быть снижен до 0,7 л/м².

Оптимальную норму расхода вяжущего рекомендуется назначать по косвенным внешним признакам - интенсивности окраски следа на поверхности ГМ после прохода автомобиля. При правильном ее назначении колея имеет ярко выраженный чёрный цвет, при избытке битума на ней появляются отблески (глянец) и отмечается налипание полотна на колёса, при недостатке - колея слабо проявляется либо приобретает бурый оттенок.

Розлив битума (эмульсии) производится автогудронатором с отрегулированной системой дозирования и прочищенными соплами в один (два) приёма до и после укладки геосетки. При подгрунтовке и укладке одной полосы

покрытия ширина розлива должна быть на 10-15 см больше ширины этой полосы. При укладке покрытия на всю ширину основание грунтуют полностью.

Принцип назначения количества розливов вяжущего при подгрунтовке состоит в следующем. При площади, занимаемой прозорами между рёбрами геосетки (открытая площадь ячейки) более 70-75%, а поперечных и продольных рёбер менее 25- 30% от общей площади полотна, розлив вяжущего выполняют за один приём. В противном случае рекомендуется выполнять розлив в два приёма: первый – 70%, второй – 30% от полной нормы розлива до и после раскладки армирующего материала. При использовании геосетки или геокомпозита, не пропитанных вяжущим при изготовлении, рекомендуется выполнять розлив вяжущего в два приёма.

При розливе вяжущего в один приём основная часть площади клеящего материала может перекрываться рёбрами геосетки или нетканым геотекстилем, что существенно ослабляет связь между слоями асфальтобетона и не позволяет реализовать преимущества армированного покрытия в полной мере.

Укладка геосетки

Перед укладкой рулоны геосетки в упаковке складывают на обочине с учётом длины сетки в рулоне с тем, чтобы исключить ручное перемещение рулонов на значительное расстояние. При необходимости рулоны могут быть разрезаны перед укладкой до требуемой ширины нарезчиком швов или другим механизированным инструментом.

Укладку армирующей прослойки производят сразу после розлива вяжущего в продольном направлении прямолинейно без перекосов звеном рабочих из трех-четырёх человек (рис. 9.2). Рулон раскатывают по подгрутовке способом «на себя» или «от себя» на расстояние 10-15 м, ориентируясь по краю основания с контролем соблюдения направления укладки.

При темпе работ более $3000 \text{ м}^2/\text{см}$ численность бригады увеличивают, либо используют навесные механические укладчики (рис.9.3).

Протяжённость участка работ назначают исходя из условий:

- движения по ГМ транзитного транспорта;
- не допущения разворота автосамосвалов, подвозящих смесь, на участке, где уложен ГМ;
- осуществления медленного равномерного движения гружёных автосамосвалов к укладчику задним ходом по одной колее.

Число одновременно раскатываемых рулонов зависит от соотношения ширины геосетки и основания. Так, при соответствующих ширинах 4 м и 8 м укладку следует вести с отступом от кромки основания на 7-8 см с возможностью последующего перекрытия полос геосетки посередине покрытия на 14-16 см. При необходимости одновременного раскатывания по ширине проезжей части 2-3 рулонов раскладку ведут уступом с опережением крайним соседних (внутренних). Рекомендуемая ширина перекрытия продольных сопряжений рулонов 10-15 см, поперечных – 20-25 см.



Рисунок 9.2 – Укладка геосетки вручную



Рисунок 9.3– Навесные механические укладчики для раскладки армирующих материалов

Соединение соседних полос из геокompозитов с геотекстильной основой делают «стык в стык». При укладке рулонных ГМ на кривых малого радиуса армирующий материал нарезают поперек полос (рис.9.4А). Длина каждой полосы L зависит от радиуса кривой R и величины допустимого расстояния между краем геосетки и покрытием (обычно составляет до 0,3 м). При известной величине R длину полосы ориентировочно можно определить по формуле $L \leq 1,5\sqrt{R}$.

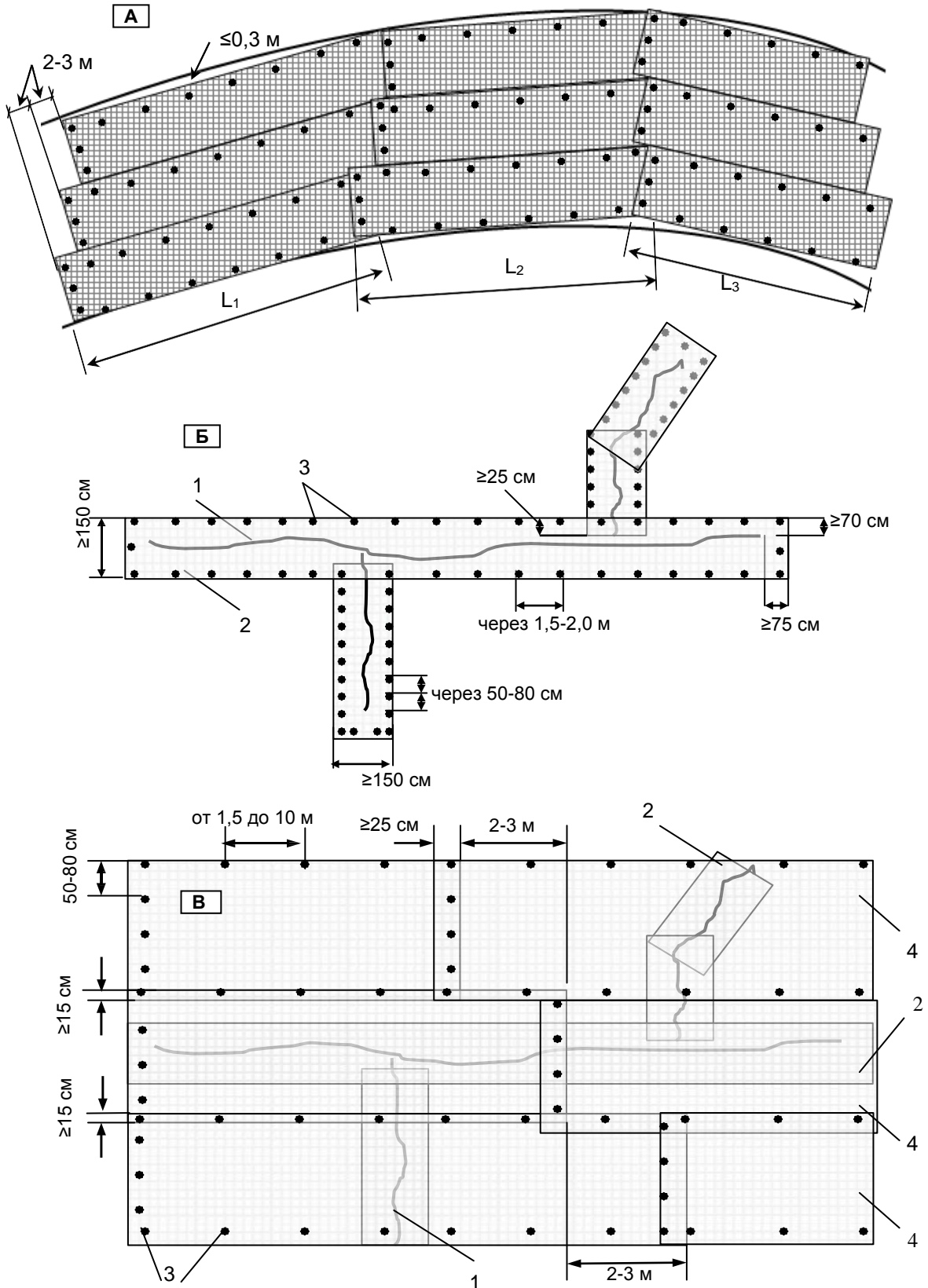


Рисунок 9.4 – Схемы укладки и крепления полотен и полос геосетки на основании:

А – при армировании сплошным полотном на кривых малого радиуса;
 Б – при участковом армировании полосами над трещинами; В – при комбинированном армировании полосами и сплошным полотном; 1 – продольные и поперечные трещины; 2 – полосы геосетки; 3 – дополнительная фиксация полос к основанию; 4 – полотна геосетки, укладываемые поверх полос

При укладке полос ГМ над извилистыми трещинами рекомендуемая ширина полосы составляет 1,5 м, фактическая ширина определяется очертаниями и извилистостью трещин (рис.9.4Б). При этом исходят из требований к минимальной длине «заделки» геосетки, равной 70 см в каждую сторону от трещины, и минимальном перекрытии полос, равном 25 см. Более эффективны сплошные полосы по всей длине, но при большой извилистости трещин полосы можно разрезать и укладывать с перекрытием.

В случае комбинированного армирования сплошным полотном и нарезанными полосами последние укладывают и приклеивают к основанию под сплошное полотно ГМ (рис.9.4В). Начало и окончание каждого следующего рулона ГМ, укладываемого по ширине покрытия, необходимо смещать в продольном направлении на 2-3 м (см. рис.9.4А,В). После раскладки геосетки ее поверхность выравнивают (расправляют) от волн и складок либо вручную с помощью специальных валиков или щеток (см. рис.9.5), либо это делается в процессе механизированной укладки навесными рейками. Для дополнительной фиксации геосетки к основанию ее прикрепляют на всех продольных и поперечных стыках с помощью дюбелей (см. рис. 9.6.). При армировании покрытия геокомпозитами дополнительная фиксация ГМ к основанию, как правило, не требуется.

При налипании ГМ к колёсам автосамосвалов следует скорректировать норму розлива вяжущего или вручную выполнить подсыпку на колею асфальтобетонной смеси из бункера асфальтоукладчика.

Укладка и уплотнение асфальтобетонной смеси

Укладка асфальтобетонных смесей в верхний слой покрытия на армированное основание ведется по стандартной технологии с применением асфальтоукладочной техники (см. рис. 9.7). При этом не исключено существенное снижение качества армированного покрытия в результате механической или термической сегрегации (расслоения) асфальтобетонной смеси. В результате могут наблюдаться локальные повреждения армирующего материала при уплотнении слоя вследствие избыточного наличия крупных фракций либо неравнопрочность на отдельных участках покрытия. Для недопущения данного явления следует руководствоваться общепринятыми правилами загрузки, транспортировки и выгрузки смесей в асфальтоукладчик. Общее время охлаждения различных слоёв смеси до температуры $160 \div 140^\circ\text{C} - 65 \div 60^\circ\text{C}$ при разных погодных условиях составляет около 25 – 100 мин, за которое необходимо закончить работы по уплотнению. Подбор рационального состава звена и режима уплотнения осуществляют опытным путём в процессе пробной укатки. Для этого сразу по окончании экспериментальных работ до остывания слоя образцы в виде полос геосетки (не менее 5) извлекают (вырезают) из покрытия и передают для испытания в лабораторию. Если при испытании установлено, что степень повреждения рёбер геосетки превышает допустимый предел (см. табл.5.1), следует менять режим уплотнения или армирующий материал. По-

вреждаемость геокмпозитов при уплотнении асфальтобетонного слоя значительно меньше, чем геосеток без нетканого геотекстильного полотна.



Рисунок 9.5 Выравнивание геосетки с удалением волн на поверхности





Рисунок 9.6 Крепление геосетки к основанию с помощью дюбелей



Рисунок 9.7 Укладка верхнего слоя асфальтобетонного покрытия на армированное основание

9.2. Армирование оснований дорожных одежд, обочин, земляного полотна геосетками, плоскими георешетками и геокомпозитами

Общие положения

Георешетки и геосетки (ГМ*) в конструкциях дорожных одежд или земляного полотна, как правило, одновременно выполняют функции армирования (усиления) и разделения разнородных по зерновому составу контактирующих минеральных материалов (щебень, гравий, щебеночно-гравийно-песчаные смеси, шлак и др.). В результате совместной работы ГМ* с зернистым основанием они образуют пограничный композитный слой, обладающий повышенными механическими свойствами по отношению к воздействию

динамических нагрузок, что позволяет существенно увеличить сдвигоустойчивость грунта дополнительного слоя основания или рабочего слоя земляного полотна.

Выбор вида армирующего материала следует осуществлять в соответствии с табл.3.5 настоящего пособия.

Получаемый в результате армирования эффект выражается в:

- продлении сроков службы, повышении эксплуатационной надежности дорожных конструкций, улучшении транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог;

- возможности уменьшения толщин слоев дорожной одежды, материалоемкости, транспортных расходов, сроков строительства.

Армирование элементов дорожной конструкции ГМ* практически не изменяет стандартной технологии производства работ по подготовке объекта, организации рабочей зоны, выполнению операций основного цикла и т.д. согласно СП 78.13330.2012 и др.

Особенностью технологии производства работ является включение дополнительных операций по укладке ГМ* и устройству контактирующих слоев. Ввиду технологичности ГМ*, удобной формой их поставки и пр. укладка прослоек не оказывает существенного влияния и на общую организацию строительного потока, а длина захватки по укладке ГМ* не является определяющей. Тем не менее, желательно соблюдать кратность длины расчетной захватки длине материала в рулоне.

Перечень операций по устройству армирующих (разделяющих) прослоек из ГМ* независимо от области их применения: в несущих или дополнительных слоях дорожной одежды, в рабочем слое, в теле или основании земляного полотна, по сути, универсален и содержит:

- подготовку нижележащего основания;

- укладку и крепление ГМ*;

- отсыпку вышележащего слоя.

Указания по производству работ

Подготовка нижележащего основания. Перед укладкой ГМ* основание (земляного полотна или песчаного дренирующего слоя) должно быть надлежащим образом спрофилировано и уплотнено. При этом поверхности основания придается соответствующий двускатный поперечный профиль с уклоном 30 - 40 ‰ на земляном полотне или 20 ‰ в основаниях дорожной одежды, за исключением участков виражей. По мере готовности основания его принимают с оформлением акта на скрытые работы в соответствии с действующими нормативными документами.

*Укладку ГМ** ведут путем раскатки рулонов вдоль основания с низовой стороны по отношению к стоку воды с периодическим через 10-15 м выравниванием полотна и его натяжением вручную для устранения складок или волны. Полотна укладывают в направлении от бровок к оси земляного полотна с перекрытием полос по длине и ширине не менее 30 см. (рис. 9.8).

При отсыпке вышележащего слоя по способу «от себя» конец предыдущего по ходу укладки полотна располагают поверх последующего. То же самое правило соблюдают на участках уширения.

Как правило, крепление георешетки к нижележащему основанию не требуется и даже нежелательно, поскольку препятствует натяжению полотна при образовании «волны» в процессе отсыпки вышележащего слоя (рис.9.9).

Однако, в ряде случаев (в начале рулона, в местах отсыпки вышележащего слоя при уширении дорожной одежды, при сильных ветровых воздействиях), для сохранения проектного положения ГМ* краевые участки полотен георешетки дополнительно могут крепиться к основанию анкерами (скобами) в торцевой части и в зоне продольного нахлеста по схеме на рис. 9.10. Анкера устанавливают через 10-15 м на продольных сопряжениях ГМ* при новом строительстве и через 6 м при уширении со стороны края полотна, ближайшего к существующей дорожной одежде. В начале рулона и в местах их поперечного перекрытия устанавливают 3 анкера по ширине, в других случаях (при необходимости) – 2 анкера по ширине. Георешетка (геосетка) укладывается на ширину слоя основания с запасом не менее толщины слоя зернистого материала плюс 0,1 м в каждую сторону. Уложенную и закрепленную прослойку визуально проверяют на качество выполнения работ (разрывы или вырывы, нарушения сплошности ребер и узлов, перекосячек, наличие включений, загрязнений, наличие перегибов или их следов на ребрах, ровность кромок, величина перекрытия смежных полотен по ширине и длине, соответствие ГМ* сопроводительной документации. По результатам контроля составляется акт на скрытые работы.

Отсыпка вышележащего над ГМ* слоя производится с соблюдением следующих правил:

- все работы должны выполняться способом «от себя»;
- доставка материала осуществляется автомобилями-самосвалами с ездой по отсыпаемому слою. При этом минимальная толщина слоя засыпки для технологического проезда автотранспорта должна составлять не менее 15-20 см;
- разгрузка материала выполняется способом «с головы» по всей ширине слоя (рис.9.11);
- надвижка с последующим разравниванием материала производится бульдозером или автогрейдером не менее чем за три прохода по следу с применением челночной схемы движения механизма (рис.9.12);
- прослойка в течение смены должна быть обязательно перекрыта отсыпаемым материалом;
- проезд построечного транспорта по незащищенной поверхности прослойки категорически запрещен;
- расстояние безопасности вдоль строительного потока между техникой на отсыпке материала и звеном рабочих на укладке прослойки должно составлять не менее 20 м;

- при образовании волны следует выполнять повторное натяжение про-
слойки.



Рисунок 9.8 Укладка ГМ* на основание



Рисунок 9.9 Образование волны при засыпке прослойки

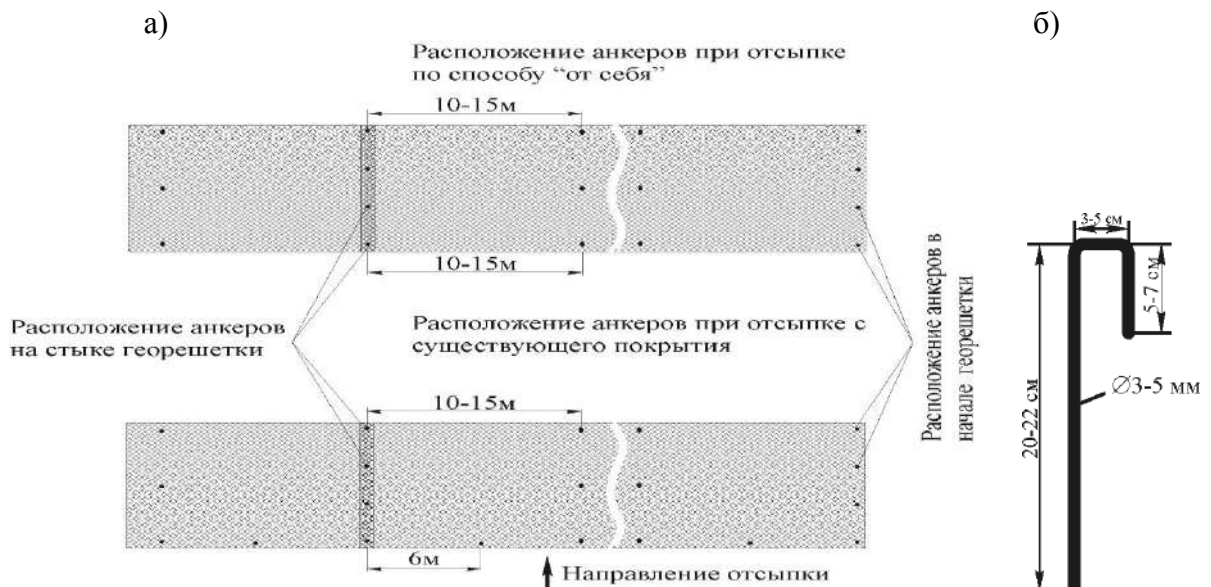


Рисунок 9.10 Установка анкеров при креплении ГМ* к основанию
а) схема размещения; б) конструкция анкера



Рисунок 9.11. Разгрузка материала на основание с геосеткой

а)



б)



Рисунок 9.12 Разравнивание материала на основании с прослойкой ГМ*

а) бульдозером; б) автогрейдером

9.3. Противозерозионная защита и армирование откосов с применением геосеток и геокомпозитов

Общие положения

При укреплении откосов геосетки и геокомпозиты (геоматы, биоматы) как правило, служат временным или постоянным элементом для защиты от

водно-ветровой эрозии, повышения местной устойчивости против размыва и выноса грунтовых частиц с его поверхности (эффект армирования и фильтрации).

Для выполнения данных функций геосетки как самостоятельный элемент используются достаточно редко. Более прогрессивным технологическим решением в настоящее время является его комбинация с другими типами укрепления: - биологическими, несущими, защитными или изолирующими, т.е. в виде геокомпозитов.

Геосетки с ячейками размером до 5 мм укладывают непосредственно на поверхность откоса под слой растительного грунта толщиной 10 - 15 см с посевом трав. При использовании геосеток в качестве временных элементов защиты откосов на период формирования травяного покрова, срок их службы составляет около 2-х лет. В сложных грунтовых-гидрологических условиях геосетки укладывают непосредственно на поверхность откоса под объемными георешетками.

Основные технологические процессы по устройству конструкций укрепления с применением геосеток и геокомпозитов (далее ГМ*) выполняют в соответствии с действующими нормативно-техническими документами с дополнением операциями по монтажу ГМ*, включая:

- нарезку анкерной траншеи (ровика) с верховой и низовой стороны откоса;
- транспортировку, распределение по участку рулонов ГМ*;
- раскладку и соединение (стыковку) полотен;
- закрепление полотна на обочине, поверхности и в основании откоса;
- отсыпку (при необходимости) материала вышележащего слоя.

Подготовительные работы

До начала укрепительных работ следует подготовить поверхность откоса путём её планировки и уплотнения с соблюдением общеизвестных правил, убрать крупные посторонние предметы, проверить соответствие геометрических параметров откоса рабочим чертежам, выполнить разбивочные работы (при необходимости). Угол заложения откоса должен быть не больше угла естественного откоса растительного грунта, отсыпаемого на ГМ*.

В непосредственной близости от участка производства работ устраивается рабочая площадка и площадка для складирования ГМ*. Материалы в рулонах или свёрнутом виде должны храниться на сухом грунте и быть защищены от прямого солнечного облучения. В случае если они завёрнуты в непроницаемую для ультрафиолета упаковку, защита от солнечного света не требуется (рис.9.13).

При хранении и подготовке ГМ* к укладке следует ограничивать время пребывания полимерных материалов от момента удаления с рулона защитного чехла до засыпки защитным слоем грунта. Данные по стойкости ГМ* к ультрафиолетовому излучению принимают либо по рекомендациям изготовителя, либо по техническим условиям на укладываемый материал.

Рулоны ГМ* транспортируют к месту монтажа непосредственно перед укладкой и распределяют по длине участка работ через расстояние, зависящее от длины материала в рулоне и длины укрепляемой поверхности откоса. В подготовку рулонов входит освобождение его от упаковки и, при необходимости, нарезка до нужных размеров.

Монтажные работы

Перед началом работ по монтажу геоматов (биоматов) требуется дополнительная досыпка на откос растительного грунта и его планировка. Отсыпка растительного грунта может выполняться как механизированным, так и ручным способом в зависимости от объемов выполняемых работ. Откос не должен включать комья грунта диаметром более 5 см. При наличии подобных включений комья разбивают граблями вручную. Толщина слоя растительного грунта должна составлять 5-10 см.

Установку армирующих и противозэрозийных прослоек начинают с устройства верховой и низовой анкерной траншеи при помощи автогрейдера или экскаватора с узким ковшом.



Рисунок 9.13 Складирование и хранение ГМ*



Рисунок 9.14. Заделка ГМ* в верховой анкерной траншее

Рытье верховой анкерной траншеи выполняют с целью закрепления ГМ* на обочине в случае, если проектом не предусмотрена его засыпка материалами укрепления обочин. Траншею треугольного сечения с заложением откосов 1:1.5 глубиной 0,4 м или трапециевидального сечения глубиной 0,3 м и шириной по низу 0,2 м с заложением откосов 1:1 для глинистых грунтов и 1:1.5 – для песчаных устраивают на расстоянии 0,5 – 1,0 м от бровки земляного полотна (рис.9.14).

Устройство низовой анкерной траншеи обязательно во всех случаях.

Укладку полотен геосетки выполняют путем продольной или поперечной раскатки рулонов по поверхности откоса (рис. 9.15).

Продольная раскатка рулонов технологически предпочтительна при пологих откосах с заложением 1:2 и более. Она выполняется вручную полосами, начиная с нижней части насыпи, с взаимным перекрытием не менее 0,15-0,2 м.

В

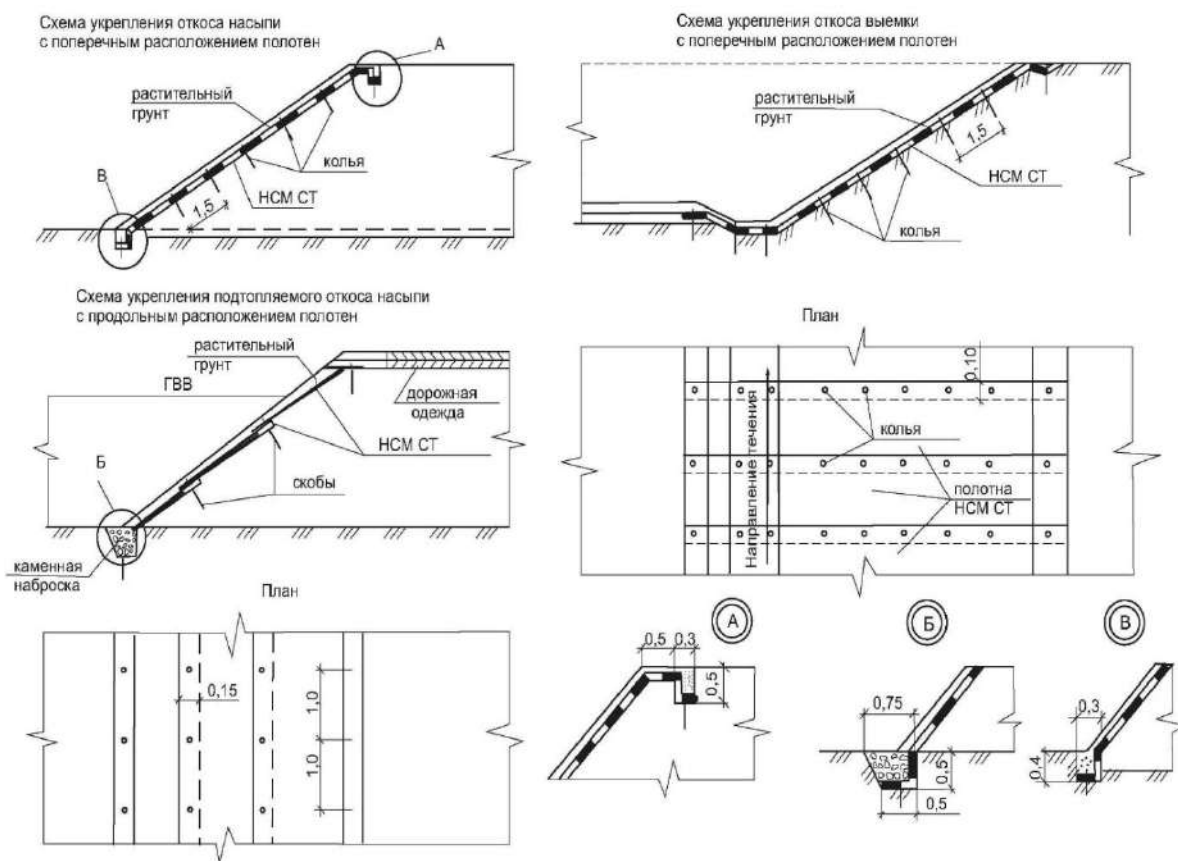


Рисунок 9.15 Схема монтажа геосеток (геотекстиля) на откосах
Узел А- крепление ГМ* в верховой анкерной траншее; Узел Б, В – то же в низовой анкерной траншее

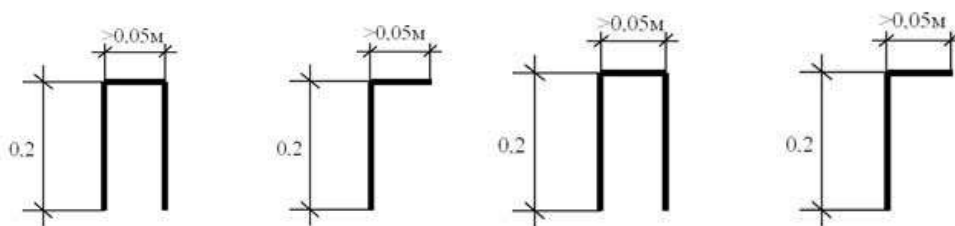


Рисунок 9.16 Металлические скобы для крепления геосеток и геокомпозитов

процессе раскатки периодически через 10 - 15 м полотна натягивают, выравнивают и прикрепляют к поверхности откоса анкерами или скобами П-образной или Г-образной формы, изготавливаемыми на месте производства работ из проволоки диаметром 3-5 мм в виде стержней длиной 15 –20 см с отогнутым верхним и заостренными нижними концами (рис.9.16).

Поперечная раскатка рулонов обеспечивает лучшие условия для закрепления прослойки на откосе. Данный вариант рекомендуется при укреплении откосов значительной высоты с крутизной 1:1,5 и менее. Анкеры и скобы устанавливают в 2 - 3 точках по ширине рулона через 5 - 6 м по его длине. Поперечную укладку выполняют от бровки насыпи после предварительной нарезки полотна на полосы необходимой длины. Край полотна закрепляют скобами к поверхности анкерной траншеи и постепенно опускают рулон к подошве насыпи. Полотна разравнивают с легким натяжением за нижний конец и закрепляют на откосе.

Перемещение рулона в нижнее положение с одновременной раскаткой можно выполнять вручную с помощью установленной в центр рулона трубки (стержня) на тросах или механизированным способом посредством траверсы, подвешенной к стреле экскаватора (рис.9.17). Дополнительно геосетку закрепляют анкерами у подошвы откоса. Верховую анкерную траншею заполняют песчано-гравийной смесью, щебнем, местным грунтом и уплотняют. Раскатку рулонов и укладку полотен выполняют вручную звеном из трех-четырех дорожных рабочих.

Укладка геоматов производится всегда сверху вниз с креплением его в верхней и нижней части скобами (рис.9.18). В анкерных канавах геоматы заанкериваются как минимум в трех точках по ширине рулона. На откосе анкера устанавливаются в шахматном порядке по 1-2 анкера на 1 м² в зависимости от угла заложения откоса (рис.9.19, 9.20). Геомат должен плотно прилегать к поверхности откоса без «выпучиваний». Раскатка полотен производится с некоторым их предварительным натяжением. Работы могут проводиться одним или двумя фронтами одновременно в правую и левую стороны.

При превышении поверхности откоса длины одного рулона нижележащий рулон укладывается под вышележащий с нахлестом 30 см.

Перед движкой растительного грунта на откос проверяют качество укладки геосетки путем визуального осмотра ее сплошности, величины перекрытия полос, качества стыковки полотен. По результатам проверки составляют акт на скрытые работы, где приводят результаты осмотра состояния ГМ*,

данные о поставщике и характеристики геосетки согласно паспорту. Засыпку геосеток ведут с обочины вручную, либо с помощью экскаватора планировщика, работающего с верхней или нижней стоянки (рис.9.21). Толщина отсыпаемого слоя в плотном теле должна быть не менее 10 см. Засыпка растительного грунта поверх геоматов производится с помощью экскаваторов, фронтальных погрузчиков снизу-вверх, разравнивание и уплотнение производится вручную с постепенным перемещением вдоль укрепляемого откоса. Толщина слоя растительного грунта поверх геоматов должна составлять 3-5 см.

Посев трав рекомендуется выполнять в начале вегетации как наиболее благоприятного периода для лучшей всхожести, приживаемости и развития растений с ориентировочным расходом семян около 40 г/м^2 поверхности. При засеве в другое время года необходимо вносить соответствующие коррективы в норму высева. Две трети семян засеивается на открытые геоматы или на поверхность склона перед укладкой и одна треть - после засыпки ГМ* растительным грунтом. По окончании посева, как правило, требуется полив укрепляемого откоса водой (рис. 9.22). Подбор состава и количества посадочного материала должен осуществляться с учетом местных климатических условий.





Рисунок 9.17 Поперечная раскатка рулонов ГМ* на откосе

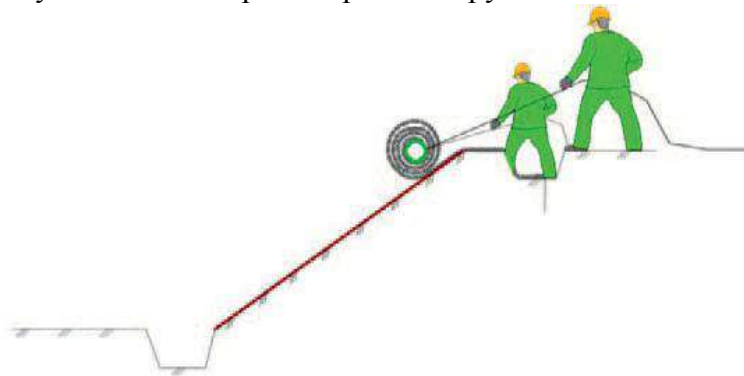


Рисунок 9.18. Раскатка геомата вручную при помощи троса

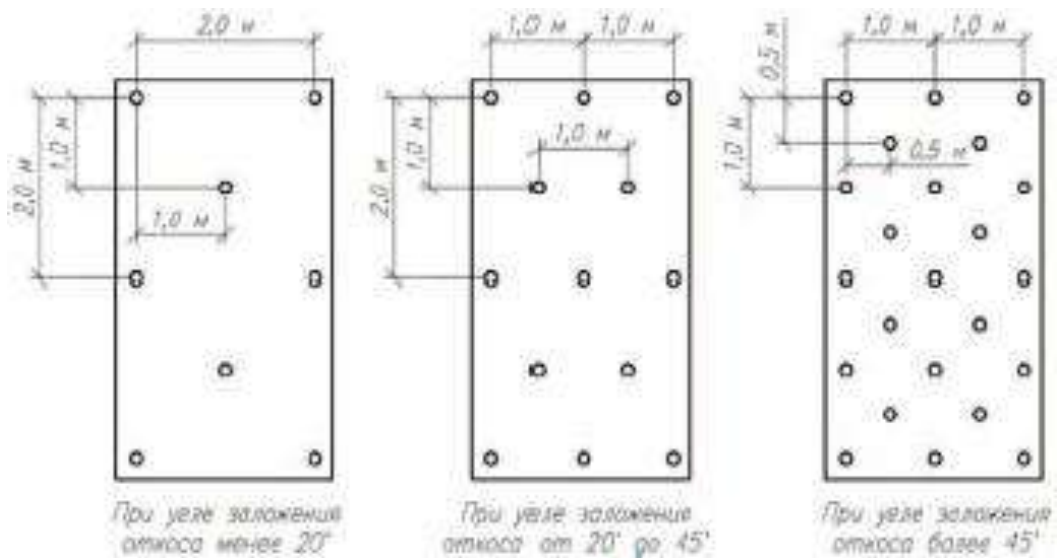


Рисунок 9.19 Схема крепления геомата в зависимости от крутизны откоса



Рисунок 9.20 Пример анкеровки геосетки на поверхности откоса



Рисунок 9.21 Надвижка растительного грунта на откосы с ГМ*

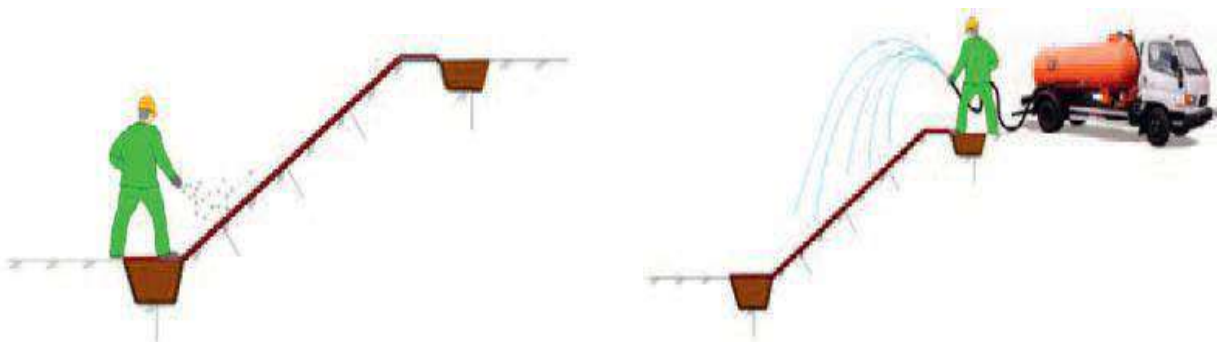


Рисунок 9.22 Посев семян и полив откоса водой

9.4. Армирование дорожных конструкций с применением геосотовых материалов (пространственных георешеток)

Общие положения

Пространственные георешетки (ГМ*) предназначены для объемного армирования минеральных материалов посредством образования композитного слоя на границе контакта зернистых сред с грунтом либо внутри самого грунтового массива. Композитный слой представляет собой конструкцию в виде гибкого компактного модуля (секции) из скрепленных между собой полимерных лент, образующих в растянутом состоянии трехмерную ячеистую структуру (соты) фиксированных геометрических размеров, заполненную минеральным материалом и заанкеренную к основанию. Подобная конструкция после уплотнения работает как гибкая плита с ограничением бокового перемещения дискретных частиц заполнителя и перераспределением вертикальных напряжений, создаваемых внешней нагрузкой, на большую площадь (рис. 9.23).



Рисунок 9.23 Схема передачи внешней нагрузки на георешетку

Повышенные прочностные и деформативные характеристики композитного слоя по отношению к динамическим и статическим нагрузкам, поверхностному размыву и пр. позволяют использовать ГМ* в качестве:

- укрепления подтопляемых, не подтопляемых откосов земляного полотна, элементов поверхностного водоотвода, конусов искусственных сооружений, откосов и склонов повышенной крутизны (подпорные стены);
- усиления конструктивных слоев дорожных одежд и земляного полотна (несущих оснований, дополнительных слоев оснований, покрытий переходного типа, рабочего слоя, тела и основания насыпей);
- усиления земляного полотна в сложных условиях (слабые грунты в основании насыпи, грунты повышенной влажности).

Общие принципы технологии устройства дорожных конструкций с применением пространственных георешеток:

- подготовка основания;

- укладка прослойки из геотекстиля;
- транспортировка и разгрузка модулей (секций) ГМ* на объекте;
- разбивка осей размещения краевых ячеек, раскладка, натяжение и закрепление модулей ГМ*;
- скрепление секций ГМ* между собой;
- заполнение ячеек ГМ* инертным материалом.

Подготовка основания

До начала укладки георешетки в дорожных одеждах и земляном полотне поверхность основания должна быть выровнена и уплотнена с проверкой соответствия степени уплотнения, геометрии участка и т.п. согласно проекту, выносом и закреплением разбивочных знаков. Для крепления концевых частей модуля на откосах доуплотняют грунт у подошвы основания земляного полотна, создают упоры (при необходимости), в приобочной зоне обочины выравнивают и уплотняют грунт, выкапывают ровик. При строительстве на слабых основаниях может потребоваться укладка технологического слоя для предварительной консолидации грунтов основания на время проведения работ. При необходимости устраивают временный водоотвод в виде дренажных канав по периметру участка.

Укладка прослойки из геотекстиля

Разделяющую прослойку из нетканого ГМ укладывают обычно с целью предотвращения взаимного перемешивания заполнителя геоячеек с материалом нижележащего основания. При наличии геотекстиля конструкция ограничения заполнителя становится трехсторонней.

Полотна между собой соединяют либо внахлест с механическим креплением, либо при помощи строчного (сварного) шва. Для предотвращения смещения и образования складок в полотне особенно во время сильных ветров перекрывающиеся части временно заанкеривают костылями, скобами или засыпают вдоль швов небольшим количеством грунта (рис.9.24).



Рисунок 9.24 Сварка стыков газовой горелкой и временное закрепление геотекстиля скобами

Транспортировка, погрузка и разгрузка изделий

Секции транспортируют на специальных поддонах (палетах) в соответствии с одним из трех стандартных методов (рис.9.25):

- сложенными втрое (наиболее распространенный способ);
- сложенными вдвое;
- в разложенном виде.

Погрузо-разгрузочные работы на месте укладки выполняют с помощью строп или вилочных механизмов (рис.9.26).

Синтетические стропы, продетые в виде петли под транспортируемые поддоны, обеспечивают безопасную и удобную разгрузку и перемещение секций. Номинальная грузоподъемность каждого стропа должна не менее чем в пять раз превышать общий вес отдельного поддона. Для разгрузки и перемещения поддонов на крупных объектах рекомендуется применять вилочные насадки для погрузки материалов, прикрепляемые к погрузчикам и кранам, или вилочные погрузчики, используемые на неровной местности.



Рисунок 9.25 Герешетки на палетах в транспортном положении

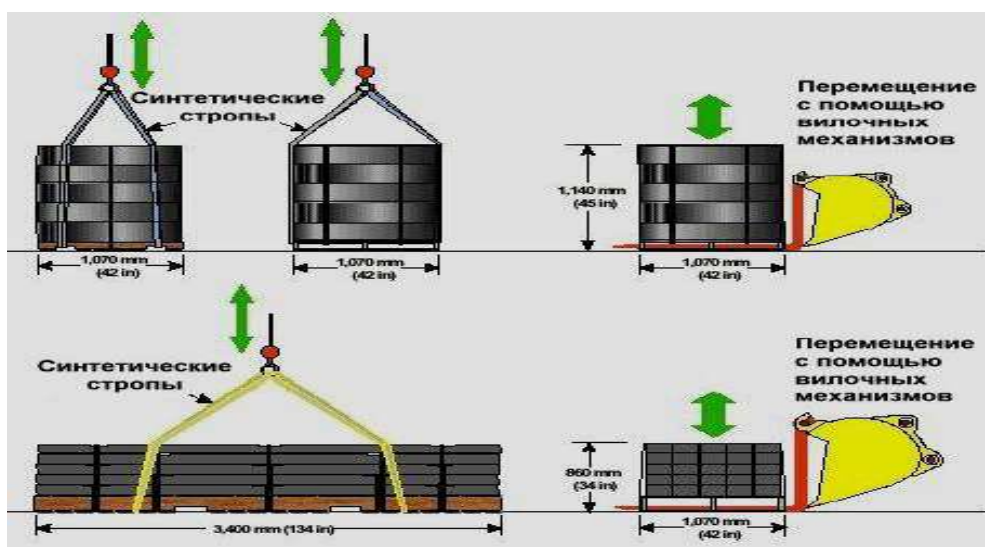


Рисунок 9.26 Погрузка – выгрузка секций ГМ* на месте работ

Разбивка осей крайних ячеек, раскладка, натяжение и закрепление модулей ГМ*

Перед установкой георешетки выполняют разметку границ укладываемых модулей с учетом их геометрических размеров направления их укладки с фиксацией углов секций. Предварительная разбивка линии размещения модулей включает установку вех или направляющих колышков, на которые надевают крайние ячейки (рис.9.27).

Данный метод позволяет обеспечить точное размещение каждой секции при минимальном количестве людей, необходимом для выполнения этой операции. Растяжение модуля ведут в направлении его длины: при укладке на откосе - от бровки к подошве откоса, при устройстве дорожной одежды – вдоль оси насыпи. При укреплении откосов перед натяжением ГМ* на границах разметки в начале и конце по ширине модуля забивают анкера с недозаглублением на 15-20 см, надевают на верхние анкера крайний ряд ячеек и окончательно забивают анкера. Растягивают модуль и надевают крайние ячейки в конце модуля на анкера, окончательно их забивая в откос (рис.9.28). Далее устанавливают анкера в крайние ячейки по длине модуля также с недозаглублением на 15-20 см. Устанавливают равномерно распределенные по площади анкера. По аналогичной технологии устанавливают смежный модуль, после чего окончательно забивают анкера на границе модулей, объединяя их смежные ячейки. Окончательное скрепление (омоноличивание) смежных модулей выполняют с помощью пневматического степлера в каждой ячейке в нескольких местах через 2,5 см по ее высоте. Дополнительно возможно крепление модулей с помощью тросов. При этом перед началом растяжения георешетки через отверстия в ее стенках протягивают полимерные тросы, после чего растягивают георешетку, крепят анкерами, а трос через 3-4 ячейки прижимают к основанию анкерами.

В случае укладки георешетки на горизонтальную поверхность выполняют разметку границ модулей, в продольном направлении (параллельно оси земляного полотна) устанавливают по одной стороне временные монтажные анкера.

Крайние ячейки георешетки надевают на анкера, растягивают георешетку и закрепляют на противоположной стороне временными монтажными анкерами. Соседние модули также предварительно скрепляют монтажными анкерами (установка анкеров в поперечном направлении), после чего выполняют окончательное скрепление скрепками при помощи степлера в каждой ячейке в нескольких местах по ее высоте примерно через 2,5 см.

Растяжение модулей можно производить несколькими способами:

- вручную;
- с помощью шаблонов;
- с помощью натяжных рам.

Натяжение модулей *вручную* выполняют бригадой рабочих всегда при закреплении переднем (верховом) конце модуля. На откосах большой длины используются страховочные тросы (рис.9.29). При поставке георешетки в рулонах требуется предварительная ее раскладка и нарезка на куски.

Технология монтажа и закрепления растянутых секций с применением деревянных шаблонов с V-образными надрезами, обеспечивает правильное размещение вех или анкеров (рис.9.30). Расстояние между надрезами варьируется в зависимости от типа секций, размера ячейки, а также от скрепляемых сторон. Различают *концевые* (рис.9.31) и *кромочные* шаблоны, предназначенные соответственно для закрепления концов и сторон растянутой секции. Укладку георешеток на участках кривых в плане рекомендуется выполнять за счет разного растяжения.



Рисунок 9.27 Предварительная разбивка линий размещения краевых ячеек модулей



Рисунок 9.28 Закрепление краевых ячеек по ширине и по длине модуля ГМ* анкерами



Рисунок 9.29 Натяжение и раскладка георешетки вручную

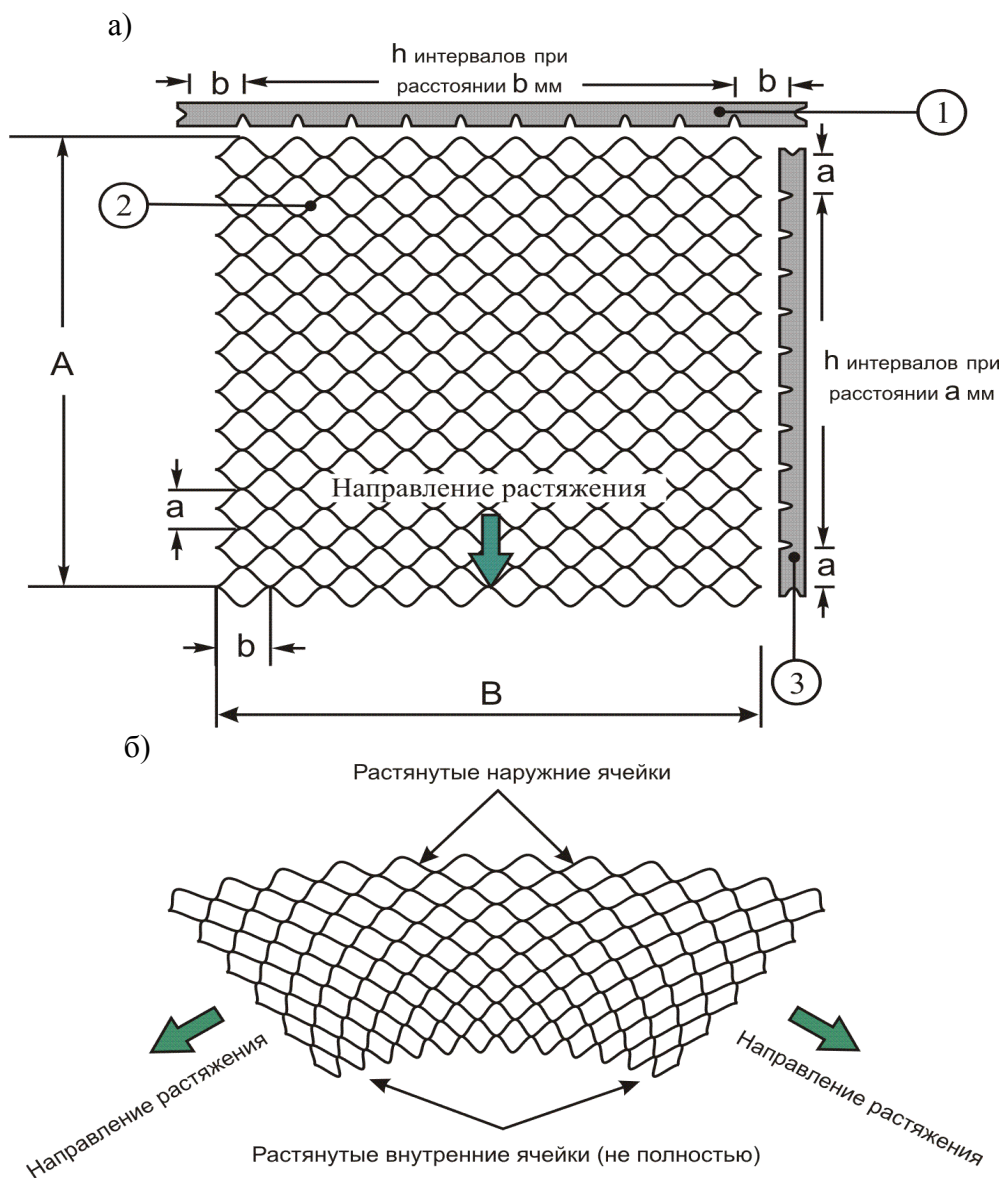


Рисунок 9.30 Разметочный шаблон

а) для установки анкеров; б) для укладки георешетки на кривых 1 – шаблон для разметки по ширине; 2 – георешетка; 3 – шаблон для разметки по длине (в направлении растяжения)

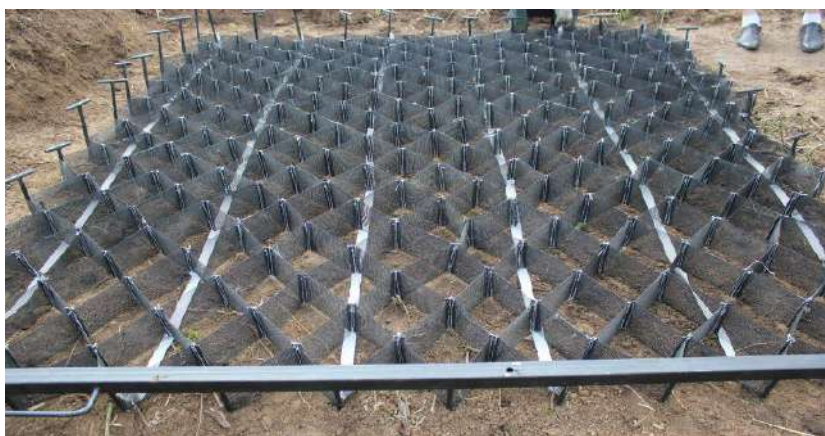


Рисунок 9.31 Закрепление секции ГМ* с помощью концевого металлического шаблона и монтажных анкеров

наружных и внутренних ячеек или использования специально нарезанных скошенных секций. Как криволинейные, так и конусообразные секции могут удерживаться в требуемом положении с помощью стоек или штырей. В качестве другого варианта могут быть рекомендованы широкозахватные траверсы с выступающими с одной стороны обоих концов штырями (шпонками) для поддержания наружных ячеек в растянутом положении до их заполнения.

Легкие *натяжные рамы* (рис.9.32) используют для сохранения отдельных секций в полностью растянутом виде до заполнения ячеек. Секции растягивают

вручную и их краевые ячейки надевают на стержни, размещенные по контуру рамы. Далее раму и прикрепленную к ней секцию переворачивают и устанавливают на место согласно проекту. Смежные стенки ячеек секций скрепляют скобами. Затем в ячейки укладывают наполнитель, и натяжную раму удаляют и перемещают по ходу растяжения следующей секции (рис.9.33). Для производства работ требуются как минимум две рамы.

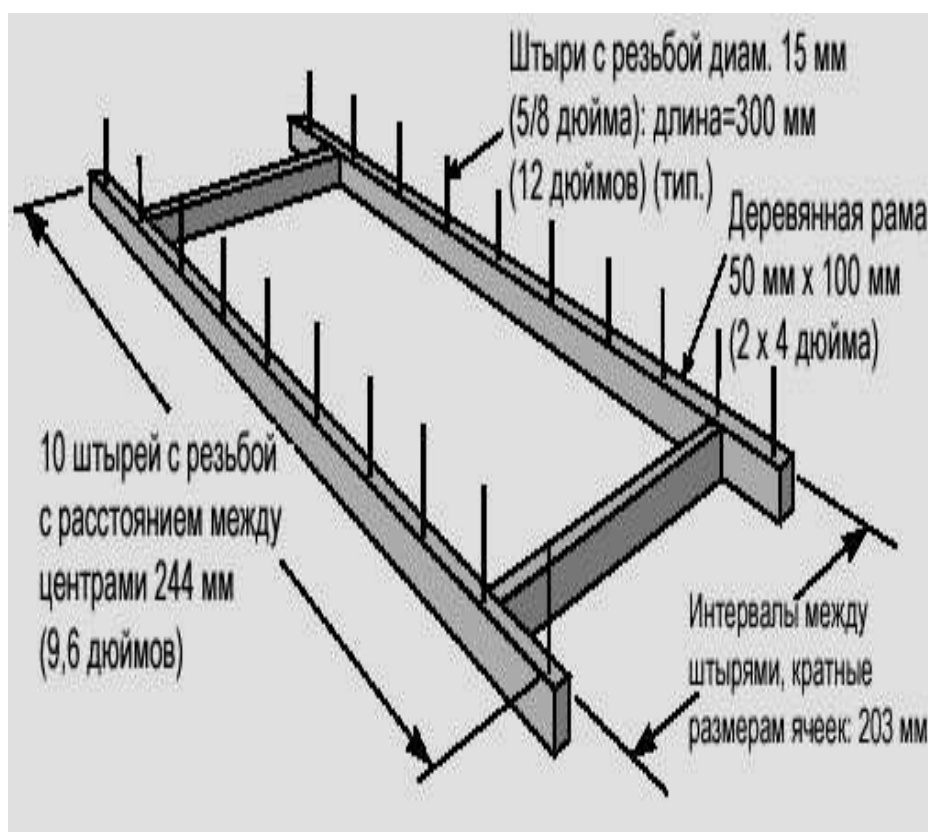


Рисунок 9.32 Конструкция натяжной рамы



Рисунок 9.33 Монтаж модулей георешетки с помощью натяжной рамы

При креплении георешетки к основанию используют анкера из металлической арматурной стали или специальные, в том числе пластиковые. Анкера делятся на *монтажные* (временные), т.е. необходимые для закрепления секции на период производства работ, и *несущие* (постоянные) - для противодействия сдвиговым деформациям в процессе эксплуатации. Рекомендуемое стандартное размещение и параметры анкеров представлены на рис.9.34 и в табл. 9.4. Краевые участки модулей закрепляются путем установки несущих (на откосах) или монтажных (в дорожных одеждах) анкеров в каждую ячейку. В местах продольных стыков модулей – монтажными анкерами через одну ячейку. По площади секций – несущими анкерами с шагом 1,0-1,2 м в шахматном порядке. После окончательного объединения смежных секций скрепками и засыпки заполнителем монтажные анкера удаляются.

Рекомендуемое размещение и параметры анкеров

Таблица 9.4

Размещение и параметры анкеров	Область применения георешеток		
	Укрепление неподтопленных откосов с заложением не круче 1:1,75 при высоте более 6 м	Укрепление подтопленных откосов (неподтопленных с заложением круче 1:1,75 при высоте более 6 м	Дорожные одежды
1 Установка анкеров: - в крайние ячейки начала и конца модуля по направлению растяжения - в крайние ячейки в противоположном направлении - в ячейки равномерно по площади модуля	в каждую ячейку через ячейку через 1,0-1,2 м	в каждую ячейку через ячейку (до уровня подтопления – в каждую ячейку) через 0,6-0,8 м	в каждую ячейку через одну-две ячейки -
2 Длина анкеров, м	0,60-0,65 (0,85-0,90 при h^* более 100 мм)	1,0-1,2	h^* плюс 0,3-0,4
3 Диаметр анкеров (металлическая арматура), мм	10-12	12-14	8-10
Примечание – h^* высота георешетки			

Для закрепления георешетки прежде всего на откосах могут быть использованы деревянные стойки, металлические анкеры, **J**-образные штыри, грунтовые и натяжные полимерные анкерные зажимы и т.д. Анкерный зажим представляет собой отлитый под давлением высокопрочный полиэтиленовый наконечник с двумя (одной) рукоятками, посаженный на металлическую стойку из прямого арматурного стержня (рис.9.35, 9.36). Рукоятку зажима можно закреплять либо на стенке ячейки, либо на тросе. При этом стойку с зажимом забивают внутрь ячейки со швом между двумя секциями образом, чтобы рукоятки находились поверх стенок каждой из ячеек соединяемых секций. Применение стойки с зажимом для соединения не отменяет необходимости сшивания секций, когда условия требуют применения более надежного метода скрепления. При использовании зажимов совместно с тросами обеспечивается анкерка на подошве или .

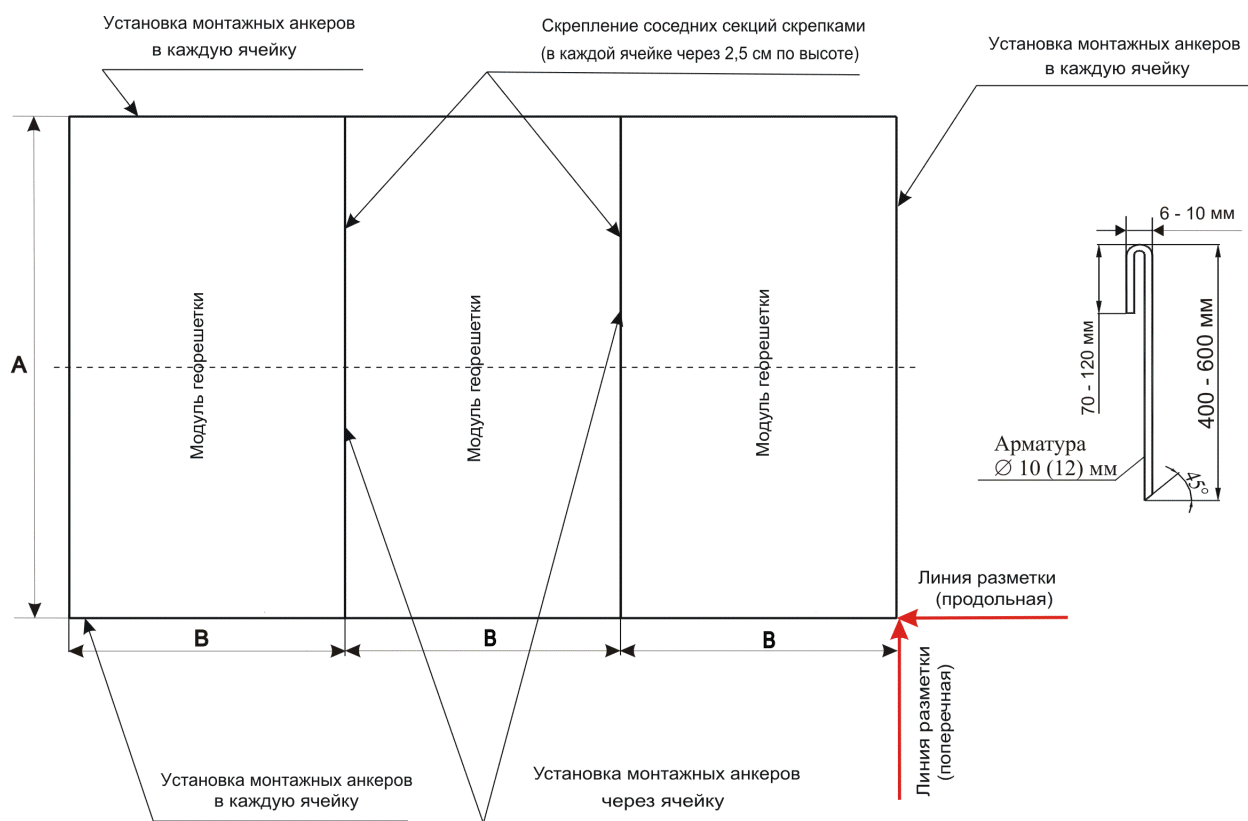
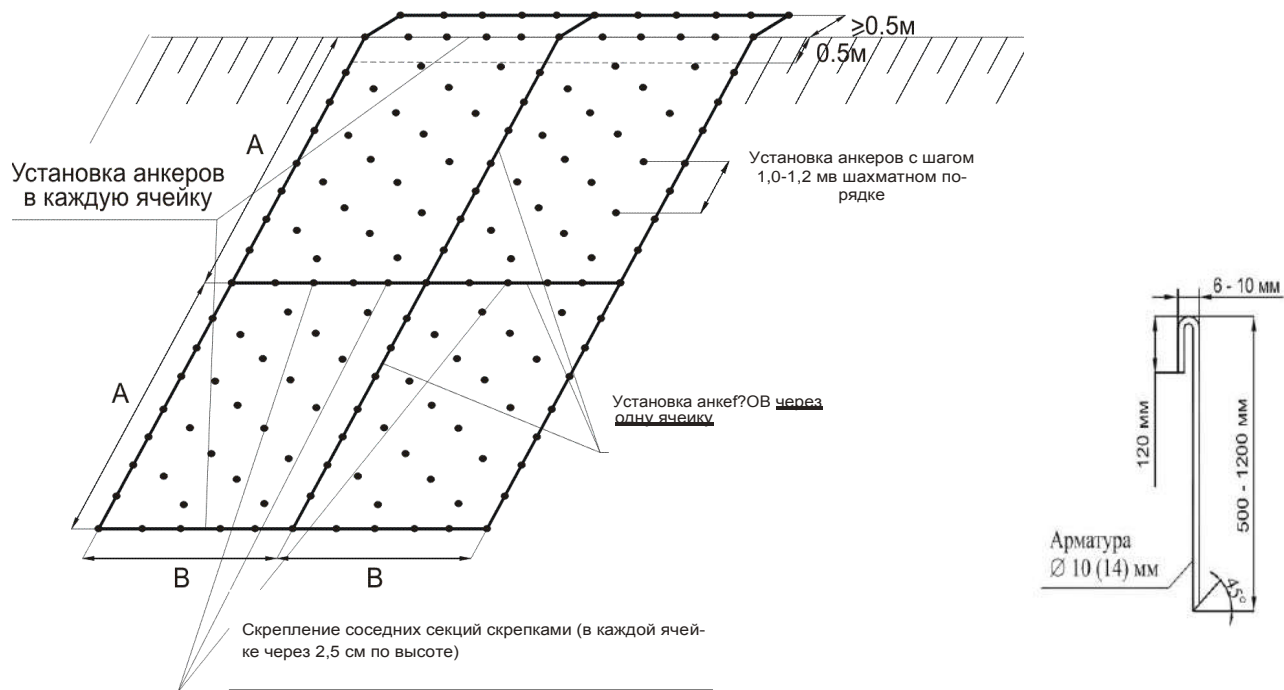


Рисунок 9.34 Типовая схема укладки и крепления георешетки
 а) при применении для укрепления откосов; б) в конструкции дорожной одежды
 В – ширина модуля, А – длина модуля в направлении растяжения

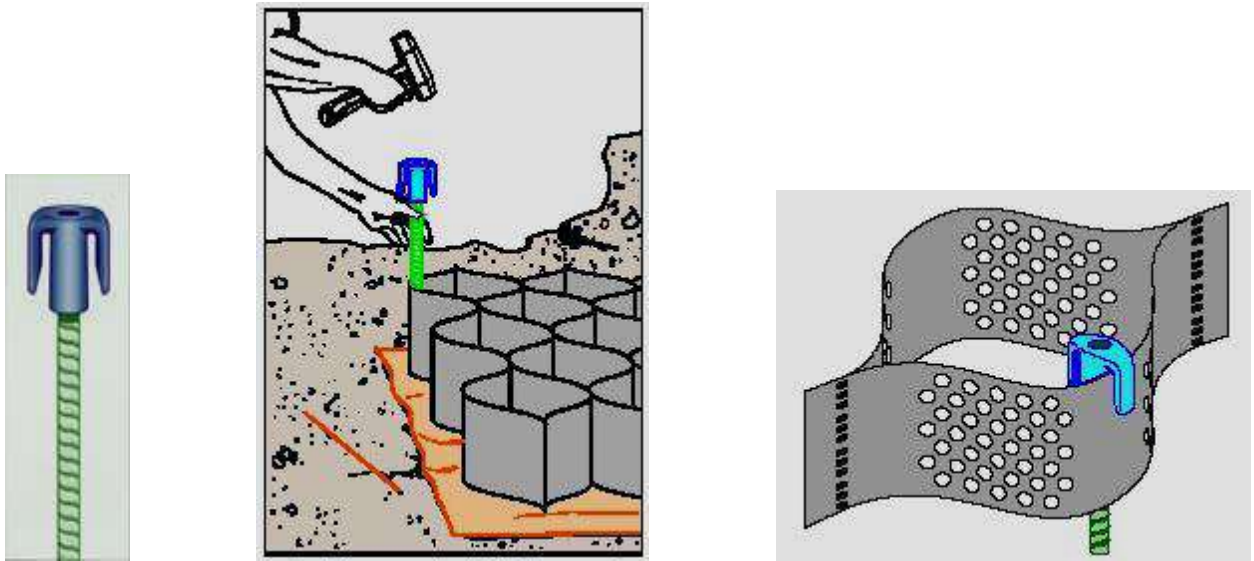


Рисунок 9.35 Схема крепления георешетки с помощью полимерного анкерного зажима



Рисунок 9.36 Примеры установки полимерных анкерных зажимов



Рисунок 9.37 Соединение смежных секций ГМ*



Рисунок 9.38 Заклепочный инструмент и хомуты для соединения секций ГМ*

бровке насыпи укрепляемого откоса. Изогнутые крючки *J*-образных штифтов должны также располагаться над стенками ячеек.

Для омоноличивания секций их скрепляют скрепками с помощью пневматических степлеров (рис.9.37), заклепок или гибких хомутов (рис.9.38). При необходимости скрепление секций по ширине может производиться до их растяжения.

Для дополнительной анкеровки секций георешетки к основанию в особо ответственных случаях могут применяться полимерные арматурные тросы. При этом тросы заранее нарезают на фрагменты (отрезки) определенной длины, вычисляемой по формуле:

$$L_{тр} = 1,15 * L_{отк} + 1 \quad , \text{ м} \quad (9.1)$$

где $L_{отк}$ - длина откоса, м.

Нарезанные отрезки троса протягивают через отверстия, предварительно просверленные в секциях до их растяжения (рис.9.39). Концы тросов завязывают узлом большего размера, чем отверстия в стенках ячеек. Для увеличения сопротивления протягиванию используют прокладку (рис.9.40а). Узлы должны обеспечивать возможность использования полной прочности троса и не допускать скольжения при его натяжении. По концам тросы прикрепляют к концевым анкерам (рис.9.40б). В некоторых случаях стойки с зажимами присоеди-

няют к тросам и забивают в грунт внутри ячейки, что обеспечивает дополнительную анкеровку и позволяет скрыть стойки из поля зрения (рис.9.40в).

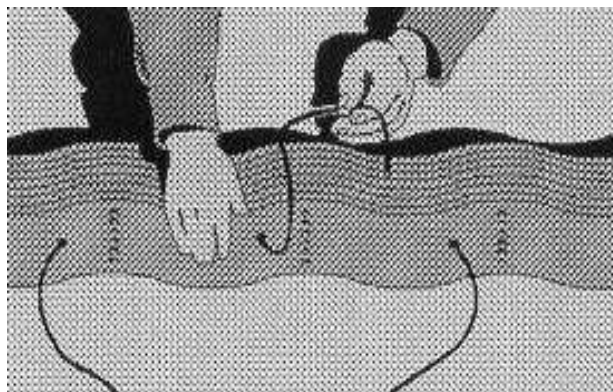


Рисунок 9.39 Протяжка тросов

Отверстия для тросов сверлят непосредственно на заводе в процессе изготовления секций. При необходимости в дополнительных отверстиях в поле используют ручную дрель, снабженную сверлом-коронкой с режущей кромкой диаметром 10 мм. Длина коронки должна быть достаточной для проникания ее через полную толщину сложенной секции.

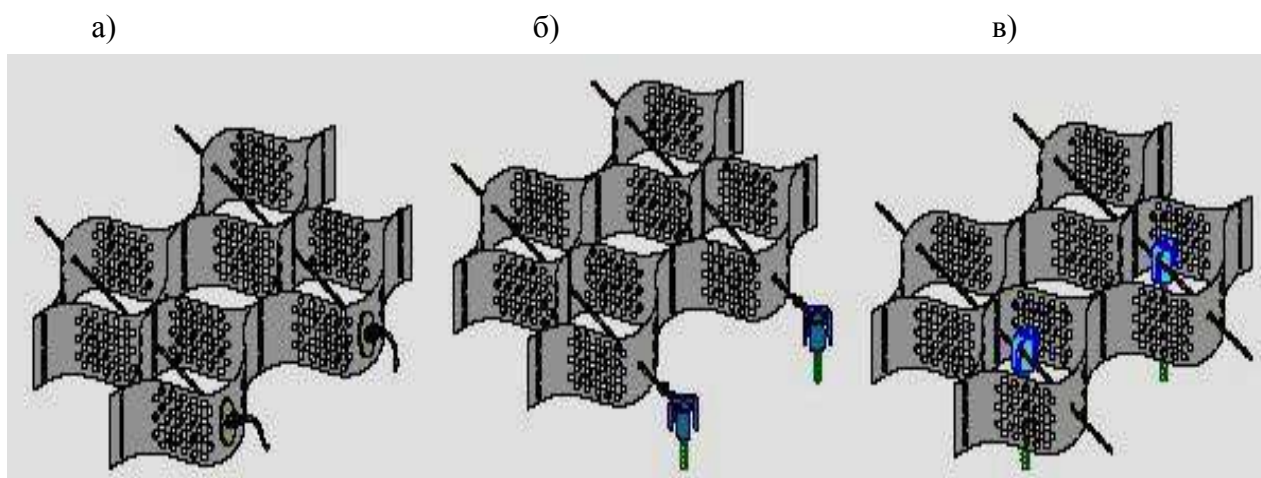


Рисунок 9.40 Крепление секций

а) через прокладку; б) с помощью концевых анкеров; в) внутри ячейки

Тросы поставляют на бобиных, легко переносимых в полевых условиях. При этом несколько бобин надевают на опорный вал длиной около 2,4 м и диаметром 25 мм. Концы вала устанавливают на деревянных подставках, которые позволяют бобинам свободно вращаться по мере того, как тросы отматываются, отмеряют и нарезают до требуемой длины (рис.9.41). Каждый отрезок троса должен иметь допуск на концевые петли и закрепляющие узлы. Тросы затем подаются через отверстия в секцию в сложенном виде и закрепляют. Подачу тросов через приемные отверстия в сложенных секциях можно упростить, используя:

- в качестве иглы кусок проволоки диаметром 2,5 мм с удлиненной петлей на одном конце; (рис.9.42а):

- короткую тонкостенную металлическую трубу, которая работает в качестве гладкой внешней направляющей для троса. (рис.9.42б).

В первом случае проволочное устройство вставляют в заранее просверленное отверстие, накидывают на него петлю троса и вытягивают вместе с тросом.

Во втором – в отверстие вставляют отрезок тонкостенной трубы, пропускают через него трос и удаляют трубу. Длина трубы должна быть больше, чем толщина сложенной секции.

Существует два стандартных метода концевой заделки тросов у внешнего конца секции (рис.9.43).

Метод А. Двухпетельный узел с упорной шайбой (обычно применяют при закреплении в подошве откоса). Метод В. Петля, завязанная узлом – это стандартный метод концевой заделки при соединении смежных секций или при закреплении троса на бровке откоса. Рекомендуется применять зажим на стойке или в качестве ограничивающего (препятствующего перемещению) устройства.

Метод прикрепления тросов к анкерам (стержням) включает применение мертвой петли Муэра (рис.9.44). Петля формируется следующим образом. Трос

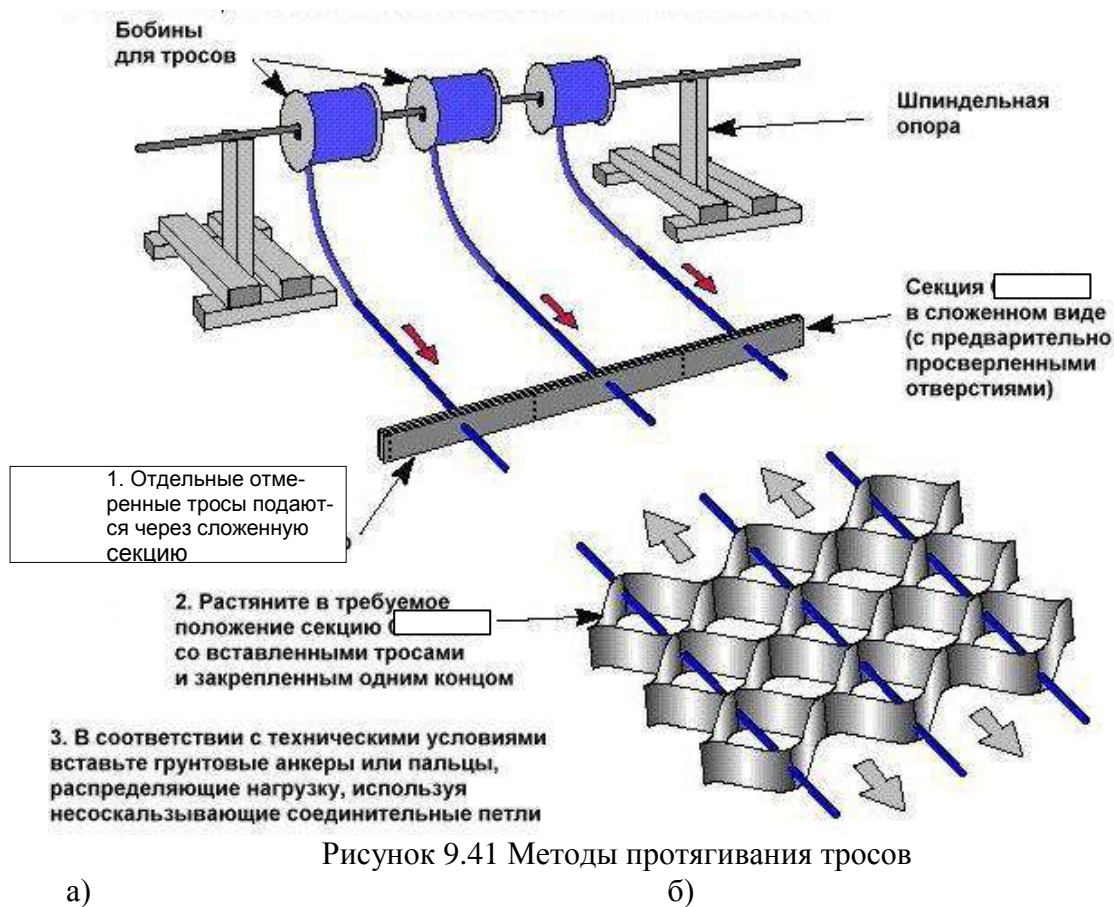


Рисунок 9.41 Методы протягивания тросов

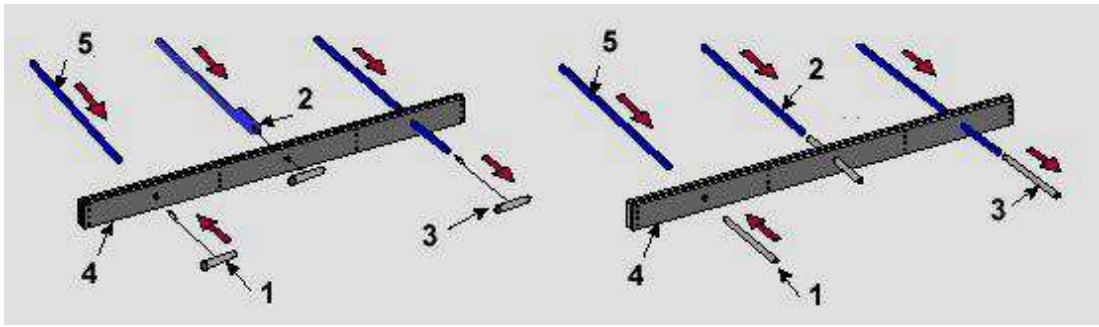


Рисунок 9.42 Методы установки тросов
 а) с использованием проволоки; б) металлической трубы; 1, 2, 3 – последовательность операций; 4 – георешетка в сложенном виде; 5 - трос

помещают под одну рукоятку зажима, протягивают сверху зажима и под его дру-помещают под одну рукоятку зажима, протягивают сверху зажима и под его другую рукоятку. Затем снова протягивают по верху зажима и пропускают под первую рукоятку. Анкер закрепляется, когда прилагается усилие. Закреп-лять анкеры следует в направлении от бровки откоса к подошве после того, как трос прикреплен на бровке к анкерной свае.

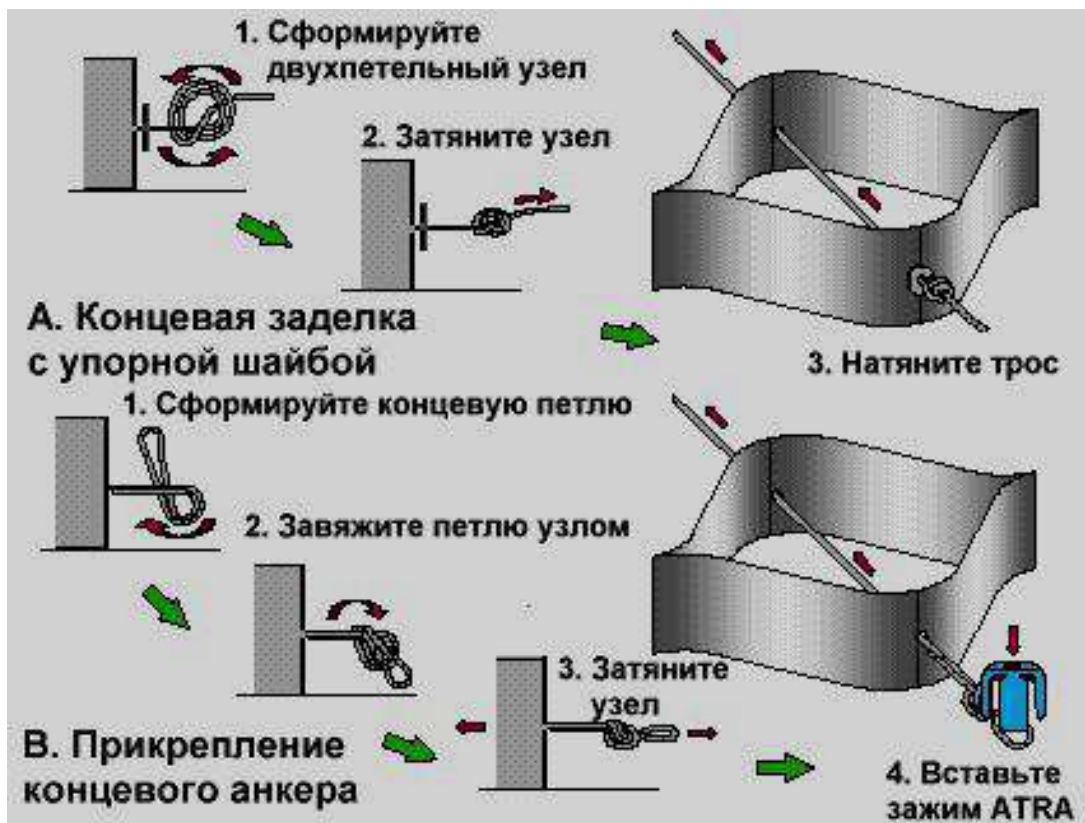


Рисунок 9.43 Концевая заделка тросов

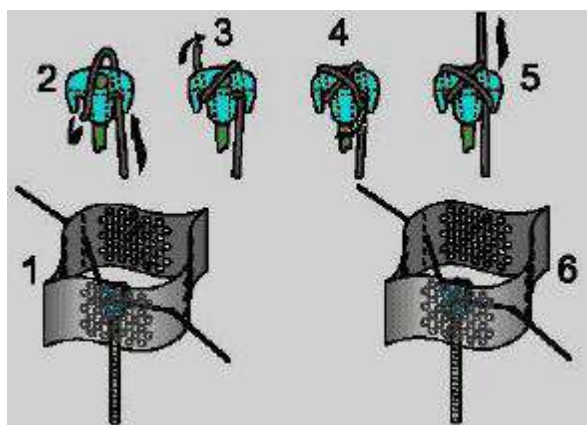


Рисунок 9.44. Несоскальзывающее соединение с помощью петли Муара



Рисунок 9.45 Анкерно-тросовая система армирования откоса георешетками

Применение промежуточных штифтов, передающих нагрузку через зажим, простой способ передачи (перераспределения) нагрузок, которые могут возникать в конструкции, закрепленной только на бровке. Этот метод используется, когда установке анкерных стержней препятствует наличие на укрепляемом откосе водонепроницаемой геомембраны. Зажимы вставляют через соединительные петли вдоль каждого троса с заранее установленными интервалами. Каждый зажим должен находиться в непосредственном контакте со стенкой ячейки сразу над петлей и быть размещен перпендикулярно оси водотока. Если трос не натянут, зажим и петля могут легко перемещаться внутри ячейки. В случае натяжения троса зажимы блокируются на месте. Поэтому вставлять и последовательно располагать зажимы необходимо только при отсутствии натяжения в тросе. Закрепление анкеров следует выполнять от бровки откоса к подошве после того, как трос прикреплен к анкерной системе на бровке (анкерной свае).

Все тросы располагаются в середине ячейки по глубине и могут быть использованы, когда устойчивость системы обеспечивается собственным весом

материала-заполнителя. Этот подход типичен для случаев, когда анкерные стержни установить невозможно. Примеры армирования откоса при помощи полимерных тросов представлены на рис.9.45.

Заполнение ячеек инертными материалами выполняют в два приема:

- на первом этапе крайние ячейки каждой секции заполняют вручную, после чего монтажные анкера могут быть удалены;

- на втором этапе остальные ячейки заполняют способом «от себя» с перемещением материала заполнителя на горизонтальных участках с помощью фронтального погрузчика, бульдозера, на откосах - экскаватором «обратная лопата», с грейферным ковшом и т.д.

При этом движение строительной техники по поверхности композитного слоя возможно после заполнения ячеек с избытком. Толщина этого слоя после уплотнения должна быть не менее 5 см при заполнении щебнем и 3 см при заполнении песком. Уплотнение заполнителя выполняют виброкатками или катками на пневмошинах (рис.9.46). При использовании в качестве заполнителя ячеек материала, укрепляемого неорганическим вяжущим, заполнение можно вести сухой смесью с последующим увлажнением.





Рисунок 9.46 Засыпка георешетки инертным заполнителем

Особенности армирования откосов повышенной крутизны (подпорных стен)

Подготовка и разбивка земляного полотна

При подготовке откоса земляного полотна для многослойных подпорных стен требуется тщательный контроль его высотных отметок и уплотнения с устройством песчаного основания (подушки) под фундамент конструкции. Слабые грунты в основании должны быть удалены и заменены на материал, отвечающий требованиям прочности. Подготовку основания под фундамент следует выполнять короткими захватками с устройством временного поверхностного водоотвода для исключения возможного обрушения вследствие подмыва обнаженной поверхности откоса. После завершения земляных работ производят продольную разбивку участка (вынос осей сооружения в натуру), устанавливая вехи с интервалом 3-6 м (см выше). В зависимости от геометрических параметров конструкции и фундамента главные разбивочные знаки смещают на безопасное расстояние снаружи от подошвы передней грани (фасада).

Особое внимание необходимо уделять устройству конструкций со ступенчатым основанием, т.е. с меняющимися высотными отметками по продольной оси стенки (рис. 9.47). Для этого до начала разбивочных работ следует рассчитать соответствующие поправки на продольный уклон основания, верти-

кальный скос передней грани стенки и возможное изменение ее горизонтального положения в плане при наличии кривых или углов поворота.

Защита и дренаж откоса

Для защиты места производства работ от инфильтрационного воздействия грунтовых и поверхностных вод в конструкциях подпорных стен устраивают застенный дренаж с использованием зернистых дренирующих материалов (песок, гравий, щебень и т. д.), помещенных в обойму из геотекстиля, и перфорированных дренажных труб. Вариант крепления прослойки из геотекстиля к поверхности откоса повышенной крутизны показан на рис.9.48. При укладке геотекстиля необходимо соблюдать нахлест между полотнами не менее 200 мм. Трубу для подземного дренажа рекомендуется укладывать с минимальным уклоном равным 1%. Выход воды в конце дренажной трубы не должен вызывать местной эрозии, которая может повлиять на общую устойчивость стенки.

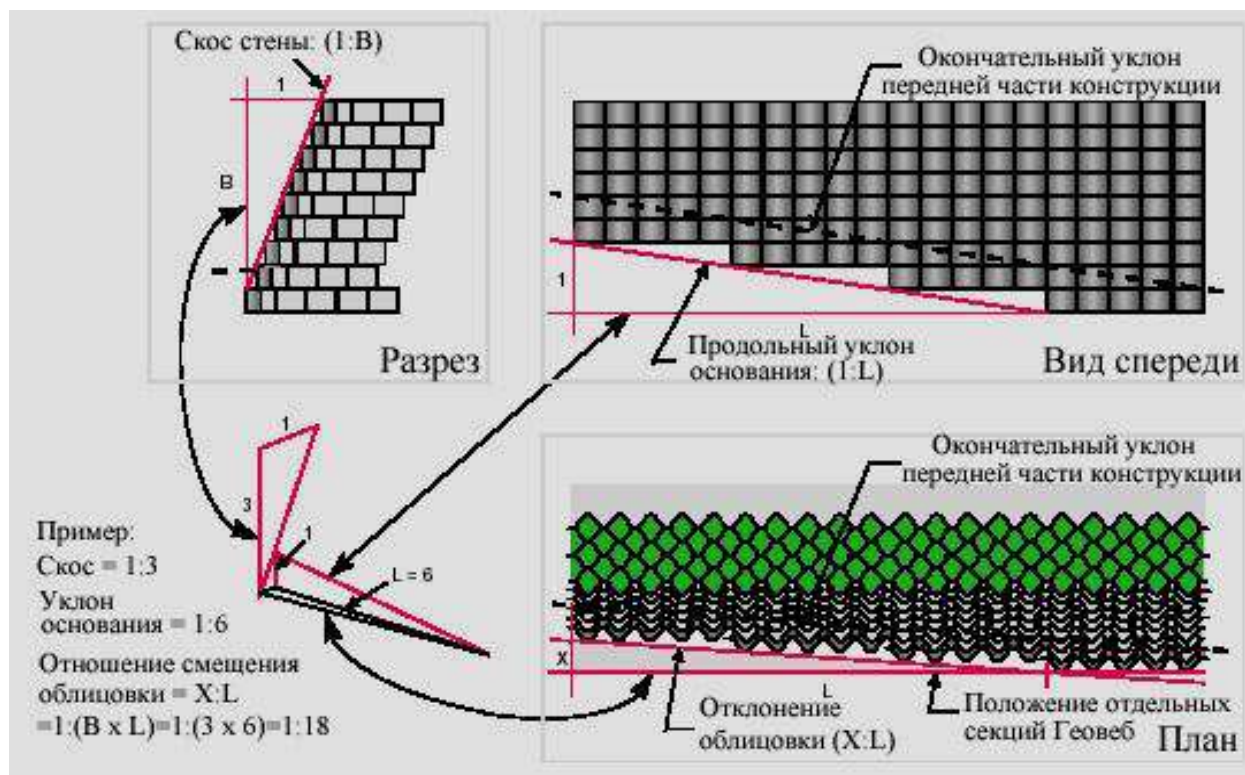


Рисунок 9.47 План конструкций со ступенчатым основанием

Укладка геосинтетической арматуры

В качестве элементов дополнительного армирования подпорных стен используют заранее нарезанные полотна тканого геотекстиля, геосетки или плоской георешетки, укладываемые между слоями геосотопого материала в соответствии с проектом. При этом арматура должна размещаться горизонтальными ровными слоями и без складок после укладки. Ее внешняя кромка должна находиться на расстоянии не менее 150 мм от передней поверхности стенки, а внутренняя – заделана в уплотненной зоне засыпки. Арматуру натягивают вручную, закрепляя анкерами (штифтами) ее заднюю кромку (рис.9.49).



Рисунок 9.48 Крепление геотекстиля к поверхности откоса повышенной крутизны



Рисунок 9.49 Установка дополнительной арматуры с применением плоских георешеток

Проход гусеничной техники в пределах армированной зоны до того, как по верх каждого слоя будет уложена засыпка толщиной не менее 150 мм запрещен. Построечная техника на резиновых шинах может передвигаться непосредственно о арматуре, избегая резких остановок и поворотов. Грунт за-

сыпки (за задней плоскостью стенки) укладывают поверх арматуры слоями толщиной 250 мм, начиная от секций в направлении задней части армированной зоны. При производстве земляных работ необходимо следить за положением арматуры, не допуская ее смещения. Отсыпанный грунт и материал-заполнитель ячеек уплотняют в соответствии с требованиями.

Укладка секций

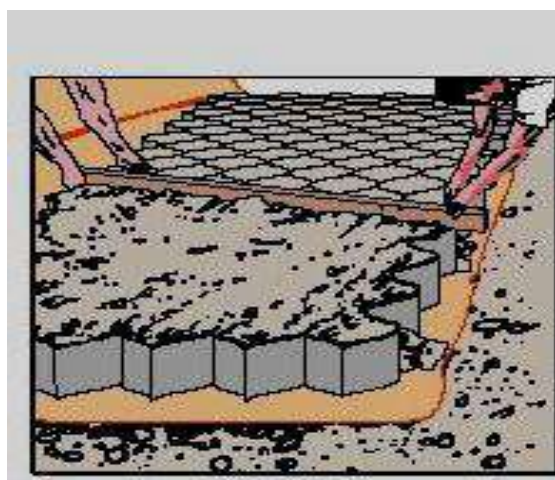
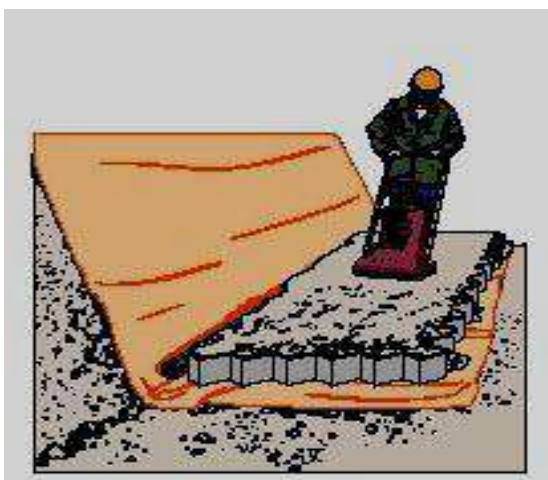
Секции растягивают и закрепляют в проектном положении одним из ранее перечисленных способов:

- при помощи анкеров, прямых стоек или **J**-образных штифтов;
- заполнением краевых ячеек;
- при помощи натяжной рамы

В процессе монтажа георешетки проверяют правильность стыковки и омоноличивания краевых ячеек модуля. Секцию для фундамента засыпают заполнителем с избытком и разравнивают не менее, чем на 50 мм выше стенок ячеек. При этом засыпку материалом ведут параллельно с укладкой дренажной системы. Заполнитель уплотняют в соответствии с общепринятыми требованиями. Поперечное смещение (выпор) стенок георешетки наружу свидетельствует о том, что уплотнение конструкции превышает требуемое. После уплотнения слоя излишки заполнителя удаляют, выравнивая его заподлицо с поверхностью ячеек. При размещении последующих слоев следует убедиться в том, что сохраняется требуемый отступ от красной линии для каждого слоя и расположение ячеек по одной линии. Этапы монтажа подпорной стенки показаны на рис.9.50.

В случаях, когда для ряда внешних ячеек необходимо использовать, например, растительный грунт, применяют следующие методы строительства:

- ряд внешних ячеек временно накрывают досками и убирают только после заполнения и уплотнения внутренних рядов;
- внешний ряд ячеек может быть сжат и скреплен одной скобой, а после окончания работ на внутренних ячейках наружные растягивают и заполняют растительным грунтом.



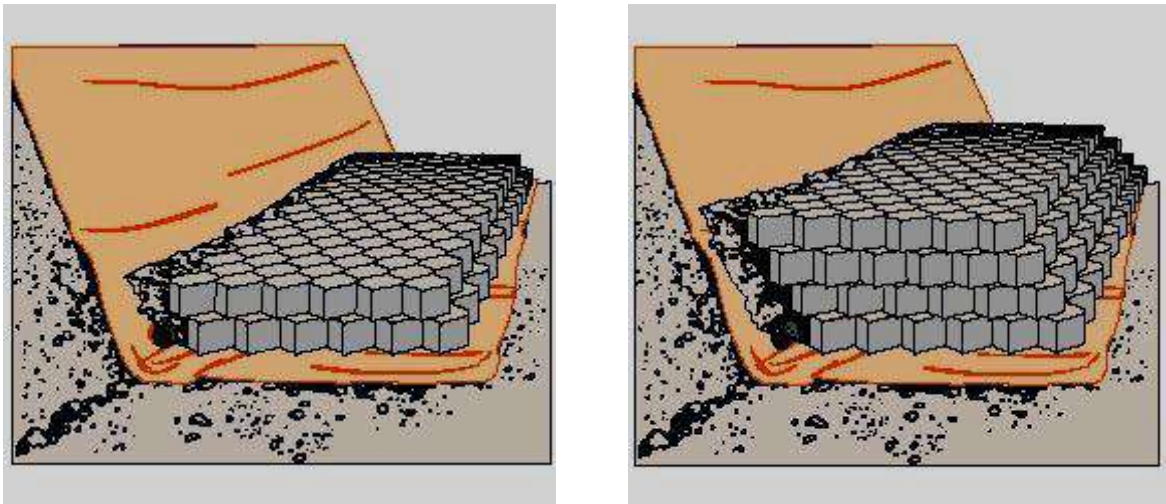


Рисунок 9.50 Технология монтажа подпорной стенки с применением георешетки

Внешний вид подпорной стенки с применением пространственных георешеток по окончании монтажа представлен на рис. 9.51.



Рисунок 9.51 Подпорные стены с применением геосотовых материалов по окончании работ

9.5. Гидроизоляция дорожных сооружений с применением геомембран

Общие положения

Геомембрана представляет собой рулонный полимерный пленочный материал с добавлением специальных веществ, что в комплексе позволяет прослойке ГМ обеспечивать блокировку фильтрации жидкостей, устойчивость к температурным воздействиям и ультрафиолета, к процессам разложения и окисления, а в ряде случаев к механическим повреждениям и прорастанию корневой системы растений.

Укладка ГММ служит эффективным средством гидроизоляции конструкций дорожных одежд, защиты фундаментов, резервуаров для хранения воды, нефтепродуктов, полигонов бытовых отходов и пр.

Монтаж геомембраны предполагает:

- подготовку поверхности основания;

- укладку прослойки ГМ;
- соединение швов (сварочные работы);
- тестирование качества сварных швов;
- укладку слоев грунта.

Доставка, разгрузка, хранение и подготовка поверхности основания

Транспортировка рулонов ГММ осуществляется в закрытых либо открытых контейнерах. Для погрузо-разгрузочных работ используются навесные широкозахватные траверсы или насадки с центральной трубой, устанавливаемые на любых видах грузоподъемных механизмов. Дефекты, полученные геомембраной в процессе разгрузки, строго фиксируются, а поврежденные рулоны подлежат обязательной сортировке (отделению от кондиционных материалов).

Рулоны следует хранить на гладкой и ровной поверхности без камней крупностью более 6 мм или строительного мусора с предохранением от воздействия грязи, пыли, проколов, порезов или других разрушающих факторов. В качестве подстилающего слоя можно использовать слой песка толщиной не менее 100 мм или геотекстиль с плотностью 800 г/м². Нельзя размещать рулоны один над другим по высоте более трех. При хранении на открытом воздухе необходимо тщательно укрывать их брезентом или аналогичным по свойствам материалом.

За подготовку поверхности строительной площадки под укладку ГММ несет ответственность генподрядная организация. Контроль процесса подготовки основания возлагается на заказчика. Грунт должен быть уплотнен в соответствии с требованиями проекта. Слабые, неустойчивые и подвижные участки грунта подлежат замене.

Результатом подготовки должна быть ровная поверхность, свободная от каких-либо инородных включений и органических материалов, острых предметов, строительного мусора, участков с наличием стоячей воды. Монтажник геомембраны должен ежедневно подтверждать качество подготовленной поверхности.

Укладка (размещение) геомембраны

До начала работ монтажная организация готовит план-схему размещения всех листов геомембраны. Данная схема разрабатывается на основании проекта и спецификаций к нему. В процессе укладки реальное расположение полотнищ ГММ может отличаться от первоначального, что является естественным результатом строительного процесса. Фактическое размещение фрагментов геомембраны отображается на исполнительной схеме с указанием взаимного расположения полотен относительно друг друга, их идентификационных номеров, участков заплаток и проведения тестирования.

Рекомендуемый температурный режим укладки ГММ от 5 до 40°С.

Учитывая габариты рулона, раскатку геомембраны рекомендуется проводить с помощью навесного оборудования (траверс) на стреле экскаватора, погрузчика и т.п. (рис.9.52).

Правила монтажа геомембран по рекомендациям Международной Ассоциации Монтажников Геосинтетики (IAGI).



Рисунок 9.52 Укладка геомембраны



Рисунок 9.53 Пригрузка геомембраны балластом

- Не допускается распаковывать и разворачивать рулоны ГММ при температуре ниже 0°C без дополнительного разрешения уполномоченного представителя заказчика и наличия специальных рекомендаций производителя. Количество одновременно развернутых полотнищ не должно превышать сменной производительности бригады по монтажу геомембраны с учетом закрепления и сварки стыков.

- Запрещено движение транспортных средств непосредственно по поверхности уложенной ГММ за исключением специального вездехода с минимальным давлением на основание или его эквивалента.

- Не разрешается хождение по поверхности геомембраны в обуви, способной нанести механические повреждения материалу.

- Для предотвращения перемещения ГММ под воздействием ветра или других факторов рекомендуется временное использование мешков с песком или других балластных приспособлений. При этом песок не должен высыпаться из мешков на поверхность геомембраны. Россыпь балласта в чистом виде по поверхности мембраны не желательна поскольку загрязняет поверхность шва и может вызвать снижение качества сварки.

- Монтажные работы не допускаются при влажности грунта, не позволяющей выполнение качественной подготовки основания, размещения полотнищ и их сварки.

- Поврежденные полотнища, непригодные к укладке должны быть помечены и удалены с рабочей площадки.

- Не допускается натяжение или провисание геомембраны над основанием. В таких местах необходимо добиться плотного прилегания ГММ к поверхности грунта.

- Следует убрать все складки на поверхности геомембраны, которые были вызваны её перемещением или температурным воздействием.

- По общим правилам, швы должны быть ориентированы параллельно линии максимального откоса. На углах или в местах с необычными геометрическими формами общая длина швов и их количество должно быть минимально. Следует избегать швов в нижних точках основания, если только геометрия данного участка не требует устройства шва именно в этом месте, а также если расположение этого шва было одобрено представителем заказчика;

- Перед соединением полотнища должны быть уложены внахлест. Специальная разметка (белые линии) вдоль края указывают необходимую ширину нахлеста.

- Нельзя оставлять полотнища геомембраны на ночь в развернутом виде и не сваренными между собой. В случае неблагоприятных погодных условий запрещается разворачивать ГММ и проводить сварные работы. К таким условиям относят: экстремальные температуры, высокую влажность, дождь и сильный ветер. Прораб и инспектор по качеству должны убедиться в том, что погодные условия подходят для устройства качественных швов.

- Поверхность геомембраны должна быть водонепроницаемой, однородной, без пор, гладкой (за исключением структурированной ГММ).

Геомембраны должны изготавливаться в заводских условиях со специальными защитными пластиковыми пленками вдоль краев, которые удаляются без остатка при монтаже. Для повышения надежности сварного шва после его устройства место сварки дополнительно может клеиваться полимерной пленкой.

Соединение швов

Швы должны располагаться вдоль откоса, а на горизонтальных участках с учетом направления стока воды и нахлеста полотен, избегая самопроизвольного затекания под стык. Соединения в швах перпендикулярных откосу должны быть расположены в пределах 1,5 м от основания откоса на ровной поверхности.

Избыточные складки в местах соединения швов устраняют. Для этого складки разрезают вдоль края, таким образом, чтобы получить плоский перехлест полотен. Надрез ограничивают при помощи сверления отверстия типа «замочная скважина» с номинальным диаметром выборки 10 мм. Место перехлеста заваривают с установкой овальной или круглой заплатки из того же материала, что и основная геомембрана (рис.9.54). Края заплатки должны выходить за пределы выреза не менее, чем на 150 мм во всех направлениях.



Рисунок 9.54 Установка заплаток

Сварочные работы

Все сварочные работы фиксируются в специальном журнале, содержащем следующую информацию: номер шва, дату и время сварки, имя сварщика, длину шва и ссылку на соответствующий образец шва (калибровку).

Запрещается проводить сварку при температуре воздуха ниже 0°C, а также при температуре полотна в момент производства работ выше 75°C без специального подтверждения исполнителем монтажа качества сварных работ одобрения Представителем Заказчика.

Допустимый уровень влажности для проведения сварочных работ – не более 83% для экструзионной сварки, и не более 90% для сварки горячим клином.

Сварка полотен должна осуществляться прежде всего с применением сварочного аппарата с горячим клином/воздухом в виде двойного шва (рис.9.55). Экструзионная сварка рекомендуется только при устройстве заплаток, ремонта геомембраны, а также сварки коротких швов (менее ширины рулона).

Сварка горячим воздухом/клином

При данном типе сварки используется металлический или комбинированный клин (металл+фен (горячий воздух)), нагреваемый до температуры плавления полимера (рис.9.56). Клин движется между перехлестом двух краев геомембраны, разогревая их до рабочей температуры. При этом температура нагрева самого клина может составлять от 300°C до 420 °C.

Непосредственно за клином располагаются два вала (ролика) для создания необходимого давления на нагретые участки смежных полотнищ. Перед началом сварки полотнища накладываются друг на друга с перекрытием около 150 мм и тщательной зачисткой краев. На сварочном аппарате настраивается и устанавливается необходимая температура сварки, скорость движения аппарата 1-2 м/мин, которая зависит от толщины материала, температуры поверхности и температуры окружающего воздуха. После настройки сварочной машины устраивают контрольные швы с их последующим тестированием на разрыв.



Рисунок 9.55 Двойной шов с воздушным каналом



Рисунок 9.56 Сварочный аппарат с клином

Экструзионная сварка

Сварочный пруток (рис.9.57) поставляется в герметично упакованных бобинах для недопущения попадания влаги вовнутрь. Вскрывать упаковку необходимо лишь перед непосредственным использованием прутка.

Экструзионная сварка заключается в подаче под постоянным давлением расплавленного сварочного прутка (из того же полиэтилена, что и геомембрана) в зону перекрытия смежных полотнищ ГММ. Пруток расплавляется внутри сварочного аппарата до состояния горячего экструдата и в таком виде выдавливается на разогретую поверхность двух смежных полотнищ (рис.9.58).

Перед началом сварки проверяется правильность размеров подобранной тефлоновой насадки (рис. 9.59, 9.60), фиксирующей контуры расплавленного экструдата.

После требуемой настройки температурных датчиков экструдер прогревают в течение 20 минут.

Настройка экструдера:

Температура горячего воздуха: 220-260 С (с правой стороны)

Температура экструдата: 220-250 С (с левой стороны)



Рисунок 9.57 Сварочный пруток

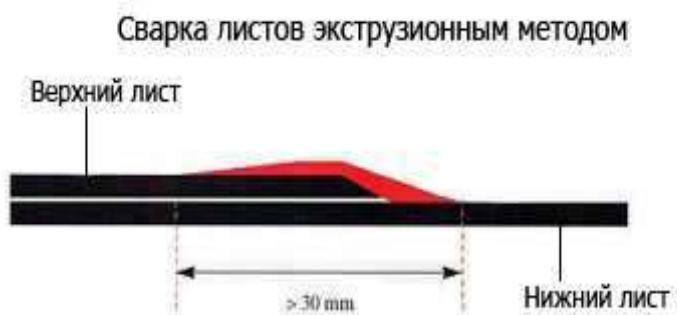


Рисунок 9.58 Стандартная ширина
экструзионного шва



Рисунок 9.59 Типичный экструдер



Рисунок 9.60 Тefлоновая насадка

Скорость сварки: 0,2-0,5 м/мин

Когда поверхность области шва готова к работе экструдер устанавливается таким образом, чтобы его сопло и насадка плотно прилегали ко шву. По ходу движения экструдера вперед необходимо постоянно следить за тем, чтобы вы-

ходная часть насадки располагалась по центру края верхнего полотнища и была максимально прижата к листу.

После настройки и разогрева экструдера, необходимо сделать контрольные швы на полосках геомембраны и затем испытать их согласно требованиям. Нельзя начинать сварочные работы до тех пор, пока испытательные швы не пройдут тестирование. В процессе сварки сварщик отвечает за скорость движения сварочного аппарата и его центровку.

Тестирование качества сварного шва

Перед проведением обратной засыпки уложенной и сваренной геомембраны, швы должны быть проверены неразрушающими методами по всей длине с оформлением соответствующей исполнительной документации.

Параметры, подвергающиеся детальной проверке:

- структура и однородность шва;
- выпуклости на переднем краю двойного шва и в районе экструзионного шва;
- центральное расположение и однородность краев экструзионных швов;
- надрезы и полости в сварной зоне;
- дефекты в виде не проваренных участков и складок.

Проверка осуществляется во время сварки. Все дефекты, выявленные во время тестирования, должны быть немедленно пронумерованы и обозначены сразу после их нахождения.

Внешний вид шва считается удовлетворительным при наличии видимых дефектов и несоответствий в виде:

- отдельных мелких неровностей, не уменьшающих надежности шва;
- локальных вздутий на швах размером, не превышающем толщины геомембраны;
- небольших надрезов и полостей в сварной зоне с плавной формой и погружением в структуру ГММ не более чем на 10% от её толщины.

Все швы и бесшовные области должны быть осмотрены инспектором на наличие дефектов, отверстий, пузырей и любых признаков загрязнений инородными веществами. Во время проведения проверки поверхность геомембраны должна быть очищена.

Каждый сомнительный участок шва и бесшовной области должен быть подвергнут неразрушающему испытанию в присутствии инспектора. Если участок не проходит испытание, то он соответственно помечается и проводятся восстановительные работы.

Устранение дефектов

- Дефектные швы должны быть вырезаны или замещены другими.
- Заплатки закрепляются при помощи экструзионной сварки. Область сварки должна быть зачищена не ранее чем за 10 минут до начала работ. При шлифовке допускается снятие не более 10 % толщины покрытия. Сварка начинается в том месте, где зачистка уже была проведена с захватом области пре-

дыдущего шва, которую можно не зачищать. Проводится шлифовка основного шва и заново переваривается.

Укладка защитного слоя грунта

Подрядная организация, осуществляющая земляные работы, укладывает защитный слой грунта поверх геомембраны, сразу же после сдачи-приемки качества устройства изоляции. При этом поверх ГММ может быть уложена прослойка из геотекстиля (если предусмотрено проектом).

Необходимо проявлять особую осторожность при укладке защитного слоя. Грунтовые частицы должны иметь соответствующую форму и размеры, чтобы не повредить ГММ. Фирма, проводящая земляные работы, обязана сначала провести пробные испытания, отражающие все стадии своей технологии. Для работы следует использовать только разрешенную технику, не нарушая структуры геомембраны. Монтажники за повреждения ГММ в процессе ее засыпки ответственности не несут.

Укладку грунта необходимо проводить в холодное время суток, чтобы предотвратить появление складок на поверхности геомембраны. Следует уделять особое внимание краям ГММ, чтобы они не завернулись во время засыпки грунтом.

9.6. Дренаж дорожных конструкций с применением геотекстиля и геокомпозитов (геодрен)

Общие положения

Использование в дренажных системах прослоек из геотекстиля (ГПТ) или композитов на их основе (ГПТ*) позволяет обеспечить выполнение одной или одновременно нескольких функций:

- дренирования (осушения) дорожных конструкций за счет высокой водопроницаемости в направлении плоскости полотна;
- защиты дренажной конструкции от заиливания частицами контактирующего грунта за счет фильтрующей способности геотекстиля;
- разделения разнородных по крупности зернистых материалов с предотвращением их взаимного перемешивания за счет сопротивляемости ГМ местным повреждениям.

Область применения ГПТ и ГПТ* в дренажных сооружениях автомобильных дорог:

- плоскостной дренаж дорожной одежды и откосов земляного полотна;
- траншейный дренаж глубокого или мелкого заложения;
- в укреплениях водоотводных канав (кюветов), русл водопропускных труб.

Современная дренажная система дорожной одежды (рис.9.61) представляет собой комбинированный *плоскостной горизонтальный дренаж мелкого заложения*, состоящий из дренирующего слоя с прослойками ГПТ (ГПТ*) в сочетании с трубчатыми дренами или без них, т.е. с выпуском полотнищ на отко-

сы. При соответствующем технико-экономическом обосновании допускается применять прослойки ГПТ-НТ с толщиной $\delta \geq 4$ мм и коэффициентом фильтрации $K_{фz} \geq 50$ м/сут без устройства песчаного дренирующего слоя.

Поперечный дренаж мелкого заложения предусматривают для дополнительного перехвата движущейся в дренирующем слое вдоль оси дороги воды на участках с продольным уклоном свыше 20 ‰, а также в местах вогнутых вертикальных кривых (рис.9.62, рис. 9.63).

Плоскостной наклонный дренаж устраивают при наличии на откосах выемок (котлованов) выклинивающихся водоносных горизонтов (рис.9.64) с целью перехвата и сброса воды в дренажный коллектор. В данном случае прослойка из ГПТ или ГПТ* функционально работает по аналогии с горизонтальным дренажом мелкого заложения и применяется в сочетании с верхним замыкающим слоем из растительного или дренирующего грунта толщиной 10 - 30 см

В траншейных дренажах (рис.9.65) ГПТ-НТ как правило применяют в качестве фильтров, что повышает работоспособность и срок службы дренажа в сравнении с традиционными фильтровыми обсыпками из минеральных материалов.

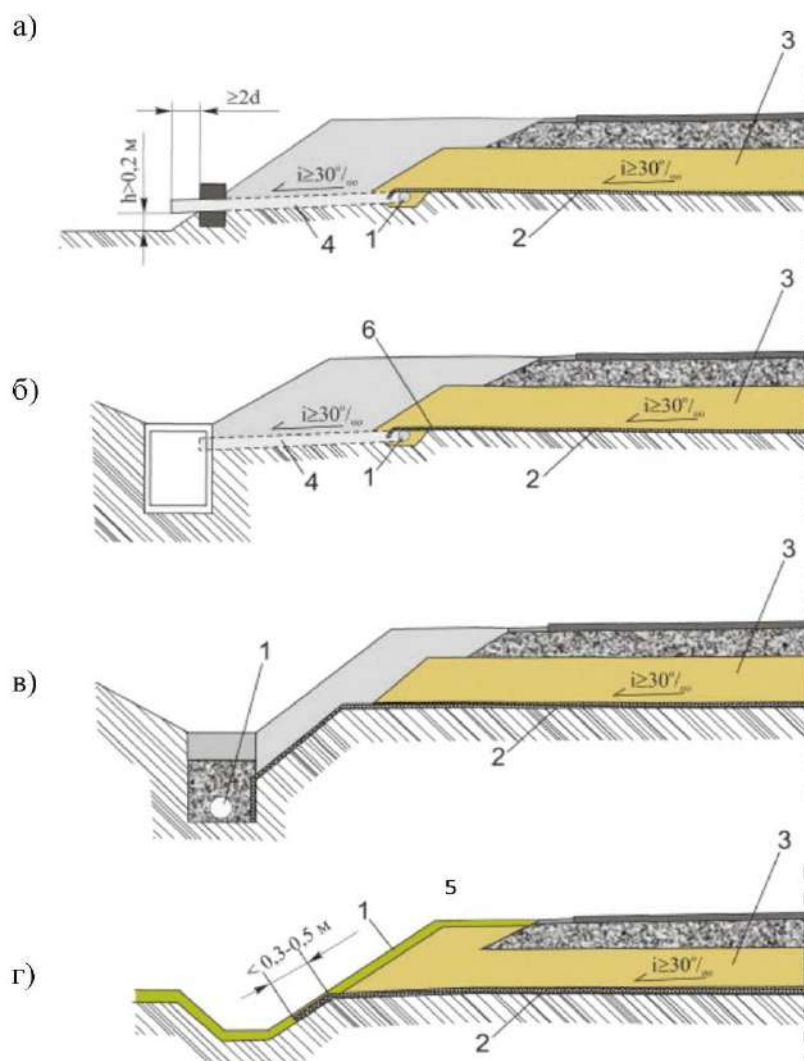


Рис. 9.61 Варианты комбинированного горизонтального плоскостного дренажа с применением ГПТ

а) –прикромочный (прибровочный) трубчатый дренаж с поперечными выпусками на откосы; б) – то же с выпусками в подкюветный дренаж («французскую дренаж»); в) – беструбный дренаж со сбросом воды в подкюветный траншейный дренаж; ,г) – то же со сбросом воды на откосы

1 – продольная дренажная труба; 2 - геотекстиль; 3 - песчаный дренирующий или технологический (защитный) слой с $K_{\phi} > 0,5 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \text{ сутки})$; 4 - труба поперечного выпуска; 5 - растительных слой; 6 – дренажный геокompозит (геодрена)

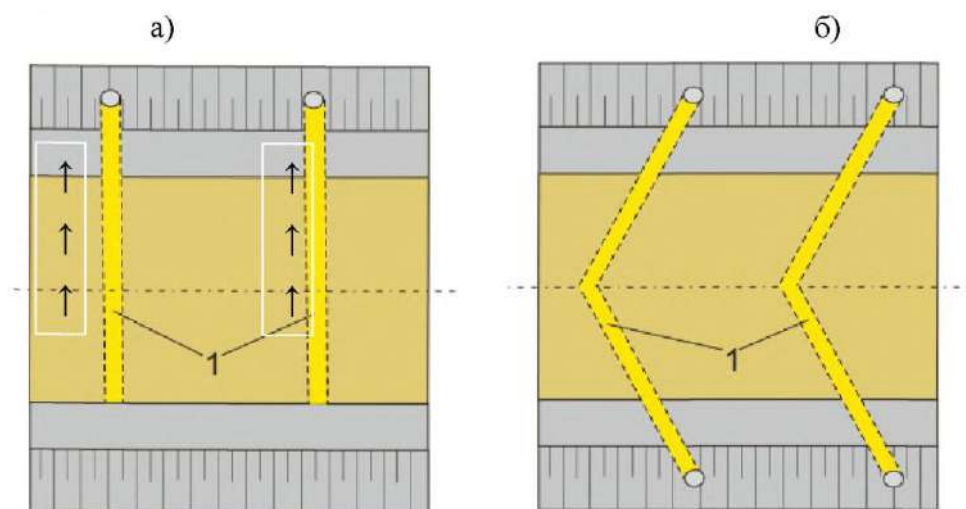


Рисунок 9.62 План-схема размещения поперечных дренажных прорезей

а) –при односкатном поперечном профиле на виражах; б) – то же, при двускатном поперечном профиле проезжей части; 1 – поперечная дренажная прорезь (стрелки-направление стока воды)

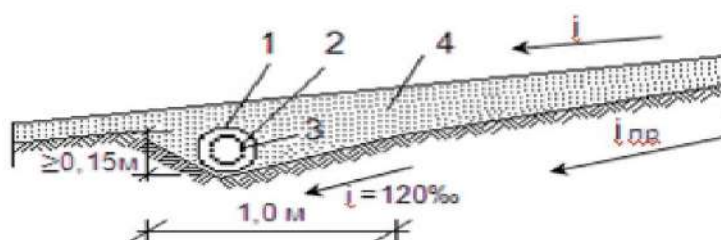


Рисунок 9.63 Поперечная дренажная прорезь в разрезе
1-фильтр из геотекстиля; 2,3 - трубчатая дрена с перфорацией;
4 – песчаный дренирующий слой

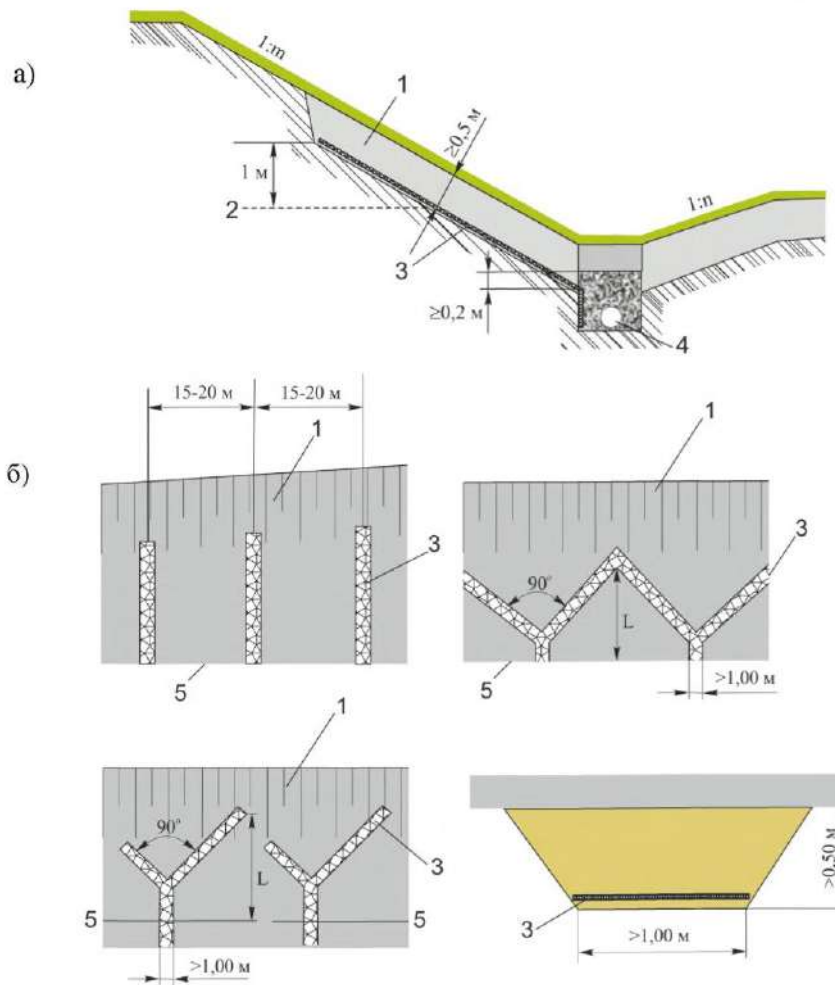


Рис. 9.64 Примеры конструкций откосного дренажа
 а – откосный дренаж с применением геотекстиля (геодрены);
 б, в, г – схемы расположения геодрен; 1 – откос выемки;
 2 – граница переувлажненных грунтов; 3 – геодрена; 4 – продольный
 трубчатый дренаж; 5 – подошва откоса выемки; L – длина пути фильтра-
 ции

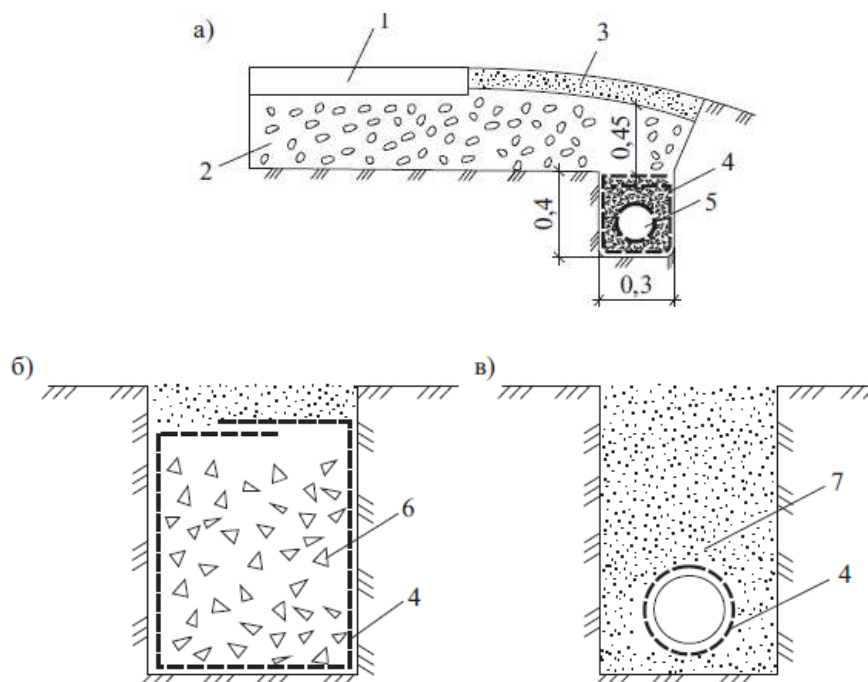


Рис. 9.65. Схемы расположения геотекстильных фильтров в траншейных дренажах
а – прикромочный дренаж; б – «французская дрена»; в – трубчатая дрена;
1 – покрытие; 2 – основание из крупнопористого материала; 3 – обочина;
4 – геотекстиль; 5 – перфорированная труба; 6 – щебень; 7 – грунт

Введение в слои дорожной одежды прослоек из геосинтетических материалов не вносит существенных изменений в традиционную технологию производства работ. Определенные особенности связаны лишь с устройством слоев, непосредственно контактирующих с прослойкой и введением дополнительной операции по укладке ГПТ, которая обычно не сдерживает строительный поток. Расчетная длина захватки принимается кратной длине материала в рулоне.

Производительность бригады по укладке ГМ характеризуется следующими параметрами: скорость раскатывания в зависимости от ширины полотна в рулоне составляет 1500 - 2000 м²/ч (ширина 1,5 - 2,0 м), до 10000 м²/смену (ширина 4,5 м, продольная укладка), потери времени на выравнивание и анкерровку полотен составляют в среднем от 0,18 до 0,20 ч на один рулон при его длине 80 - 100 м.

Особенности технологии производства работ при применении ГМ в плоскостном горизонтальном дренаже

Процесс устройства прослоек из ГПТ в плоскостных горизонтальных дренажах включают в себя:

- подготовку грунтового основания;
- укладку и крепление полотна;
- отсыпку вышележащего слоя.

Остальные операции выполняют по типовым технологиям в соответствии с положениями СП 78.13330 и других нормативных документов.

Грунтовое основание (поверхность земляного полотна) перед укладкой ГПТ должно быть надлежащим образом уплотнено и спрофилировано. Особое внимание следует обращать на создание двускатного поперечного профиля с уклоном 30 - 40 ‰.

Рулоны ГПТ транспортируют к месту производства работ непосредственно перед укладкой и равномерно распределяют по фронту через расстояния, соответствующие длине полотна в рулоне. При затрудненном доступе к строительной площадке предусматривают меры по строительству временных подъездных путей для организации движения построечного транспорта. Хранение и подготовка ГПТ к укладке осуществляется на рабочих площадках складирования.

Укладку геотекстильных материалов выполняют путем раскатки рулонов вдоль или поперек земляного полотна, начиная с низовой (по отношению к стоку воды) стороны. Отдельные полотна укладывают с перекрытием их краев на 0,2 м, начиная от бровок земляного полотна к оси. Одновременно с укладкой краевые участки полотен в торцевой части и в местах нахлеста закрепляют анкерами (скобами) на поверхности грунтового основания. Перед креплением оп-

ределенного участка полотна (на длине 15 -20 м) оно должно быть выровнено и уложено с легким натяжением без складок. Анкера представляют собой стержни из проволоки диаметром 40 - 50 мм, длиной 20 см, с отогнутым верхним и заостренным нижним концами. Скобы П-образной формы имеют аналогичные размеры. Закрепление необходимо для фиксации полотен в проектном положении в целях предохранения от смещения под действием ветровой нагрузки и в процессе отсыпки вышележащего грунтового слоя. Анкера устанавливают через 8 - 10 м по длине полотен и в двух точках по ширине. Уложенную и закрепленную прослойку визуально проверяют на качество выполнения работ (отсутствие складок, прорывов полотна, правильность установки анкеров) и результаты осмотра оформляют актом на выполнение скрытых работ.

Отсыпку дренирующего материала вышележащего слоя по поверхности полотна необходимо вести с таким расчетом, чтобы ГПТ находился под действием дневного света не более 5 ч. Для ГПТ на основе полиамидного или полипропиленового сырья, нестабильного к действию ультрафиолета, этот период ограничивается 3 ч. Отсыпку зернистого материала на ГПТ ведут по способу «от себя». Езда строительных машин без слоя обратной засыпки не допускается. Толщина отсыпаемого слоя в плотном теле должна быть не менее 15 см. Разравнивание отсыпаемого непосредственно на ГПТ материала ведут бульдозером с последовательной срезкой и надвигкой его не менее, чем за три прохода (рис. 9.66). Расстояние вдоль строительного потока между техникой, занятой на отсыпке, и звеном рабочих на укладке должно составлять не менее 20 м.

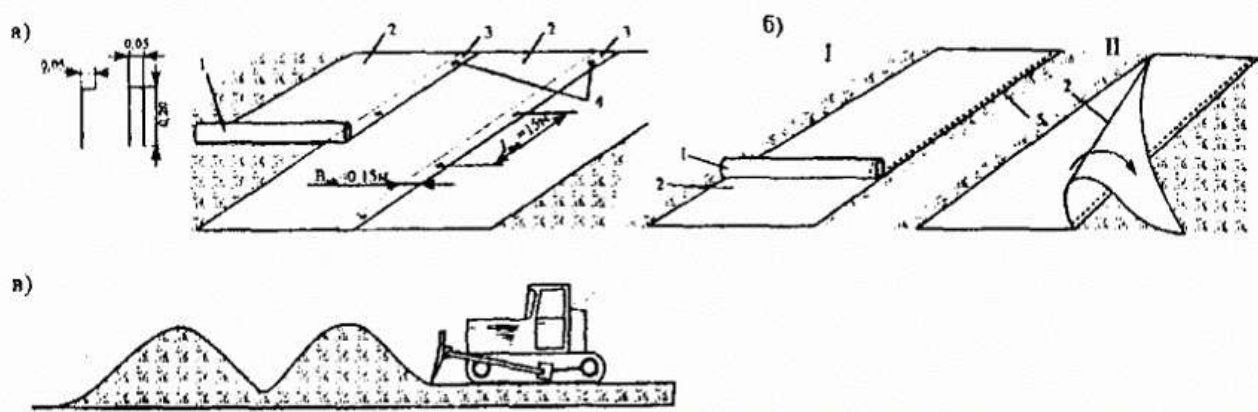


Рис. 9.66 Способы укладки ГПТ

- а, б) – укладка, соединение между собой и крепление полотна к основанию;
 в) - отсыпка материала на поверхность ГПТ; 1 и 2 - рулон и полотно ГПТ; 3 - перекрытие полотен; 4 - анкера; 5 - соединение (сшивание) полотен

Порядок выполнения работ при устройстве траншейного дренажа

После рытья траншеи экскаватором с последующей ручной зачисткой полотна ГПТ раскладывают вдоль траншеи. Один край закрепляют на поверхности грунта анкерами, устанавливаемыми через 3 - 4 м вдоль траншеи. После

этого ГПТ опускают в траншею, разравнивают и закрепляют второй его конец. Такое решение применяют, если ширина полотна не менее периметра дренажной засыпки. В противном случае полотна ГПТ нарезают отдельными кусками длиной, равной периметру дренажной засыпки, и укладывают поперек траншеи с взаимным перекрытием кусков 0,2 м. Дренирующий материал засыпают по оси траншеи после разравнивания, закрепления ГМ и укладки дрены (если она предусмотрена проектом). Засыпку разравнивают и послойно уплотняют с помощью виброплиты, обеспечивая целостность ГМ и уложенной дрены. Края полотна освобождают от анкеров, заворачивают на поверхность уложенного дренирующего материала и создают слой водонепроницаемого экрана. Схематически порядок выполнения работ приведен на рис. 9.67а. При устройстве дренажей конструкции (рис. 9.67в) на дно траншеи укладывают предварительно подготовленную полосу ГМ требуемой ширины, укладывают на нее дренаж и покрывают дренаж отогнутым краем ГМ или второй полосой ГМ (рис. 9.67б). Полосы прижимают к дну траншеи анкерами, устанавливаемыми через 4 - 5 м вдоль траншеи. В сложных грунтовых условиях применяют комбинированное решение, когда конструкцию по типу рис. 9.67б или 9.67в помещают в траншею, закрытую ГМ по типу рис. 9.67а.

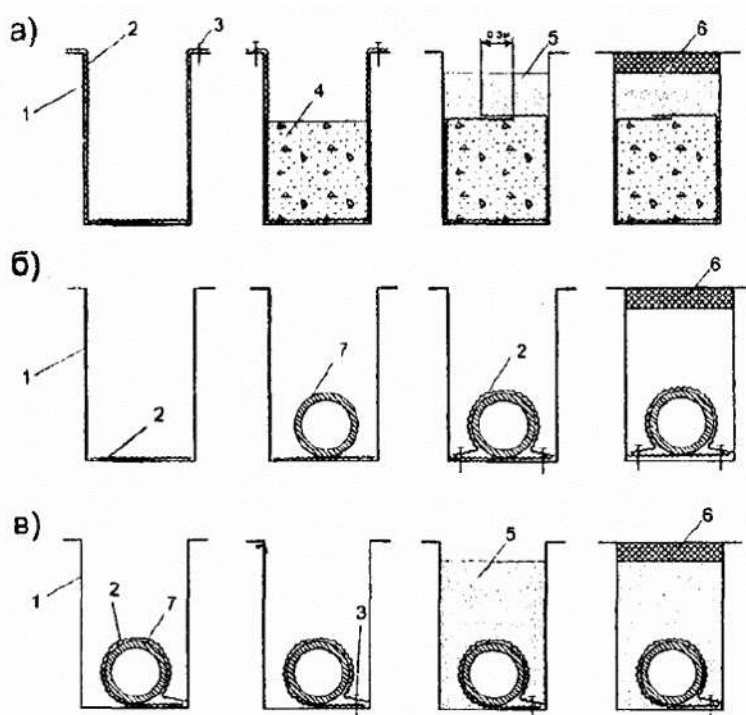


Рис. 9.67. Порядок выполнения работ при устройстве траншейного дренажа:
 1 - траншея; 2 - геотекстильный материал; 3 - анкера; 4 - щебень; 5 - песок; 6 - глиняный экран; 7 - трубочатая дрена

Укрепление канав (кюветов)

Укладку ГПТ выполняют в продольном направлении. Если раскатка рулонов непосредственно у канавы затруднена, то выполняют предварительную подготовку полотен за пределами площадки строительства. Подготовка заклю-

чается в нарезке ГПТ на куски длиной 15 - 20 м, их свертывании вдоль по ширине и длине и доставке в канаву в таком виде с последующим раскладыванием полотна. При ширине рулона, меньшей, чем это требуется для покрытия периметра канавы, ширина перекрытия полотен должна составлять не менее 0,5 м. При этом в пределах дна траншеи полотна ГПТ не должны содержать продольных швов, т.е. полотна должны быть уложены в два слоя. Обработку ГПТ битумом выполняют непосредственно в канаве или, если это технологически сложно, за пределами участка строительства с розливом битума в количестве 0,5 - 0,6 л/м² с россыпью по его поверхности тонкого песчаного слоя, его прикаткой, удалением излишков песка, свертыванием рулона и его доставкой в траншею.

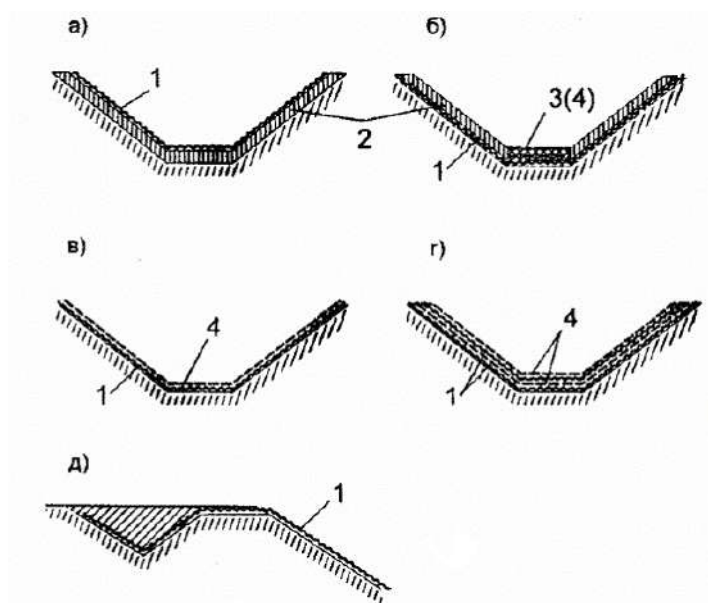


Рис. 9.68. Конструкции укрепления водоотводных канав, кюветов (а, б, в, г) и закрепления ГПТ у бровки канавы кювета (д):
 1 - геотекстильный материал; 2 - растительный грунт;
 3 – каменная наброска (щебень); 4 - обработка битумом

Особенности укрепления русел водопропускных труб

Особое внимание уделяют креплению полотен к подстилающему слою. Краевые их части должны быть закреплены в ровиках и со стороны трубы заведены под лоток. Ширина перекрытия полотен (оно направляется в сторону движения потока) не должна быть меньше 0,5 м, причем при отсутствии слоя укрепления над ГПТ полотна склеивают битумом. Дополнительно должно быть предусмотрено крепление полотен по всей их площади к подстилающему слою. Это выполняют либо наклеиванием полотен на слой щебеночной подготовки битумом с расходом 0,9 - 1,1 л/м², либо креплением нижнего слоя двухслойного ГМ анкерами к подстилающему грунту в виде сетки со сторонами 1,5 - 2,0 м.

Особенности устройства дренажных конструкций с применением геодрен

Применяемое оборудование

Работы по монтажу плоской геодрены не требуют применения специализированной строительной техники или механизмов на объекте строительства. Для перемещения и монтажа материала целесообразно использовать строительную технику, которая участвует в основных строительных-монтажных работах на объекте. Основные этапы монтажа плоской геодрены:

- погрузочно-разгрузочные работы;
- транспортировка геодрен на место укладки;
- укладка геодрены.

Основная строительная техника или механизмы, которые могут использоваться в технологической схеме монтажа геодрены:

- экскаватор одноковшовый;
- кран-манипулятор на базе бортового автомобиля;
- вилочный погрузчик для организации погрузочных и разгрузочных работ);
- система траверс, специализированное навесное оборудование;
- аппарат термомодифицирующей сварки для соединения геотекстиля (при необходимости).

Для проведения погрузочно-разгрузочных работ рулонов геодрен могут использоваться погрузчики с вилочным навесным оборудованием, укомплектованным металлической трубой (штырь), длиной от 2 до 4 метров. Для проведения работ по монтажу геодрены на строительном объекте в качестве базовой машины может применяться экскаватор на гусеничном ходу с гидравлическим приводом. К ковшу экскаватору через стропы крепится траверса с рулоном геодрены (рис.9.69).

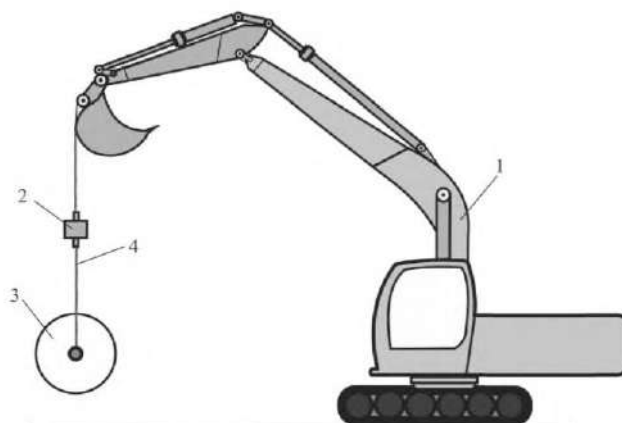


Рис. 9.69 Схема крепления системы траверсы к экскаватору
1 - экскаватор; 2 - траверса; 3 - рулон геодрены; 4 – стропы

Конструкция траверсы определяется внешними размерами и весом рулонов геодрен, условиями эксплуатации оборудования, техническими характеристиками строительной техники и способом крепления.

Рекомендуемые основные параметры траверсы для выполнения работ по разгрузке-погрузке, монтажу рулонов плоской геодрены:

- по типу траверсы - линейная;
- по способу зацепления траверсы - подъем за края;
- грузоподъемность траверсы до двух тонн;
- линейный размер траверсы должен обеспечивать фиксацию рулона шириной до 6 м.

При поставке траверсы необходимо дополнительно укомплектовывать съемными грузозахватными приспособлениями для фиксации рулона геодрены, с возможностью его свободной раскрутки. В систему траверсы должны входить следующие компоненты:

- линейная траверса по способу подвешивания по краям;
- двухветвяная стропа цепная (канатная, текстильная) для навешивания на крюк грузоподъемного механизма;
- металлическая труба, диаметром меньшим диаметра гильзы рулона геодрены, и комплект одноветвяных строп с крюками для подвешивания к линейной траверсе.

Минимальный линейный размер металлической трубы назначается из условия (9.2):

$$L_{м2} = L_{рулон} + 2 \cdot a, \quad (9.2)$$

где $L_{м2}$ - минимальный линейный размер металлической трубы, м;

$L_{рулон}$ - длина рулона по техническому паспорту, м;

a - запас для безопасной раскрутки рулона при монтаже, принимается не менее 0,5 м.

Длина строп подбирается из условия удобства работы строительной техники и рабочих при перемещении и монтажу рулоном геодрены. Принципиальная схема системы траверс представлена на рис. 9.70.

При необходимости обеспечения высокой прочности узла стыковки для соединения фильтров смежных полотен геодрен может применяться способ термического соединения с применением аппаратов термодиффузионной сварки различного типа: аппарат с нагревательным элементом в виде клина (рис. 9.71) или аппарат с подачей горячего воздуха в место соединения (рис. 9.72).

Рекомендуемые основные параметры аппарата для выполнения работ по термическому соединению:

- напряжение в сети 220 В;
- частота тока 50 Гц;
- мощность 3000 Вт;
- средняя скорость сварки 0,5-5 м/мин;

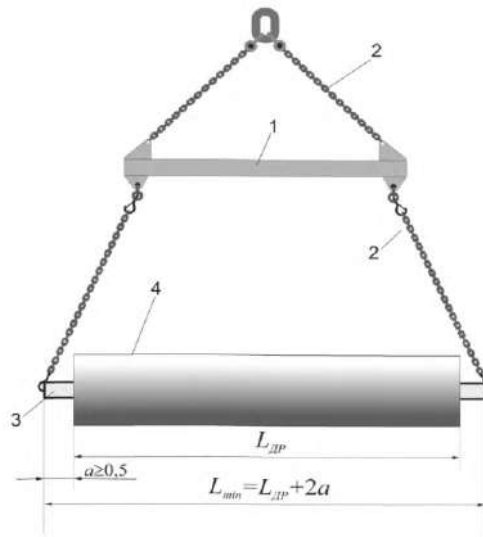


Рис.9.70 - Схема системы траверсы для монтажа рулона геодрены
 1 - траверса; 2 - стропы; 3 - металлическая труба; 4- рулон геодрены

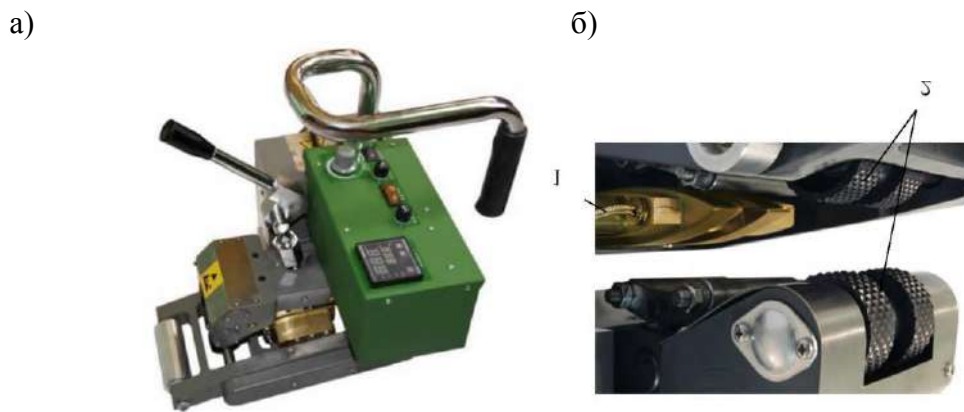


Рис.9.71 Оборудование для термического соединения ГПТ фильтров смежных полотен геодрен:

- а)- общий вид аппарата; б) рабочее оборудование; 1 - нагревательный клин;
 2 - прижимные ролики

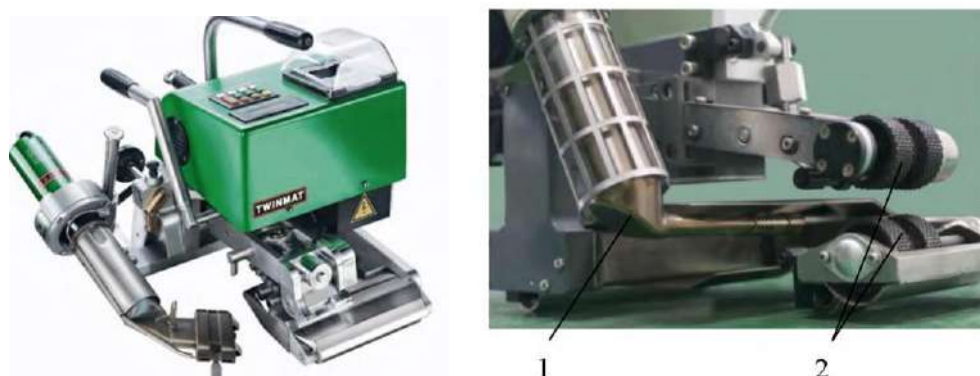


Рис. 9.72 Оборудование для соединения ГПТ фильтров с помощью подачи горячего воздуха:

- а) - общий вид аппарата; б) – рабочее оборудование;
 1 - нагревательный элемент; 2 - прижимные ролики

- максимальная температура нагрева 620 °С;

- толщина материала для сварки до 3,0 мм;
- ширина нахлеста стыка полотен - от 50 до 200 мм;
- давление на шов стыковки до 1000 Н.

Указания по производству работ

Технология производства работ по устройству дренажной системы с применением плоской геодрены близка к технологии укладки дополнительной геотекстильной прослойки в соответствии ОДМ 218.5.003-2010 и др. методических документов.

В технологию дополнительно вводятся следующие операции:

- подготовка (уплотнение, профилирование) основания под укладку геодрены или при необходимости отсыпка защитного грунтового слоя из инертного материала толщиной не менее 5 см, его распределение и уплотнение;
- распределение по участку рулонов геодрены, укладка, соединение между собой полотен и их стыковка с продольной системой водоотвода и дренажа;
- отсыпка на геодрену вышележащего слоя по способу «от себя», толщиной не менее 20 см с распределением, профилированием и уплотнением.

Подготовка грунта основания, подстилающего геодрену (или первого защитного слоя из песчаного грунта), включает в себя разравнивание его поверхности, профилирование и уплотнение. Коэффициент уплотнения грунта должен соответствовать нормативным требованиям, поверхность не должна иметь колеи, ям и других неровностей глубиной более 5 см. Следует обратить особое внимание на соблюдение требований к поперечному уклону основания под геодрену, его соответствие проектным требованиям.

Рулоны геодрены транспортируются к месту производства работ непосредственно перед укладкой. В случае отсутствия нормального доступа к строительной площадке устраиваются временные проезды на период строительства. На период монтажа для удобства выполнения работ необходимо предусмотреть временные складские площадки, на которых осуществляется хранение и подготовка геодрены к укладке (монтажу). Работы по монтажу плоской геодрены выполняются путем раскатки рулонов в поперечном (или продольном) направлении относительно оси насыпи вручную и (или) навесной траверсы (рис.9.73).

Схема монтажа плоской геодрены (направление укладки) определяется

условием водопропускной способности в плоскости полотна в поперечном ($K_{\phi\phi}$) и продольном ($K_{\phi\phi}$) направлении, то есть конструкцией дренажного ядра конкретной марки геодрены. В случае разности водопропускной способности в продольном и поперечном направлениях полотна геодрены укладка осуществляется поперек оси автомобильной дороги в направлении максимальной водопропускной способности. При условии равенства водопропускной способности в плоскости полотна, направление укладки геодрены осуществляется, как правило, в продольном направлении оси дороги или направление выбирается в зависимости от наилучшего технологиче-

ского результата (максимальной производительности при производстве работ) в конкретных условиях применения.

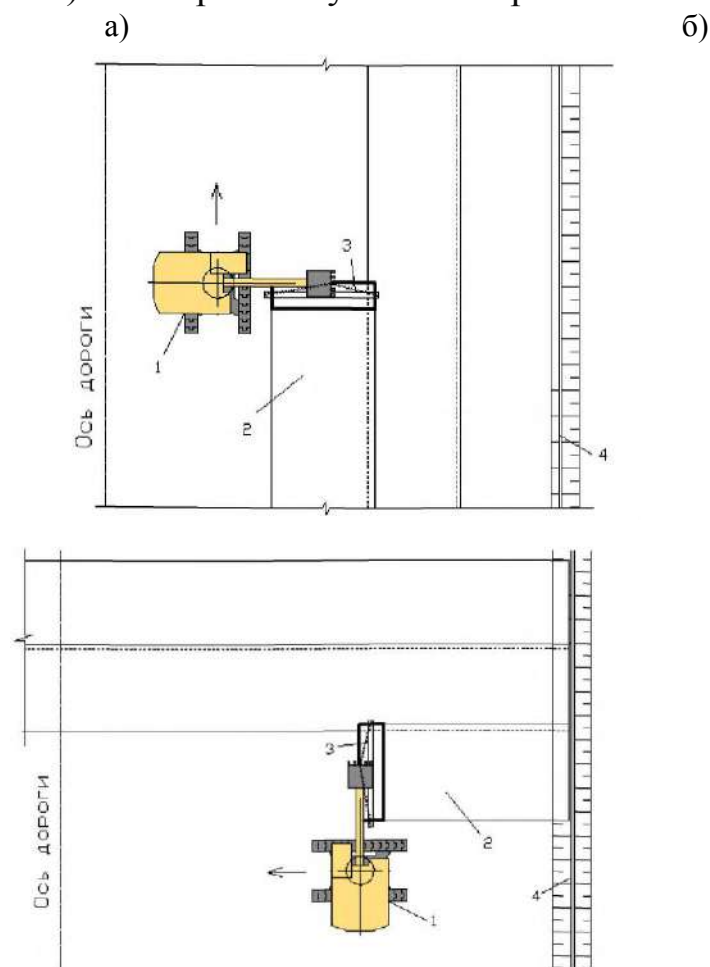


Рис.9.73 Схемы монтажа геотрены

а) – продольная; б) – поперечная; 1 - строительная техника с навесной траверсой; 2 - полотно геотрены; 3 - траверса; 4 - дренажная продольная система

В случае устройства откосного дренажа, укладка геотрены осуществляется поперек оси дороги, в направлении снизу вверх или сверху вниз. Монтаж аналогичен схеме движения строительной техники, приведенной на рис.9.73б.

Монтаж материала осуществляется при боковом движении экскаватора с постоянной скоростью. При продольной укладке первый рулон рекомендуется укладывать от края земляного полотна к ее оси или от края подкюветного дренажа. При поперечной укладке полотно геотрены раскатывают на всю ширину земляного полотна с учетом дополнительной длины для последующего соединения с продольным трубчатым дренажом. После раскатки первых метров краевую часть (по ширине) полотна прижимают к грунту двумя-тремя анкерами (стержни диаметром 3-8 мм) длиной 15-25 см (П или Г – образной формы). При дальнейшей раскатке производят периодическое разравнивание полотна с небольшим продольным его натяжением и креплением по краю нетканого фильтра к грунту анкерами (или другим способом) через 10-15 м. Крепление

выполняют во избежание смещения полотна при действии ветровой нагрузки, укладке вышележащего слоя.

Способ соединения полотен геодрена может изменяться в зависимости от структуры дренажного ядра геодрены в соответствии с рис. 9.74 и необходимостью обеспечения высокой прочности узла стыковки полотен геодрены (в этом случае применяется термодиффузионный способ соединения).

Технологическая последовательность работ по устройству плоского горизонтального дренажа с геодреной в комбинации с траншейным дренажом

Подготовительные работы (этап №1):

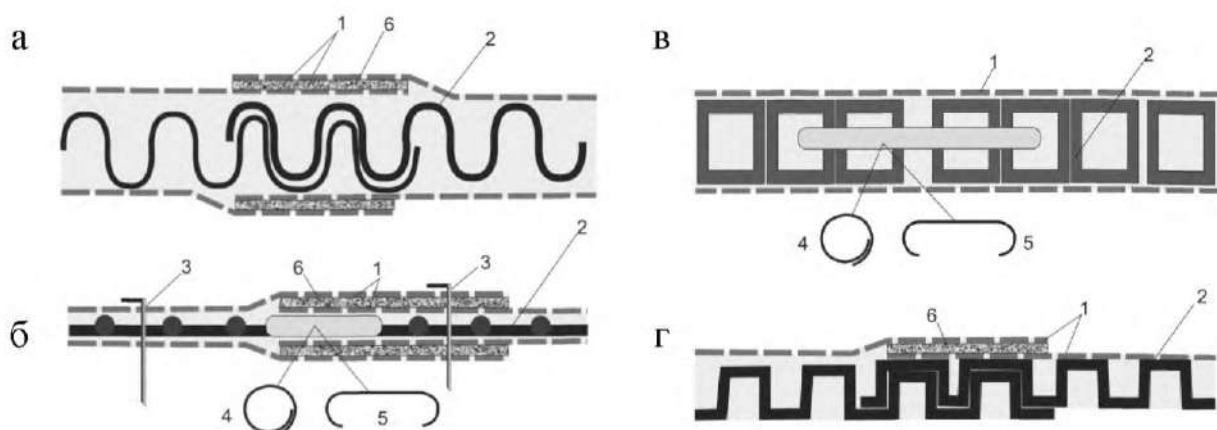


Рис. 9.74 Способы соединения полотен геодрены в зависимости от структуры дренажного ядра: геомат (а); георешетка (б); геоплита (в); односторонняя профилированная мембрана (г)
1 - геотекстильный фильтр; 2 - дренажное ядро; 3 - металлический анкер; 4 - затяжка; 5 - проволочная скоба; 6 - стыковка геотекстиля

- выполнение геодезических разбивочных работ;
- профилирование, уплотнение поверхности земляного полотна;
- рытье траншеи продольной дренажной системы экскаватором;
- транспортировка фильтрующего грунта автосамосвалами;
- подсыпка щебня на дно дренажной траншеи, трамбование и профилирование;
- транспортировка и укладка дренажной трубы, монтаж смотровых колодцев и устройство выпусков из дренажной системы;
- подвоз и выгрузка фильтрующего материала, распределение по дну траншеи, уплотнение;
- устройство защитного песчаного слоя, толщиной не менее 5 см, уплотнение и профилирование.

Подвоз и монтаж рулонов геодрены (этап №2);

- транспортировка рулонов плоской геодрены к месту строительства;

- укладка, крепление и соединение полотен геодрены; крепление материала осуществляется по временной и постоянной схеме с применением металлических анкеров или пригрузочных мешков; в ветреную погоду рекомендуется сочетать два способа крепления; соединение полотен геодрены осуществляется в соответствии с рис. 9.74;

- стыковка геодрены с продольным дренажом согласно проекту.

Формирование защитного слоя по поверхности геодрены (этап №3).

- транспортировка и выгрузка песка (фильтрующего грунта); засыпка траншей песком, распределение песка по поверхности геодрены, толщиной не менее 20 см, профилирование и уплотнение слоя из песка самоходными катками.

Технологическая последовательность работ по устройству плоскостного откосного дренажа с геодреной в комбинации с траншейным дренажом

Подготовительные работы по устройству продольной дренажной системы и подготовке поверхности откоса (этап №1):

- планировка откоса экскаватором-драглайном, оборудованным планировочной рамой;

- транспортировка, выгрузка и надвижка песка на откос автогрейдером для формирования защитного слоя, толщиной не менее 5 см; устройство верхней анкерной канавы;

- устройство продольной дренажной системы, включая рытье дренажной траншеи экскаватором, транспортировку и подсыпку щебня, уплотнение и продольное профилирование; монтаж дренажной трубы и соединение со смотровыми колодцами, обустройство выпуска дренажа, засыпку дренажных труб фильтрующим грунтом (щебень, песок), уплотнение.

Подвоз и монтаж рулонов геодрены, стыковка с продольной дренажной системой (этап 2):

- транспортировка, укладка на откос и в траншею плоской геодрены, крепление и соединение полотен, засыпки фильтрующим грунтом способом надвижки снизу вверх, засыпка верхней анкерной канавы.

Формирование слоев над поверхностью геодрены (этап №3):

- транспортировка, выгрузка и надвижка глинистого грунта на откос автогрейдером или другой строительной техникой; разравнивание глинистого грунта, уплотнение;

- транспортировка, выгрузка, надвижка и разравнивание растительного грунта на откосе, посев семян трав вручную или методом гидропосева, полив откоса водой из поливочной машины.

Литература

1. ИСО (ISO)10318:2005 Геосинтетические материалы. Термины и определения. (Geosynthetics. Terms and definitions). -16с.
2. ОДМ 218.5.005-2010 Классификация, термины, определения геосинтетических материалов применительно к дорожному хозяйству.-М: Росавтодор, 2010. – 16 с.
3. ОДМ 218.5.003-2010 Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог.-М: Росавтодор, 2010. – 158 с.
4. ОДМ 218.5.001-2009 Методические рекомендации по применению геосеток и плоских георешёток для армирования асфальтобетонных слоёв усовершенствованных видов покрытий при капитальном ремонте и ремонте автомобильных дорог- М: Росавтодор, 2009. – 86 с.
5. ОДМ 218.2.046-2014 Рекомендации по выбору и контролю качества геосинтетических материалов, применяемых в дорожном строительстве- М: Росавтодор,2014. – 72.с.
6. ОДМ 218.5-002-2008 Методические рекомендации по применению полимерных геосеток (георешеток) для усиления слоев дорожной одежды из зернистых материалов. – М: Росавтодор, 2008. – 83 с.
7. ОДМ 218.3.032-2013 Методические рекомендации по усилению конструктивных элементов автомобильных дорог пространственными георешетками (геосотами).- М: Росавтодор, 2013. – 72. с.
8. ОДМ 218.2.047-2014 Методика оценки долговечности геосинтетических материалов, используемых в дорожном строительстве.- М: Росавтодор, 2014. – 69.с.
9. ОДМ 218.3.049–2015 Методические рекомендации по применению многослойных композиционных дренирующих материалов (геодрен) для осушения и усиления дорожных конструкций при строительстве и реконструкции автомобильных дорог. М: Росавтодор, 2015. – 50 с.
10. ОДМ 218.2.078-2016 Типовые конструкции укрепления откосов земляного полотна автомобильных дорог общего пользования. -М: Росавтодор, 2016. – 250 с.
11. Рекомендации по назначению параметров противэрозионной защиты из геосинтетических материалов. – СПб.: Строй-Импульс, 2016. – 43 с.

Костин Валерий Иванович

ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Часть I

Учебно-методическое пособие

по подготовке к лекционным и практическим занятиям по дисциплинам «Геосинтетические материалы в дорожной отрасли», «Новые технологии в дорожном строительстве», «Технология и организация строительства дорог» для обучающихся по направлениям подготовки 08.04.01 Строительство (магистратура) и 08.03.01 Строительство (бакалавриат) профиль «Автомобильные дороги»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
603950, Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65.
<http://www.nngasu.ru>, srec@nngasu.ru