

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ



**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ И
ПРОЕКТИРОВАНИЮ АРМОГРУНТОВЫХ ПОДПОРНЫХ СТЕН НА
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
(РОСАВТОДОР)**

2012г.

Содержание

Предисловие	3
Введение	4
1 Область применения	6
2 Нормативные ссылки	6
3 Условные обозначения	8
4 Термины и определения	8
5 Общие положения	8
6 Изыскания	10
7 Материалы	12
7.1 Армоэлементы.....	12
7.2 Облицовка	14
7.3 Грунты и засыпки.....	18
8 Расчет	20
8.1 Общие положения.....	20
8.2 Расчет армогрунтовых стен	34
8.3 Расчет армогрунтовых насыпей	42
8.4 Расчет армогрунтовых насыпей на слабых грунтах	45
9 Конструирование	49
9.1 Принципы конструирования	49
9.2 Проектирование армогрунтовых стен.....	56
9.3 Проектирование армогрунтовых насыпей.....	64
10 Технология возведения	66
11 Испытание, контроль качества	74
12 Мониторинг	79
Библиография	80
Приложение А. Условные обозначения	87
Приложение Б. Термины и определения	89

Предисловие

1. РАЗРАБОТАН обществом с ограниченной ответственностью "НТЦ ГеоПроект" (ООО «НТЦ ГеоПроект»).

2. ВНЕСЕН Управлением научно-технических исследований, информационного обеспечения и ценообразования; Управлением эксплуатации и сохранности автомобильных дорог Федерального дорожного агентства

3. ИЗДАН на основании распоряжения Федерального дорожного агентства от _____ № _____

4. ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

5. ИМЕЕТ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

Рекомендации по расчету и проектированию армогрунтовых подпорных стен на автомобильных дорогах

Введение

Основание для разработки документа: План научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ Федерального дорожного агентства на 2011-2013 гг. по подпрограмме «Автомобильные дороги» Федеральной целевой программы «Развитие транспортной системы России (2010-2015 годы)», утвержденный распоряжением Федерального дорожного агентства от 17.02.2011 № 118-р.

Краткая характеристика объекта рекомендаций (ОДМ): Отраслевой дорожный методический документ «Методические рекомендации по расчету и проектированию армогрунтовых подпорных стен на автомобильных дорогах» (далее – методический документ) является актом рекомендательного характера.

Методический документ предназначен для использования органами управления автомобильных дорог и организациями, выполняющими работы по расчету, проектированию, строительству и содержанию армогрунтовых насыпей и сооружений на автомобильных дорогах.

Настоящий методический документ содержит материалы, которые предназначены как для информации, так и для практической деятельности, причем эти материалы дают возможность разрабатывать специализированные рекомендации для конкретных технологий армирования грунта. При этом, вопрос о целесообразности использования рекомендаций из настоящего документа должен решаться в каждом конкретном случае индивидуально квалифицированными специалистами.

Содержание текста обобщает опыт инженеров, длительно работавших в области проектирования и строительства армогрунтовых сооружений, и

предназначен для использования инженерами с определенным знанием предмета в качестве основы для проектирования подобных конструкций.

Основные подходы и классификации гармонизированы с Европейскими нормами и, прежде всего, Британским стандартом BS 8006.

Методический документ отражает ситуацию на период его разработки и обобщает технологии, достаточно апробированные на практике. В связи с этим, при использовании новых конструктивных или технологических решений отдельные его разделы могут нуждаться в корректировке. Внесение подобных корректив целиком и полностью отнесены на усмотрение квалифицированных специалистов, использующих армирующие материалы при проектировании и строительстве.

1 Область применения

Настоящие Рекомендации распространяются на проектирование насыпей и подпорных стен, механически армированных гибкими армоэлементами (преимущественно синтетическими геосетками и георешетками) в процессе возведения земляных сооружений. Они могут использоваться при строительстве сооружений на автомобильных дорогах в районах с сейсмичностью до 9 баллов включительно по шкале ИФЗ-64 (MSK-64).

Рекомендации ОДМ не распространяются на районы вечной мерзлоты и карста, на проектирование гидротехнических сооружений, специальных сооружений ГО и ЧС, а также на усиление существующих откосов и склонов грунтовыми нагелями.

2 Нормативные ссылки

В настоящем методическом документе использованы нормативные ссылки на следующие документы:

1. ГОСТ 12248-2010. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.
2. ГОСТ Р 52748-2007. Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения.
3. ГОСТ Р 54257-2010. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования.
4. ГОСТ 23740-79. Грунты. Методы лабораторного определения содержания органических веществ.
5. СНиП 3.06.03-85. Автомобильные дороги.
6. СНиП 2.02.01-83*. Основания зданий и сооружений.
7. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги.
8. СНиП II-7-81*. Строительство в сейсмических районах.
9. СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии.

10. СП 47.13330.2012 «СНиП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения».
11. ВСН 55-69. Инструкция по определению требуемой плотности и контролю за уплотнением земляного полотна автомобильных дорог.
12. ТР 73-98. Технические рекомендации по технологии уплотнения грунта при обратной засыпке котлованов, траншей, пазух.
13. СП 14.13330.2011. Строительство в сейсмических районах.
14. ОДМ 218.3.008-2011. Рекомендации по мониторингу и обследованию подпорных стен и удерживающих сооружений на оползневых участках автомобильных дорог.
15. ОДМ 218.5.003-2010. Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог.

3 Условные обозначения

Список условных обозначений - приведен в **Приложении А**;

4 Термины и определения

Список терминов и определений - приведен в **Приложении Б**;

5 Общие положения

Основной концепцией, заложенной в основу настоящего документа, является требование о проектировании с целью недопущения достижения предельного состояния сооружения в процессе эксплуатации. Такой подход реализуется при обеспечении полного соответствия с другими стандартами, руководящими документами и рекомендациями.

Проектирование армогрунтового сооружения является комбинацией конструкторской и геотехнической разработки. Практика проектирования армогрунтовых сооружений должна основываться на основном расчете конструкции, исходя из предельного состояния разрушения, и проверочном расчете, исходя из предела эксплуатационной надежности.

При расчете армогрунтовых сооружений некоторые из упомянутых предельных состояний могут быть оценены на основе общих подходов механики грунтов (например, расчет осадки). С другой стороны, воспринимаемые сооружением нагрузки способны привести к чрезмерной деформации армоэлементов, а практика проектирования должна, в принципе, гарантировать обеспечение адекватного запаса применительно ко всем элементам армогрунтового сооружения, включая также и армоэлементы. Это требует использование специфических подходов и расчетных схем для разных типов армогрунтовых сооружений.

В связи с этим, в ОДМ изложены только самые общие положения и методические подходы, приемлемые для всех видов армогрунтовых сооружений. Подробные инструкции для расчета и конструирования отдельных видов ар-

могрунтовых сооружений должны разрабатываться на основе детального изучения их свойств на лабораторных моделях и натуральных объектах.

6 Изыскания

6.1 При выполнении инженерно-геологических изысканий для проектирования оснований сооружений из армированного грунта следует пользоваться существующими нормативными документами (СП 47.13330), а при определении физико-механических свойств грунтов засыпки, кроме того, следует руководствоваться и ниже перечисленными требованиями.

6.2 Определение физико-механических свойств грунтов основания рекомендуется выполнять, прежде всего, вдоль облицовки сооружения из армированного грунта.

6.3 На сжимаемых грунтах глубину выработок следует назначать не менее высоты насыпи. Допускается изменять глубину выработок в соответствии с высотой насыпи, но принимать не менее:

- а) глубины промерзания;
- б) 1 м ниже подошвы насыпных грунтов, ожидаемого техногенного нарушения или основания погребенного сооружения;
- в) 1 м ниже подошвы слабых грунтов ($E < 5$ МПа).

6.4 При изысканиях в условиях городской застройки, следует обращать особое внимание на наличие участков с резко отличающимися деформационными и прочностными свойствами: погребенные фундаменты, утраченные коммуникации, рыхлые зоны, насыпные толщи, подземные полости и т.д. Сведения об этом должны отражаться в графических и текстовых материалах по изысканиям.

6.5 При строительстве армогрунтовых сооружений на слабом основании, необходимо получить подробную информацию об изменении физико-механических характеристик грунта основания под действием длительных нагрузок. Конкретная программа изысканий должна быть уточнена в задании на проектирование.

6.6 Коэффициент трения (зацепления) между арматурой и грунтом ($f_{тр}$) допускается определять с помощью испытаний на срезных приборах (ГОСТ 12248), а при отсутствии опытных данных его минимальное значение необходимо принимать по таблице (см. Таблица 6.1).

Таблица 6.1 - Коэффициенты трения (зацепления) арматуры по грунту

Грунт засыпки	$f_{тр}$	$\varphi_{тр}$, град
Мелкий песок маловлажный	0,62	32
Мелкий песок влажный	0,58	30
Крупный песок маловлажный	0,53	28
Крупный песок влажный	0,51	27
Гравий	0,42	23
Песчаная смесь	0,40	22

Пр и м е ч а н и е: Для шероховатой поверхности арматуры значения ($f_{тр}$) могут быть увеличены на 10% (см. п. 7.1.3).

6.7 Определение прочностных характеристик грунтов засыпки рекомендуется выполнять на искусственных образцах в стабилOMETрах и приборах одноплоскостного среза по схеме консолидировано-дренированного испытания согласно ГОСТ 12248. При этом следует контролировать, чтобы гранулометрический состав образцов соответствовал паспортным данным грунта, а степень уплотнения – нормативным требованиям.

6.8 Эффективный угол внутреннего трения φ' и эффективное сцепление c' рекомендуется определять при помощи приборов для испытаний на сдвиг или испытаниями на трехосное сжатие. Сдвиг должен начинаться после того, как образец грунта полностью консолидирован при каждом приложении нормальных напряжений. Консистенция образца должна соответствовать условиям дренирования в засыпке.

7 Материалы

В разделе рассматриваются требования к материалам, рекомендуемые для использования при строительстве армогрунтовых сооружений.

7.1 Армоэлементы

7.1.1 При строительстве армогрунтовых сооружений необходимо использовать армирующие элементы, выполненные из материалов, сохраняющих прочностные характеристики в условиях постоянного контактирования с грунтом. Арматура может иметь форму листов, сеток, решеток, лент (полос), стержней, и т.д., которые способны воспринимать растягивающие усилия и деформации, возникающие в засыпке. Механизм работы армоэлемента при армировании грунта в подпорных стенах и откосов показан ниже (см. Рисунок 7.1).

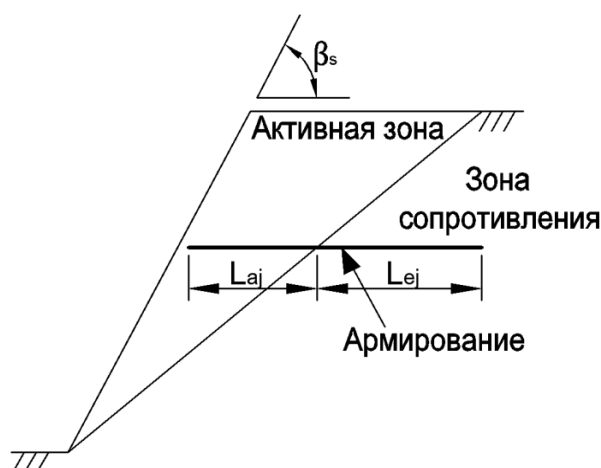


Рисунок 7.1 - Механизмы армирования подпорных стен и склонов

где: β_s - угол наклона откоса к горизонту (больше чем угол внутреннего трения грунта);

L_{aj} - единичный участок с арматурой в активной зоне;

L_{ej} - единичный участок с арматурой в зоне сопротивления.

7.1.2 Арматура также может быть комбинированной из сочетания различных материалов и их форм (листы и полосы, сетки и полосы или полосы и анкеры (Рисунок 7.2)) в зависимости от потребностей.

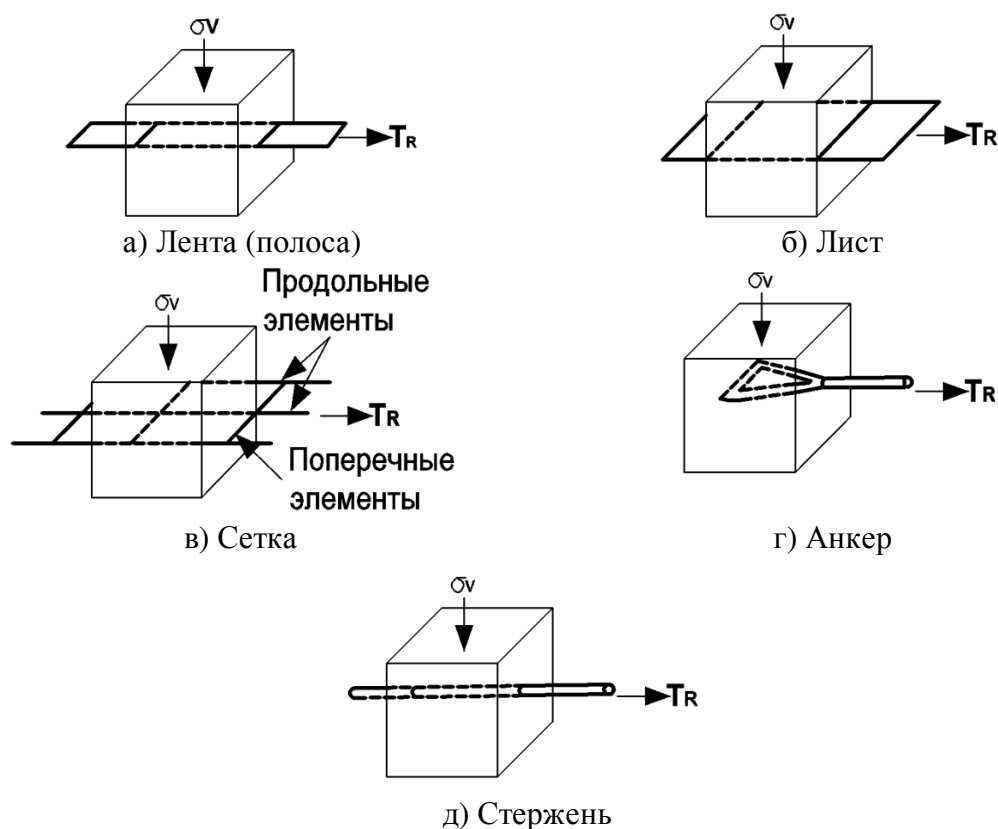


Рисунок 7.2 - Виды армирующих элементов

7.1.3 В качестве армирующих элементов рекомендуется использовать полосы шириной от 50 до 100 мм и толщиной от 3 до 5 мм из металла, полимеров или пластика, усиленного стекловолокном. Они могут быть гладкими или имеющими шероховатость, образуемую ребрами или насечками для повышения трения (зацепления) между арматурой и засыпкой.

7.1.4 Георешетки должны быть, как правило, целыми, не имеющими механических повреждений и следов химических или термических повреждений. Как исключение, по согласованию с проектной организацией и производителем георешеток допускается применять георешетки, имеющие не более 0,1% дефектных связей в любом направлении, случайно распределенных по площади георешетки. Запрещается использовать георешетки, если дефекты сосредоточены в пределах локального участка стены.

7.1.5 Все армоэлементы должны быть изготовлены на заводе и поставлены на место строительства в готовом для проведения монтажа виде.

7.1.6 Металлические компоненты, контактирующие с грунтом, должны быть выполнены из электролитически совместимого материала. В случаях, когда это не представляется возможным, между деталями из разных материалов необходимо размещать электрическую изоляцию с долговечностью, равной сроку службы сооружения.

7.2 Облицовка

7.2.1 Для облицовки армогрунтовых сооружений рекомендуется использовать бетон, стальной лист, стальные сетки или решетки, древесину, а также любые комбинаций этих материалов.

7.2.2 Допускается изготавливать облицовки из различных материалов в сборном или сборно-монолитном исполнении (Таблица 7.1). Вид применяемого материала определяется проектной документацией в зависимости от физико-механических характеристик основания, размеров и формы сооружения, срока эксплуатации, интенсивности загрузки, а также от архитектурного решения.

Таблица 7.1 - Характеристики основных материалов облицовки

Материалы	Преимущества	Недостатки	Примечания
1. Кирпичная или каменная кладка	Распространенный материал в строительстве. Долговечен	Образуется жесткая облицовка, что непригодно для слабых оснований или при возможности неравномерных осадок	Для небольших сооружений

Материалы	Преимущества	Недостатки	Примечания
2. Плиты и блоки из сборного железобетона	Возможность заводского изготовления. Хорошая отделка	Требуются специальные технологические мероприятия по обеспечению продолжительного срока эксплуатации. Стоимость элемента зависит от массовости изготовления	Наиболее распространенный вид облицовки. Особо оправдано их применение при большом объеме работ.
3. Монолитный бетон и железобетон	Доступность материала. Долговечность	Требуется установка опалубки. Сложность крепления петель к элементу и образования в нем отверстий.	-
4. Торкретбетон	Минимальная толщина облицовки при высокой прочности	Требуется специальное оборудование	Сложно получить качественный эстетический вид.
5. Плиты и блоки из пресованного бетона	Долговечность и качество. Вес элементов находится в пределах возможности подъема одним человеком	Требуется специальное оборудование. Форма элементов определяется методом их производства	-
6. Предварительно напряженный бетон	Долговечен. Удобно транспортируется и монтируется. Эстетичен. Возможность использования существующих конструктивных элементов	Относительно высокая стоимость по сравнению с другими типами облицовок	Пригоден для высоких и протяженных сооружений
7. Ткань, геосетки	Легкие, гибкие	Недолговечны	Используются для временных сооружений

Материалы	Преимущества	Недостатки	Примечания
8. Пластик, армированный стекловолокном	Легок, долговечен и прочен. Устойчив к ударным воздействиям. Легко обрабатывается	Окраска меняется под воздействием ультрафиолетовых лучей. Способен разрушаться при интенсивном нагревании	Используется при проведении ремонтных работ
9. Сталь оцинкованная	Относительно недорогая, транспортабельна, высокопроизводительна	Ограниченная долговечность	Применяется в условиях промышленной архитектуры
10. Древесина	Легкодоступна, особенно пригодна для сооружений с коротким сроком службы	Подвержена разрушению под воздействием экзогенных процессов	Для временных сооружений

7.2.3 Облицовочные плиты и блоки следует выполнять из тяжелого бетона класса по прочности не ниже В20, по водопроницаемости – не ниже W4, по морозостойкости – не ниже F100. Бетон для облицовочных камней и блоков следует готовить на сульфатостойком портландцементе с заполнителем из щебня твердых пород фракций не более 20 мм.

7.2.4 В камнях и блоках допускается устройство технологических отверстий, не ослабляющих прочности изделия, при условии, что общий размер пустот по любому направлению не будет превышать 20% от размера изделия в этом направлении, а общий объем пустот не будет превышать 10% от объема блока.

7.2.5 Для перекрытия швов на тыловой поверхности облицовки в качестве изолирующих материалов рекомендуется использовать фильтрующие ленты (полосы) из геотекстиля, нефилтрующие пенополиуретановые ленты (полосы) или заполнять швы монтажной пеной с замкнутыми полостями.

7.2.6 Металлическую облицовку рекомендуется собирать из горизонтальных секций гнутых профилей (Рисунок 7.3), обращенных выпуклостью наружу. Облицовка может быть изготовлена из оцинкованной или нержавеющей ста-

ли, алюминиевых сплавов. Слой цинка для антикоррозийной защиты стальных профилей должен быть не менее 30 мкм.

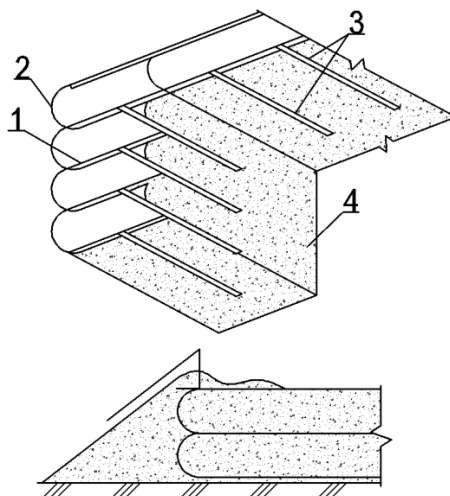


Рисунок 7.3 - Армированный грунт со сборной металлической облицовкой:

а — конструкция; б— процесс возведения; 1 — соединение внахлест; 2 — металлический элемент облицовки; 3 — гибкие анкеры; 4 — грунт

7.2.7 Металлические закладные детали, соединительные болты, подкладные шайбы, гайки и полосы необходимо защищать от коррозии в соответствии со СНиП 2.03.11.

7.2.8 Для соединения между собой арматуры и облицовки необходимо использовать детали, в форме скоб, штырей, стержней, винтов, анкеров и т.д. В качестве материала для соединительных деталей могут использоваться:

- а) металлопрокат с полимерным покрытием;
- б) оцинкованная сталь;
- в) нержавеющая сталь;
- г) полимеры;
- д) материал облицовки и/или арматуры.

При выборе материала необходимо принимать во внимание, что долговечность соединительных деталей должна соответствовать расчетному сроку службы сооружения.

7.3 Грунты и засыпки

7.3.1 Грунты, используемые в качестве обратной засыпки насыпей и подпорных стен транспортных сооружений, должны отвечать требованиям, перечисленным ниже (см. Таблица 7.2).

Таблица 7.2 - Требования к грунтам засыпки

№	Контролируемый параметр	Грунт засыпки является основанием дорожного полотна	Грунт засыпки не является основанием дорожного полотна (*)
1	Угол внутреннего трения перемятого грунта в водонасыщенном состоянии, град	не менее 25	не менее 18
2	Число пластичности, Ip	–	не более 20
3	Коэффициент неоднородности грансостава, K _{60/10} (C _u)	не менее 5	не менее 3
4	Содержание частиц, размером менее 0,1мм, в % по весу	не более 10	не регламентируется

Примечание: (*) Возможность использования глинистых грунтов в качестве обратной засыпки следует обосновать расчетом, учитывая допустимые величины деформаций для данного вида сооружений.

7.3.2 Применение грунтов, содержащих гравелистые включения размером более 50 мм не допускается. Величина удельного сцепления грунта (C) для целей проектирования, как правило, принимается равной нулю. При наличии специальных исследований на длительную прочность и ползучесть водонасыщенного грунта, допускается увеличивать удельное сцепление до 5 кПа. Применение грунтов, обладающих неблагоприятными строительными свойствами, и изменяющих свои характеристики под воздействием внешних факторов (просадочных (ГОСТ 23161), набухающих (ГОСТ 12248), засоленных и имеющих биологические остатки (ГОСТ 23740) и т.д.) в качестве обратной засыпки, как правило, не допускается. Возможность их использования должна быть подтверждена компетентной специализированной организацией.

7.3.3 В качестве засыпки может быть использован известняк с водонасыщением до 29% и естественной влажности до 23%.

7.3.4 В тех частях сооружения, которые подвержены динамическим воздействиям, не следует укладывать грунты, обладающие тиксотропными свойствами.

7.3.5 Не рекомендуется использовать когезионную засыпку при строительстве армогрунтовых конструкций с длительным периодом эксплуатации.

7.3.6 При подборе грунта армогрунтового сооружения следует учитывать ниже перечисленные требования (см. Таблица 7.3):

Таблица 7.3 - Классификация засыпок для подпорных стен и насыпей

Тип грунта		Категория сооружения		
		1	2	3
Фрикционная засыпка		+	+	+
Когезионно-фрикционная засыпка		+	+	+
Известняк	$Sr < 29\%$	+	+	+
	$Sr > 29\%$	-	-	+
Глинистая засыпка (местный грунт)		-	-	+

8 Расчет

Индивидуальный расчет и проектирование армогрунтовых подпорных стен и насыпей рекомендуется производить для участков автомобильных дорог I-ой, II-ой и III-й категории (СНиП 2.05.02). Для участков дорог IV-й и V-й категории рекомендуется использовать, в основном, временные сооружения и типовые решения.

8.1 Общие положения

8.1.1 При проектировании армогрунтовых сооружений необходимо учитывать, что предельное состояние будет достигнуто при наступлении одного из следующих явлений:

- а) полное разрушение или серьезное повреждение;
- б) деформация свыше допустимых пределов без разрушения отдельных частей сооружения;
- в) другие формы разрушений или незначительные повреждения, которые нарушают нормальную эксплуатацию сооружения и требуют непредвиденного обслуживания или сокращают срок эксплуатации сооружения.

Состояние, определенное в пункте а) - это предельное состояние разрушения, а в пунктах б) и в) - предел эксплуатационной надежности.

8.1.2 Расчетная модель должна адекватно описывать предполагаемое поведение армированного грунта. Расчетная методика может основываться на любой из следующих моделей:

- а) аналитическая модель;
- б) полуэмпирическая модель;
- в) численная модель.

Любая расчетная модель должна иметь допустимую погрешность. Расчетная модель может включать в себя упрощения.

8.1.3 Разрушающую силу, которая используется при разработке метода расчета, следует принимать такой, чтобы она не превышала предела прочности арматуры при разрыве в конце выбранного расчетного срока службы сооружения. При этом, следует учитывать снижение площади сечения арматуры за счет коррозии.

8.1.4 При вычислении таких сил необходимо принимать во внимание параметры сопротивления грунта срезу с учетом величины порового давления.

8.1.5 При расчете армогрунтового сооружения, для полосовой арматуры из сеток, решеток и геотекстильного материала необходимо устанавливать нагрузку на единицу ширины, а для узких полос необходимо устанавливать нагрузку на всю полосу.

8.1.6 При расчете рабочего усилия, в полимерной арматуре должна быть принята меньшая из характеристик:

- а) предел текучести при растяжении;
- б) предельно допустимая деформация при растяжении;

Из-за чувствительности полимерных материалов к изменению температуры, расчет при проектировании должен быть проведен для максимальной эксплуатационной температуры в грунте, характерной для площадки строительства.

8.1.7 При расчете армогрунтового сооружения необходимо учесть два механизма взаимодействия арматуры с грунтом:

- а) механизм, при котором потенциальная поверхность разрушения пересекает армоэлементы и при котором прочность связи армоэлементов с грунтом определяется сопротивлением их вырывания (выдергивания) из грунта.
- б) механизм, при котором потенциальная поверхность разрушения совпадает с поверхностью по меньшей мере одного армоэлемента и при котором прочность связи армоэлементов с грунтом определяется прочностью фрикционной связи.

8.1.8 При расчете армогрунтовых сооружений рекомендуется использовать четыре коэффициента запаса:

- а) f_f (и f_{fs}) - коэффициенты нагрузки, учитывающие собственный вес грунта;
- б) f_q - коэффициент запаса, учитывающий дополнительные временные нагрузки;
- в) f_m (и f_{ms}) - коэффициент запаса, учитывающий характеристики материалов;
- г) f_n - коэффициент запаса, учитывающий экономические потери от нарушения эксплуатационной надежности конструкции.

8.1.9 Величину коэффициента f_n рекомендуется принимать по таблице (см. Таблица 8.1).

Таблица 8.1 - Коэффициенты запаса эксплуатационной надежности сооружений

Категория сооружения	Уровень ответственности сооружений (ГОСТ 54257)	Коэффициент запаса f_n	Типовые примеры
1.	I - Повышенный или II - Нормальный	1,1	Опорные конструкции, например насыпи авто-страд, магистральных путей или фундаменты гражданских сооружений, дамбы, стенки набережных и откосы для регулирования речного русла.
2.	II - Нормальный	1,0	Насыпи и конструкции, у которых отказ сопровождается умеренными повреждениями и потерей работоспособности

3.	II - Нормальный или III - Пониженный	Не применя- ется	Временные сооружения, подпорные стенки и насы- пи высотой менее 1,5 м, у которых отказ сопровожда- ется минимальными по- следствиями
----	--	---------------------	---

Примеры сооружений категорий 1, 2, 3 указаны ниже (см. Рисунок 8.1, Рисунок 8.2, Рисунок 8.3), примеры армирования основания – см. Рисунок 8.4.

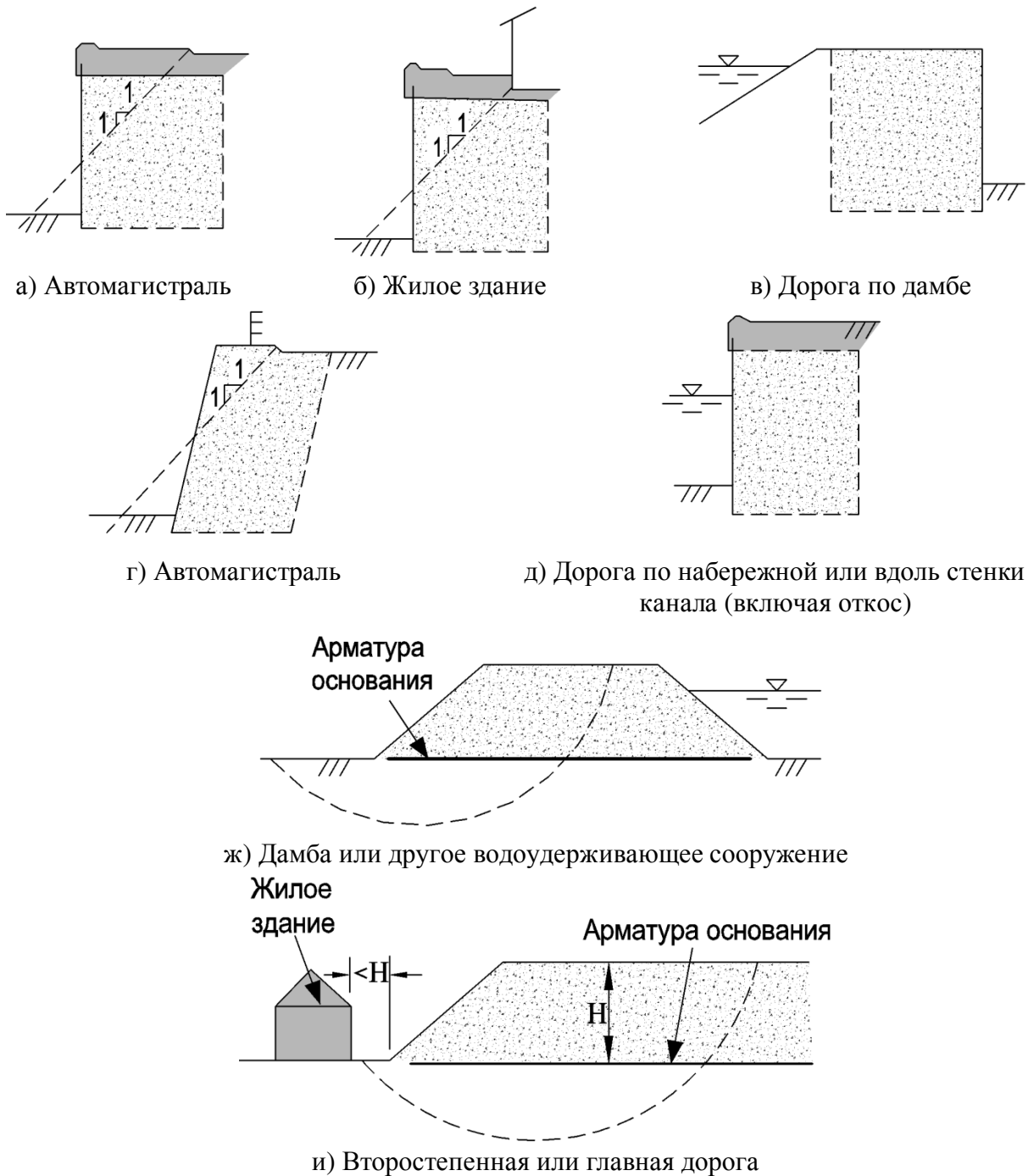


Рисунок 8.1 - Примеры сооружений 1-ой категории

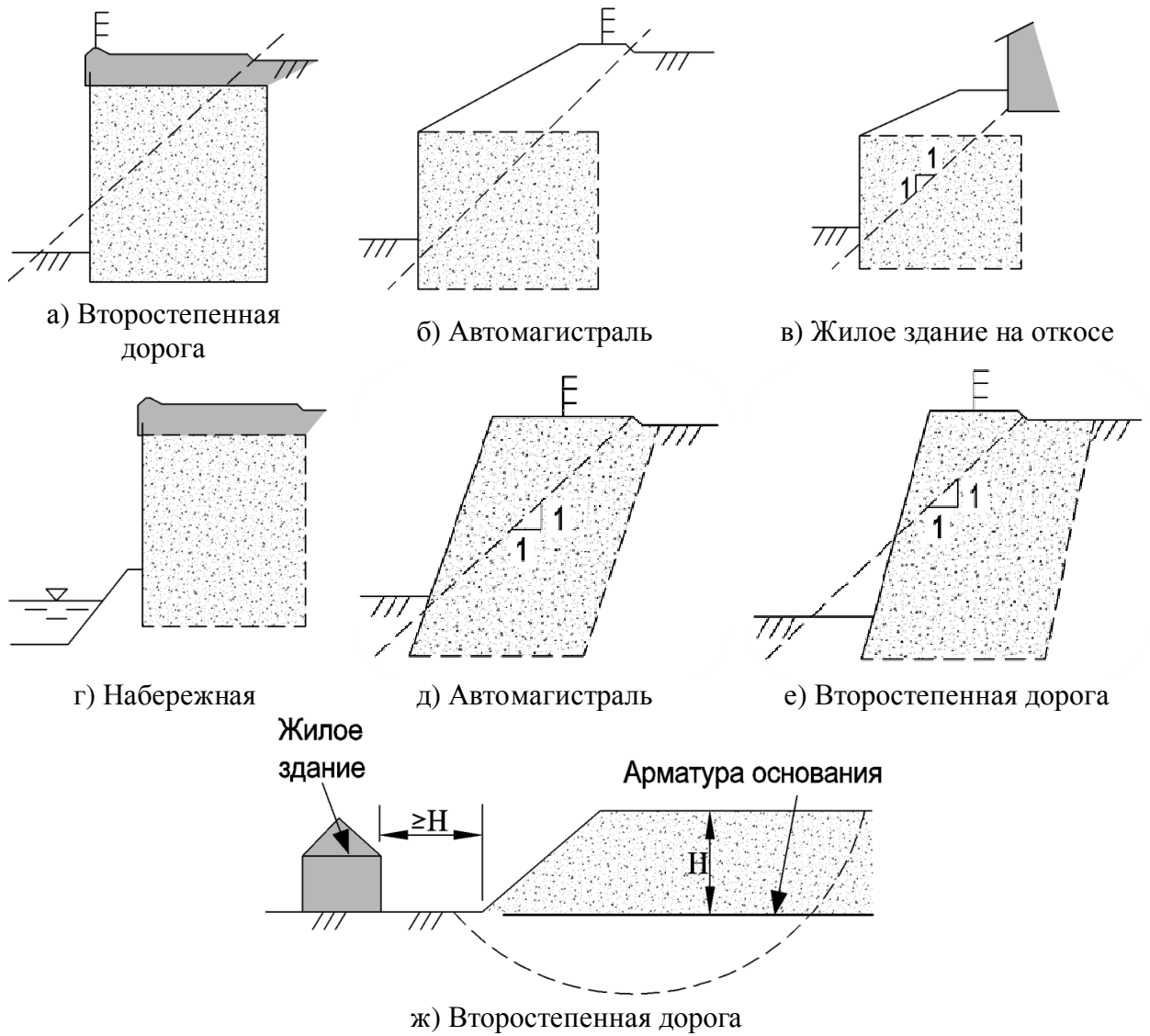


Рисунок 8.2 - Примеры сооружений 2-ой категории

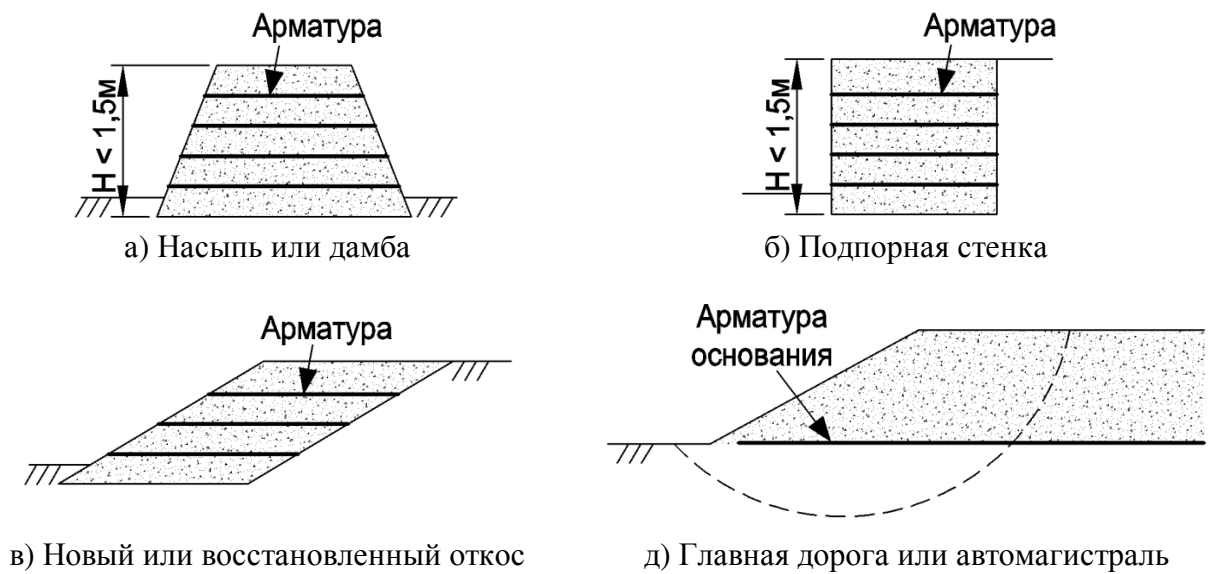


Рисунок 8.3 - Примеры сооружений 3-й категории

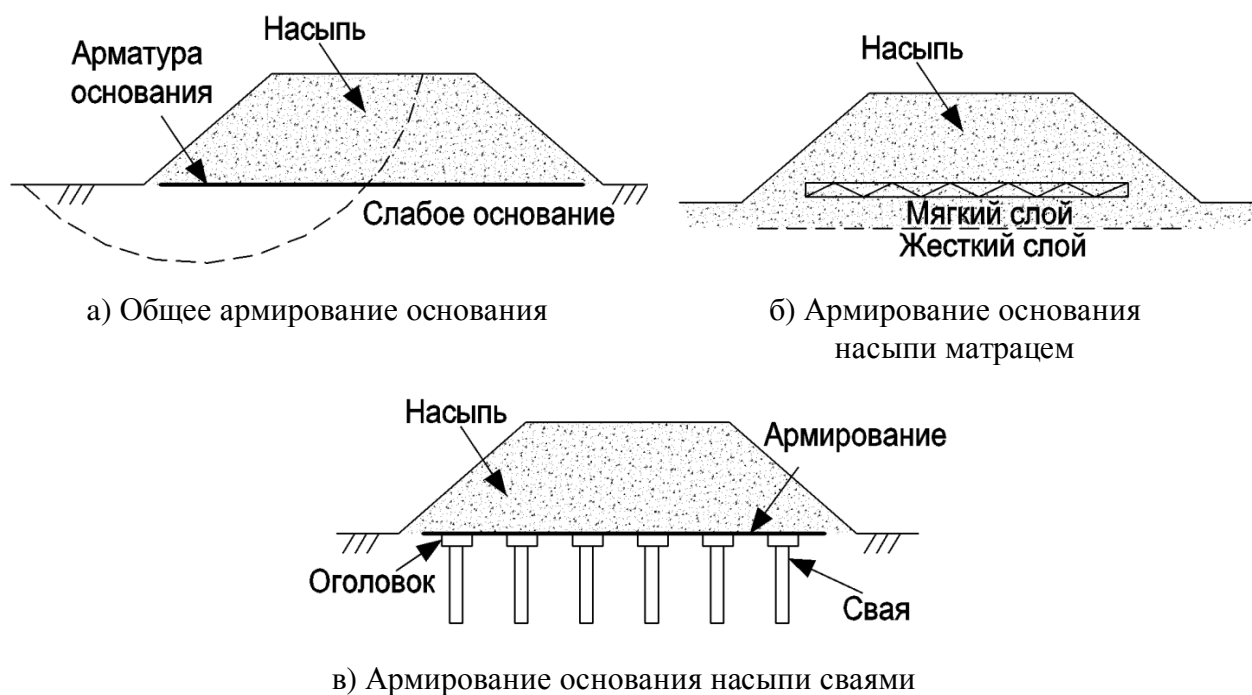


Рисунок 8.4 - Примеры армирования основания

8.1.10 При проектировании армогрунтовых сооружений по методу предельных состояний необходимо учитывать влияние массы грунта и внешних нагрузок с применением соответствующих коэффициентов, посредством которых вводятся коррективы на изменение напряженного состояния и физико-механических характеристик как грунта, так и материала армоэлементов в процессе эксплуатации. Значения таких коэффициентов приведены ниже (см. Таблица 8.2).

Таблица 8.2 - Рекомендуемые величины коэффициентов запаса

Удельные коэффициенты		Предельное состояние по разрушению	Предельное состояние по эксплуатационной надежности
Коэффициент нагрузки	Гомогенный грунт, например засыпка откоса	$f_{fs} = 1,5$	$f_s = 1,0$
	Внешние постоянные нагрузки, например линейные или сосредоточенные нагрузки	$f_f = 1,2$	$f_f = 1,0$
	Внешние динамические нагрузки, например нагрузка от дорожного движения (ГОСТ Р 52748)	$f_q = 1,3$	$f_q = 1,0$

Удельные коэффициенты		Предельное состояние по разрушению	Предельное состояние по эксплуатационной надежности
Коэффициенты для грунта	Применительно к $\tan\phi'$	$f_{ms} = 1,0$	$f_{ms} = 1,0$
	Применительно к c'	$f_{ms} = 1,0$	$f_{ms} = 1,0$
Коэффициенты для армоэлементов	Применительно к эксплуатационной нагрузке на армоэлемент	Таблица 8.3	
Коэффициенты взаимодействия в системе арматура-грунт	Проскальзывание перпендикулярно поверхности армоэлемента	$f_s = 1,3$	$f_s = 1,0$
	Выдергивание армоэлемента из грунта	$f_p = 1,3$	$f_p = 1,0$
Особые коэффициенты запаса	Применительно к проскальзыванию по основанию или любой поверхности, где имеется контакт грунт-грунт	$f_{ms} = 1,2$	-

8.1.11 При расчете арматуры рекомендуется использовать два основных коэффициента запаса, касающихся свойств материалов f_{m1} и f_{m2} . Коэффициент f_{m1} связан непосредственно со свойствами материала, а коэффициент f_{m2} - учитывает влияние конструкции сооружения и влияние окружающей среды. Каждый из этих коэффициентов состоит, в свою очередь, из нескольких коэффициентов, как это указано ниже (см. Таблица 8.3).

Таблица 8.3 - Разложение на составляющие коэффициентов запаса свойств материалов арматуры

Главный коэффициент	Составляющий коэффициент	Назначение
f_{m1}	f_{m11}	Учитывает возможное понижение качества материала в целом по сравнению с характеристическим значением, полученными из образцов, и возможные неточности в оценке сопротивления армоэлемента нагрузкам и деформациям, связанные с переходом от модели к реальной конструкции.
	f_{m12}	Учитывает экстраполяцию результатов испытания и принимает во внимание достоверность оценки применительно к выбран-

Главный коэффициент	Составляющий коэффициент	Назначение
		ному сроку службы. Этот коэффициент может измениться при изменении заданной долговечности сооружения
f_{m2}	f_{m21}	Учитывает восприимчивость к повреждениям, возникающим в процессе строительства.
	f_{m22}	Учитывает влияние окружающей среды, т.е. принимает во внимание различные внешние факторы, влияющие на долговечность материала

8.1.12 При расчете армогрунтовых сооружений допустимый предел прочности для полимерных элементов должен быть равен:

$$T_D = T_U / f_m$$

где: T_D – расчетная предельная нагрузка на армоэлемент;

f_m - коэффициент запаса материала для данной арматуры ($f_m \leq 1.5$);

T_U - предел прочности арматуры на растяжение.

$$f_m = f_{m1} + f_{m2};$$

$$f_{m1} = f_{m11} + f_{m12};$$

$$f_{m2} = f_{m21} + f_{m22}.$$

8.1.13 Расчетная нагрузки, в зависимости от вида, определяется по формуле:

$$F_d = f_f \times F_k$$

$$F_d = f_{fs} \times F_k$$

$$F_d = f_q \times F_k$$

где: F_d - расчетная нагрузка;

F_k - неразлагаемая на составляющие сила, эквивалентная самой опасной из возможных приложенных нагрузок;

f_{fs} - коэффициенты нагрузки, относящиеся к весу самого грунта;

f_f - коэффициенты нагрузки, относящиеся к внешним постоянным нагрузкам;

f_q - коэффициенты нагрузки, относящиеся к внешним временным нагрузкам.

8.1.14 Для крепежей и соединительных элементов облицовки армогрунтовых сооружений следует использовать такие же коэффициенты запаса, как и для основных армоэлементов сооружения.

8.1.15 При проектировании необходимо рассмотреть наиболее неблагоприятные вероятные комбинации нагрузок, воспринимаемых сооружением. Проектировщик должен гарантировать, что все возможные нагрузки будут рассмотрены в процессе проектирования. Подход для коэффициентов нагрузки, должен примениться к каждой компоненте комбинации нагрузок. Удельные коэффициенты, которые нужно применить к каждой компоненте различных комбинаций нагрузок (см. Таблица 8.4).

Таблица 8.4 - Рекомендуемые комбинации нагрузок

Фактор	Комбинации		
	А	В	С
Масса армированного грунта	$f_{fs} = 1,5$	$f_{fs} = 1,0$	$f_{fs} = 1,0$
Масса грунта над армоэлементами	$f_{fs} = 1,5$	$f_{fs} = 1,0$	$f_{fs} = 1,0$
Давление грунта, расположенного за стеной	$f_{fs} = 1,5$	$f_{fs} = 1,5$	$f_{fs} = 1,0$
Давление от транспортных средств на блок армогрунтового сооружения	$f_q = 1,5$	$f_q = 0$	$f_q = 0$
Давление от транспортных средств за блоком армогрунтового сооружения	$f_q = 1,5$	$f_q = 1,5$	$f_q = 0$

Примечание: Следует рассматривать самый плохой из возможных вариантов комбинации нагрузок. Для того чтобы гарантировать проведение анализа самой критической ситуации, должны быть проверены все комбинации нагрузок для каждого слоя арматуры.

Комбинация А - Эта комбинация предусматривает предельные значения всех нагрузок и поэтому обычно обеспечивает максимальные напряжения на армоэлементах и максимальное давление на основание.

Комбинация В - Эта комбинация предусматривает максимум опрокидывающей нагрузки при минимуме самой массы армированного грунта и дополнительных нагрузок от транспортных средств. Эта комбинация обычно регламентирует выбор

армоэлементов исходя из требований по вырыванию, причем обычно рассматривается самый плохой вариант для скольжения по основанию.

Комбинация С - Эта комбинация предусматривает постоянные нагрузки без удельных коэффициентов перегрузки. Она используется для определения осадки основания, а также для анализа напряженного состояния арматуры с целью проверки предела эксплуатационной надежности.

8.1.16 Комбинации статических нагрузок на армогорунтовое основание сооружений необходимо рассматривать в следующем сочетании (см. Рисунок 8.5):

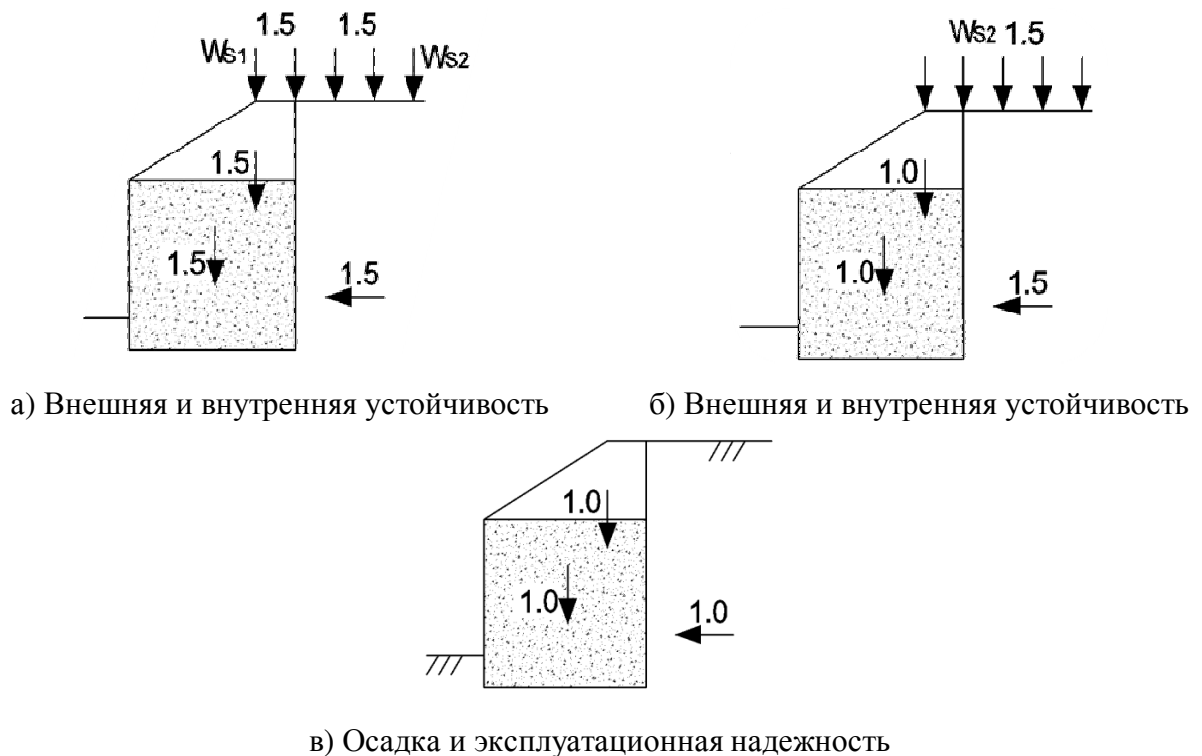


Рисунок 8.5 - Расчетные сочетания нагрузок и соответствующие коэффициенты запаса

8.1.17 При оценке общей устойчивости откоса, склона или сооружения рекомендуется сопоставлять расчетные значения показателей устойчивости K^p с

к

их нормативными значениями . Общую устойчивость можно считать обеспеченной при соблюдении условия:

к

$$K^p \geq$$

За нормативный показатель общей устойчивости следует принимать обобщенный коэффициент устойчивости , определяемый по формуле:

$$= K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 * K_m$$

где: K_1 - коэффициент, учитывающий надежность данных о прочностных и деформационных характеристиках грунтов рассматриваемого массива (Таблица 8.5); при малом числе исследованных образцов, когда расчетные параметры грунта получены с использованием коэффициентов, понижающих (ухудшающих) фактические значения рассматриваемых характеристик, целесообразно принимать $K_1 = 1$;

K_2 - коэффициент, учитывающий категорию дороги, для которой проектируется данный объект (Таблица 8.6);

K_3 - коэффициент, учитывающий класс (ответственность) проектируемого объекта (Таблица 8.7);

K_4 - коэффициент, учитывающий соответствие расчетной схемы естественным инженерно-геологическим условиям (Таблица 8.8);

K_5 - коэффициент, учитывающий вид грунта и его местонахождение (Таблица 8.9);

K_m - коэффициент, учитывающий особенности метода расчета; его величину рекомендуется принимать по ниже приведенной таблице (см. Таблица 8.10) на основе имеющихся фактических материалов по уче-

ту степени устойчивости возведенных сооружений и результатов расчета этих сооружений на стадии проектирования в пределах от 0,8 до 1,1; в случае применения метода Терцаги-Крея рекомендуется принимать $K_m = 1$.

Таблица 8.5 - Значение коэффициента K_1

Степень изученности грунта	Величина K_1
Отличная: грунт исследован большим числом опытов; изучена работа аналогичных сооружений, построенных с использованием данного вида грунта и сохраняющих устойчивость не менее 10 лет	1,0
Хорошая: число исследованных образцов грунта не менее 5; в природных условиях грунт изучен мало; имеются отдельные сведения о нормальном состоянии сооружений, построенных с использованием данного грунта	1,05
Удовлетворительная: число исследованных образцов грунта не менее 3; о работе сооружений в аналогичных условиях сведений не имеется	1,1

Таблица 8.6 - Значение коэффициента K_2

Автомобильные дороги	Категория дороги	Величина K_2
	I и II	1,03
	III - V	1,00

Таблица 8.7 - Значение коэффициента K_3

Уровень ответственности проектируемого объекта (ГОСТ 54257)	Величина K_3
I - Повышенный	1,2
II - Нормальный	1,1
III - Пониженный	1,0

Таблица 8.8 - Значение коэффициента K_4

Соответствие расчетной схемы местным условиям	Величина K_4
Полное: плоскости ослабления грунтового массива явно выражены, грунт однородный	1,0
Приближенное: не имеется достаточного обоснования для выбора расчетной схемы, задача решается методом итераций	1,05

Таблица 8.9 - Значение коэффициента K_5

Вид грунта			
Основания	Насыпи	Массив в естественном залегании	Величина K_5
Песок	Дренарующий	Дренарующий	1,0
Песок	Глинистый	Дренарующий	1,03
Глинистый	Песок	Дренарующий	1,03
Глинистый	Глинистый	Глинистый	1,05

Таблица 8.10 - Значение коэффициента K_m

Метод расчета	Величина K_m
Маслова-Берера	0,8
Терцаги-Крея, Шахунянца	1,0
Другие методы	/

Примечание: - расчетные величины коэффициента устойчивости рассматриваемого объекта, установленные по методу соответственно Терцаги-Крея и другому методу при одних и тех же расчетных характеристиках грунтов.

8.1.18 В случае если подпорная стена или насыпь в плане образует внешний угол (Рисунок 8.6), то для расчетной нагрузки следует применять повышающий коэффициент запаса $f_{ce} = 1,2$.



Рисунок 8.6 - Формы сооружения в плане, образующие "внешний угол"

8.1.19 В случае, если подпорная стена имеет форму внутреннего угла (Рисунок 8.7) или примыкает к существующим условно неподвижным (Рисунок 8.8, Рисунок 8.9), опорные части мостовых конструкций и т.п., то для расчетной нагрузки допускается применять понижающий коэффициент $f_{ci} = 0,9$.



Рисунок 8.7 - Форма внутреннего угла

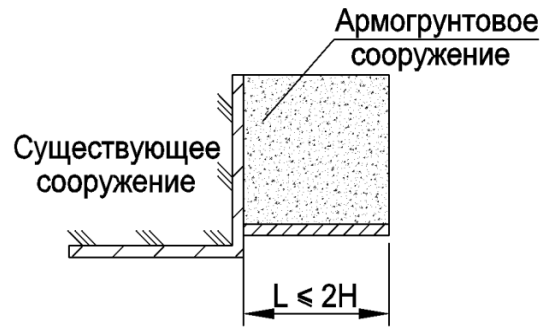


Рисунок 8.8 - Примыкание к существующему сооружению

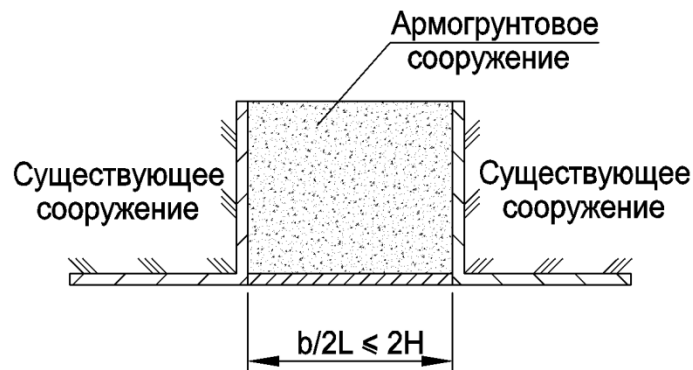


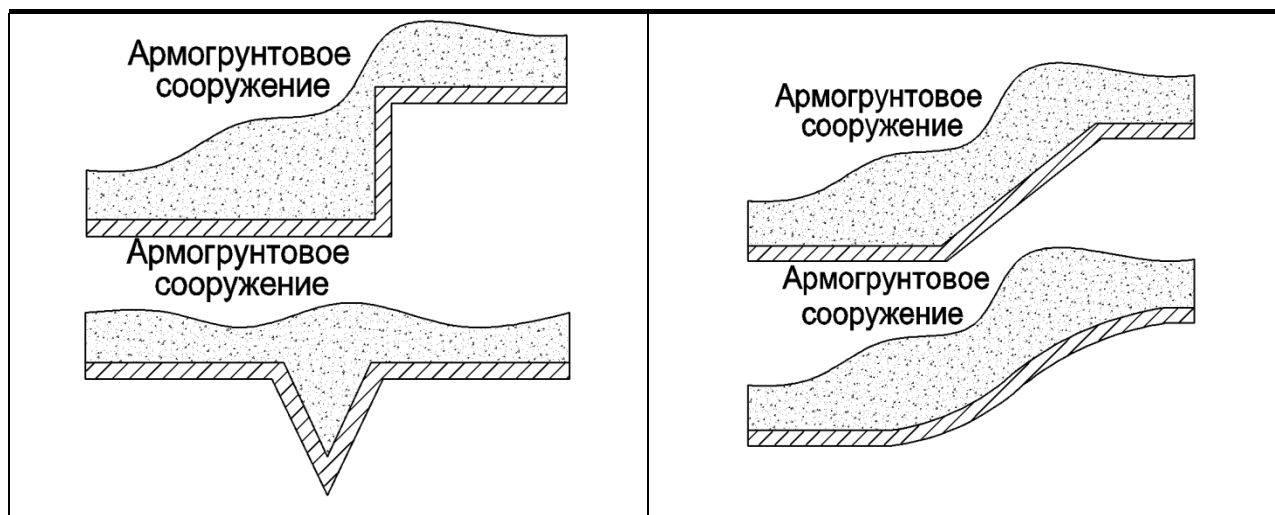
Рисунок 8.9 - Сооружение возводится между двумя существующими сооружениями

8.1.20 Сооружениям из армированного грунта рекомендуется придавать в плане форму прямой линии или гладкой кривой.

Рекомендуется избегать устройства внешних углов и зигзагов (Таблица 8.11). При необходимости устройства острых внешних углов дефицит длины анкеровки арматуры допускается компенсировать за счет цементации грунта засыпки или другого способа повышения связности грунта. В этом случае следует проверять совместимость деформаций укрепленного и неукрепленного участка и конструктивно обеспечивать плавное изменение жесткости грунтового массива.

Таблица 8.11 - Формы сооружений в плане

Не рекомендуемые формы сооружений в плане	Рекомендуемые формы сооружений в плане
---	--

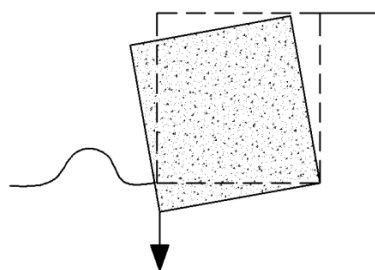


8.2 Расчет армогрунтовых стен

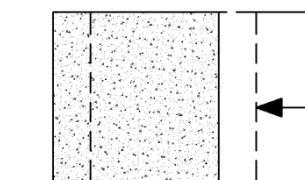
8.2.1 При расчете армогрунтовых стен следует производить оценку общей и местной устойчивости. Устойчивость должна быть оценена как с точки зрения работоспособности основания, так и с точки зрения соскальзывания по критической (плоской или криволинейной) поверхности скольжения проходящей как через сооружение, так и за его пределами (Рисунок 8.10).

При расчете осадок и кренов необходимо учитывать деформации, возникающие как за счет сжимаемости основания, так и за счет деформаций грунта сооружения (Рисунок 8.11).

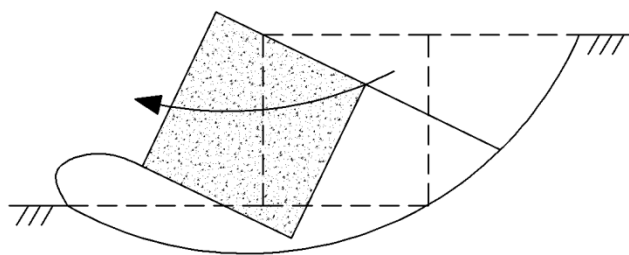
8.2.2 Оценка потенциальных плоскостей скольжения должна быть проведена для каждой из типичных точек а, б, с, и т.д., совпадающих с местом пересечения лицевой поверхности и армирующей прослойки сооружения (Рисунок 8.12).



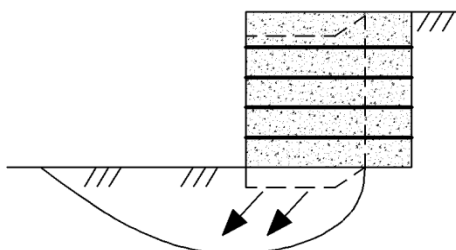
а) Опрокидывание



б) Горизонтальный сдвиг

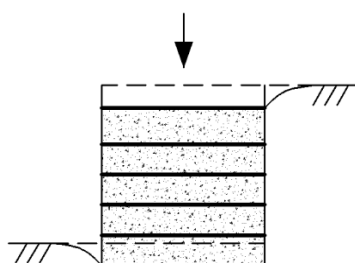


в) Скольжение по криволинейной поверхности

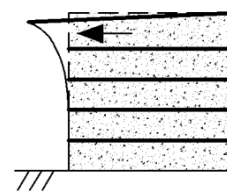


г) Поверхность скольжения, пересекающая сооружение

Рисунок 8.10 - Примеры предельных состояний устойчивости



а) Осадка основания



б) Деформация стены

Рисунок 8.11 - Примеры состояния предела эксплуатационной надежности, нарушения общей и местной устойчивости

8.2.3 В случае, если армогрунтовое сооружение возводится в непосредственной близости от другого сооружения, то следует рассмотреть взаимное влияние сооружений на их устойчивость. Такую оценку следует, как правило, выполнять с учетом этапности строительства обоих сооружений. При невозможности учета этапности строительства допускается провести соответствующее объединение сооружений с представлением комплекса в виде единого сооружения, состоящего, по меньшей мере, из двух отдельных конструкций.

8.2.4 Устойчивость против скольжения любой части армированной стены по любой горизонтальной плоскости следует рассматривать для тех поверхностей раздела, где использованы:

- а) засыпка по засыпке в пределах любого слоя;

- б) пленочные армоэлементы в любом слое засыпки;
- в) армоэлементы и засыпка в любом слое засыпки.

8.2.5 При оценке местной устойчивости каждый армоэлемент слоя должен быть оценен с точки зрения его прочности на разрыв как на этапе строительства, так и на этапе эксплуатации для всех расчетных сочетаний нагрузки.

8.2.6 При назначении допустимой величины осадки, следует учитывать как тип проектируемого сооружения, так и любое смежное сооружение или конструкцию, чувствительную к перемещениям основания. Расчет осадки основания армогрунтовых сооружений проводят согласно требований СНиП 2.02.01 или других апробированных методик.

8.2.7 Предельные допуски на неравномерные осадки армогрунтовых сооружений следует назначать в соответствии с приведенной ниже таблицей (см. Таблица 8.12).

Таблица 8.12 - Предельные допуски на неравномерность осадки

Максимальная неравномерная осадка	Комментарии
1/1000	Особо важные сооружения, назначенные Заказчиком из числа объектов I-уровня ответственности по ГОСТ 54257
1/200	На полновысотных панельных бетонных облицовках чувствительность к осадкам можно регулировать открытием или закрытием швов
1/100	Нормальный безопасный предел для сооружений со сборными облицовочными неполновысотными бетонными панелями
1/50	Нормальный безопасный предел для полуэллиптических стальных элементов облицовки. Неполновысотные бетонные облицовочные панели можно использовать с закрытыми швами при выполнении специальных мероприятий

Максимальная неравномерная осадка	Комментарии
>1/50	Мягкие облицовки способны воспринимать деформации без потери работоспособности

8.2.8 Деформации на фасадах и верхней поверхности сооружения не должны выходить за предписанные пределы. Такие пределы могут быть обусловлены следующими факторами:

- а) лицевая поверхность стены должна иметь визуально приемлемый вид и не должна иметь выпуклостей, локальных выпоров и аналогичных дефектов;
- б) фасады должны быть образованы плавными криволинейными или плоскими поверхностями;
- в) лицевая поверхность стены не должна терять выше указанную форму и не должна послужить причиной повреждения материала облицовки. В случае применения для облицовки бетона или природного камня к подобным повреждениям можно отнести расхождение швов и образование трещин.

8.2.9 Для каждой из типичных точек а, б, с, d и т.д (расположенных через каждые 2 ряда георешетки). должна быть проведена оценка потенциальных плоскостей скольжения (Рисунок 8.12).



Рисунок 8.12. Оценка потенциальных поверхностей скольжения

8.2.10 Удерживающее усилие отдельного слоя армоэлементов должно быть выбрано, как минимальное из:

- а) сил трения на поверхностях взаимодействия грунта с армоэлементами;
- б) сопротивлений слоя армоэлементов разрыву.

8.2.11 Для конечного предельного состояния и для состояния предела эксплуатационной надежности коэффициент грунтового давления должен быть принят равным K_o и должен линейно уменьшаться по высоте сооружения до значения K_a на высоте 6м ниже верха сооружения (Рисунок 8.13). Расчеты как по конечному предельному состоянию, так и состоянию предела эксплуатационной надежности следует выполнять на величину активного давления грунта K_a .

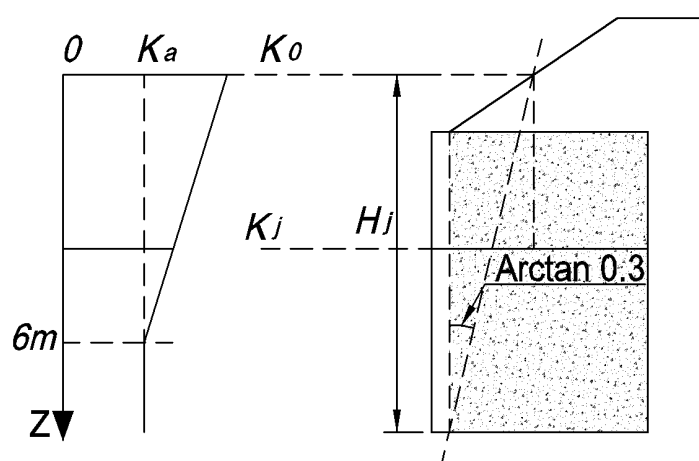


Рисунок 8.13 - Изменение величины грунтового давления с высотой по методу обобщенных сил

$$K = K_o (1 - z/z_o) + (K_a z/z_o) \text{ для } z \leq z_o$$

$$K = K_a \text{ для } z \geq z_o$$

где z_o - глубина залегания арматуры, измеренная от верхнего горизонта сооружения H_j .

8.2.12 При наличии полосовой нагрузки на поверхности сооружения следует проверять напряжения в арматуре в следующих местах:

- а) в месте соединения с облицовкой;

- б) в месте пересечения армирующего элемента с расчетной поверхностью обрушения, проходящей через центр полосовой нагрузки (линия 1 на Рисунок 8.14);
- в) в месте пересечения армирующего элемента с расчетной поверхностью обрушения, проходящей через край полосовой нагрузки (линия 2 на Рисунок 8.14);
- г) в уровне грунтовых вод (УГВ), как внутри сооружения, так и в стоячей воде снаружи;
- д) в уровне изменения типа армирующего материала.

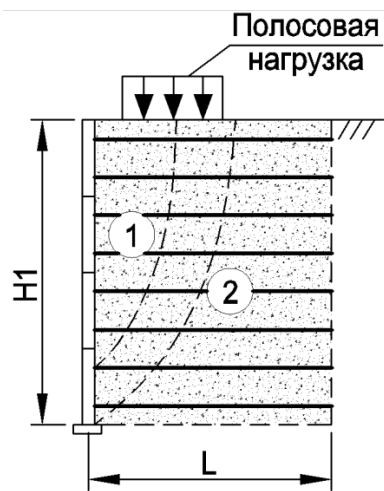


Рисунок 8.14 - Линии максимальных напряжений для сооружений с полосовой нагрузкой

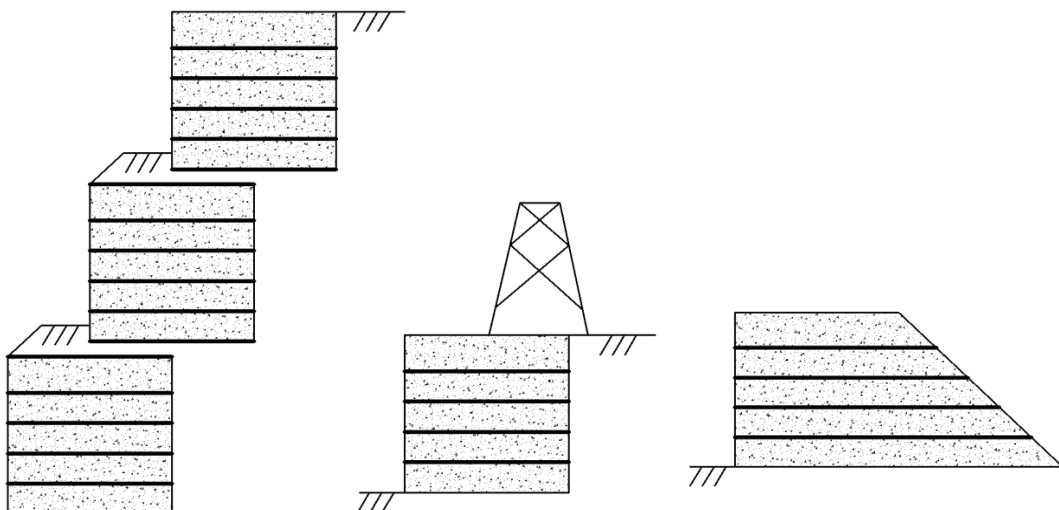


Рисунок 8.15 - Примеры сооружений, требующих анализа общей устойчивости

8.2.13 В случае, если сооружение имеет сложную геометрию или воспринимает дополнительные сосредоточенные нагрузки, следует производить про-

верку общей устойчивости всего комплекса сооружений. Примеры сооружений, применительно к которым следует проводить подобную оценку, представлены выше (см. Рисунок 8.15).

8.2.14 Облицовки должны выполняться таким образом, чтобы они были способны воспринять следующие нагрузки:

- а) горизонтальное грунтовое давление и соответствующую реакцию арматуры, возникающее при взаимодействии арматуры с облицовкой;
- б) монтажные усилия, возникающие при установке облицовочных элементов;
- в) вертикальные силы сдвига, возникающие в результате относительного перемещения облицовки и засыпки, вместе с любыми дополнительными нагрузками, вызывающими деформацию растяжения;
- г) прочие внешние нагрузки (временные или постоянные), предусмотренные техническим заданием.

8.2.15 При вычислении допустимой нагрузки на металлическом соединительном элементе необходимо учесть эффекты коррозии (за исключением участков, где обеспечена надежная защита от коррозии на весь срок службы соединения) следующим образом:

- а) толщина прокорродировавшего слоя, устанавливаемая в соответствии с Таблица 8.13, должна быть вычтена из первоначальной толщины всех деталей соединительного элемента, контактирующих с грунтом;
- б) толщина слоя, прокорродировавшего за половину проектного срока эксплуатации (см. Таблица 8.13), должна быть вычтена из общей толщины деталей соединения со стороны внутренней поверхности последних, в случае контактирования с другими металлическими деталями.

Все прочностные характеристики деталей соединения должны рассчитываться исходя из размеров сечений, полученных с учетом уменьшения сечения в результате коррозии.

Таблица 8.13 - Толщина слоя, который может быть уничтожен на любой поверхности армоэлемента за счет коррозии

Срок службы сооружения, лет	Материал арматуры	Толщина слоя, мм	
		Арматура без воды	Арматура в пресной воде
5	Ч	0,25	0,25
	Э	0	0
	Н	0	0
10	Ч	0,35	0,40
	Э	0	0
	Н	0	0
50	Ч	1,15	1,55
	Э	0,30	0,55
	Н	0,05	0,07
60	Ч	1,35	1,68
	Э	0,38	0,63
	Н	0,05	0,09
70	Э	0,45	0,70
	Н	0,05	0,10
120	Э	0,75	1,0
	Н	0,10	0,20

Примечание: Ч - черная сталь (без электролитического покрытия);
Э - сталь с электролитическим покрытием; Н - нержавеющая сталь.

8.2.16 В деталях, воспринимающих осевую растягивающую нагрузку, растягивающее напряжение определяется по формуле:

$$\sigma_c = \frac{T_c}{a_c} \leq \frac{\sigma_t}{f_m f_n}$$

где: T_c - максимальное приложенное к детали растягивающее усилие;

a_c - площадь сечения, воспринимающего растягивающее напряжение;

σ_t - предел прочности на разрыв;

f_m - коэффициент, касающийся свойств материала;

f_n - коэффициент учета экономических последствий при разрушении.

8.2.17 Соединительные элементы, воспринимающие изгибающие нагрузки, должны быть рассчитаны таким образом, чтобы полностью исключалось бо-

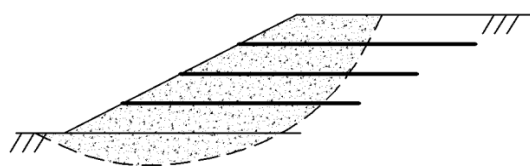
ковое выпучивание облицовки, ограничивающей грунтовую массу, и имелась возможность рассматривать грунтовый массив, как тело, полностью воспринимающее боковое давление.

8.2.18 При расчетах устойчивости армогрунтовых сооружений в районах с повышенной сейсмичностью, сейсмические силы допускаются считать приложенными квазистатически. При этом, величину сейсмического воздействия рекомендуется принять равной 0,025; 0,05 и 0,1g при 7, 8 и 9 баллах, соответственно, а направление воздействия - наихудшее для расчетного сочетания нагрузок.

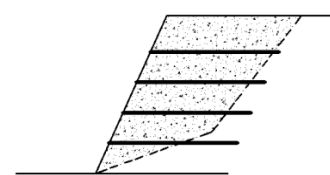
8.2.19 Если армогрунтовое сооружение является основанием для другого сооружения, то величину расчетного сейсмического воздействия на последнее следует определить по СП 14.13330.

8.3 Расчет армогрунтовых насыпей

8.3.1 При оценке общей и местной устойчивости армогрунтового сооружения следует учитывать, что по мере изменения угла откоса сооружения может существенно меняться форма и положение критической поверхности обрушения (Рисунок 8.16).



а) Пологие откосы, с углом меньшим или равным 45°



б) Крутые откосы, с углом большим 45°

Рисунок 8.16 - Типичные формы критических поверхностей обрушения

8.3.2 К конечным предельным состояниям, которые следует рассмотреть при проектировании армогрунтовых насыпей, относятся:

- а) внешняя (общая) устойчивость:
 - проседание пяты откоса (Рисунок 8.17а);
 - горизонтальное смещение (Рисунок 8.17б);

- опрокидывание всего блока армированного грунта (Рисунок 8.17в);
- б) местная устойчивость:
- разрушение при разрыве отдельных армоэлементов (Рисунок 8.18а);
 - разрушение при разрыве соединительных элементов (Рисунок 8.18б);
- в) общая внутренняя устойчивость:
- разрушение при разрыве отдельных армоэлементов (Рисунок 8.19а);
 - разрушение при растяжении соединительных элементов (Рисунок 8.19б).

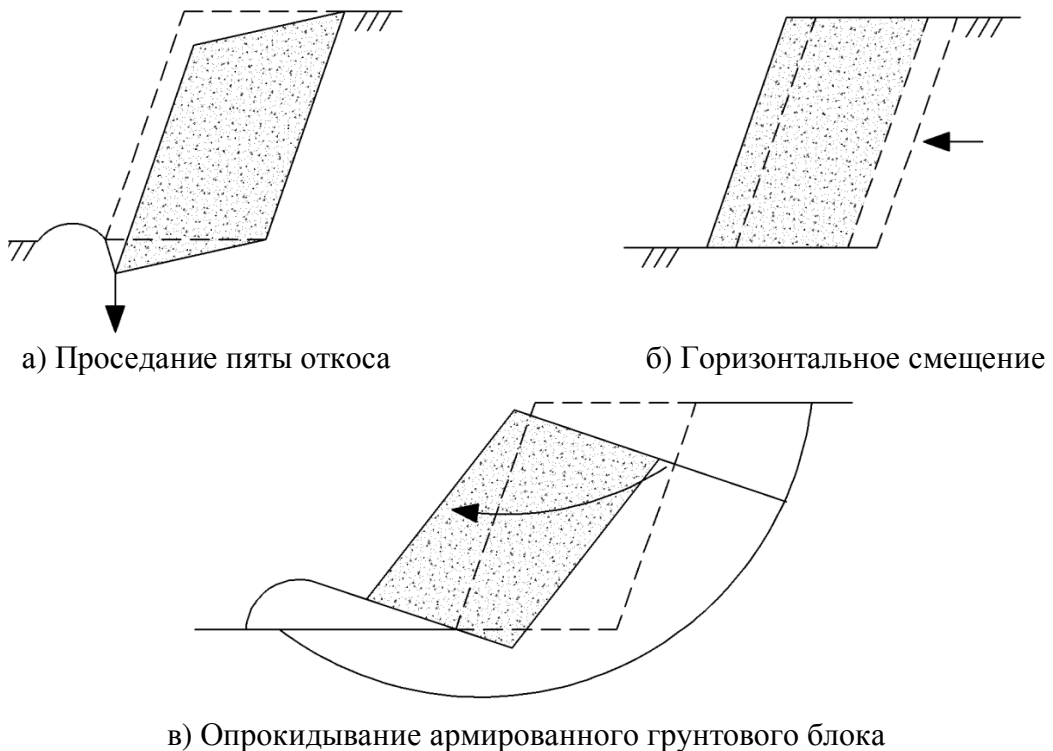


Рисунок 8.17 - Примеры предельных состояний внешней (общей) устойчивости

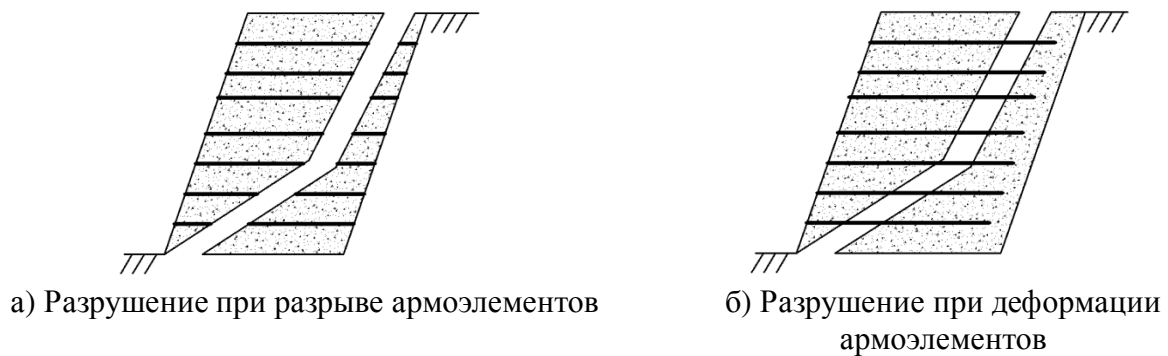
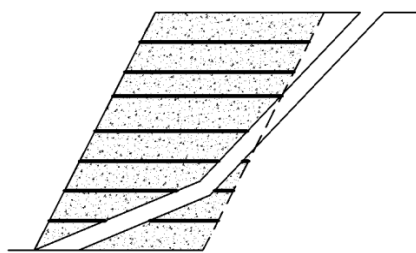
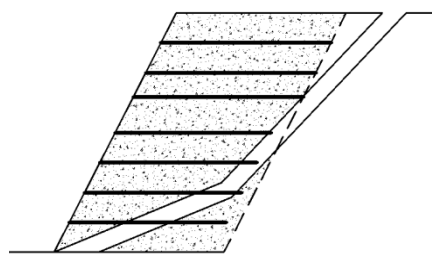


Рисунок 8.18 - Примеры предельных состояний внутренней местной устойчивости



а) Разрушение при разрыве армоэлементов



б) Разрушение при деформации армоэлементов

Рисунок 8.19 - Примеры предельных состояний общей внутренней устойчивости

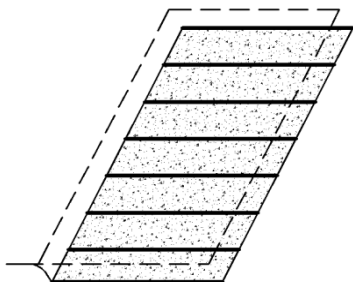
8.3.3 При проектировании армогрунтовых насыпей следует рассматривать состояние предела эксплуатационной надежности, которое включает:

а) внешнюю устойчивость:

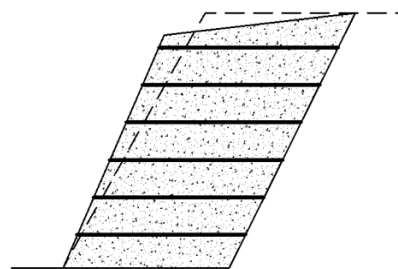
- осадка основания откоса (Рисунок 8.20а).

б) внутреннюю устойчивость:

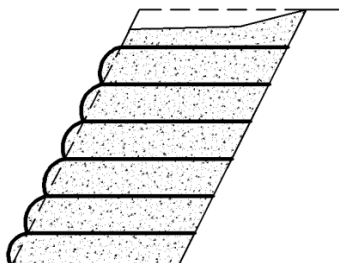
- деформация армоэлементов при эксплуатации после завершения строительства (Рисунок 8.20б);
- деформация ползучести в процессе эксплуатации, обусловленная смещением мелких частиц грунта в условиях изменившегося водонасыщения грунта (Рисунок 8.20в).



а) Осадка основания откоса



б) Деформация армоэлементов



в) Деформация ползучести под влиянием мелких частиц засыпки

Рисунок 8.20 - Примеры состояний предела общей эксплуатационной надежности

8.4 Расчет армогрунтовых насыпей на слабых грунтах

8.4.1 При расчете армогрунтовых насыпей на слабых грунтах необходимо использовать коэффициенты корректировки, приведенные ниже (см. Таблица 8.14).

Таблица 8.14 - Сводка коэффициентов, используемых для расчета армогрунтовых насыпей на слабых грунтах

Удельные коэффициенты		Предельное состояние по разрушению	Предельное состояние по эксплуатационной надежности
Коэффициент нагрузки	Гомогенный грунт, например засыпка откоса	$f_{fs} = 1,3$	$f_{fs} = 1,0$
	Внешние постоянные нагрузки, например линейные или сосредоточенные нагрузки	$f_f = 1,2$	$f_f = 1,0$
	Внешние динамические нагрузки на пример нагрузка от дорожного движения	$f_q = 1,3$	$f_q = 1,0$
Коэффициенты для грунта	Применительно к $\tan\phi'_p$	$f_{ms} = 1,6$	$f_{ms} = 1,0$
	Применительно к c'	$f_{ms} = 1,0$	$f_{ms} = 1,0$
Коэффициенты для армоэлементов	Применительно к эксплуатационной нагрузке на армоэлемент	Значения коэффициента зависит от типа используемой арматуры и расчетного срока ее службы (см. Таблица 8.3)	
Коэффициенты взаимодействия в системе арматура-грунт	Проскальзывание перпендикулярно поверхности армоэлемента	$f_s = 1,3$	$f_s = 1,0$
	Выдергивание армоэлемента из грунта	$f_p = 1,3$	$f_p = 1,0$

8.4.2 При расчете армогрунтовых насыпей на слабом и очень слабом основании необходимо использовать следующие методы:

- а) методы, где арматура используется для повышения устойчивости насыпей, не преследующие целей изменения осадки сооружений (Рисунок 8.21).

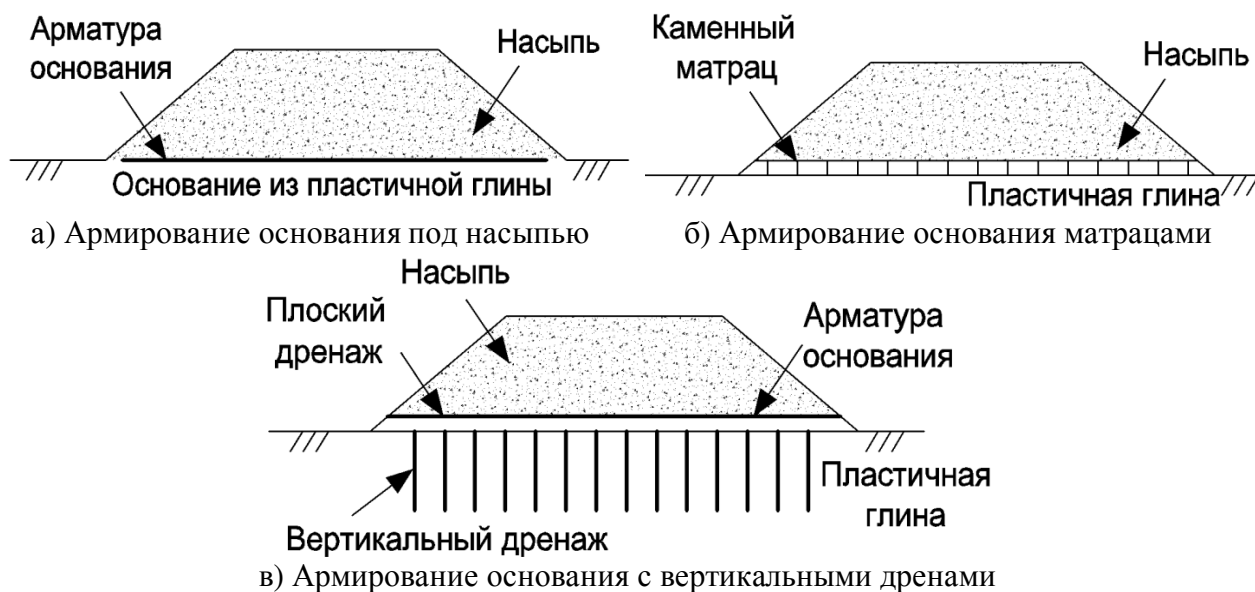


Рисунок 8.21 - Армирование основания для повышения устойчивости насыпи с начального момента строительства

- б) методы, где арматура используется в качестве элементов системы стабилизации основания, повышающей устойчивость сооружения и предотвращающей осадку насыпи (Рисунок 8.22).

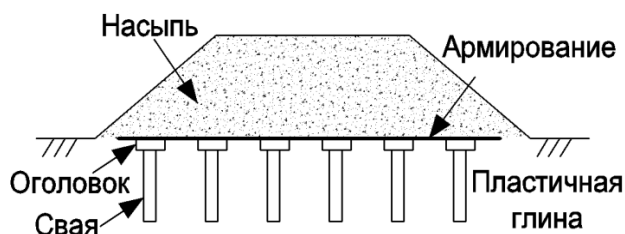


Рисунок 8.22 - Насыпь на свайном основании с армированием низа насыпи

8.4.3 К конечным предельным состояниям, которые следует рассмотреть при проектировании армогрунтовых насыпей на слабых грунтах, относятся:

- а) разрушение свай из-за превышения их несущей способности (Рисунок 8.23а);
- б) обрушение за пределами (Рисунок 8.23б);
- в) превышение допустимой вертикальной нагрузки на оголовки свай (Рисунок 8.23в);

г) потеря боковой устойчивости засыпки насыпи (Рисунок 8.23г);

д) потеря общей устойчивости насыпи на сваях (Рисунок 8.23д).

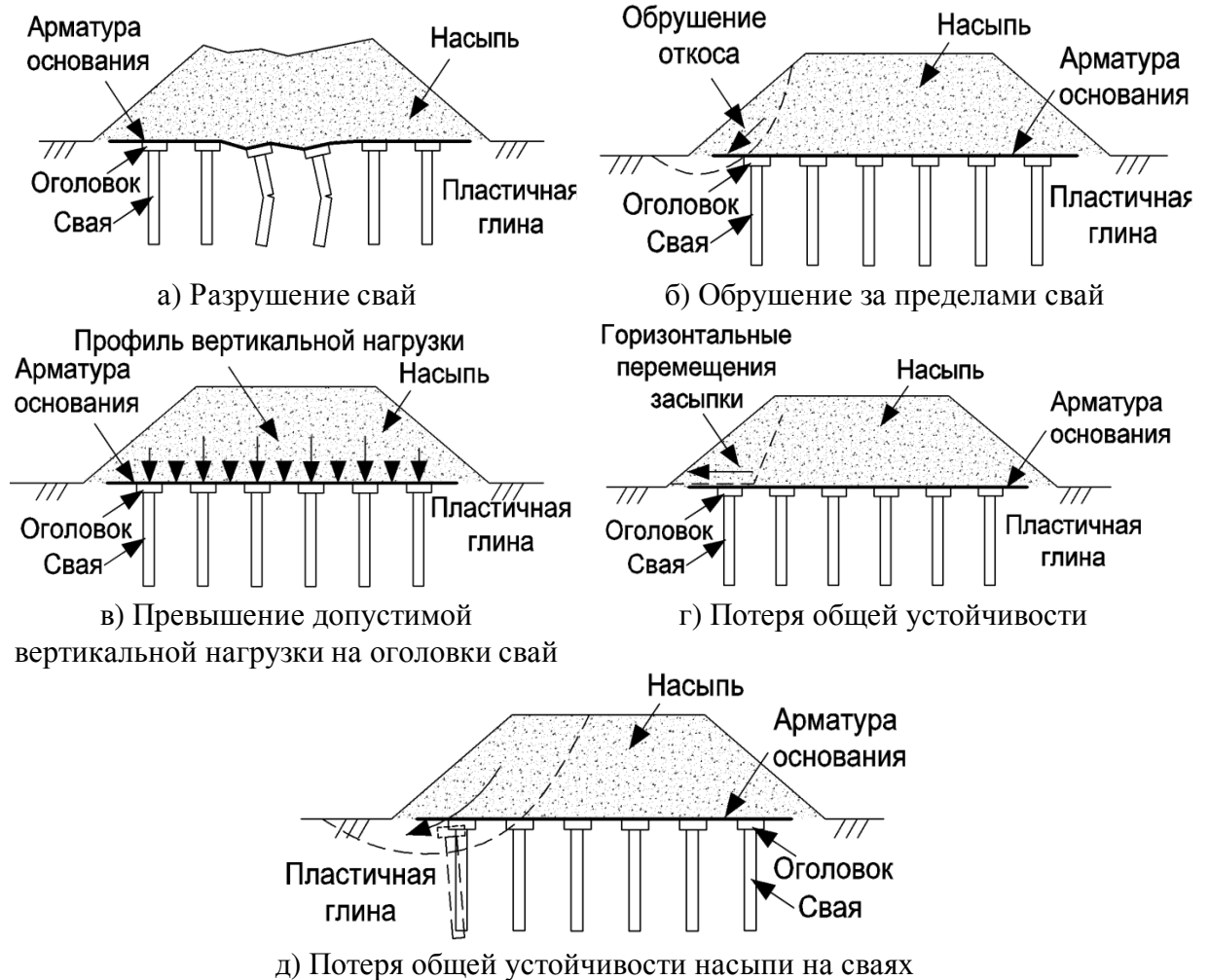


Рисунок 8.23 - Конечные предельные состояния насыпей на свайном основании

8.4.4 Состояния предела эксплуатационной надежности достигается в случаях:

- а) чрезмерной деформации арматуры из-за продавливания между элементами усиления основания (Рисунок 8.24а);
- а) чрезмерной деформации арматуры из-за неравномерных или больших осадок элементов усиления основания (Рисунок 8.24б).

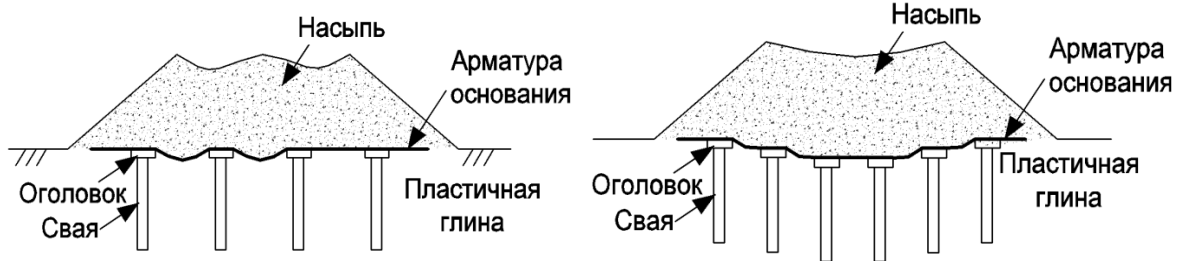


Рисунок 8.24 - Состояния предела эксплуатационной надежности

9 Конструирование

При разработке конструкций армогрунтовых сооружений рекомендуется пользоваться следующими общими принципами:

- а) "равнопрочности" – т.е. сооружение рекомендуется конструировать так, чтобы запасы прочности в отдельных узлах и деталях примерно соответствовали общим запасам сооружения как целого, но были больше его;
- б) "технологичности" – т.е. разрабатываемая конструкция должна соответствовать как общим технологическим подходам армогрунтовых сооружений, так и специфическим особенностям данной конструкции;
- в) "экологичности" – т.е. сооружение не должно существенно нарушать естественный ландшафт территории, изменять направление и интенсивность водных потоков и содержать материалы не совместимые с геологической и биологической средой;
- г) "энергоэффективности" – т.е. конструкция сооружения должна быть такой, чтобы общие затраты энергоресурсов на строительство и эксплуатацию были бы минимальными или рационально обоснованными. Для этого рекомендуется, например, максимально использовать местные грунты в обратной засыпке (при условии их соответствия всем требованиям).

9.1 Принципы конструирования

9.1.1 Проектирование армогрунтовых сооружений рекомендуется выполнять в соответствии с блок-схемой, изображенной ниже (см. Рисунок 9.1).

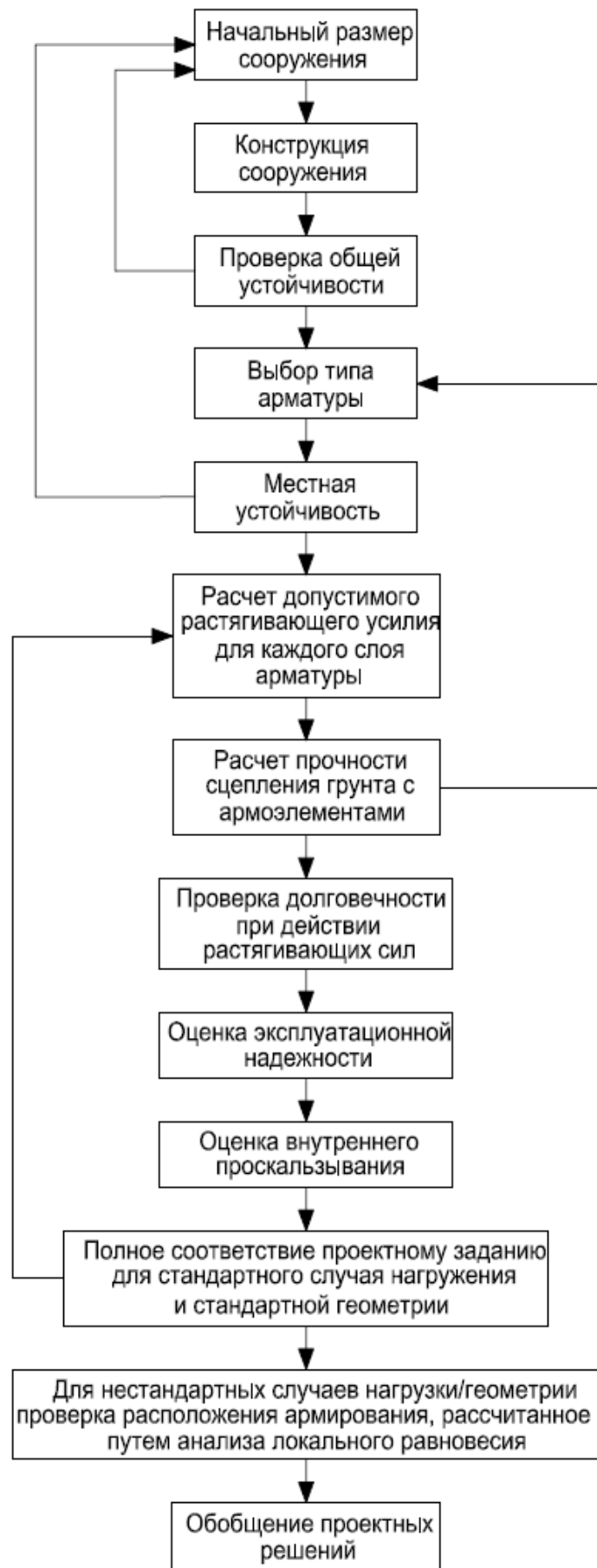


Рисунок 9.1 - Блок-схема проектирования армогрунтовых сооружений

9.1.2 Перед началом конструирования рекомендуется проанализировать следующие факторы, влияющие на выбор конструкции армогрунтовых сооружений:

- а) геологические условия и характер рельефа;
- б) условия окружающей среды;
- в) размер и характер конструкции;
- г) эстетику;
- д) долговечность;
- е) критерии эффективности;
- ж) наличие местных материалов;
- и) опыт работы с конкретными системами;
- к) стоимость.

9.1.3 При разработке конструкций армогрунтовых сооружений следует учитывать ряд факторов, влияющих на поведение сооружений (Таблица 9.1).

Таблица 9.1 - Факторы, влияющие на работоспособность армогрунтового сооружения

Арматура	Грунт	Строительство
Материал Долговечность Форма Свойства поверхности Размеры Прочность Жесткость	Размер и форма частиц Грансостав Тип грунта Минералогический состав Возраст породы	Технология строительства Технология уплотнения Ручные операции
Расположение арматуры	Состояние грунта	Сооружение
Местоположение Расстояние между слоями Ориентация (в плане и по высоте)	Плотность Однородность Напряженно-деформированное состояние Водонасыщенность Дренированность	Геометрия Срок эксплуатации Свойства основания

9.1.4 Перед конструированием армогрунтового сооружения, определением необходимого количества и размеров арматуры или армирующих элементов, целесообразного их размещения, расчетом несущей способности и деформируемости, выбором оптимальных способов производства работ с учетом требований экономичности, надежности и экологической безопасности принято-

го конструктивного решения необходимо уточнить следующие исходные данные:

- а) генплан участка с контурами и отметками заложения существующих и возводимых зданий, сооружений и коммуникаций;
- б) конструкции и габариты фундаментов и подземных конструкций, примыкающих к возводимому объекту;
- в) назначение, класс, габариты проектируемого геомассива и нагрузки на него (Рисунок 9.2);
- г) характер и величины передаваемых нагрузок на основание до или в процессе возведения и при эксплуатации сооружения с использованием армированного грунта;
- е) отчет по инженерно-геологическим и гидрогеологическим изысканиям строительной площадки;
- ж) результаты испытаний (если таковые проводились) армирующих элементов или армированных конструкций в грунтовых условиях строительной площадки;
- и) сведения о предполагаемой подрядной и субподрядной организациях, производящих работы по армированию грунта на объекте, с оценкой их возможностей и технического вооружения.



Рисунок 9.2 - Основные типы армогрунтовых стен

9.1.5 При проектировании армогрунтовых сооружений обязательным этапом является оценка долговечности. Ниже представлена рекомендуемая классификация долговечности армогрунтовых сооружений различного назначения (см. Таблица 9.2).

Таблица 9.2 -Классификация долговечности армогрунтовых сооружений

Категория сооружений	Срок службы, год	Пример
Временные	1-2	Спецсооружения на строительной площадке
Малый срок службы	5-10	Спецсооружения на строительной площадке. Армированные основания малоценных объектов и технологических дорог
Средний срок службы	10-50	Основания и сооружения на дорогах к шахтам, карьерам, промыслам и т.п. объектам с ограниченным сроком полезности
Длительный срок службы	60	Прибрежные сооружения и насыпи на автодорогах
	70	Подпорные стены
	120	Подпорные стены на автодорогах и устоях мостов

При выборе категории сооружения по долговечности необходимо принимать во внимание:

- а) результаты инженерно-геологических изысканий;
- б) схему нагружения и условия окружающей среды;
- в) требования в отношении обработки, хранения и размещения элементов армогрунтовой конструкции;
- г) степень контроля качества строительства;
- д) необходимость согласования используемых коэффициентов безопасности с категорией сооружения;
- е) допускаются ли какие-либо повреждения в течение срока службы.

9.1.6 При прогнозировании долговечности сооружения следует рассмотреть возможность проявления в процессе его эксплуатации:

- а) агрессивных биологических или химических факторов (потенциальные проблемы, связанные с поверхностными сточными водами от вышележащих территорий и солями, выделяющимися в процессе эксплуатации со-

оружения из щебня, использованного при строительстве автомагистралей противогололедными препаратами и т.д.);

б) локального повышения температуры (пожар вблизи сооружения и т.д.);

в) сейсмического воздействия.

9.1.7 При определении категории сооружения по долговечности следует учитывать специфику перевозимых по дороге грузов и возможность повреждения сооружения уже в процессе его эксплуатации. Причинами появления таких повреждений могут быть протечки или потери перевозимых грузов, разрывы геотекстильного материала и георешеток вандалами, пожаром или наводнением. При установлении возможности проявления таких событий за время эксплуатации сооружения следует предусматривать соответствующие защитные или компенсационные мероприятия.

9.1.8 Для сооружений с длительным сроком службы и высокими требованиями надежности рекомендуется предусматривать возможность доступа к засыпанному грунтом армоэлементам после достаточно длительной эксплуатации сооружений с целью получения информации о развитии коррозии металлов или деструктуризации полимеров.

9.1.9 В случае использования ленточной арматуры в виде широких лент (полос), армоэлементы в сооружении необходимо раскатывать на полную ширину.

9.1.10 Соединения полимерных решеток или сеток в тех случаях, когда такие соединения должны обеспечивать передачу усилия, необходимо производить с частичным накладыванием армоэлементов друг на друга. Такое соединение рекомендуется выполнять стержнем, пропускаемым через ячейки сетки.

9.1.11 При проектировании армогрунтового сооружения целесообразно располагать гибкие армоэлементы горизонтально, причем положение таких армоэлементов в подпорных стенах, откосах и основаниях насыпей должно

совпадать с направлением наибольшей деформации растяжения в пределах массы неармированного грунта.

9.1.12 Для предотвращения увеличения порового давления воды, в засыпке армированных подпорных стен и откосов необходимо предусматривать дренаж.

9.1.13 Для предотвращения бокового выдавливания и сопутствующего разрушения армогрунтовой насыпи, необходимо укладывать горизонтальные армоэлементы на поверхности раздела засыпки насыпи и грунта основания.

9.1.14 Для уплотнения швов в облицовках из плит следует применять прокладки в виде пенополиуретановых полос, которые способствуют более равномерному распределению напряжений и уменьшают вероятность повреждения плит при чрезмерных давлениях по торцам. Во время строительства необходимо расклинивать и выравнивать все ряды плит. Металлические закладные детали, соединительные болты, подкладные шайбы, гайки и полосы необходимо защищать от коррозии. Для предотвращения взаимных перемещений плит нижняя и верхняя анкерные полосы соседних плит одного ряда должны располагаться на одном уровне.

9.1.15 При проектировании сооружения с использованием полимерной арматуры следует принимать во внимание ползучесть материала.

9.2 Проектирование армогрунтовых стен

9.2.1 При проектировании должны быть проанализированы все потенциальные поверхности разрушения, включая выходящие за пределы сооружения (Рисунок 9.3). В случае наличия поверхности разрушения, по которой может происходить недопустимое смещение сооружения, целесообразно предусмотреть использование армоэлементов, пересекающих эту поверхность разрушения. Если возможно появление постстроительных поверхностей сдвига, необходимо строго регламентировать характеристики грунта.

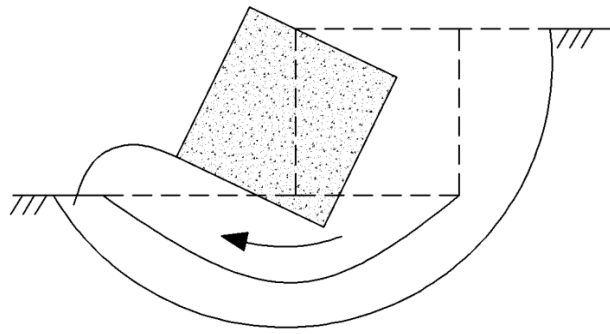
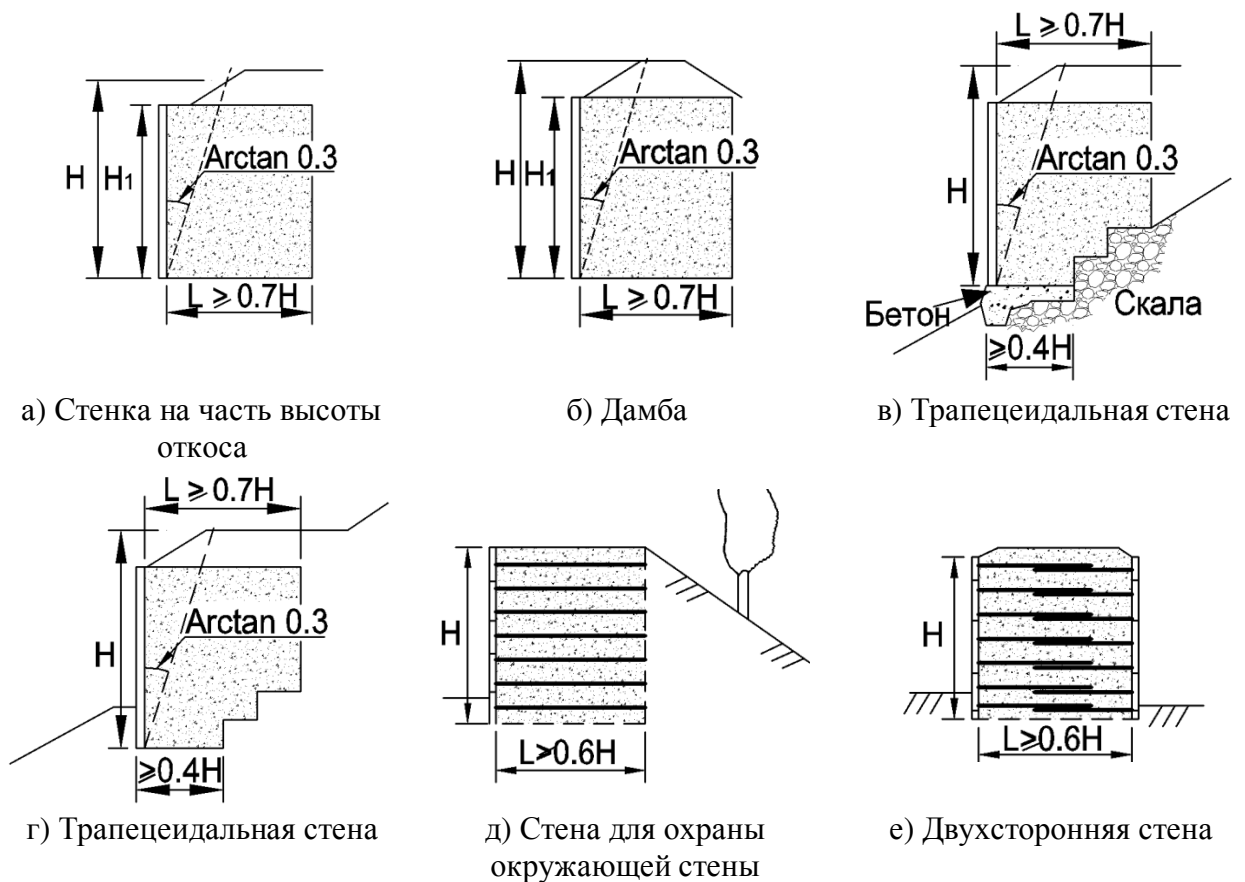
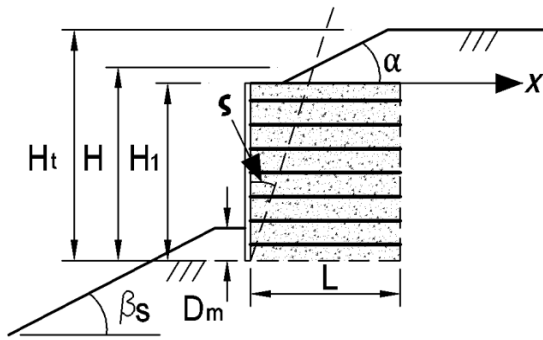


Рисунок 9.3 - Поверхность скольжения за пределами сооружения

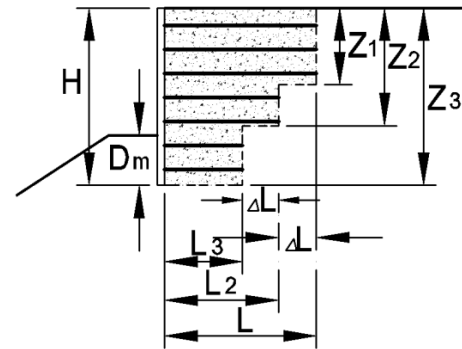
9.2.2 Геометрия и расположение армоэлементов должны быть выбраны таким образом, чтобы гарантировать устойчивость сооружения и обеспечивать соблюдение требований к размеру, форме и сплошности облицовки. В первом прил армоэлементов по всей высоте стены. Однако, может оказаться экономически целесообразным разделить высоту стены на несколько зон и проектировать соответствующие армоэлементы для каждой зоны (Рисунок 9.4).





ж) Стена прямоугольного поперечного сечения,

где: H = Расчетная высота; H_1 = Высота облицовки; H_t = Общая высота; $\zeta = \text{Arctan } 0.3$; L = Длина армирования $L \geq 0.7H$; D_m = Заглубление сооружения

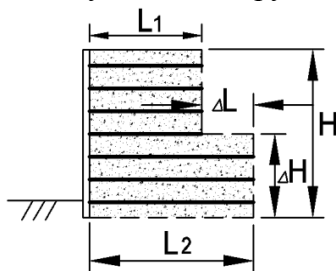


и) Трапецидальное поперечное сечение,

где: $Z_1 = 0.7H$, $Z_2 = 0.75H$, $Z_3 = H$, $\Delta L \leq 0.15H$; $L_1 = 0.7H$, $L_2 = 0.55H$,

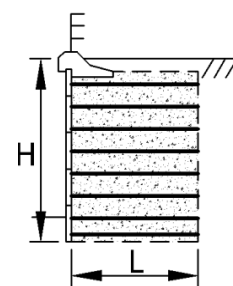
$L_3 = 0.4H \geq 3\text{ м}$;

D_m = Заглубление сооружения



к) Ступенчатое поперечное сечение,

где: $L_1 \geq 0.7H$, $\Delta H \geq 2\Delta L$



л) Стена с парапетом

Рисунок 9.4 - Начальный выбор размеров сооружений

9.2.3 Армогрунтовые подпорные стены должны быть спроектированы с соблюдением допусков, указанных ниже (см. Таблица 9.3).

Таблица 9.3 - Допуск к лицевой поверхности стен

По всей плоскости сооружения	Допуски ± 50 мм
Вертикальные плоскости	± 5 мм на 1 м высоты (т.е. ± 40 мм на 8 м высоты)
Изгиб (по вертикали) и прогиб (по горизонтали)	± 20 мм на 4,5 м поверхности
Уступы на швах	± 10 мм
Горизонтальное отклонение по верхнему ряду облицовки	± 15 мм от заданной геометрии

9.2.4 В армогрунтовых стенах надежность сооружения обеспечивается взаимодействием арматуры и грунта. Облицовка такого сооружения должна:

- обеспечивать надлежащий внешний вид сооружения;
- обеспечивать возможность эстетической отделки;

- в) защищать армоэлементы от атмосферных воздействий;
- г) обеспечивать локальное удерживание грунта в промежутках между слоями арматуры;
- д) обеспечивать надежную связь с армоэлементами;
- е) обеспечивать антивандальную защиту (при необходимости).

Облицовка должна быть достаточно жестка, долговечна и способна выполнять свои функции в течение расчетного срока службы сооружения (Таблица 9.2).

9.2.5 Допускается применение одного и того же материала для изготовления армоэлементов и облицовки, при условии его соответствия всем требованиям.

9.2.6 Расстояние между центрами скоб или других крепежных узлов, имеющих металлический элемент, не должно быть меньше чем 2,5-кратный номинальный диаметр хвостовика скобы или другого крепежного узла, соединяющего армоэлементы и не должно превышать минимального значения из $32t$ и 300 мм, где t - номинальная толщина наиболее тонкого из соединяемых армоэлементов. В направлении действия напряжения, расстояние между центрами двух соседних скоб на линии, совпадающей с направлением действия напряжения, не должно быть больше чем минимальное значение из $16t$ и 200 мм, если оба армоэлемента воспринимают растягивающие напряжения или напряжения сдвига. Для краевых соединений расстояние между центрами двух смежных скоб в линии, параллельной несоединяемой кромке армоэлемента не должно быть больше, чем минимальное значение из $(100 + 4t)$ и 200 мм.

9.2.7 Если скобы размещены в ряду с равными интервалами и расстояние между рядами не превышает 75 мм, то максимальное расстояние между центрами скоб может быть увеличено на 50%. При этом расстояние между ряда-

ми понимается как расстояние между центровыми линиями отверстий в соседних рядах.

9.2.8 Расстояние от центра скобы до кромки армоэлемента не должно быть меньше чем $1,2d$, где d - номинальный диаметр скобы, или другого соединительного элемента, пронизывающего армоэлемент.

9.2.9 Сооружения, имеющие стенки с углом наклона до 20° к вертикали, можно проектировать так же, как вертикальные.

9.2.10 Облицовку из бетонных блоков или железобетонных плит следует соединять между собой шарнирно без заделки стыков раствором. При использовании железобетонных плит крестообразной формы (Рисунок 9.5) в верхней и нижней частях стены размещают Т-образные элементы. Плиты рекомендуется крепить друг к другу штифтами для обеспечения возможности возведения стенок криволинейной формы.

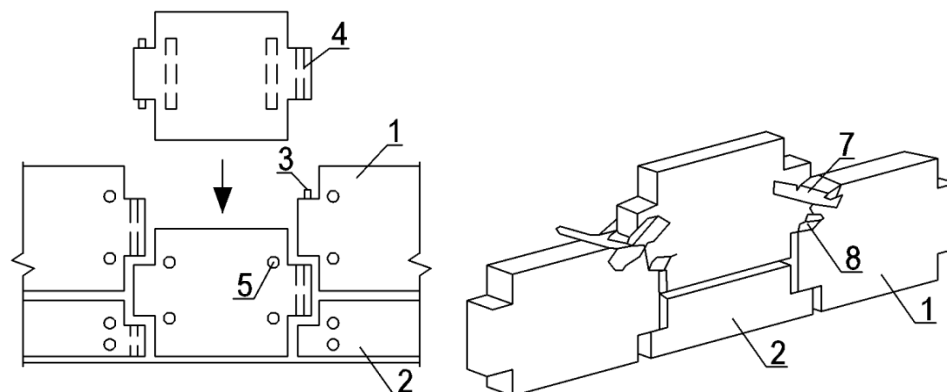


Рисунок 9.5 - Конструкция железобетонной облицовки из отдельных плоских плит:

а) схема монтажа; б) способ временного крепления плит облицовки (1-цельная крестообразная плита; 2-половинная Т-образная плита; 3-стержневой выпуск; 4-сквозное отверстие; 5-выпуск из плиты для крепления армирующего элемента; 6-упругая прокладка; 7-временные скобы).

9.2.11 Начальные габариты сооружения не должны быть меньше размеров, регламентированных ниже (см. Таблица 9.4).

Таблица 9.4 - Габариты подпорных стен и насыпей

Тип сооружения	Минимальная длина армоэлементов
Подпорные стены обычного назначения	$0,7H$ или минимум 3 м
Трапецеидальные стены и насыпи	$0,7H$ для арматуры в верхней половине сооружения; $0,4H$ для арматуры в нижней сооружения или минимум 3 м.
Ступенчатые стены и насыпи	$0,7H$ в верхней половине строения. Для более длинных лент(полос) в основании (см. Рисунок 9.4и).
Стены с низким давлением засыпки, например стены с отрицательным обратным склоном или двусторонние стены (см. Рисунок 9.2е и Рисунок 9.4и)	$0,6H$ или минимум 3 м.
Низкие стены высотой менее 1,5 м	Исходя из специфических условий

Примечание: (*) Для трапецеидальных стен вертикальный шаг армоэлементов должен удовлетворять следующим условиям:

$$L/H < 0,55; S_v/H \leq 0,125$$

$$0,55 \leq L/H < 0,65; S_v/H \leq 0,167$$

$$0,65 \leq L/H < 0,75; S_v/H \leq 0,222$$

где: S_v - вертикальный шаг элементов;

L - длина армоэлементов на любом уровне;

H - высота сооружения (см. Рисунок 9.4к).

9.2.12 Для сооружений, граничащих с водами рек и морей, для гарантии их устойчивости необходимо предусмотреть мероприятия, предотвращающие размыв грунта, например каменную засыпку, специальные маты. В этих случаях заглубление подошвы в грунт должно быть больше размеров, определенных таблице (см. Таблица 9.5).

Таблица 9.5 - Определение минимального заглубления в грунте как функции высоты Н (в метрах) и разлагаемого на составляющие давления на основание q_r (в kN/m^2)

Уклон откоса около подошвы, β_s		Минимальное заглубление в грунте D_m от высоты сооружения, м	Минимальное заглубление в грунте D_m от давления q_r , m^3/kH
$\beta_s = 0$	Стена	$H/20$	$1,35 \cdot 10^{-3}$
$\beta_s = 18^\circ$ ($\text{ctg } \beta_s = 3,1$)	Стена	$H/10$	$2,70 \cdot 10^{-3}$
$\beta_s = 27^\circ$ ($\text{ctg } \beta_s = 2,1$)	Стена	$H/7$	$4,00 \cdot 10^{-3}$
$\beta_s = 34^\circ$ ($\text{ctg } \beta_s = 1,2$)	Стена	$H/5$	$5,90 \cdot 10^{-3}$

Примечание 1: Определение обозначений - см. Рисунок 9.6, $D_m \geq 0.45\text{m}$

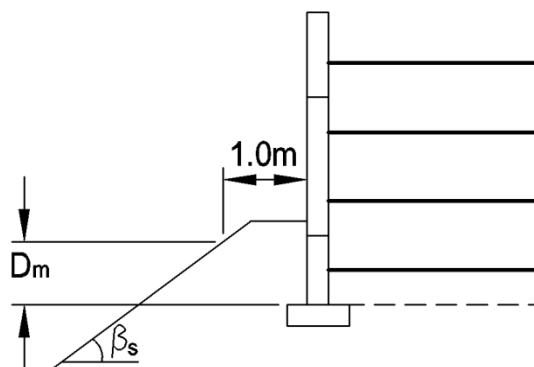


Рисунок 9.6 - Определение глубины заделки, D_m

9.2.13 В исключительных случаях допускается бурение микросвай через тело армогрунтового сооружения при условии, что повреждение арматуры в пределах слоя будет соответствовать требованиям настоящего документа и край свай будет находиться не ближе 2 метров от облицовки.

9.2.14 Для обеспечения отвода воды из застенного пространства необходимо устраивать перфорированные трубы диаметром 150 мм во временных выемках с лицевой поверхности армогрунтовой стены.

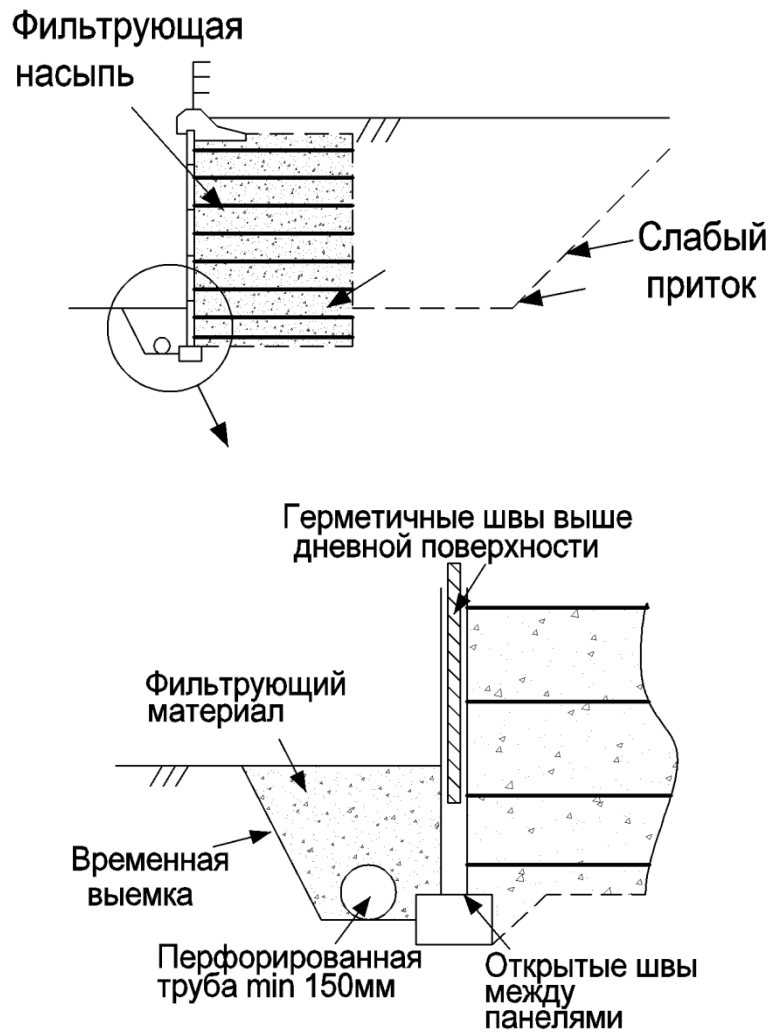


Рисунок 9.7 - Отвод воды из застенного пространства

9.2.15 Для участков, где ожидается появление водного потока из окружающего грунта, типичным является выполнение дренажных траншей глубиной 300 мм и шириной 1000 мм, которые располагаются на определенном расстоянии друг от друга вдоль стены (Рисунок 9.8, Рисунок 9.9).

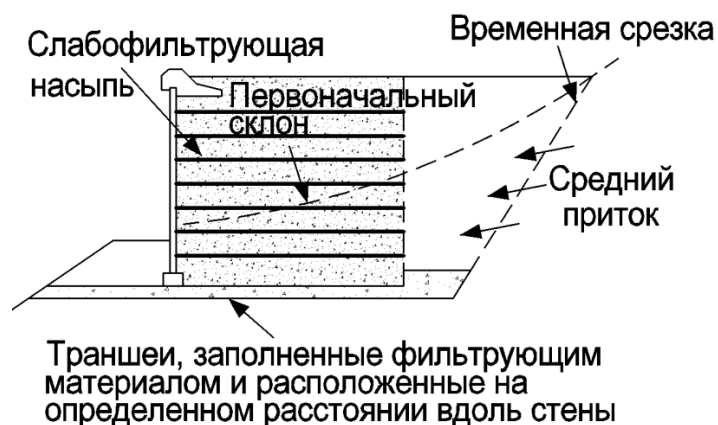


Рисунок 9.8 - Дренажные траншеи для отвода воды

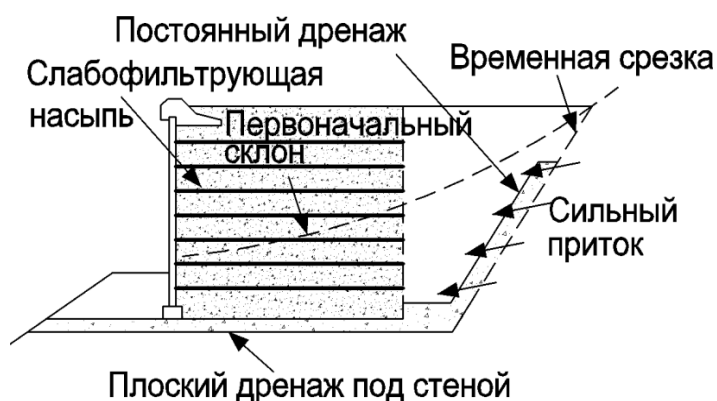


Рисунок 9.9 - Плоский паводковый дренаж

9.3 Проектирование армогрунтовых насыпей

9.3.1 При проектировании армогрунтовых насыпей, для того чтобы гарантировать местную устойчивость и исключить эрозию у крутых склонов (угол наклона к горизонтали больше 45°), следует обращать особое внимание на конструкцию и материал используемой облицовки. Для пологих откосов (угол наклона к горизонтали меньше или равен 45°) для предохранения от эрозии в течение длительного срока рекомендуется высаживать на поверхности откоса растительность. Чтобы гарантировать устойчивость поверхностных слоев откосов в случае применения менее надежных засыпок, необходимо использовать дополнительные промежуточные армоэлементы в приоткосной зоне. При этом появляется возможность размещать, уплотнять и удалять засыпку непосредственно на лицевой поверхности откоса с углом наклона до 45° без устройства постоянной или временной облицовки.

9.3.2 При анкерном армировании грунтовых засыпок необходимо использовать многослойные конструкции из гибких профилей, выполненных из стали или полимерных материалов. Такие профили устанавливаются в зоне лицевой поверхности откоса.

9.3.3 Облицовка из геотекстиля должна включать стальные стабилизаторы в виде скоб, установленных с определенным шагом по горизонтали и фикси-

рующих форму валиков гибкой облицовки. Стабилизаторы следует устанавливать друг над другом по высоте стены и скреплять между собой болтами.

9.3.4 Размещение армирующих элементов по поверхности ограждающей конструкции должно обеспечивать:

- а) экономичное расходование материалов на конструктивные элементы;
- б) общую устойчивость сооружения и необходимый запас прочности арматурных элементов и ограждающих конструкций при случайном выключении из работы одного из десяти смежных армирующих элементов;
- в) возможность размещения подземных коммуникаций между ними.

9.3.5 При проектировании новых и реконструкции существующих откосов необходимо располагать армирующие элементы, как показано на Рисунке 9.10.

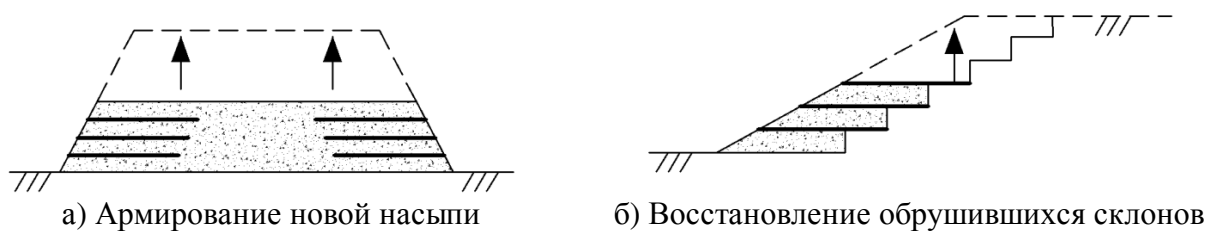


Рисунок 9.10 - Примеры армирования откосов

10 Технология возведения

10.1 Возведение армогрунтовой подпорной стенки с использованием георешеток и жесткой облицовки, например, из бетонных блоков должно включать следующие обязательные технологические операции:

- а) подготовить и выровнять основание в соответствии с проектом;
- б) выполнить подушку из уплотненного щебня или гравийно-песчаной смеси в соответствии с проектом;
- в) выполнить фундамент под облицовку в соответствии с проектом;
- г) выполнить укладку нижнего ряда блоков на раствор марки не ниже 100 с выравниванием по проектной линии. Случайное отклонение более 4 мм не допускается;
- д) выполнить дренажные призмы шириной не менее 500 мм путем отсыпки щебня до верха блоков (определяется проектом) (Рисунок 10.1);

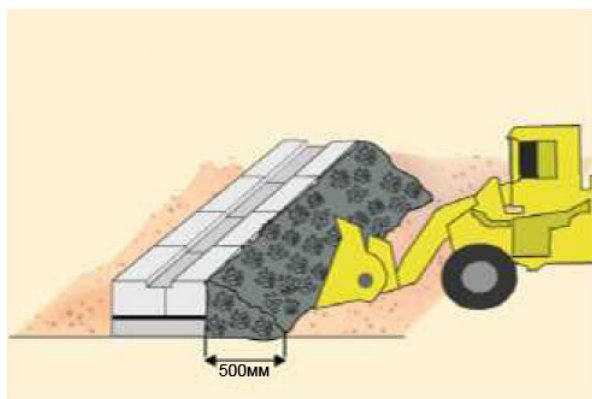


Рисунок 10.1 - Отсыпка грунта

- е) отсыпать грунт засыпки слоями толщиной не менее 15 см ковшовым погрузчиком или другим механизмом, обеспечивающим отсыпку грунта сверху;
- ж) уплотнить грунт засыпки ручными катками массой не более 1000 кг на расстоянии до 2 м от края облицовочной стенки и катками массой более 1300 кг – на расстоянии более 2 м. Поверхность грунта, подготовленного для укладки георешеток должна быть тщательно спланирована и уплотнена. Применение кулачковых катков не допускается. Следует

предусматривать движение уплотняющей техники по направлению вдоль облицовки (Рисунок 10.2);

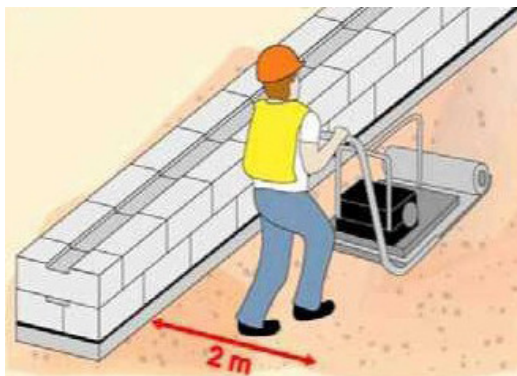


Рисунок 10.2 - Уплотнение грунта засыпки

и) отрезать стартер от основного рулона с длиной продольных ребер в месте отреза допускается на расстоянии не менее 50 мм. Отрезка георешетки вплотную к поперечному ребру не допускается (Рисунок 10.3);

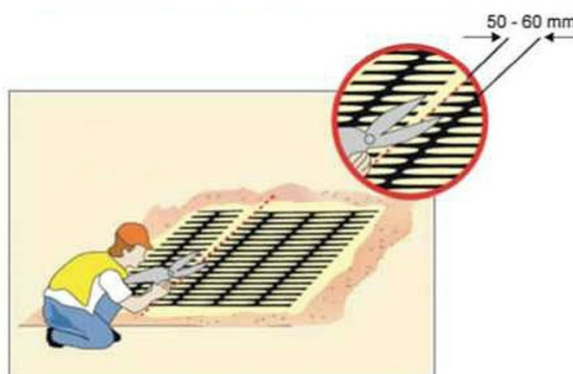


Рисунок 10.3 - Отрезка георешетки

к) очистить поверхности блоков первого ряда от мусора и грязи;
 л) при укладке верхнего ряда блоков следует тщательно выравнять положение блоков по проектной линии. Случайное отклонение более 4 мм не допускается (Рисунок 10.4);

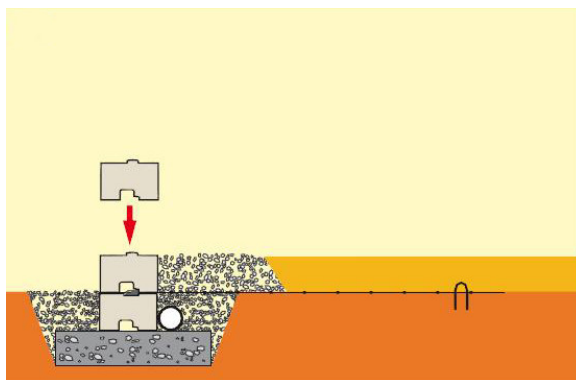


Рисунок 10.4 - Укладка блоков

м) георешетку следует тщательно разравнивать по поверхности грунта с помощью ручного натяжителя (Рисунок 10.5). Наличие складок и волн не допускается. Выровненная и натянутая георешетка должна быть зафиксирована с помощью забивания штырей в ячейки сетки или присыпки грунтом;



Рисунок 10.5 - Разравнивание георешетки

н) поверх георешетки необходимо отсыпать и уплотнить каждый следующий слой грунта толщиной не более 150 мм;

п) повторить технологические операции для всех рядов. Кладка более трех рядов облицовочных блоков без устройства грунтовой засыпки не допускается.

10.2 При необходимости, проектом допускается предусмотреть выполнение других технологических операций, не снижающих надежность сооружения.

10.3 При выполнении строительных работ запрещается:

а) установка облицовочных блоков на грунт без фундамента;

- б) использование грунта, содержащего гравелистые включения, размером более 50 мм;
- в) отсыпка грунта сбоку, путем горизонтального перемещения грунта бульдозером или другим механизмом;
- г) отсыпка грунта слоями толщиной более 15 см;
- д) уплотнение грунта в пределах 2 м полосы вдоль облицовочных блоков машинами массой более 1000 кг;
- е) уплотнение грунта за пределами 2 м полосы вдоль облицовочных блоков машинами массой менее 1300 кг;
- ж) движение машин, уплотняющих грунт, по направлению к облицовке по уплотненному грунту. Как исключение допускается движение вдоль облицовки для ручных машин в пределах 2 м полосы;
- и) движение любых машин и механизмов непосредственно по армирующим элементам;
- к) обрезка георешетки для изготовления стартера ближе 50 мм к поперечному ребру;
- л) использование георешеток, имеющих более 0,1% дефектных ячеек;
- м) соединение более 2-х отрезков армирующих элементов для получения требуемой длины;
- н) укладка армирующих элементов, имеющей заломы и загибы;
- п) укладка армирующих элементов на не выровненное или не уплотненное основание;
- р) отсыпка грунта на не выровненные, не натянутые и не зафиксированные армирующие элементы;
- с) использование блоков, имеющих трещины и сколы более 10 мм;
- т) укладка блоков на неочищенную поверхность блоков нижнего ряда.

10.4 Следует избегать устройства стоянок машин и механизмов, а так же складов ценных строительных материалов (кроме инертных) вдоль облицовочной стены в пределах полосы, равной высоте подпорной стенки. В этой

зоне рекомендуется предусматривать устройство временных или постоянных дорог.

10.5 Во избежание нарушения армирующих материалов в строительный период должны приниматься надлежащие меры предосторожности. Нельзя допускать движения оборудования на колесном или гусеничном ходу непосредственно по верху арматуры. При использовании указанных механизмов необходимо предварительно укладывать на арматуру слой засыпки толщиной от 150 до 200 мм.

10.6 Арматура должна складироваться в безопасном сухом помещении. При хранении неметаллических армирующих элементов на строительной площадке следует сохранять заводскую упаковку. Хранение неметаллических армирующих элементов на строительной площадке более 10 суток не допускается. При необходимости более длительного хранения следует организовывать специальные площадки и укрывать армирующие элементы материалом, исключающим попадание на них прямого солнечного света.

10.7 Для армогрунтовых сооружений грунтовая засыпка должна быть доставлена, распределена, выровнена и уплотнена в горизонтальных слоях в соответствии со следующими рекомендациями:

- а) уплотнение должно быть выполнено так, чтобы все слои армоэлементов были установлены на рекомендуемых уровнях на уплотненной засыпке;
- б) укладка, распределение и уплотнение засыпки выполняется в направлении параллельном облицовке и, если эти операции проводятся послойно, то чередовать их следует постепенно, согласуя с размещением и установкой элементов крепления и облицовки;
- в) не допускается повреждение армоэлементов и элементов облицовки, или их установка с нарушением допусков во время проведения операций отсыпки, распределения, выравнивания и уплотнения засыпки.

Программа отсыпки грунта должна быть организована так, чтобы полностью исключалось перемещение каких-либо строительных машин или транспортных средств по уложенным в конструктив армоэлементам;

- г) Все транспортные средства, и все строительные механизмы, имеющие вес более 1300 кг, должны при работе располагаться на расстоянии более 2 м от облицовки и склонов крутых откосов;
- д) засыпка на расстоянии менее 2 м от лицевой поверхности стены или склона крутого откоса должна быть уплотнена с применением одного из следующих механизмов:
 - вибротрамбовщиком;
 - виброплитой массой не более 1000 кг;
 - вибрационным катком, имеющим относительную массу не более 1300 кг на метр ширины и полную массу не более 1500 кг.
- е) торцы сооружения должны быть защищены путем устройства временной опалубки или за счет разбивки выполняемых строительных работ на отдельные фазы, обеспечивающие надлежащее уплотнение и сохранение заданной формы засыпки.
- ж) следует предусматривать уплотнение грунта с коэффициентом уплотнения K не менее 0,95 ($K \geq 0,95$).

10.8 Отсыпку грунта на слабом основании необходимо выполнять в направлении к краю стройплощадки. Перемещение засыпки над армоэлементами должно выполняться машиной, которая может обеспечить равномерное распределение засыпки. Крайняя осторожность должна быть проявлена применительно к предельно слабым грунтам с тем, чтобы предотвратить появление любой волны грязи или жидкости, сформированной в виде вала, идущего перед фронтом отсыпки (Рисунок 10.6).



Рисунок 10.6 - Продвижение грязевой волны

10.9 В случае выполнения засыпки на полную ширину, влияние любой грязевой волны необходимо снизить, разместив центральное сечение засыпки перед засыпкой, помещенной в подошву. В таком случае грязевая волна перемещается к подошве насыпи (Рисунок 10.7).



Рисунок 10.7 - Строительство с "U" - подобным перемещением

10.10 Для насыпей с большой шириной основания необходимо выполнять дуговую отсыпку по каждому участку у подошвы насыпи, с последующим ее использованием в качестве подъездных путей (Рисунок 10.8). Отсыпку, которую впоследствии расширяют, чтобы закрепить укладываемые армоэлементы на каждом участке с подошвы, необходимо проводить до выполнения центральной части поперечного профиля.

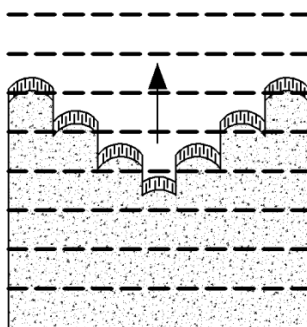


Рисунок 10.8 - Строительство с формированием "U" – образного фронта работ

10.11 Подготовку основания насыпи и устройство геотраца необходимо производить в следующей последовательности:

- а) подготовка основания насыпи под укладку геотраца, включая снятие растительного слоя и отсыпку основания насыпи согласно рабочему проекту. Во избежание размыва при выпадении осадков, должен быть обеспечен сток воды с поверхности основания насыпи (движение строительной техники по подготовленной поверхности основания насыпи не допускается);
- б) после отсыпки основания насыпи производится планировка поверхности и уплотнение статическими катками до достижения коэффициента уплотнения 0,95.

10.12 Отсыпка земляного полотна над геотрацем производится послойно, равномерно по всей ширине насыпи. Превышение толщины слоя более чем на 0,5 м не допускается.

11 Испытание, контроль качества

В этом разделе рассматриваются основные вопросы контроля качества возведения армогрунтовых сооружений.

11.1 Перед укладкой каждый облицовочный блок необходимо проверять на целостность, отсутствие трещин и сколов более 10 мм. Поверхность блоков следует очищать от мусора и грязи щетками.

11.2 Каждый слой облицовочных блоков должен проверяться на ровность укладки в соответствии с проектом. Каждые три слоя блоков следует проверять направление продольной линии укладки блоков и их вертикальность. Корректировку положения отдельных блоков следует выполнять с использованием прокладок.

11.3 Контроль качества уплотнения грунтовой засыпки необходимо осуществлять в соответствии с требованиями действующих нормативных документов (ТР 73-98, ВСН 55-69).

11.4 Перед укладкой георешетку необходимо проверять на отсутствие заломов и разрывов ячеек. Укладка дефектных георешеток, как правило, не допускается.

11.5 Перед отсыпкой грунта армирующие элементы необходимо проверить на отсутствие волн и складок, на надежность фиксации натянутого полотна георешетки.

11.6 В процессе строительства допускаются следующие максимальные отклонения:

- а) отклонение от вертикали: +/- 40 мм на любые 3 м по вертикали, но не более +/-10 мм для смежных рядов блоков;
- б) отклонение по горизонтали: +/- 40 мм на любые 3 м в горизонтальном направлении, но не более +/- 10 мм для смежных рядов блоков;

- в) смещение углов, изгибов, закруглений: +/- 300 мм от проектного расположения;
- г) угол наклона облицовки стены: +/- 2° от проектного угла лицевой стороны по всей высоте.

11.7 Собственная осадка стены после завершения строительства за нормативный срок эксплуатации (осадка гребня стены за вычетом осадки основания) не должна превышать 0,1% от высоты стены в данном сечении. Собственное максимально допустимое горизонтальное перемещение облицовки за нормативный срок эксплуатации не должно превышать 0,2% от высоты стенки в данном сечении.

11.8 Следует проводить периодические испытания георешеток по следующим показателям:

- а) определение нагрузки при 2% удлинения и 5% удлинении;
- б) определение изменения линейных размеров после нагрева;
- в) определение гибкости при отрицательных температурах;
- г) определение стабильности ячейки,
- д) определение радиальной жесткости при начальной деформации 0,5%.

11.9 Максимальное удлинение до разрыва геосинтетика, применяемого для армирования удерживающих сооружений во избежание больших деформаций должно быть менее 15%.

11.10 Гибкость георешеток при отрицательных температурах следует определять по ГОСТ 2678, при температуре минус 40 градусов Цельсия.

11.11 Контроль качества обратной засыпки при устройстве части насыпи над гибким ростверком должен осуществляться согласно СНиП 3.06.03 и должен включать:

- а) контроль состава грунта (соответствие проекту);
- б) контроль ширины и толщины уплотняемых слоев;

в) контроль степени уплотнения.

11.12 Контроль качества при устройстве гибкого ростверка должен включать:

- а) входной контроль за песком, предназначенным для выравнивающего слоя;
- б) операционный контроль при уплотнении выравнивающего слоя;
- в) приемочный контроль выравнивающего слоя;
- г) входной контроль качества георешеток (геосеток);
- д) наличие технических условий и сертификатов;
- е) операционный контроль укладки армирующих элементов на подготовленную поверхность выравнивающего слоя;
- ж) контроль стыков, натяжения, ровности, крепежа согласно проекту;
- и) приемочный контроль по каждому ряду армирующих элементов, составу и степени уплотнения материалов между рядами арматуры (песка или отсева) с оформлением актов на скрытые работы.

11.13 Для оценки прочности связи армоэлементов с грунтом рекомендуется выполнять полевые испытания на выдергивание для всех материалов, применяемых в конструкции.

11.14 При сложной геометрии полотна необходимо проверять ширину георешетки в начале и в конце рулона с использованием рулетки по ГОСТ 7502. За значение показателя ширины принимают среднее арифметическое двух измерений.

11.15 Материалы георешеток следует проверять на соответствие требованиям нормативной документации, действующим на территории Российской Федерации.

11.16 Георешетки следует визуально проверять на расслоения, разрывы, складки, посторонние включения, а также на отклонение размеров и масс от допустимых значений:

- а) по длине и ширине ± 10 мм;
- б) по размеру ячейки вдоль полотна ± 5 мм;
- в) по размеру ячейки по ширине полотна ± 2 мм;
- г) по массе $\pm 5\%$.

11.17 Следует проверять маркировку георешеток, она должна содержать:

- а) наименование предприятия-изготовителя и(или) его товарный знак, местонахождение предприятия;
- б) наименование продукции;
- в) тип георешетки;
- г) тип полимера;
- д) массу рулона;
- е) номер партии;
- ж) дату выпуска;
- и) срок хранения;
- к) указания по хранению;
- л) транспортную маркировку - по ГОСТ 14192.

11.18 Для полимерных армоэлементов необходимо рассматривать три основных уровня испытаний:

- а) испытания на соответствие техническим условиям. Испытания выполняются при стандартизированных условиях и предусматривают определение основных свойств изделий, (например предела прочности, текучести, фрикционных характеристик, и т.д.);
- б) испытания по контролю качества;
- в) испытания работоспособности. Испытания полимерного армоэлемента в контакте с грунтовой засыпкой при стандартизированных условиях в лаборатории, призванные обеспечить реальное моделирование условий работы армоэлемента по сравнению с испытаниями на соответствие техническим условиям. Испытания работоспособности могут, также, выполняться в естественных условиях на месте строительства.

11.19 При проектировании рекомендуется, также, проводить следующие испытания:

- а) испытания на локальные повреждения. Такие испытания предусматривают оценку восприимчивости полимерного армоэлемента к повреждениям в процессе устройства сооружения, причем диапазон значений удельного коэффициента конкретного материала f_{m21} может быть точно определен проведенными испытаниями с учетом всех реальных условий на месте строительства;
- б) испытания на послойную проницаемость. Такие испытания уместно проводить, если проектировщик предполагает, что армоэлемент может работать в качестве дренажного канала для отвода избыточной влаги, что может оказаться актуальным применительно к высококачественным засыпкам.

12 Мониторинг

12.1 Мониторинг армогрунтовых сооружений должен проводиться согласно ОДМ 218.3.008-2011 и настоящих рекомендаций.

12.2 Для контроля за напряженным состоянием армогрунта и величиной оползневого давления на сооружение рекомендуется устанавливать датчики давления и инклинометра.

12.3 Рекомендуемые места для расположения датчиков и геодезических марок показаны ниже (см. Рисунок 12.1).

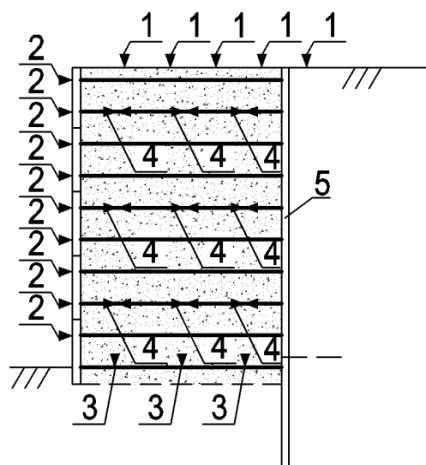


Рисунок 12.1 - Схема расположения датчиков

- 1- датчики измерения вертикального перемещения на поверхности грунта;
- 2 - датчик измерения горизонтального перемещения;
- 3- датчики измерения вертикального перемещения в основании сооружения;
- 4 - приборы для измерения напряжений, прикрепленные к георешетке;
- 5 - инклинометр.

12.4 Для контроля за осадками армогрунтового сооружения следует предусматривать минимум 4 точки контроля, располагающиеся от облицовки к задней части сооружения, и выходящей за нее.

12.5 Горизонтальные перемещения необходимо измерять с помощью геодезических марок (Рисунок 12.1), прикрепленных к облицовке. Необходимо располагать минимум 10 контрольных точек на облицовке вдоль вертикальной оси сооружения на равном расстоянии друг от друга.

Библиография

- [1] Accuracy Standards for Geodetic Surveys. SG Standard 1 version 1.1 Office of Surveyor-General.
- [2] Anchored Sheet Pile Wall Analysis Using Fixed End Method Without Estimation of Point of Contraflexure / авт. Don C. Warrington P.E.. - [б.м.] : Vulcanhammer.info, 2007 г.
- [3] ASTM D3999-91(2003) Standard Test Methods for the Determination of the Modulus and Damping Properties of Soils Using the Cyclic Triaxial Apparatus.
- [4] Basset R.H., Last N.C. Reinforcing earth below footings and embankments / Proc. ASCE Symp on Earth Reinforcement. - Pittsburg, Pa. 1978. p. 202-231.
- [5] BOOT, G.T., The Results of Pull-Out Tests Carried Out in pfa on a Reinforced Earth Structure in South Wales, Performance of Reinforced Soil Structures, Edited by A. McGown. K.C. Yeo and K.Z. Andrewes, Glasgow, Thomas Telford, 1990, 85-86.
- [6] BS 1377 1:1990 Methods of test for soils for civil engineering purposes. General requirements and sample preparation. (1990).
- [7] BS 6906 Methods of test for geotextiles.
- [8] BS 30320 Geotextiles. Identification on site.
- [9] BS 8006: 1995 Code of practice for Strengthened/reinforced soils and other fills.
- [10] Cheney, R, and Chassie, R., "Soils and Foundations Workshop Reference Manual" FHWA. NH1-00-045, 2000.
- [11] CHRISTOPHER, B.R. and HOLTZ, R.D., Geotextile Design and Construction Guidelines. Federal Highway Administration, National Highways Institute, Report No. FHWA-HI-90-001, 1989.

- [12] DEPARTMENT OF TRANSPORT. Manual of Contract Documents for Highway Works. Specification for Highways Works. Department of Transport. London: HM.SO, 1993, 1.
- [13] GOBEL, C., HOY, G. and PIESKER, F, Retaining Structures Made of Earth Reinforced with Textiles. Proceedings Third International Conference on Geotextiles, Vienna, Balkema, 1986, 2, 413-418.
- [14] GRIFFITHS, I.F, Reinforced Earth Trial Wall Using Chalk Fill at Paulsgrove, Performance of Reinforced Soil Structures, Edited by A. McGown, K.C. Yeo and K.Z. Andrewes, Glasgow. Thomas Telford, 1990, 89-90. HOLTZ, R.D., Design and Construction of Geosynthetically Reinforced Embankments on Very Soft Soils, State-of-the-Art Review, Performance of Reinforced Soil Structures. Edited by A. McGown, K.C. Yeo and K.Z. Andrewes. Glasgow. Thomas Telford, 1990, 391-402.
- [15] HALIBURTON, T.A., DOUGLAS, PA. and FOWLER, J., Feasibility of Pin Island as a Long-Term Dredged National Disposal Site, Miscellaneous Paper D-77-3, US Army Waterways Experiment Station, 1977.
- [16] HOLTZ, R.D., Design and Construction of Geosynthetically Reinforced Embankments on Very Soft Soils, State-of-the-Art Review, Performance of Reinforced Soil Structures. Edited by A. McGown, K.C. Yeo and K.Z. Andrewes. Glasgow. Thomas Telford, 1990, 391-402.
- [17] ICE, Ground Subsidence, Institution of Civil Engineers, Thomas Telford, London, 1977.
- [18] Jagdish N., Saran S. Laboratory behavior of reinforced earth wall // 10th int. conf. on soil mech. and found. eng., - Stockholm. 1981. vol 3. p. 753-756
- [19] JONES, C.J.F.P, CRIPWELL, J.B. and BUSH, D.I., Reinforced Earth Trial Structure for Dewsbury Ring Road, Proceedings Institution of Civil Engineers, April, 1990, Part 1, 88, 321-345.

- [20] JONES, C.J.F.P, MCGOWN, A. and VARNEY, D.. Construction Methods. Specifications and Economics, The Applications of Polymeric Reinforcement in Soil Retaining Structures, Edited by J.M. Jarrett and A. McGown. Kluwer Academic Publishers. NATO ASI Series. 1989, 147, 573-613.
- [21] JONES, C.J.F.P, The York Method of Reinforced Earth Construction. ASCE Symposium on Earth Reinforcement, Pittsburgh, 1978, 501-528.
- [22] JONES, C.J.F.P, Earth Reinforcement and Soil Structures, Butterworths, London, 1985.
- [23] LAWSON, C.R., Soil Reinforcement with Geosynthetics, Proceedings Workshop on Applied Ground Improvement Techniques, Bangkok, Asian Institute of Technology, 1992, 1-74.
- [24] PAUL, J., Economics and Construction of Blast Embankments Using 'Tensar' Geogrids, Polymer Grid Reinforcement, Thomas Telford, London, 1985, 191-197.
- [25] Cheney, R, and Chassie, R., "Soils and Foundations Workshop Reference Manual" FHWA. NH1-00-045, 2000.
- [26] RAINBOW, A.K.M., An Investigation of Some Factors Influencing the Suitability of Minestone as the Fill in Reinforced Earth Structures, British Coal Minestone Services, 1986.
- [27] RUEGGER, R., Geotextile Reinforced Soil Structures on which Vegetation can be Established, Proceedings Third International Conference on Geotextiles, Vienna, Balkema, 1986, 2, 453-458.
- [28] Septieme Conference Internationale Sur les Geosynthetiques: Тез. докл. - Ницца, 2002.
- [29] SMITH, R.J.H., The Development of 'Terrarel' for the Construction of Steep Slopes, Performance of Reinforced Soil Structures, Edited by A. McGown, K.C. Yeo and K.Z. Andrewes, Glasgow, Thomas Telford, 1990, 135-140. SIMS, F.A.

and BRIDLE, R.J., Bridge Design in Areas of Mining Subsidence, Journal Institution of Highway Engineers, 1966, 13, November, 19-34.

[30] Specification for Highway Works.

[31] YOUNG, O.C. and AERIAL, M.P., A Guide to Design Loadings for Buried Rigid Pipes, Transport and Road Research Laboratory, 1983.

[32] WU. P. and SMITH. R.J.H.. Reinforced Earth Marine Wall Experience in Canada and United Kingdom, Performance of Reinforced Soil Structures, Edited by A. McGown, K.C. Yeo and K.Z. Andrewes. Glasgow, Thomas Telford, 1990, 147-154.

[33] WORRALL, P.K., Reinforced Earth Abutments and Approach Ramps on Compressible Soils at Burton-on-Trent, Highways and Transportation, March, 1989, 5-8.

[34] Архив фотографий ООО "Габионы Маккаферри СНГ" www.maccaferri.ru.

[35] Архив компании "ЕвроДор" www.geomat.ru.

[36] Gray D.H., Al-Refeai T. Behavior of fabric-versus fiber reinforced sand. - J. geotechn. 1986. vol 112, N8, p. 804-822.

[37] Брошюра Retaining walls компании "tensar".

[38] Брантман Б.П. Применение геотекстильных материалов в конструкциях дренажей // Геотекстиль и геосинтетики при строительстве автомобильных дорог: Тез. докл. междунар. семинара / МАДИ.- М., 2001.

[39] Джонс К. Д. Сооружения из армированного грунта. Москва Стройиздат 1989 (перевод с английского В.С.Забавина).

- [40] Ещенко О.Ю. Армогрунтовые насыпи и основания / диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук.– Краснодар, КубГАУ, 1991,– 206 с.
- [41] П17-02 к СНБ 5.01.01-99. Проектирование и устройство подпорных стен и укрепление котлованов.
- [42] СТУ 001-87360922-2009.
- [43] СНиП 2-7-81. Строительство в сейсмических районах.
- [44] СНиП 3.02.01-87. Земляные сооружения, основания и фундаменты.
- [45] СНиП 22-02-2003. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. – М.: Росстрой, 2004.
- [46] ГОСТ 20276-85. Грунты. Методы полевого определения характеристик деформируемости.
- [47] ГОСТ 20522-96. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний.
- [48] ГОСТ 22733-2002. Грунты. Методы лабораторного определения максимальной плотности.
- [49] ГОСТ 20069-81. Грунты. Метод полевого испытания статическим зондированием.
- [50] ВСН 167-70. Технические указания по проектированию подпорных стен для транспортного строительства.
- [51] ТР 145-03. Технические рекомендации по производству земляных работ в дорожном строительстве при устройстве подземных инженерных сетей при обратной засыпке котлованов, траншей, пазух.

[52] Вторая Европейская конференция по геосинтетическим материалам EUROGEO 2000. Patron Editore. - Bologna, 2000.

[53] Седьмой информационный сборник «Пластмассы в геотехнике»: Спец. выпуск «Геотехника» / Нем. общество по геотехнике. - Essen, 2001.

[54] Львович Ю.М., Семендяев Л.И., Пудов Ю.В. «Методы проектирования земляного полотна автомобильных дорог в сложных условиях пересеченной местности.» М., 1995. - (Автомоб. дороги: Обзорн. инф./Информавтодор; В п. 3). - 59 с.

[55] Львович Ю.М., "Геосинтетические и геопластиковые материалы в дорожном строительстве". М., 2002. – (Автомоб. дороги: Обзорн. инф./Информавтодор; Вып. 7). – 64 с.

[56] Методические рекомендации по проектированию и строительству поддерживающих сооружений земляного полотна автомобильных дорог в оползневых районах на базе буронабивных свай и анкерных креплений / СоюзДорНИИ. – М.: 1988 – 72 с. – УДК 624.159.2.001.24:624.21 (083.171).

[57] Методические указания по применению геосинтетических материалов в дорожном строительстве / МАДИ. - М., 2001.

[58] Международный симпозиум по армированию грунта. - Japan: Fukuoka, Kyushu, 2001.

[59] Нарбург. Р.М. Учет неоднородности грунтовой среды //Резервы пропуск. способности судоход. и несущ. способности порт. сооруж. и рац. методов внедрения путей. работ и газонефт. районах Сибири. - Д., 1988. - с. 70-82.

[60] Попов В.А., Коганзон М.С. Компания «Дорожные технологии». Армирование асфальтобетонных покрытий базальтовыми материалами // Геотекстиль и геосинтетика при строительстве автомобильных дорог: Тез. докл. междунар. семинара / МАДИ. -М., 2001.

- [61] Презентационный материал TENAX.
- [62] Презентационный материал ООО «Лабинский завод стройматериалов».
- [63] Пудов Ю.В., Львович Ю.М. Использование геотекстильных материалов и объёмных геопластиковых решёток на автомобильной дороге Братеево-Беседы в г. Москва // Геотекстиль и геосинтетики при строительстве автомобильных дорог: Тез. докл. междунар. семинара / МАДИ. - М., 2001.
- [64] Инструкция по проектированию защиты от оползней населенных пунктов, зданий и сооружений / Министерство ЖКХ РСФСР. – М.: 1976.
- [65] Уплотнение грунтов обратных засыпок в стесненных условиях строительства. МОСКВА СТРОЙИЗДАТ 1981.
- [66] Ещенко О.Ю. Учет жесткости основания в расчетах армированных гидротехнических насыпей // Сб. науч. тр. / Кубинский СХИ. - 1990. -Вып. 311 (339). - с. 40-46.
- [67] ГОСТ Р 52748-2007. Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы, габариты приближения. – Введ. 2007-09-24 – М.: Стандартинформ, 2008. – 10 с.

Приложение А. Условные обозначения

- α_c - площадь сечения, воспринимающего растягивающее напряжение;
- b - ширина нагруженной поверхности взаимодействия, ширина опоры, фундамента или основания;
- c' - общее сцепление (когезия) грунта в условиях фактического напряженного состояния;
- c_u - сдвиговая прочность грунта в неосушенном состоянии;
- d_c - номинальный диаметр скобы;
- e - эксцентриситет приложения силы эксцентриситет вертикальной распределенной нагрузки на армоэлементе относительно центральной линии контактной поверхности нагрузки на вершине сооружения;
- f_f - коэффициент нагрузки, относящийся к внешним статическим нагрузкам,
- $f_{тр}$ - коэффициент трения или связность между арматурой и грунтом;
- f_{ce} - повышающий коэффициент расчетной нагрузки;
- f_{ci} - понижающий коэффициент расчетной нагрузки;
- f_{fs} - коэффициент нагрузки, относящийся к весу самого грунта;
- f_m - коэффициент запаса материала для данной арматуры;
- f_{ms} - коэффициент запаса для характеристики грунта;
- f_n - коэффициент запаса, учитывающий экономические потери от нарушения эксплуатационной надежности конструкции;
- f_q - коэффициент нагрузки, относящийся к внешним динамическим нагрузкам;
- f_s - коэффициенты взаимодействия в системе арматура-грунт (проскальзывание перпендикулярно поверхности армоэлемента);
- f_p - коэффициенты взаимодействия в системе арматура-грунт (выдергивание армоэлемента из грунта);
- f_{m1} - коэффициент, связанный с внутренними свойствами материала;
- f_{m2} - коэффициент, учитывающий технологию строительства и влияния окружающей среды;

- f_{m11} - коэффициент, учитывающий возможные понижение качества материала в целом по сравнению с характеристическим значением, полученными из образцов, и возможные неточности в оценке сопротивления армоэлемента нагрузкам и деформациям, связанные с переходом от модели к реальной конструкции;
- f_{m12} - коэффициент, учитывающий экстраполяцию результатов испытания и принимающий во внимание достоверность оценки применительно к выбранному сроку службы. Этот коэффициент может измениться при изменении заданной долговечности сооружения;
- f_{m21} - коэффициент, учитывающий восприимчивость повреждениям, т.е. принимающий во внимание повреждения, возникающие в процессе строительства;
- f_{m22} - коэффициент, учитывающий влияние окружающей среды, т.е. принимающий во внимание различные внешние факторы, влияющие на долговечность материала;
- K - коэффициент уплотнения грунта;
- L - расстояние между центрами соединительной скобы;
- S_L - вертикальная удельная нагрузка, приложенная к контактной поверхности ленты (полосы) шириной b на вершине сооружения (на погонный метр);
- T_U - предел прочности арматуры на растяжение;
- T_c - максимальное приложенное к детали растягивающее усилие;
- T_D - расчетная предельная нагрузка на армоэлементе;
- $\varphi_{тр}$ - угол внутреннего трения грунта;
- σ_t - предел прочности на разрыв;
- H - высота сооружения;
- D_m - заглубление сооружения;
- β_s - угол наклона сооружения к горизонту.
- Sr - степень заполнения объема пор водой.

Приложение Б. Термины и определения

армированный грунт: Массив грунта, в котором размещены армирующие элементы, обеспечивающие устойчивость массива за счет деформирования этих элементов, сил трения по поверхности их взаимодействия с грунтом, а так же за счет других механизмов взаимодействия с грунтом.

армирующий элемент: Составная часть армированного грунта, обеспечивающего восприятие повышенных сжимающих и/или растягивающих напряжений.

геоматрац: Интегральная объемная структура, сформированная из соединенных между собой георешеток в виде открытых сот.

геосинтетические материалы (геосинтетики): Общий термин, что характеризует материал, хотя бы один из компонентов которого изготовлен из синтетического или натурального полимера в виде полотна, полосы или трехмерной структуры, которая используется в контакте с грунтом и (или) другими материалами, который используют в геотехнических и гражданских строительных сооружениях.

георешетки: Плоская структура в виде регулярной решетки, изготовленная надежным соединением (экструзией, спаиванием или сплетением) в одно целое прочных к растяжению продольных и поперечных элементов, размер отверстий которой больше размера элементов.

геотекстильный материал (водопроницаемый): Нетканый, тканый, трикотаж, другие изделия плоской формы, характерные для искусственных полимерных материалов.

геосетки или аналогичные композиции: Плетеные, вязаные и уложенные геосетки (т.е. сформированные на месте производства работ), ленты и стержневидные элементы, комплексные материалы, не имеющие надежной фиксации продольных и поперечных нитей (лент и т.д.) в узлах их пересечений.

когезионно-фрикционная засыпка: Засыпка, содержащая более 15% материала, проходящего через сито с ячейкой 63 мкм

наполнитель: Материал в армогрунтовой конструкции, находящийся в контакте с армирующими элементами, соединениями и облицовочными элементами, включая материал засыпки и любой дренирующий материал.

облицовка: Внешняя часть подпорной стенки из армированного грунта.

предел эксплуатационной надежности: Деформация свыше допустимых пределов, другие формы разрушений или незначительные повреждения, которые нарушают нормальную эксплуатацию сооружения и требуют непредвиденного обслуживания или сокращают срок эксплуатации сооружения.

полимерная арматура: Термин, который охватывает материалы геосинтетического типа, используемые в целях армирования грунта в геотехнических конструкциях, например геотекстиль и георешетки.

потеря местной устойчивости: Разрыв, смещение отдельных участков или элементов сооружения, деформация локального характера сверх допустимой величины.

потеря общей устойчивости: Невозможность сооружения противостоять действию сил, стремящихся вывести его из состояния равновесия, потеря формы, перемещения или деформация всего сооружения сверх допустимой величины.

предельное состояние разрушения: Разрушение или серьезное повреждение сооружения.

предельное состояние армогрунтового сооружения: Состояние сооружения, при котором она перестает удовлетворять эксплуатационным требованиям, то есть либо теряет способность сопротивляться внешним воздействиям, либо получает недопустимую деформацию или местное повреждение.

стартер: Короткий выпуск георешетки из облицовочного блока или камня.

сжимаемые грунты (условно сжимаемые грунты): Грунт с модулем общей деформации менее 30 МПа.

укрепленный грунт: Тип армированного грунта, сформированный установкой армоэлементов в массив грунта ненарушенной структуры на месте производства работ.

фрикционная засыпка: Засыпка, содержащая менее 15% материала, проходящего через сито с ячейкой 0,05 мм.

ОКС _____

Ключевые слова: армогрунтовое сооружение, отраслевой дорожный методический документ, расчет армогрунтовых сооружений, армоэлементы, грунты.

Руководитель организации-разработчика

ООО «НТЦ ГеоПроект»

наименование организации

Директор

должность

личная подпись

С.И. Маций

инициалы, фамилия