ОДМ 218.3.094-2017

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
РОСАВТОДОР

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМ ИЗЫСКАНИЯМ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ СООРУЖЕНИЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ НА УЧАСТКАХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С РАЗВИТИЕМ СКЛОНОВЫХ ПРОЦЕССОВ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
(РОСАВТОДОР)

МОСКВА 2017

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

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

Коллектив авторов: руководитель работ – д-р техн. наук, проф. С. И. Маций, д-р геол.-минерал. наук Е. В. Безуглова, канд. техн. наук О. Ю. Ещенко, канд. техн. наук Н. Н. Любарский, канд. техн. наук Д. В. Плешаков, канд. техн. наук А. К. Рябухин, инж. В. А. Лесной, инж. В. Ю. Тимошенко.

2 ВНЕСЕН Управлением научно-технических исследований и информационного обеспечения, Управлением проектирования и строительства автомобильных дорог Федерального дорожного агентства.

3 ИЗДАН на основании распоряжения Федерального дорожного агентства от 28.06.2017 № 1325-р.

4 ИМЕЕТ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР.

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ.

Содержание

1 Область применения 4
2 Нормативные ссылки 5
3 Термины и определения 8
4 Общие положения 10
5 Инженерно-геологические изыскания 16
5.1 Основные положения 16
5.2 Подготовительные работы 29
5.3 Полевые работы 34
5.4 Лабораторные и камеральные работы 61
6 Противооползневые сооружения 77
6.1 Основные положения 77
6.2 Свайные сооружения 83
6.3 Анкерные сооружения 95
6.4 Гравитационные сооружения 100
6.5 Комбинированные сооружения 106
7 Противообвальные сооружения 113
7.1 Основные положения 113
7.2 Массивные удерживающие сооружения 119
7.3 Анкерные удерживающие сооружения 121
7.4 Массивные улавливающие сооружения 125
7.5 Гибкие улавливающие сооружения 128
7.6 Пропускающие сооружения 141
8 Противоселевые сооружения 146
8.1 Основные положения 146
8.2 Селезадерживающие сооружения 147
8.3 Селепропускные сооружения 152
8.4 Селенаправляющие сооружения 155
8.5 Стабилизирующие сооружения 157
8.6 Селепредотвращающие сооружения 159
Библиография 161

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ

Рекомендации по инженерно-геологическим изысканиям и проектированию сооружений инженерной защиты на участках автомобильных дорог с развитием склоновых процессов

1 Область применения

1.1 Настоящий отраслевой дорожный методический документ «Рекомендации по инженерно-геологическим изысканиям и проектированию сооружений инженерной защиты на участках автомобильных дорог с развитием склоновых процессов» (далее – методический документ) является документом рекомендательного характера.

1.2 Методический документ разработан в целях обеспечения нормативной базы рекомендациями по инженерно-геологическим изысканиям и проектированию сооружений инженерной защиты на участках автомобильных дорог с развитием склоновых процессов: оползней, обвалов и селей.

1.3 Действие методического документа не распространяется на территории распространения многолетнемерзлых и других специфических грунтов.

1.4 Методический документ рекомендован к применению проектными, строительными и эксплуатирующими организациями, а также государственными исполнительными органами управления дорожным хозяйством при соблюдении требований [1].

2 Нормативные ссылки

В методическом документе использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 12071-2014 Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов

ГОСТ 12248-2010 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости

ГОСТ 14098-2014 Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкции и размеры

ГОСТ 19912-2012 Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием

ГОСТ 20276-2012 Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости

ГОСТ 23278-2014 Грунты. Методы полевых испытаний проницаемости

ГОСТ 23279-2012 Сетки арматурные сварные для железобетонных конструкций и изделий. Общие технические условия

ГОСТ 23732-2011 Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия

ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация

ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения

ГОСТ 30416-2012 Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения

ГОСТ 30672-2012 Грунты. Полевые испытания. Общие положения

ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб

ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния

ГОСТ 33177-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению инженерно-гидрологических изысканий

ГОСТ 32836-2014 Дороги автомобильные общего пользования.

Изыскания автомобильных дорог. Общие требования

ГОСТ 32847-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению экологических изысканий

ГОСТ 32868-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению инженерно-геологических изысканий

ГОСТ 32869-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению топографо-геодезических изысканий

ГОСТ 33100-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог

ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик

ГОСТ 5686-2012 Грунты. Методы полевых испытаний сваями

ГОСТ Р 54476-2011 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик сопротивляемости сдвигу грунтов в дорожном строительстве

СП 11-102-97 Инженерно-экологические изыскания для строительства

СП 11-103-97 Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства.

СП 11-104-97 Инженерно-геодезические изыскания для строительства

СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть I. Общие правила производства работ

СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть II. Правила производства работ в районах развития опасных геологических и инженерно-геологических процессов

СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть III. Правила производства работ в районах распространения специфических грунтов

СП 50-102-2003 Проектирование и устройство свайных фундаментов

СП 14.13330.2014 Строительство в сейсмических районах

СП 15.13330.2012 Каменные и армокаменные конструкции

СП 16.13330.2011 Стальные конструкции

СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия

СП 22.13330.2011 Основания зданий и сооружений

СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты

СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения

СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги

СП 35.13330.2011 Мосты и трубы

СП 39.13330.2012 Плотины из грунтовых материалов

СП 41.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений

СП 45.13330.2012 Земляные сооружения, основания и фундаменты

СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения

СП 58.13330.2012 Гидротехнические сооружения. Основные положения

СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения

СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения

СП 122.13330.2012 Тоннели железнодорожные и автодорожные

СП 129.13330.2012 Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации

3 Термины и определения

В методическом документе применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **вывал:** Внезапный отрыв и падение, отдельных глыб и блоков горных пород из откосов выемок и полувыемок, с крутых и отвесных склонов, сложенных скальными или полускальными породами.

3.2 **инженерно-геологические условия:** совокупность характеристик геологической среды (рельефа, состава и состояния горных пород, условий их залегания и свойств, включая подземные воды, геологические процессы и явления), необходимых для проектирования, строительства, эксплуатации инженерных сооружений.

3.3 **инженерная зашита от склоновых процессов:** Комплекс сооружений и мероприятий, направленных на предупреждение отрицательного воздействия склоновых процессов на защищаемый объект, а также защиту от их последствий.

3.4 **обвал:** Отрыв масс горных пород от склонов и их падение вниз под влиянием силы тяжести с опрокидыванием и перекатыванием без воздействия воды.

3.5 **оползень:** Смещение горных пород со склонов, бортов карьеров, строительных выемок под действием веса грунта и объемных и поверхностных сил. Различают оползни скольжения, оползни выдавливания, вязкопластические оползни, оползни внезапного разжижения, оползни гидродинамического разрушения.

3.6 **осыпь:** Длительное (в течение многих лет) движение вниз по склону накопившейся несвязной массы мелких обломочных продуктов выветривания с малыми скоростями и только в поверхностном слое. Интенсивность движения осыпи может существенно измениться под воздействием атмосферных осадков.

3.7 **селевое русло:** Русло постоянного или временного горного водотока,

по которому проходят селевые потоки.

3.8 **селевой бассейн:** Водосборный бассейн, в пределах которого формируются селевые потоки, а движение их происходит по главному руслу.

3.9 **сель:** Процесс активного изливания грязекаменных потоков, насыщенных твердым материалом, возникающих при выпадении обильных дождей или интенсивном таянии снега в предгорных и горных районах. Различают связные и текучие сели.

3.10 **селеформирующий расход:** Минимальный расход воды, способный вызвать образование селевого потока.

3.11 **селехранилище:** Искусственный водоем, образованный селезадерживающим сооружением, в пределах которого аккумулируются селевые потоки и накапливаются селевые отложения.

3.12 **скально-обвальные процессы:** Совокупность опасных геологических процессов, проявляющихся в виде обвалов, вывалов и осыпей.

3.13 **склоновые процессы:** Смещение масс горных пород на склоне под действием собственного веса, обводненности и различных техногенных воздействий;

3.14 **устойчивость склона (откоса):** Способность склона (откоса) сохранять свой профиль.

4 Общие положения

4.1 Исходным положением для проектирования сооружений инженерной защиты на участках автомобильных дорог с развитием склоновых процессов является выявление природных и техногенных факторов разрушающих воздействий, присутствующих или способных проявиться в период их эксплуатации на рассматриваемом участке автомобильной дороги.

4.2 Исходные материалы для проектирования сооружений инженерной защиты от склоновых процессов должны включать в себя:

– сведения о географическом положении, хозяйственных связях и границах защищаемой территории;

– оценку существующего хозяйственного использования территории, ее экологического значения и перспектив их развития;

– сведения о существующих сооружениях и мероприятиях инженерной защиты, их состоянии, условиях эксплуатации и возможности их реконструкции;

– данные по прогнозу последствий и возможных потерь (ущерба и социальных потерь) от воздействия опасных геологических процессов;

– материалы инженерных изысканий (инженерно-геологических (см. раздел 5), инженерно-геотехнических, инженерно-гидрогеологических, инженерно-гидрометеорологических, инженерно-экологических);

– материалы о проводимых или намечаемых региональных мероприятиях по инженерной подготовке территории и их влиянии на природные условия и ресурсы защищаемой территории;

– данные о местных строительных материалах и энергетических ресурсах;

– картографические материалы;

– градостроительную документацию.

4.3 Границы защищаемых участков, подверженных воздействию склоновых процессов, в пределах которых требуются строительство

сооружений, следует устанавливать по материалам рекогносцировочных обследований и уточнять при последующих инженерных изысканиях.

4.4 При проектировании сооружений инженерной защиты от склоновых процессов следует обеспечивать предотвращение, устранение или снижение до допустимого уровня отрицательного воздействия на защищаемые объекты действующих склоновых и возможных связанных с ними опасных процессов.

4.5 Проектирование инженерной защиты на участках автомобильных дорог с развитием склоновых процессов следует выполнять с учетом уровня ответственности защищаемого участка автомобильной дороги, его конструктивных и эксплуатационных особенностей, опыта проектирования, строительства и эксплуатации сооружений инженерной защиты в аналогичных природных условиях, а также масштабности проявления, цикличности и причин развития склоновых процессов, конкретных инженерно-геологических условий и прогноза их изменения в период строительства и эксплуатации объекта. Проектирование инженерной защиты автомобильных дорог с развитием склоновых процессов следует вести с учетом требований СП 34.13330.2012, а также ГОСТ 33100-2014 .

4.6 Уровень ответственности (класс) сооружений инженерной защиты от склоновых процессов следует назначать в соответствии с уровнем ответственности или классом защищаемых объектов. При защите территории, на которой расположены объекты различных уровней ответственности или классов, уровень ответственности сооружений инженерной защиты должен, как правило, соответствовать уровню ответственности большинства защищаемых объектов. При этом отдельные объекты с повышенным уровнем ответственности могут иметь локальную защиту. Классы таких объектов и их локальной защиты должны соответствовать друг другу. Если технико-экономическим обоснованием установлена нецелесообразность локальной защиты, то класс сооружений инженерной защиты от склоновых процессов устанавливается по объектам наиболее высокого класса.

4.7 При проектировании сооружений инженерной защиты на участках автомобильных дорог с развитием склоновых процессов должны разрабатываться варианты комплексов этих сооружений с целью выбора оптимального из них по эффективности, надежности, технологии выполнения и экономичности с учетом прогноза взаимодействия комплекса с окружающей природно-хозяйственной средой и обеспечения наилучших условий его содержания в процессе строительства и эксплуатации. Выбор оптимальных проектных решений должен сопровождаться соответствующим технико-экономическим обоснованием.

При проектировании комплекса сооружений инженерной защиты от различных опасных геологических процессов их следует согласовать между собой.

4.8 Техническая эффективность и надежность сооружений инженерной защиты от склоновых процессов должны подтверждаться расчетами, а в обоснованных случаях – моделированием (натурным, физическим, математическим и др.) опасных процессов с учетом воздействия на них проектируемых сооружений.

4.9 Эффективность инженерной защиты от склоновых процессов следует определять на основании оценки риска опасных геологических процессов с учетом предотвращенных потерь (ущерба и социальных потерь). Экономический эффект варианта инженерной защиты определяют размером предотвращенного ущерба территории или сооружению от воздействия опасных процессов за вычетом затрат на осуществление защиты.

4.10 Если из-за сложности инженерно-геологических, гидрологических и экологических условий по материалам изысканий не представляется возможным выполнить необходимые расчеты и осуществить выбор сооружения, в проектной документации следует предусматривать экспериментальные сооружения инженерной защиты и (или) выполнение опытно-производственных работ с последующей корректировкой проектной документации. При этом данные сооружения должны быть обозначены как

«экспериментальные» и для них должны быть разработаны системы геотехнического мониторинга.

Возможность выполнения опытно-производственных работ на стадии разработки проектной документации должна быть оговорена в техническом задании на проектирование, выдаваемом заказчиком-застройщиком в составе тендерной документации.

4.11 Нагрузки и воздействия, учитываемые в расчетах сооружений инженерной защиты от склоновых процессов, коэффициенты надежности, а также возможные сочетания нагрузок следует принимать в соответствии с СП 20.13330.2011. Для сооружений инженерной защиты водоподпорного типа следует также учитывать требования СП 58.13330.2012.

4.12 При проектировании сооружений инженерной защиты от склоновых процессов следует предусматривать:

– поэтапность возведения и ввода в эксплуатацию сооружений при строгом соблюдении технологической последовательности выполнения работ;

– конструктивные решения и мероприятия, обеспечивающие возможность ремонта проектируемых сооружений, а также изменение их функционального назначения в процессе эксплуатации;

– использование и, при необходимости, реконструкцию существующих сооружений инженерной защиты.

4.13 Проектная документация для сооружений инженерной защиты на участках автомобильных дорог с развитием склоновых процессов должна отвечать требованиям охраны окружающей среды и при необходимости включать разработку комплекса мероприятий, предусматривающих непревышение допустимого уровня антропогенного вмешательства в природную среду и гарантирующих предотвращение развития в ней негативных процессов.

4.14 При проектировании сооружений инженерной защиты от склоновых процессов следует также предусматривать:

– сохранение заповедных зон, ландшафтов, исторических объектов и памятников и т.д.;

– надлежащее архитектурное оформление сооружений инженерной защиты;

– в необходимых случаях – систематические наблюдения (мониторинг) за состоянием защищаемых территорий и объектов и за работой сооружений инженерной защиты в период строительства и эксплуатации.

4.15 Возведение сооружений инженерной защиты на участках автомобильных дорог с развитием склоновых процессов необходимо выполнять в соответствии с проектом организации строительства, проектом производства работ и технологическим регламентом способами, не приводящими к появлению новых и (или) интенсификации действующих геологических процессов, в том числе на примыкающих территориях. В случае, когда сооружения инженерной защиты могут оказать отрицательное влияние на эти территории, в проектной документации должны быть предусмотрены соответствующие компенсационно-восстановительные мероприятия.

4.16 При проектировании сооружений инженерной защиты на участках автомобильных дорог с развитием склоновых процессов рекомендуется применять конструкции заводского изготовления, а также конструкции, при возведении которых обеспечивается механизация производства работ. Размеры конструкций следует назначать исходя из принципов модульности и унификации элементов, а также максимального использования грузоподъемности транспортных средств и кранового оборудования. В проектах производства работ и организации строительства следует предусматривать предмонтажную подготовку и крупноузловую сборку конструктивных элементов.

4.17 Строительные материалы и конструкции для сооружений инженерной защиты от склоновых процессов должны удовлетворять требованиям государственных стандартов и технических условий на эти

материалы и конструкции (при их отсутствии – сертификатам соответствия, спецификациям и рекомендациям производителей), а их выбор необходимо производить согласно требованиям глав сводов правил по проектированию: бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений – СП 41.13330.2012, плотин из грунтовых материалов – СП 39.13330.2012, каменных и армокаменных конструкций – СП 15.13330.2012, стальных конструкций – СП 16.13330.2011.

4.18 В необходимых случаях в проектной документации следует предусматривать установку контрольно-измерительной аппаратуры и устройство наблюдательных скважин, постов, геодезических реперов, марок и т.д. для наблюдения в период строительства и эксплуатации за развитием опасных процессов и работой сооружений инженерной защиты от склоновых процессов. В проектной документации должны быть предусмотрены состав и режим необходимых наблюдений (мониторинг) и соответствующие дополнительные мероприятия по обеспечению надежности сооружений и эффективности инженерной защиты.

4.19 Ввод в эксплуатацию сооружений и мероприятий инженерной защиты и строительство защищаемых объектов должны быть взаимоувязаны и гарантировать безаварийное ведение работ.

5 Инженерно-геологические изыскания

5.1 Основные положения

5.1.1 Инженерно-геологические изыскания являются неотъемлемой частью инженерных изысканий на стадиях подготовки документации по территориальному планированию и планировке территории, архитектурно-строительного проектирования при разработке проектной документации и рабочей документации для строительства, в процессе строительства, эксплуатации, а также при текущем, капитальном ремонте, реконструкции автомобильных дорог, дорожных сооружений и сооружений инженерной защиты. Инженерно-геологические изыскания следует выполнять с учетом требований СП 47.13330.2012, СП 11-105-97, а также ГОСТ 32836-2014, ГОСТ 32868-2014.

Инженерно-геологические изыскания на участках автомобильных дорог с развитием склоновых процессов следует проводить совместно в комплексе с инженерно-геодезическими, инженерно-гидрометеорологическими и инженерно-экологическими изысканиями, выполняемыми согласно СП 11-104-97 и ГОСТ 32869-2014, СП 11-103-97 и ГОСТ 33177-2014, СП 11-102-97 и ГОСТ 32847-2014 соответственно.

5.1.2 Инженерно-геологические изыскания на участках автомобильных дорог с развитием склоновых процессов должны обеспечивать комплексное изучение инженерно-геологических условий исследуемой территории (площадки строительства), составления прогноза изменения инженерно-геологических условий с целью получения необходимых материалов для разработки экономически целесообразных и технически обоснованных решений инженерной защиты от опасных склоновых процессов, а также, при необходимости, принятия решения относительно выбора варианта трассы автомобильной дороги. Расчетные данные в составе результатов инженерно-геологических изысканий должны быть обоснованы исполнителем изысканий.

5.1.3 К проведению инженерно-геологических изысканий привлекаются

организации, оснащенные необходимой приборной и инструментальной базой, имеющие в своем составе квалифицированных специалистов. Организация, осуществляющая изыскания, должна иметь соответствующие разрешающие документы на выполнение данного вида работ, предусмотренные законодательством Российской Федерации.

При изысканиях на участках автомобильных дорог I и II категории рекомендуется, при необходимости, привлекать специализированные научно-исследовательские организации для консультаций, проведения отдельных видов исследований и выполнения прогноза и моделирования

5.1.4 При инженерно-геологических изысканиях на участках автомобильных дорог с развитием склоновых процессов, помимо изучения рельефа, геологического строения, сейсмотектонических, геоморфологических и гидрогеологических условий, состава, состояния и свойств грунтов, выявления геологических и инженерно-геологических (склоновых) процессов, должны быть освещены следующие принципиальные вопросы:

– типы и приуроченность склоновых процессов к определенным геологическим образованиям, тектоническим структурам и геоморфологическим элементам;

– площадь и глубина захвата исследуемого участка оползневым или обвально-осыпным процессом, тип и мощность селевого потока, максимальные объемы единовременных выносов селевой массы, имеющиеся на исследуемой территории селеопасные водосборные бассейны, пересекаемые трассой;

– современное состояние участка автомобильной дороги и прилегающих участков склонов (откосов), существующих дорожных, защитных и других сооружений (зданий), находящихся в зоне влияния склонового процесса;

– степень устойчивости исследуемого участка склона (откоса) и прогноз его дальнейшего поведения (определение стадии развития действующих процессов, возможности активизации или возникновения новых склоновых процессов, в том числе, с вовлечением участка автомобильной дороги,

выявление факторов, предшествующих активизации селевого процесса, установление закономерностей возникновения селевого потока и др.);

– возраст и стадии оползневого процесса, положения базисов, морфометрические параметры, форма и положение поверхности смещения, основной деформирующийся горизонт, его мощность, механизм смещения пород; геоморфологические характеристики селевого бассейна, механизм формирования селевого потока, по возможности, частота, интенсивность, повторяемость схода селей;

– роль отдельных природных и антропогенных факторов в снижении устойчивости исследуемого склона (откоса), оценка влияния автомобильной дороги на условия формирования селя;

– опыт осуществленной в данном районе инженерной защиты с анализом ее эффективности;

– исходные данные, основные направления и рекомендации для разработки мероприятий инженерной защиты.

5.1.5 При инженерно-геологических изысканиях на участках автомобильных дорог с развитием склоновых процессов необходимо устанавливать типы и подтипы склоновых процессов по механизму смещения пород, условия их возникновения и характер проявления, в соответствии с таблицей 1.

5.1.6 Инженерно-геологические изыскания для разработки документов территориального планирования, документации по планировке территории и выбора вариантов площадок (трасс) строительства имеют целью собрать основные данные, характеризующие природные условия исследуемого района в объеме, достаточном для оценки намеченных вариантов расположения трассы автомобильной дорог, выбора основного вида инженерной защиты, оценки намеченного варианта расположения защитного сооружения. Основными видами работ на этом этапе являются ознакомление с имеющимися фондовыми материалами, сбор и обработка материалов изысканий и исследований прошлых лет, дешифрирование имеющихся аэро- и космических снимков, анализ топографических карт и планов, в том числе,

прилегающей территории, рекогносцировочные обследования или осмотр участка (участков) автомобильной дороги и/или площадки строительства, выполнение наземных исследований на отдельных сложных участках, в том числе, при необходимости, разработка программы локального мониторинга и/или предварительное устройство наблюдательной сети с локальной установкой оборудования. Для оценки устойчивости склонов (как правило, качественной), с учетом прогнозируемых изменений инженерно-геологических условий, применяют метод аналогий. В качестве аналогов следует использовать другие склоны района, сходные по инженерно-геологическим условиям и техногенным факторам.

5.1.7 Инженерно-геологические изыскания для архитектурно-строительного проектирования при разработке проектной документации включают основной объем работ по инженерно-геологическим изысканиям, в том числе, оценку и прогноз устойчивости склонов (откосов) количественными (расчетными) методами, с учетом, при необходимости, реологических свойств грунтов, а также, при необходимости, локальный мониторинг по разработанной программе. Результаты исследований должны обеспечить получение необходимых материалов для обоснования принятия конструктивных решений здания или сооружения, противооползневой защиты, составления проекта организации строительства и разработки мероприятий по охране окружающей среды.

5.1.8 В целях реализации в процессе строительства архитектурных, технических и технологических решений, содержащихся в проектной документации, на объекте капитального строительства могут быть выполнены инженерные изыскания для рабочей документации. Состав и объемы видов инженерных изысканий для рабочей документации определяют программой выполнения инженерных изысканий в соответствии с заданием. Результатами инженерных изысканий для рабочей документации уточняют материалы ранее выполненных инженерных изысканий.

Таблица 1 – Типы и подтипы склоновых процессов по механизму смещения

Типы опасных склоновых процессов (по механизму смещения пород)	Подтипы	Характеристика пород основного деформируемого горизонта (ОДГ)	Характер проявления
Оползни сдвига (скольжения)	Инсеквентные (срезающие)	Глинистые (реже выветрелые полускальные и скальные) породы, массивные или слоистые, с пологим или обратным падению склона залеганием слоев	Отрыв и смещение блоков пород по вогнутой криволинейной поверхности с одновременным их запрокидыванием
	Консеквентные (соскальзывающие)	Прослои глинистых пластичных грунтов в толще более прочных грунтов и поверхности ослабления, наклоненные в сторону падения склона	Смещение массива или блоков пород по поверхностям ослабления
Оползни выдавливания	—	Глинистые, преимущественно пластичные	Выдавливание грунта из-под подошвы прибровочного уступа склона и его смещение совместно с ранее образовавшимися на склоне оползневыми накоплениями
Оползни вязкопластические	Оползни-потоки Сплывы (оплывины)	Глинистые, малоуплотненные и слаболитифицированные, пластичные	Вязкопластическое течение массы грунта: по ложбинам – оползни-потоки, вытянутой по оси оползания формы в плане; на увлажненных крутых уступах – сплывы; в пределах зоны сезонного промерзания при оттаивании – оплывины
Оползни гидродинамического разрушения	Суффозионные Гидродинамического выпора	Водонасыщенные песчаные и глинистые пылеватые грунты	Отрыв оползневого тела или обрушение суффозионной ниши с последующим растеканием сместившейся водонасыщенной массы

Оползни внезапного разжижения	Несейсмогенного разжижения Сейсмогенного разжижения	Слабоуплотненные глинистые и песчаные водонасыщенные грунты, подверженные быстрому разупрочнению при динамических воздействиях	Разжижение при динамическом воздействии (техногенном сотрясении или сейсмических толчках) и быстрое вязкое течение разжиженного грунта по уклону рельефа
Обвалы и вывалы	—	Скальные, полускальные и глинистые твердые трещиноватые породы	Отрыв от крутых уступов (откосов) крупных блоков (обвалы) или отдельных глыб грунта (вывалы) с последующим быстрым смещением (свободным падением или качением)
Осыпи	—	Скальные и полускальные выветрелые, песчаные и твердые глинистые породы	Отрыв от обнаженной поверхности уступа (откоса) и скатывание к его основанию мелких обломков породы
Сели	Связные Несвязные	Рыхлые и крупнооблмочные коллювиальные и делювиально-пролювиальные породы	Вовлечение в поток при достижении селеобразующего расхода
Примечание – Возможны промежуточные типы опасных склоновых процессов, а также наличие сложного (комбинированного) механизма их проявления.			

5.1.9 Для территорий с развитием склоновых процессов инженерно-геологические изыскания, как правило, следует выполнять в два этапа.

На первом этапе инженерно-геологические изыскания проводятся с целью комплексного изучения инженерно-геологических условий участка автомобильной дороги и служат для обоснования компоновки сооружений, принятия конструктивных и объемно-планировочных решений, составления генерального плана проектируемого объекта, разработки мероприятий по инженерной защите, охране геологической среды. Оценка устойчивости склонов выполняется в ненарушенных природных условиях (существующих природно-техногенных условиях), а также с учетом прогнозируемых

изменений в связи с техногенным воздействием, также оценивается устойчивость временных строительных выемок и откосов.

Инженерные изыскания на втором этапе проводятся с целью уточнения природных и техногенных условий исследуемого участка автомобильной дороги в пределах сферы взаимодействия с геологической средой, детализации или получения дополнительных данных для оптимизации конструктивных параметров сооружений, а также инженерной защиты. Оценка и прогноз устойчивости склонов (откосов) осуществляется с учетом выбранного положения сооружения и уточненных границ зон различной степени опасности склоновых процессов. Специальные расчеты должны выполняться для уточнения оценки временной устойчивости откосов строительных выемок. При предоставлении заказчиком исходных данных, характеризующих проектируемый объект, составляется предварительный прогноз устойчивости склона с учетом строительства проектируемых сооружений. На данном этапе, при необходимости, продолжается организованный ранее локальный мониторинг склоновых процессов, создаются, при необходимости, дополнительные наблюдательные пункты с учетом размещения на исследуемом участке автомобильной дороги конкретных сооружений.

Результаты изысканий на втором этапе должны содержать данные о соответствии заложенных в проектной документации характеристик природных и техногенных условий фактической ситуации, а также об их изменении во времени, анализ причин аварийных или предаварийных ситуаций, результаты статистической обработки показателей свойств грунтов с учетом результатов ранее выполненных инженерно-геологических изысканий, прогноз изменений инженерно-геологических условий, исходную информацию для подготовки проектной документации для строительства, эксплуатации, реконструкции, капитального ремонта или сноса (демонтажа) объекта, детализации проектных решений по проектирования мероприятий инженерной защиты. При необходимости установления степени влияния природных и техногенных факторов на устойчивость склонов, в составе

работ предусматриваются или продолжаются начатые ранее в рамках мониторинга наблюдения.

5.1.10 Инженерно-геологические изыскания в период строительства, эксплуатации, реконструкции, капитального ремонта должны обеспечивать получение материалов и данных о состоянии и изменении инженерно-геологических условий для контроля или корректировки проектных решений и мероприятий, связанных с повышением устойчивости, надежности и эксплуатационной пригодности автомобильной дороги, дорожных сооружений и сооружений инженерной защиты. Возможность выполнения соответствующих работ должна быть оговорена в техническом задании на проектирование, выдаваемом заказчиком-застройщиком в составе тендерной документации.

5.1.11 Инженерно-геологические изысканий в период сноса (демонтажа) объекта должны обеспечивать получение материалов и данных для установления безопасных условий при выполнении работ по сносу (демонтажу), обоснования мероприятий по рекультивации земель и мероприятий по прекращению или снижению активности склоновых процессов.

5.1.12 Инженерно-геологические изыскания должны выполняться на основе договора на выполнение комплекса проектно-изыскательских работ или на выполнение только инженерных изысканий. Договор между заказчиком и исполнителем проектно-изыскательских работ или изыскательских работ, являющийся основанием для их выполнения, должен содержать обязательные приложения: задание, программу инженерно-геологических изысканий, календарный план работ, расчет стоимости, а также дополнительные соглашения к договору при изменении его состава, сроков и условий выполнения работ.

5.1.13 В задании должны быть сформулированы требования к проведению инженерно-геологических изысканий. Условия договора (контракта) должны соответствовать особенностям природно-климатических и природно-техногенных условий территории изысканий, а также учитывать

период осуществления работ.

Задание должно быть составлено заказчиком в соответствии с требованиями ГОСТ 32836-2014. Задание на выполнение инженерно-геологических изысканий должно содержать основные сведения об объекте изысканий, необходимые для составления программы инженерно-геологических изысканий, а также основные требования к материалам и результатам изысканий.

5.1.14 Задание на выполнение инженерно-геологических изысканий для архитектурно-строительного проектирования при разработке проектной документации должно содержать следующие сведения и данные:

– наименование объекта исследования (проектирования);

– идентификационные сведения об объекте (категория, класс автомобильной дороги, функциональное назначение существующих сооружений);

– вид дорожно-строительных работ (строительство, реконструкция, капитальный ремонт, текущий ремонт);

– сведения об этапе работ, сроках проектирования, строительства и эксплуатации объекта;

– требование о составлении и представлении программы инженерно-геологических изысканий на согласование заказчику;

– данные о местоположении, границах участка трассы, полосы отвода и придорожной территории;

– характеристику ожидаемых воздействий объектов дорожного строительства на природную среду;

– сведения и данные об исследуемом участке автомобильной дороги (сооружении);

– перечень нормативных документов, в соответствии с требованиями которых необходимо выполнить инженерно-геологические изыскания;

– имеющиеся сведения о ранее выполненных инженерно-геологических изысканиях и исследованиях;

– данные о наблюдавшихся на исследуемой территории осложнениях в

процессе строительства и эксплуатации автомобильных дорог и сооружений инженерной защиты (деформациях и аварийных ситуациях);

– необходимость и требования к выполнению специальных исследований, научного сопровождения в процессе инженерно-геологических изысканий с учетом отраслевой специфики;

– требования к точности, надежности, достоверности и обеспеченности получаемых результатов;

– требования к составлению и содержанию прогноза возможных изменений природных и техногенных условий исследуемого участка, оценке опасности и риска от склоновых процессов;

– требования к материалам и результатам инженерно-геологических изысканий (состав, сроки, порядок, форма представления изыскательской продукции, форматы материалов в электронном виде);

– наименование и местонахождение организации заказчика, инициалы, фамилия и номер телефона (факса), электронный адрес ответственного представителя заказчика.

К заданию должны прилагаться графические и текстовые документы, необходимые для организации и проведения инженерно-геологических изысканий при соответствующем виде градостроительной деятельности.

5.1.15 Предусмотренные в задании требования к полноте, достоверности, точности и качеству отчетных материалов могут уточняться исполнителем инженерно-геологических изысканий при составлении программы выполнения инженерно-геологических изысканий и в процессе выполнения изыскательских работ по согласованию с заказчиком. Изменение видов изыскательских работ, размеров проектируемого участка автомобильной дороги, объемов и сроков выполнения работ должно оформляться в виде нового задания или дополнения к заданию.

5.1.16 В задании не допускается устанавливать детализированные состав и объем изыскательских работ, методику и технологию их выполнения, за исключением заданий на отдельные виды работ для субподрядных организаций исполнителя. Детализированный состав основных и

специальных видов инженерно-геологических изысканий, объемы, методики и технологии работ, необходимые и достаточные для выполнения задания и принятия проектных решений, определяет и обосновывает исполнитель изысканий в программе инженерно-геологических изысканий.

5.1.17 Программа инженерно-геологических изысканий составляется исполнителем, согласовывается с заказчиком и утверждается руководителем организации исполнителя. Программа инженерно-геологических изысканий должна быть составлена в соответствии с требованиями ГОСТ 32836-2014, кроме того она должна соответствовать требованиям задания на проектно-изыскательские работы.

При составлении программы инженерно-геологических изысканий на участках автомобильных дорог с развитием склоновых процессов, состав и объем изыскательских работ следует намечать с учетом:

– вида градостроительной деятельности (этапа изысканий);

– стадии и масштабности склонового процесса;

– категории автомобильной дороги;

– степени изученности участка исследованиями прошлых лет.

5.1.18 Для участков автомобильных дорог I и II категорий требуется проведение полного комплекса изысканий. Для участков автомобильных дорог III–V категорий при хорошей изученности территории, наличии достаточного количества и качества материалов изысканий прошлых лет, позволяющих оценить современное состояние исследуемого участка, возможно обоснованное сокращение объемов работ и/или обоснованная замена выполнения отдельных видов исследований имеющимися данными, если они достаточны для проектирования сооружений инженерной защиты. В случаях, когда материалы отсутствуют или оцениваются как недостаточные, сомнительные или устаревшие, изыскания следует выполнять в полном объеме.

5.1.19 Программа инженерно-геологических изысканий для архитектурно-строительного проектирования при разработке проектной документации должна содержать:

– общие сведения, включающие в себя наименование, местоположение, идентификационные сведения об объекте, границы изысканий, цели и задачи инженерно-геологических изысканий, краткую характеристику природных и техногенных условий района, сведения о заказчике и исполнителе работ;

– оценку изученности территории, включая описание исходных материалов и данных, представленных заказчиком, результаты анализа степени изученности природных условий, оценку возможности использования материалов ранее выполненных инженерно-геологических изысканий с учетом срока их давности и репрезентативности, сведения о материалах и данных, дополнительно приобретаемых (получаемых) исполнителем;

– краткую характеристику природных и техногенных условий района работ, влияющих на организацию и выполнение инженерно-геологических изысканий;

– обоснование границ (расширения границ) территории проведения инженерно-геологических изысканий с учетом сферы взаимодействия проектируемых объектов с природной средой, категорией сложности природных и техногенных условий;

– обоснование состава, объемов, методов и технологии выполнения инженерно-геологических изысканий и отдельных видов изыскательских работ (исследований), применяемых приборов и оборудования, включая программное обеспечение, местоположения пунктов производства работ (точек наблюдений, горных выработок, полевых испытаний и др.), последовательности, времени, продолжительности выполнения, необходимости проведения мониторинговых наблюдений и их продолжительности;

– сведения о контроле качества и приемке работ, включая виды и методы работ по контролю качества, об оформлении результатов полевого и (или) камерального контроля и приемки работ;

– особые условия (при необходимости), включая обоснование применения нестандартизированных технологий (методов), необходимости

выполнения научно-исследовательских работ, научного сопровождения инженерно-геологических изысканий и др.;

– рабочие гипотезы об условиях формирования и причинах склонового процесса, механизме смещения, стадии развития;

– мероприятия по обеспечению безопасных условий труда;

– мероприятия по охране окружающей среды, исключению ее загрязнения и предотвращению ущерба при выполнении инженерно-геологических изысканий;

– перечень используемых нормативно-методических документов, обосновывающих методы выполнения работ;

– сведения по метрологическому обеспечению;

– перечень и состав отчетных материалов, сроки их представления.

Приложения к программе выполнения инженерно-геологических изысканий содержат: копию задания, перечень нормативно-технических документов или их частей, обосновывающих методы выполнения работ, копии документов, определенных законодательством Российской Федерации ее субъектов, требуемых для выполнения инженерно-геологических изысканий, и графические приложения для планирования и организации производства работ и др.

5.1.20 Окончательная редакция программы выполнения инженерно-геологических изысканий составляется после подписания договора, сбора и обработки материалов изысканий и исследований прошлых лет. Программа может корректироваться в случае выявления в процессе инженерно-геологических изысканий непредвиденных сложных или опасных природных и техногенных условий, которые могут оказать неблагоприятное влияние на строительство и эксплуатацию сооружений и среду обитания. В этом случае, исполнитель инженерно-геологических изысканий должен поставить заказчика в известность о необходимости дополнительного изучения и внесения изменений и дополнений в программу изысканий и в договор в части изменения объемов, видов и методов работ, увеличения продолжительности и (или) стоимости инженерно-геологических изысканий.

Если заказчик не обеспечивает исполнителю изысканий возможность дополнительного изучения выявленных условий и не соглашается с внесением соответствующих изменений, ответственность за последствия несет заказчик.

5.1.21 Инженерно-геологические изыскания, как правило, включают в себя следующие этапы работ: подготовительные (предполевые), полевые, лабораторные и камеральные.

5.2 Подготовительные работы

5.2.1 В состав подготовительных работ по инженерно-геологическим изысканиям входят:

– сбор и обработка материалов изысканий и исследований прошлых лет;

– дешифрирование аэро- и космоматериалов, аэровизуальные наблюдения.

5.2.2 Сбор и обработка имеющихся материалов являются основой для составления рабочей гипотезы об инженерно-геологических условиях участка автомобильной дороги и предшествуют выполнению основного комплекса исследований. Сбору и обработке, с учетом требований подлежат материалы:

– инженерно-геологических изысканий прошлых лет, выполненных для обоснования проектирования и строительства трассы автомобильной дороги, дорожных сооружений, сооружений инженерной защиты, прилегающих объектов различного назначения – технические отчеты об инженерно-геологических изысканиях, гидрогеологических, геофизических и сейсмологических исследованиях, локальном мониторинге и другие данные, сосредоточенные в государственных и ведомственных фондах и архивах;

– топографических съемок разных лет, инженерно-геологического картирования, региональных исследований, режимных наблюдений и др.;

– аэрокосмических съемок территории;

– научно-исследовательских работ и научно-технической литературы, в том числе научных публикаций с результатами исследований

гидрологических, гидрогеологических условий, физико-механических свойств грунтов, факторов развития склоновых процессов, эффективности различных мероприятий инженерной защиты, разработок по методике и технологии выполнения изысканий;

– региональных рекомендаций, руководств;

– актов обследований участков автомобильной дороги, имеющихся сооружений, заключений комиссий, данных мониторинга и др., в том числе, на объектах-аналогах.

При анализе собранных материалов основное внимание необходимо уделять причинам и особенностям механизма склонового процесса, приведенным примерам оползней, обвалов, осыпей, селей, результатам исследований физико-механических свойств грунтов, данным об активности склонового процесса на исследуемой территории, рекомендациям по предупреждению и устранению главных причин формирования или активизации склонового процесса, эффективности различных конструкций и мероприятий инженерной защиты в аналогичных условиях и т. п.

5.2.3 По результатам сбора и обработки материалов изысканий и исследований прошлых лет в техническом отчете представляется анализ:

– опыта эксплуатации исследуемой и других трасс автомобильных дорог, эффективности мероприятий инженерной защиты на участках с аналогичными инженерно-геологическими условиями;

– причин возникновения чрезвычайных ситуаций, вызванных активизацией склоновых процессов, а также отказов сооружений инженерной защиты;

– влияния природных и техногенных факторов на функционирование автомобильной дороги;

– изменения влияния отдельных факторов развития склоновых процессов при дальнейшей эксплуатации автомобильной дороги, в том числе, при строительстве сооружений инженерной защиты;

– динамики развития склонового процесса по отношению к исследуемому участку автомобильной дороги.

На основе анализа материалов изысканий и исследований прошлых лет приводится характеристика степени изученности инженерно-геологических условий территории и оценка возможности использования имеющихся материалов для решения соответствующих задач различных видов градостроительной деятельности. Определяются принципиальные вопросы и необходимый комплекс дальнейших инженерно-геологических изысканий на исследуемом участке автомобильной дороги.

5.2.4 Дешифрирование космо- и аэрофотоматериалов, аэровизуальные наблюдения осуществляются, как правило, предшествуют инженерно-геологической съемке и другим наземным исследованиям. Космо- и аэрофотоматериалы позволяют одновременно оценить сложность инженерно-геологической обстановки в разных частях исследуемой территории с равной детальностью, а также различить стадии склонового процесса: подготовительную; возникновения и нарастающего развития смещений; кульминации; спада; последствий.

5.2.5 Основными задачами дешифрирования и аэровизуальных наблюдений являются:

– установление наличия и масштабности склоновых процессов, их границ, типов, формы, приуроченности к определенным комплексам пород и геоморфологическим уровням;

– приближенная оценка возраста (относительного возраста) деформаций, вызванных развитием склонового процесса;

– определение стадии развития склонового процесса;

– выявление факторов воздействия на развитие склонового процесса, интенсивности и характера техногенной нагрузки, степени преобразования склона;

– установление видимых деформаций поверхности земли и отдельных сооружений;

– уточнение границ распространения на склоне генетических типов четвертичных отложений;

– определение локализаций разрывных нарушений и зон повышенной

тектонической трещиноватости пород;

– определение областей распространения, питания и разгрузки подземных и поверхностных вод;

– установление границ различных ландшафтов;

– уточнение границ геоморфологических элементов;

– определение динамики развития склоновых процессов на основе сопоставления снимков и карт разных лет съемки, а также при сопоставлении данных об исследуемом склоне с аналогами.

5.2.6 При дешифрировании используются следующие материалы: космо- и аэрофотоснимки (плановые и перспективные), в том числе, черно-белые, цветные, спектрозональные; материалы тепловых (инфракрасных) съемок и сканерные снимки.

5.2.7 В процессе инженерно-геологических изысканий для подготовки документации по территориальному планированию и планировке территории дешифрирование аэрофотоматериалов следует осуществлять в два этапа:

– предварительное дешифрирование в предполевой период;

– дешифрирование, в том числе с использованием аэровизуальных наблюдений, в полевых условиях и при камеральной обработке материалов.

Для подготовки проектной документации при архитектурно-строительном проектировании сооружений инженерной защиты, дешифрировании аэрофотоматериалов как отдельный вид работ не проводится, однако при выполнении инженерно-геологической съемки в масштабе 1:2000–1:10000 рекомендуется использовать имеющиеся отдешифрированные материалы, а также проводить уточнение границ развития склоновых процессов относительно выявленных ранее на снимках.

На последующих этапах проектирования, строительства и эксплуатации сооружений собственно дешифрирование и аэровизуальные наблюдения не проводятся, но имеющиеся материалы используются при обследованиях и мониторинге участков автомобильных дорог и сооружений инженерной защиты для сбора информации о динамике развития склоновых процессов.

5.2.8 Дешифрирование аэрофотоснимка включает в себя распознавание

изображенных на нем объектов, раскрытие сущности содержания контуров и отдельных предметов, а также определение их характеристик. При выборе масштаба аэро- и космофотоматериалов следует учитывать, что чем сложнее район работ по природным условиям, тем крупнее должен быть масштаб используемых фотоснимков. Изучаемые объекты должны иметь на снимке линейные размеры не менее 1 мм, чтобы их можно было опознать на местности.

5.2.9 В основе дешифрирования аэрофотоснимков при инженерно-геологических работах лежат принципы геологического дешифрирования. В качестве дополнительного обычно используется ландшафтный метод дешифрирования, согласно которому территории, имеющие одинаковый «внешний» облик, имеют и сходное «внутреннее» строение, т. е. литогенную основу ландшафта, под которой обычно понимается состав и строение подстилающих горных пород на глубину до 25 м и более. Мощность этой зоны в значительной мере зависит от глубины залегания грунтовых вод.

5.2.10 Система дешифровочных признаков при работе с аэро- и космофотоматериалами включает:

– прямые признаки, которые могут быть сняты непосредственно со снимка в виде размера, формы, тона, тени, цвета и фактуры объекта, условий залегания пород и площади их распространения;

– косвенные признаки, характеризующие геологические объекты через некое промежуточное звено, в качестве которого могут выступать специфические формы рельефа, следы деятельности поверхностных вод, определенная растительная ассоциация и т. д.

Как прямые, так и косвенные дешифровочные признаки могут быть частными – характеризующими отдельный геологический объект или некоторые его свойства, или общими – характеризующими совокупность разных геологических объектов в целом или некоторые общие для них свойства.

5.2.11 При дешифрировании в предполевой и полевой периоды устанавливают:

– отличительные черты участков, сложенных различными по составу породами;

– приуроченность и определенность форм мезо- и микрорельефа к слагающим их породам;

– сравнительную мощность и примерный литологический состав поверхностных рыхлых отложений, в зависимости от форм рельефа и коренных пород;

– характер увлажненности и заболоченности поверхности.

5.2.12 При необходимости получения дополнительной количественной информации о склоновых процессах (размерах, площадях, уклонах, профилях, относительной высоте оползневых ступеней, ширине и длине трещин, высотах стенок срыва, глубинах эрозионного вреза и т. д.), могут выполняться фотограмметрические измерения аэрофотоснимков в процессе инженерно-геологических изысканий по специальной программе.

5.2.13 По результатам сбора и обработки материалов изысканий и исследований прошлых лет, с учетом дешифрирования аэро- и космофотоматериалов, а также данных аэровизуальных наблюдений составляется окончательная программа инженерно-геологических изысканий.

5.3 Полевые работы

5.3.1 В состав полевых работ по инженерно-геологическим изысканиям входят:

– маршрутные наблюдения;

– проходка горных выработок;

– геофизические исследования;

– полевые исследования грунтов;

– гидрогеологические исследования.

5.3.2 Маршрутные наблюдения следует осуществлять в процессе рекогносцировочного обследования и инженерно-геологической съемки, с

целью выявления и изучения основных особенностей и отдельных факторов инженерно-геологических условий исследуемого участка трассы. Маршрутные наблюдения выполняют с использованием топографических планов и карт, по ранее составленной предварительной карте оползневых процессов или селевых бассейнов, аэро- и космоснимков и других имеющихся материалов, отображающих результаты сбора и обобщения материалов изысканий и исследований прошлых лет. Количество маршрутов, состав и объем сопутствующих работ устанавливают в зависимости от детальности изысканий, их назначения, масштабности склонового процесса, категории автомобильной дороги, вида градостроительной деятельности.

5.3.3 При инженерно-геологических изысканиях для разработки документов территориального планирования и документации по планировке территории, инженерно-геологическую съемку следует выполнять в масштабах, определяемых техническим заданием на инженерно-геологические изыскания, в зависимости от необходимого масштаба соответствующих графических документов (карт и схем). На автомобильных дорогах I и II категорий для выбора площадок строительства и расположения трасс рекомендуется выполнение инженерно-геологической съемки в масштабе 1:5000.

5.3.4 При производстве инженерно-геологических изысканий на первом этапе для архитектурно-строительного проектирования инженерно-геологическую съемку следует выполнять в масштабах 1:1000–1:500, на втором этапе – 1:500–1:200.

В задачи маршрутных наблюдений входят:

– описание и фотофиксация состояния полотна дороги;

– описание и оценка состояния поверхности склона (откоса) и его особенностей на отдельных оползневых, селевых, осыпных и обвальных участках в границах исследуемого участка трассы, геоморфологических условий;

– первичная оценка масштабов склоновых деформаций и выявление

наиболее активных зон;

– установление границ участков склонового процесса, в соответствии со стадиями развития (активности);

– выявление и описание выходов подземных вод (родники, мочажины и т. п.) и других водопроявлений, искусственных водных объектов, суффозионных процессов;

– выявление проявлений свежей эрозионной подсечки склонов;

– установление характера хозяйственного использования территории, техногенных воздействий, преобразований рельефа на прилегающих к участку трассы склонах;

– обследование в границах исследуемого и смежных с ним участков существующих сооружений с описанием имеющихся деформаций и ориентировочной оценкой технического состояния, а также оценка эффективности существующей инженерной защиты;

– уточнение результатов предварительного дешифрирования аэро- и космоматериалов;

– предварительное планирование мест размещения ключевых участков для дальнейших комплексных исследований (мест размещения горных выработок, пунктов и створов для проведения других видов работ, в том числе, локального мониторинга и др.);

– при необходимости, поиск аналогов оползней, обвалов, селей на прилегающей территории с выявлением их причин.

5.3.5 Маршрутные наблюдения включают:

– осмотр пораженного склоновым процессом участка;

– установление размеров распространения процесса и видов трещин; составление схем, чертежей и зарисовок;

– описание повреждений в конструкциях;

– фиксацию просадок, выпоров, перекосов и описание их параметров.

При маршрутных наблюдениях следует выявлять изменения в проявлении оползней, селей, осыпей и обвалов, происшедшие за период со

времени проведения предшествующих изысканий.

При маршрутных наблюдениях на застроенной (освоенной) территории следует дополнительно выявлять дефекты планировки территории, развитие заболоченности, подтопления, просадок поверхности земли, степень (избыточность, норма или недостаточность) полива газонов и древесных насаждений и другие факторы, обусловливающие изменение инженерно-геологических условий или являющиеся их следствием.

5.3.6 Маршрутные наблюдения осуществляют по намечаемым положениям сооружений. При первичной рекогносцировке исследуемого участка автомобильной дороги на прилегающих склонах и откосах, полотне дороги рекомендуется намечать возможные места проходки горных выработок и установки оборудования для осуществления локального мониторинга.

5.3.7 При расположении исследуемого участка автомобильной дороги на теле оползня или в пределах зоны его влияния необходимо:

– зафиксировать головной уступ и первые частные уступы по отношению к проезжей части автомобильной дороги;

– оценить степень устойчивости уступов бортов;

– выявить наличие поперечных трещин (количество, расположение, ширину раскрытия, наличие обводненности и т. д.) в частных уступах.

Рекомендуемая схема описания оползня приведена в приложении Б СП 11-105-97, часть II. Рекомендуемая схема описания оползневых трещин приведена в приложении В СП 11-105-97, часть II.

5.3.8 При обследовании состояния скальных склонов (откосов) следует устанавливать следующие морфологические и морфометрические параметры:

– высоту, крутизну, форму поверхности склона;

– расчлененность массива пород на отдельные блоки, наличие следов прошлых вывалов в виде отдельных глыб и их скоплений;

– характер и ориентацию поверхностей отчленения обвалов;

– наличие и типы осыпей, характер и угол наклона поверхности осыпи, состав и размеры обломочного материала;

– положение в плане подошвы скального склона (откоса);

– степень выветрелости пород склона (откоса), характер трещиноватости пород, среднее количество трещин на один погонный метр, ширину и глубину их раскрытия, наличие, состав и состояние заполнителя трещин, направление и угол падения трещин;

– интенсивность обвалообразования и осыпания, объемы оползневых осыпных и обвальных тел;

– состояние поверхности обломков;

– наличие древесной и кустарниковой растительности.

Рекомендуемая схема описания обвалов и осыпей приведена в приложении Г СП 11-105-97, часть II.

5.3.9 Существующие сооружения на исследуемом участке обследуются в соответствии с ГОСТ 31937-2011, [2]. Оценка технического состояния полотна автомобильной дороги проводится на основе изучения сохранности профиля, единого створа, наличия или отсутствия осадок, просадок, ступеней, сплывов и других деформаций откосов, трещин.

5.3.10 Проходка горных выработок на участках развития склоновых процессов осуществляется в целях:

– установления или уточнения геологического разреза и условий залегания грунтов: мощности, минерального и литологического состава, структурно-текстурных особенностей, изменчивости в плане и по глубине;

– установления или уточнения условий залегания подземных вод, их изменчивости в плане и разрезе;

– отбора образцов грунтов для определения их состава, состояния и свойств, а также проб подземных вод для их химического анализа;

– проведения полевых исследований свойств грунтов (при необходимости), определения гидрогеологических параметров водоносных горизонтов и зоны аэрации, производства геофизических исследований;

– устройства скважин для выполнения наблюдений (локального мониторинга компонентов геологической среды).

5.3.11 Горнопроходческие работы выполняются в следующей последовательности:

– вынос в натуру места расположения горных выработок;

– подготовка площадки к проведению работ;

– проходка горных выработок (скважин, шурфов, расчисток и др.);

– ведение полевого журнала;

– описание керна, отбор и упаковка образцов (монолитов), проб грунта и воды;

– ликвидационный тампонаж.

5.3.12 Организация буровых и горнопроходческих работ выполняется в соответствии с программой инженерно-геологических изысканий. Намечаемые в программе изысканий способы бурения скважин должны обеспечивать высокую эффективность бурения, необходимую точность установления границ между слоями грунтов (отклонение не более 0,25–0,50 м), возможность изучения состава, состояния и свойств грунтов, их текстурных особенностей и трещиноватости скальных пород в природных условиях залегания. Рабочие журналы проведения горных выработок оформляются с учетом указаний [3].

5.3.13 Проходка горных выработок должна осуществляться оборудованием, по техническим параметрам соответствующим физико-механическим свойствам грунтов и характеристикам горных выработок (глубине, диаметру, и т. п.).

Бурение скважин в труднодоступных местах и стесненных условиях (например, на крутых склонах) осуществляется вручную либо с помощью переносных разборных буровых установок, при соответствующем обосновании в программе инженерно-геологических изысканий. Бурение скважин вручную применяется только в труднодоступных местах или стесненных условиях. Для оползневых склонов с уклоном более 15° и при

отсутствии путей проезда к площадке, следует использовать переносные буровые установки размерами не более 2х2х2 м и массой не более 500 кг.

5.3.14 Выбор вида горных выработок (см. таблицу 2), способа и разновидности бурения (см. таблицу 3) следует производить, исходя из целей и назначения выработок с учетом условий залегания, вида, состава и состояния грунтов, крепости пород, наличия подземных вод и намечаемой глубины проходки, а также из необходимости обеспечения максимального выхода керна и выполнения, при необходимости, в тех же скважинах, полевых опытных работ и геофизических исследований. Выбор способа, разновидности и диаметра бурения скважин должны обеспечивать выход керна по оползневым отложениям не менее 90%, зоны смещения – 95–100%, по грунтам, не затронутым деформациями, – 80–90%.

5.3.15 Для изучения механических и прочностных свойств пород в естественном состоянии бурение следует сопровождать отбором образцов пород с нарушенным сложением и монолитов при помощи грунтоносов различного типа. Так, в глинистых грунтах твердой и полутвердой консистенции при отборе монолита следует применять обуривающие грунтоносы со скоростью вращения не более 60 об/мин и давлением на забой 1,5–3,0 кН; в грунтах тугопластичной, мягкопластичной и текучепластичной консистенции – вдавливаемые грунтоносы. Образцы пород для исследований следует отбирать целенаправленно в соответствии с требованиями ГОСТ 12071-2014, для чего уже в полевых условиях необходимо производить предварительное инженерно-геологическое расчленение слагающей склон толщи пород. Монолиты для лабораторных исследований следует отбирать из различных глубин толщи каждого слоя и, по возможности, в разных частях оползня: головной, средней и языковой. Основное количество образцов следует отбирать из ослабленных зон, часть образцов, по возможности – из области поверхности скольжения грунтов. Выбуренный керн укладывают в специальные ящики, производя его фотофиксацию. Керн каждого рейса отделяют от последующего деревянной

биркой, в которой указывают номер скважины, интервал глубины рейса, дату и фамилию геолога. Укладка керна на землю, асфальт и другое покрытие недопустима.

Таблица 2 – Виды, глубины и условия применения горных выработок при инженерно-геологических изысканиях

Вид горных выработок	Рекомендуемые размеры и глубина горных выработок	Условия применения горных выработок
Закопушки	Небольшая воронкообразная выработка диаметром 0,3 м и глубиной 0,5–0,8 м	Выполняется для вскрытия горных пород, залегающих под почвенным слоем
Расчистки	Глубиной до 1,5 м	Применяется в местах естественных обнажений на крутых склонах, для вскрытия пород, перекрытых слоем почвы, делювия или осыпи
Шурфы и дудки	Вертикальная горная выработка сечением порядка 1,25х1,5 м и глубиной до 20 м, прямоугольного (шурфы) или круглого (дудки) сечения	Данный вид выработок проводится в сухих, рыхлых горизонтальных или чуть наклонных пластах и дает возможность произвести осмотр и фотографирование залегания пластов
Штольня	Горизонтальная выработка трапецеидального сечения, высотой около 1,8 м, шириной по основанию 1,3–1,7 м, по верху – 1 м, имеющая выход на поверхность	Данный вид горных выработок предназначен для решения различных задач: определения трещиноватости и фильтрационных свойств грунтов в береговых участках, выявления суффозионных процессов. Рекомендуется при изысканиях для проектирования особо ответственных и уникальных зданий и сооружений при обосновании в программе работ
Скважины	Горная выработка круглого сечения глубиной 5–150 м	Бурение скважин позволяет подробно изучить геологический разрез

5.3.16 При описании керна особое внимание следует уделять наклону прослоев и линз, зонам дробления и смятия, поверхностям скольжения (их частоте, ориентировке и углу наклона, наличию борозд и т. п.). Для выделения ослабленных зон рекомендуется использовать поверхностное пенетрационное опробование микропенетрометром или другими подобными устройствами. При описании «рыхлых» склоновых накоплений большое

внимание следует уделять цвету пород, наличию признаков ожелезнения, карбонатности, степени перемятости пород, наличию и характеру обломочных включений, степени окатанности обломков и характеру их распределения во вмещающей толще и др.

Часть из отобранных монолитов обязательно должна разламываться и тщательно осматриваться. При обнаружении зеркал скольжения фиксируются их частота, ориентировка, угол наклона к горизонту и поверхности склона, консистенция глинистых примазок на поверхности зеркал скольжения, наличие или отсутствие угнетенности кристаллов гипса и других гипергенных минералов, остатки корней растений и т. п. Наиболее четко зеркала скольжения выражены в грунтах твердой и полутвердой консистенции. Следует отличать собственно оползневые зеркала скольжения от сходных с ними зеркал, обусловленных набуханием-усадкой пород. Последние представлены блестящими короткими (до 3–4 см и менее), беспорядочно ориентированными поверхностями, нередко прихотливой формы, придающими всей толще брекчиевидный облик. Обычно зеркала этого генезиса развиты на глубине до 2–3 м не только на склонах, но и на горизонтальных участках местности. Оползневые зеркала скольжения следует также отличать от зеркал, образующихся в результате роста кристаллов гипса и уплотнения породы вокруг них, а также от зеркал скольжения тектонического генезиса, которые отличаются более или менее выдержанным простиранием, обычно крутым падением и заполнением трещин вторичными минералами. В процессе работ и первичной обработки материалов бурения обязательно должно проводиться предварительное выделение инженерно-геологических элементов (ИГЭ) на основе учета возраста, генезиса, структурно-текстурных особенностей, степени выветрелости и измененности склоновыми процессами, визуальной оценки консистенции, прочности и номенклатурного вида пород. В дальнейшем выделенные ИГЭ уточняются данными лабораторных и/или полевых определений состава, состояния и свойств пород.

Таблица 3 – Способы и разновидности бурения скважин при инженерно-геологических изысканиях

Способ бурения скважины		Разновидность бурения	Диаметр скважины, мм	Область применения в зависимости от вида грунта	Примечание
Колонковый		С промывкой водой	34–146	Скальные невыветрелые (монолитные) и слабовыветрелые (трещиноватые)	преимуществом является возможность бурения в породах любой крепости под различными углами наклона, а также получение образцов в виде керна
		С промывкой глинистым раствором	73–146	Скальные слабовыветрелые (трещиноватые); выветрелые и сильновыветрелые; крупнообломочные; песчанистые; глинистые	
		С продувкой воздухом	73–146	Скальные невыветрелые (монолитные) и слабовыветрелые, необводненные; дисперсные, твердомерзлые и пластичномерзлые	
		С призабойной циркуляцией промывочной жидкости	89–146	Скальные выветрелые и сильновыветрелые (рухляки), обводненные, глинистые	
		Всухую	89–146	Скальные выветрелые и сильновыветрелые (рухляки), песчаные и глинистые необводненные и слабообводненные, твердомерзлые и пластичномерзлые	
Ударно-канатный с забоем	кольцевым	Забивной	108–325	Песчаные и глинистые необводненные и слабообводненные	высокая трудоемкость и низкие темпы проходки
		Клюющий	89–168	Глинистые слабообводненные	
	сплошным	С применением долот и желонок	127–325	Крупнообломочные; песчаные обводненные и слабообводненные	

Вибрационный	С применением вибратора или вибромолота	89–168	Песчаные и глинистые обводненные и слабообводненные	высокая производительность, возможность отбора образцов грунта с ненарушенной структурой
Примечание – Применение других способов бурения допускается при соответствующем обосновании в программе инженерно-геологических изысканий.				

5.3.18 Для разработки документации по территориальному планированию и планировке территории с целью получения опорных разрезов, первоочередные горные выработки рекомендуется размещать по створам, пересекающим исследуемую территорию в наиболее характерных местах (оползневые депрессии, осевые полосы крупных оползней, межоползневые гребни, наиболее крупные и типичные для района другие формы рельефа). В пределах створов, выработки следует располагать с частотой, обеспечивающей построение инженерно-геологических разрезов с детальностью, соответствующей масштабу инженерно-геологической съемки (карты) и позволяющей выполнить расчеты устойчивости склонов.

5.3.19 Для архитектурно-строительного проектирования при разработке проектной документации на первом этапе изысканий расположение, количество и глубина намечаемых выработок зависят от размеров исследуемого участка, степени обнаженности территории, сложности инженерно-геологической обстановки, целевого назначения выработок.

Выработки следует размещать как по продольным (по направлению движения оползня, селя), так и по поперечным створам. Также рекомендуется располагать створы по оси проектируемых конструкций инженерной защиты. Основная часть горных выработок должны располагаться по продольным створам по линии максимально уклона поверхности. Часть выработок, по возможности, следует располагать по створам вдоль бортов оползня и на прилегающих к нему участках. В случае крупных фронтальных или циркообразных оползней следует размещать несколько продольных створов выработок с расстоянием между ними 30–

50 м. Поперечные створы целесообразно размещать на оползнях с большим индексом удлиненности. В этих случаях рекомендуется заложить не менее трех поперечных створов – в головной, средней и языковой частях оползня.

Количество выработок в створе определяется размером склонового проявления и, как правило, устанавливается из расчета одной-двух на каждом крупном (более 30 м) элементе рельефа, вовлеченного в склоновый процесс (оползневых ступенях, понижениях, межоползневых гребнях и т. п.). Кроме того, должны быть пройдены минимум по две выработки на устойчивых частях склона (например, выше бровки срыва и ниже языка оползня).

Расстояние между выработками по основному продольному створу следует принимать таким, чтобы обеспечить получение достоверного разреза исследуемого участка склона. На участках основных перегибов рельефа следует производить сгущение разведочных выработок с целью уточнения механизма смещения, характера сопряжения отдельных ступеней оползня, выявления изменений уклонов поверхности коренных пород и др. Расстояние между выработками обосновывается в программе работ с учетом рекомендаций СП 47.13330.2012, СП 11-105-97, часть II, ГОСТ 32836-2014, ГОСТ 32868-2014, а также [4] и должно обеспечивать возможность построения инженерно-геологических разрезов с детальностью, соответствующей масштабу инженерно-геологической съемки, и выполнение расчетов устойчивости склонов (откосов).

Часть горных выработок, не менее 75%, следует проходить на всю мощность оползневого тела с заглублением ниже ложа оползня в несмещенные породы не менее чем на 5 м с целью изучения их состава и состояния. Отдельные (опорные) горные выработки по оси оползня рекомендуется проходить ниже ложа оползня до глубины характерного маркирующего горизонта в коренных породах для проверки их несмещенности, выявления и изучения различных зон в профиле выветривания и т. п.

5.3.20 Для архитектурно-строительного проектирования при разработке проектной документации на втором этапе изысканий геологические выработки располагаются непосредственно вблизи контуров и по оси проектируемых конструкций инженерной защиты для уточнения прочностных, деформационных и фильтрационных свойств грунтов. Вне площадок строительства сооружений инженерной защиты выработки следует задавать только в случае, если произошло изменение инженерно-геологической обстановки (например, активизация оползня) и возникла необходимость получения дополнительных данных для уточненной оценки степени устойчивости склона.

5.3.21 Геофизические исследования выполняются в процессе инженерно-геологических изысканий для подготовки документации при всех видах градостроительной деятельности (территориальном планировании и планировке территории, архитектурно-строительном проектировании, рабочей документации строительства, в процессе строительства, а также при выполнении проектно-изыскательских работ для реконструкции, капитального и текущего ремонтов автомобильных дорог, дорожных и защитных сооружений на них), как правило, в сочетании с другими видами инженерно-геологических работ в целях:

– определения фактических и потенциально возможных зон оползневого смещения, которые могут быть приурочены, в частности, к грунтам мягко- и текучепластичной консистенции;

– выделения зон разной степени выветрелости, прибортовой трещиноватости и разуплотнения;

– определения мощности оползневых масс грунтов, осыпей и обвальных отложений;

– определения границ обводненных зон в грунтовом массиве, глубины залегания уровней подземных вод и водоупоров;

– определения изменений свойств грунтов вблизи зоны смещения;

– определения изменений напряженного состояния склона;

– выявления мест утечки воды из подземных коммуникаций;

– выявления на склоне старых заброшенных и действующих дренажей, сетей подземных коммуникаций и т. п.;

– измерения динамических нагрузок от транспорта;

– проведения мониторинга.

5.3.22 Возможность применения геофизических методов основана на различии физических свойств горных пород в зависимости от их состава и состояния. Результаты геофизических исследований необходимо совмещать с материалами горнопроходческих работ, результатами испытаний грунтов и данными гидрогеологических исследований. Основными методами оценки состояния склонов являются сейсморазведка, электроразведка и георадиолокация.

5.3.23 Сейсмические исследования на склоне проводятся для определения:

– геологического строения, границ тела оползня, поверхности скольжения, положения скальных пород;

– направления движения грунта (тела оползня);

– уровня грунтовых вод;

– уровня динамических нагрузок со стороны внешних источников;

– деформационных свойств грунтов, слагающих оползень.

Сейсмоакустические измерения динамических нагрузок от проходящего транспорта производятся при обследовании на первом этапе инженерно-геологических изысканий для архитектурно-строительного проектирования и при проведении мониторинга состояния грунтового массива. Данный вид измерений основан на наблюдении изменений параметров собственных колебаний, возникающих под действием различных динамических нагрузок. Наблюдения проводятся как на поверхности грунтового массива, так и в неглубоких скважинах.

5.3.24 Электротомография относится к группе методов электроразведки на постоянном токе. В трехмерном варианте позволяет получить куб данных

о строении массива по признаку удельного электрического сопротивления. В свою очередь, удельное электрическое сопротивление тесно связано с физическими характеристиками – пористостью, влагонасыщением, глинистостью и т. д. Метод обладает глубинностью не менее 1/3 максимального линейного размера площади исследований.

5.3.25 Георадиолокационные исследования на склоне проводятся с целью изучения внутреннего строения оползня и грунтов вокруг него на основе построения отражающих границ между слоями с различными электрофизическими свойствами. В свою очередь, электрофизические свойства тесно связаны с физическими характеристиками – пористостью, влагонасыщением, глинистостью и т. д. Георадар хорошо работает на грунтах, имеющих высокое электрическое сопротивление. Напротив, низкоомные породы, такие как глины, могут являться непреодолимым барьером для изучения методами георадиолокации. Так как часто породы тела оползня представлены влажными глинистыми разностями, георадиолокация на теле оползня носит вспомогательный характер. Простота выполнения полевых работ позволяет рекомендовать этот метод для обследования состояния склонов наряду с сейсмическими методами и электроразведкой.

5.3.26 Полевые исследования грунтов рекомендуется выполнять при необходимости и соответствующем обосновании в программе инженерно-геологических изысканий. Полевые исследования могут выполняться в целях:

– оценки физических, деформационных и прочностных свойств грунтов в массиве;

– установления характера пространственной изменчивости свойств грунтов;

– выявления, уточнения и прослеживания границ литологических тел (пластов, прослоев, линз);

– оценки возможности погружения свай в грунты и несущей

способности свай;

– определения динамической устойчивости водонасыщенных грунтов.

При проведении работ по полевым исследованиям грунтов на участках развития склоновых процессов следует руководствоваться СП 11-105-97, ГОСТ 32836-2014, ГОСТ 32868-2014, ГОСТ 20276-2012, ГОСТ 19912-2012, ГОСТ 5686-2012, ГОСТ 30672-2012.

5.3.27 К полевым исследованиям относятся следующие виды работ:

– определение деформационных характеристик грунтов, не затронутых деформациями (грунты основания и зоны влияния проектируемых сооружений), при помощи испытаний статическими нагрузками штампами и (или) прессиометрами (необходимость, возможность и объемы выполнения испытаний определяются составом и состоянием грунтов и обосновываются в программе работ).

– определение прочностных характеристик срезом целиков грунтов и (или) вращательным (поступательным) срезом;

– проведение статического и динамического зондирования для выявления условий залегания, мощности и распространения в плане и по глубине ослабленных зон в толще склоновых отложений (перемятых грунтов, суффозионного разуплотнения и т. п.), оценки динамической устойчивости песчаных грунтов, возможности их разжижения (необходимость и объем зондирования определяются составом и состоянием грунтов и обосновываются в программе работ);

– определения скорости падения камней, величины отскока камней и других параметров на участках обвалоопасных склонов;

– испытания грунтов сваями (эталонными, натурными) для оценки возможности их погружения в грунты и несущей способности (данный вид работ выполняется только при необходимости по специальному заданию при повышенном уровне ответственности (ГОСТ 27751-2014) проектируемых или защищаемых сооружений; возможность, тип свай и объем работ обосновываются в программе изысканий).

5.3.28 Выбор методов полевых исследований грунтов следует осуществлять в зависимости от вида изучаемых грунтов и целей исследований с учетом вида градостроительной деятельности, категории автомобильной дороги, степени изученности и сложности инженерно-геологических условий. Размер, конфигурация и глубина зоны, в переделах которой проводится полевое исследование грунтов, а также количество горных выработок устанавливаются в зависимости от возможного влияния сооружений и склоновых процессов, сложности инженерно-геологических условий исследуемой территории и вида градостроительной деятельности (см. таблицу 4). Промежуток времени между окончанием бурения опытной скважины и началом испытания грунта выше уровня подземных вод не должен превышать двух часов, ниже уровня подземных вод – 0,5 часа. Исключение составляют испытания грунта штампами, при которых за указанное время необходимо только установить штамп на забой выработки.

5.3.29 Испытания грунта статическими нагрузками-штампами проводят в горных выработках или в массиве грунта, слагающем оползневое тело, при сохранении его природного сложения. Испытание штампом проводят для определения модуля деформации скальных, крупнообломочных грунтов, песков, глинистых, органоминеральных и органических грунтов. Испытания штампом, выбор его размера, степени нагружения и вычисления характеристик деформируемости грунта проводятся согласно ГОСТ 19912-2012.

5.3.30 Для определения гранулометрического состава крупнообломочных грунтов и гравелистых песков используют грохочение и ситовой рассев проб по фракциям. Для определения плотности проб в полевых условиях применяют способы мерной лунки и мерного куба.

5.3.31 Испытания методом зондирования применяются для определения деформационных и прочностных свойств грунтов, а также выделения границ между инженерно-геологическими элементами. Различают статическое и динамическое зондирование.

Таблица 4 – Виды и объемы полевых работ на склонах в зависимости от вида градостроительной деятельности при проектировании фундаментов зданий и сооружений

	Вид градостроительной деятельности*		
	Территориальное планирование, планировка территории	Архитектурно-строительное проектирование	
		Первый этап	Второй этап**
Виды работ	—	Статическое и динамическое зондирование; срез целиков грунтов и (или) испытания вращательным (поступательным) срезом. Испытания штампами, прессиометром грунтов основания и зоны влияния проектируемых сооружений	Срез целиков грунтов и (или) испытания вращательным (поступательным) срезом. Статическое и динамическое зондирование. Испытания грунтов основания и зоны влияния проектируемых сооружений штампами (при необходимости).
Объемы работ	—	Точки зондирования следует размещать в створах горных выработок в количестве не менее шести для каждого инженерно-геологического элемента (ИГЭ). Количество срезов целиков – не менее трех для каждого ИГЭ; вращательных (поступательных) срезов – не менее шести для каждого ИГЭ. Вид испытаний (срез целиков, вращательный срез) определяется составом, состоянием грунтов и обосновывается в программе работ. Количество испытаний штампами или прессиометром определяется в программе работ.	Количество срезов целиков и (или) вращательных (поступательных) срезов, точек статического и (или) динамического зондирования определяется в программе работ в соответствии с заданием на проектирование. При необходимости (специальное задание) объем испытаний свай определяется рекомендациями Приложения В СП 50-102-2003: не менее шести испытаний эталонной сваей; не менее двух – натурной сваей. Испытания грунтов основания и зоны влияния проектируемых сооружений штампами для корректировки значений модуля деформации выполняются в количестве двух–трех для каждого ИГЭ СП 47.13330.2012. Прочностные характеристики путем среза целиков грунтов и (или) вращательным

			(поступательным) срезом, а также методами статического и динамического зондирования (для песков) не менее шести для каждого ИГЭ.
Примечания: *Полевые опытные работы для обоснования проектирования в ходе строительства, эксплуатации и ликвидации объектов выполняются по специальным заданиям для решения конкретных задач на основании соответствующего задания на проектирование. **Полевые опытные работы на втором этапе выполняются для уточнения показателей физико-механических свойств грунтов. При определении объемов полевых опытных работ на втором этапе архитектурно-строительного проектирования следует учитывать результаты работ первого этапа. Результаты работ для обоснования территориального планирования, планировки территории используют при достаточном обосновании в программе работ.			

5.3.32 Статическое зондирование состоит в погружении зонда в грунт путем плавного задавливания под действием статической нагрузки и определения величины этого усилия. Этот метод используется при изучении песчаных, глинистых и органоминеральных грунтов, которые не содержат или мало содержат примесей щебня или гальки. Статическое зондирование дает возможность:

– получить качественную оценку толщи грунтов и их изменение в вертикальном разрезе;

– определить глубину залегания скальных и крупнообломочных грунтов;

– оценить качество искусственно уплотненных грунтов в насыпях;

– определить плотность грунта, угол внутреннего трения, модуль деформации, удельное давление на глинистые грунты и их консистенцию.

5.3.33 Динамическое зондирование – процесс погружения зонда в грунт под действием ударной нагрузки (ударное зондирование) или ударно-вибрационной нагрузки (ударно-вибрационное зондирование) с измерением показателей сопротивления грунта внедрению зонда. При динамическом зондировании измеряют:

– глубину погружения зонда от определенного числа ударов молота

(залога) при ударном зондировании;

– скорость погружения зонда при ударно-вибрационном зондировании;

– по данным измерений вычисляют условное динамическое сопротивление грунта погружению зонда.

Метод динамического зондирования применяется для оценки относительной плотности и однородности грунтов, в основном для сравнительной оценки плотности сложения песчаных грунтов с целью выявления и оконтуривания более рыхлых участков.

5.3.34 Работы по исследованию прочностных характеристик грунтов, слагающих оползневые склоны вблизи автомобильных дорог, могут включать также сдвиг целика и призмы в горных выработках, испытания крыльчаткой (вращательный срез), прессиометрические испытания (поступательный срез). При изучении оползней скольжения сопротивление сдвигу определяют методом среза целиков грунта (в шурфах или котлованах).

Полевые испытания методом вращательного среза, используют для определения сопротивления сдвигу глинистых грунтов на глубинах до 10–12 м.

Лопастные испытания могут выполняться для определения сопротивления сдвигу глинистых грунтов мягкопластичной, текучей и текучепластичной консистенции, слагающих поверхности скольжения оползневых тел, поскольку отбор монолитов таких грунтов затруднен.

В скальных грунтах опыты проводят в строительных котлованах, в которых оставляют целики в виде нарушенного грунта столбчатого вида. Для правильного определения внутреннего трения и удельного сцепления опыт проводят на 3-столбчатых целиках.

Определение сопротивления сдвигу в нескальных грунтах выполняют при кручении крыльчатки. Заглубленную крыльчатку поворачивают до тех пор, пока не произойдет разрушения грунта крыльями.

Прессиометрическим методом определяют деформационные (модуль деформации) и прочностные свойства (удельное сцепление и угол

внутреннего трения) скальных, песчанисто-глинистых грунтов, вскрытых в стенках буровых скважин.

5.3.35 На участках обвалоопасных склонов следует проводить опыты по сбрасыванию камней – для определения скорости их падения, величины отскока и других необходимых расчетных параметров.

5.3.36 Гидрогеологические исследования при изысканиях на участках автомобильных дорог с развитием склоновых процессов проводятся в целях:

– выявления общей картины обводненности склонов, направления и характера движения подземных вод в толще слагающих склон пород;

– изучения режима уровней подземных вод, оценки величин их сезонных колебаний и гидродинамического давления по всем водоносным горизонтам, оказывающим воздействие на устойчивость рассматриваемого склона (для учета наиболее неблагоприятного положения уровня при расчетах устойчивости склонов);

– выявления и установления характера взаимосвязей между режимом подземных вод и склоновыми процессами;

– установления источников питания подземных вод, в том числе, техногенного происхождения (утечки производственно-хозяйственных вод; поливы прилегающих к дороге участков склонов, освоенных под сады, огороды и т. п.);

– выявление водоносных горизонтов и бассейнов, играющих определяющую роль в оползневом или селевом процессе;

– установление взаимосвязи между водоносными горизонтами и поверхностными водами;

– получения фильтрационных характеристик пород, необходимых для гидрогеологических расчетов;

– определения положения уровней подземных вод в различное время года для расчетов гидростатического и гидродинамического давления воды и их колебаний;

– изучения роли подземных вод в формировании зон ослабления в толще пород склона.

При наличии или возможности развития вязкопластических оползней необходимо дополнительно получать данные для оценки баланса подземных вод на оползневом склоне. При наличии или возможности проявления оползней гидродинамического разрушения необходимо дополнительно получать данные для прогноза проявления суффозии за счет деятельности подземных вод в зоне выклинивания водоносных горизонтов на склоне.

5.3.37 Методика опытно-фильтрационных работ, оборудование и подготовка скважин к испытаниям должны соответствовать требованиям ГОСТ 23278-2014, СП 31.13330.2012, СП 129.13330.2011. Виды и объемы работ в зависимости от вида градостроительной деятельности приведены в таблице 5.

Размер территории, по которой следует собирать материал, и глубина изучаемого разреза должны определяться региональными особенностями геолого-гидрогеологических условий района, наличием и характером факторов, влияющих на изменение гидрогеологических условий. Контуры территории проводят, как правило, по естественным (геоморфологическим элементам и гидрографической сети) или условным гидрогеологическим границам подлежащих изучению водоносных горизонтов, с учетом предполагаемой зоны влияния проектируемого водозабора.

Опытно-фильтрационные работы следует выполнять для определения гидрогеологических параметров и характеристик грунтов при решающем влиянии на выбор проектных решений гидрогеологических условий. В остальных случаях фильтрационные параметры допускается принимать по справочным данным и результатам лабораторных исследований.

5.3.38 В процессе бурения скважин необходимо проводить гидрогеологические наблюдения за:

– поглощением (потерями) промывочной жидкости и изменениями ее параметров;

– изменениями уровня воды (бурового раствора) в скважине, появлением и установлением уровня подземных вод в течение не менее 1,5–

2 часов;

– восстановлением уровня воды в скважине по окончании проходки в течение не менее 3 часов;

– величиной напора подземных вод, в том числе при самоизливе воды из скважины (в обсадных трубах или по показаниям манометра).

При ударно-канатном бурении скважин в водосодержащих породах необходимо отбирать пробы на определение гранулометрического состава не реже, чем через каждые 5–10 м, но не менее трех проб из каждого слоя.

Таблица 5 – Виды и объемы опытно-фильтрационных работ в зависимости от вида градостроительной деятельности

Вид градостроительной деятельности			
	Территориальное планирование, планировка территории	Архитектурно-строительное проектирование	
		Первый этап	Второй этап
Виды работ	Допускается применение экспресс-откачек в процессе или после бурения скважин	На опорных участках следует проводить пробные и опытные одиночные откачки, при соответствующем обосновании – опытные кустовые откачки. Гидрохимическое опробование скважин в процессе проведения любого вида откачек обязательно	Опытно-фильтрационные работы (откачки, наливы, нагнетания) необходимо производить в контуре строительных котлованов
Объемы работ	Количество опытов для водоносного горизонта следует принимать не менее шести. Из каждого водоносного горизонта следует отбирать не менее трех проб воды на стандартный химический анализ	Применяются откачки воды тартанием в процессе бурения скважин в количестве не менее шести для каждого водоносного горизонта. Количество опытов по определению фильтрационных свойств грунтов должно составлять не менее трех для каждого водоносного горизонта	Количество опытов по определению фильтрационных свойств грунтов должно составлять не менее трех для каждого водоносного горизонта

5.3.39 Коэффициент фильтрации пород определяется в полевых условиях при помощи откачек воды из скважин и шурфов в зоне полного водонасыщения пород, а также наливами воды в скважины и шурфы. Наиболее достоверные значения коэффициента фильтрации дают опытные откачки. При производстве опытных откачек следует обеспечивать предусмотренные программой изысканий: их продолжительность, непрерывность, постоянство дебита (или постоянство понижения уровня), количество ступеней понижения уровня, отбор проб воды, необходимые точность и частоту измерений в процессе проведения откачки и наблюдения за восстановлением уровня воды в скважине.

5.3.40 Наиболее распространенная разновидность опытно-фильтрационных работ – проведение опытных откачек. Они подразделяются на одиночные и кустовые откачки.

При помощи одиночных откачек определяются удельные дебиты скважин, устанавливается зависимость дебита от понижения, определяются приближенные коэффициенты фильтрации пород. К этому же типу откачек относятся оттартовка и кратковременные откачки «на слив», т. е. откачки из напорных водоносных горизонтов, когда пьезометрический уровень устанавливается значительно выше устья скважины, и не требуется применения насосного оборудования.

Кустовые откачки проводятся на поздних стадиях изысканий, на участках проектируемых дренажей, водопонизительных установок, водозаборов подземных вод. Опытный куст включает в себя центральную скважину, из которой откачивают воду, и наблюдательные скважины, по которым фиксируют развитие депрессионной воронки в водоносном пласте. Продолжительность кустовых откачек определяется условием получения во всех наблюдательных скважинах представительных зависимостей изменения уровня воды от времени при квазиустановившемся режиме фильтрации.

Удельное водопоглощение и приведенный расход воды определяются в полевых условиях в изолированные интервалы скважин как выше, так и ниже уровня подземных вод. Водопроницаемость пород в зоне аэрации в полевых

условиях может изучаться с помощью опытных нагнетаний воздуха в скважины и шурфы.

5.3.41 Пробы подземных вод при изысканиях отбираются в процессе проходки и по окончании бурения скважин, в ходе опытных откачек и при наблюдениях (мониторинге). Виды анализов и комплекс определений свойств подземных вод устанавливаются в зависимости от задач, решаемых на данном этапе изысканий, сложности и степени изученности гидрогеологических условий территории (исследуемого участка дороги).

5.3.42 Обследование грунтов оснований существующих зданий и сооружений (полотна автомобильной дороги с верховыми и низовыми откосами, сооружений инженерной защиты, объектов дорожного хозяйства, прилегающих жилых и промышленных зданий) следует проводить при их расширении, капительном ремонте, реконструкции, строительстве новых сооружений вблизи существующих (в пределах зоны влияния), а также при внезапной активизации склонового процесса и в случае деформаций зданий и сооружений. При обследовании желательно использование (при наличии) архивных материалов, проведение опроса местных жителей. Также следует определять изменения инженерно-геологических условий за период строительства и эксплуатации зданий и сооружений, включая изменения рельефа, геологического строения, гидрогеологических условий, состава, состояния и свойств грунтов, активности склоновых процессов.

5.3.43 Обследование выполняется в целях:

– получения данных о возможности реконструкции зданий и сооружений с увеличением временных и постоянных нагрузок на фундаменты, расширения трассы автомобильной дороги;

– установления причин деформаций и разработки мер для предотвращения их дальнейшего развития, а также восстановления условий нормальной эксплуатации зданий и сооружений;

– определения состояния грунтов основания, возможности и условий достройки зданий и сооружений после длительной консервации их строительства;

– разработки мер по обеспечению устойчивости зданий и сооружений.

При обследовании грунтов оснований фундаментов существующих зданий и сооружений следует учитывать положения ГОСТ 31937-2011.

5.3.44 Обследование грунтов оснований существующих зданий и сооружений, расположенных в зоне возможного проявления или активизации склоновых процессов, производится при выполнении следующих работ:

– строительство новых автомобильных дорог, сопряженное с перемещениями грунта и перераспределением напряжений на участках проведения земляных работ;

– проходка котлованов, траншей, пешеходных и транспортных тоннелей, особенно в случаях с применением водопонижения;

– устройство стен в грунте, забивке шпунта или свай вблизи существующих зданий с передачей на их основание динамических нагрузок;

– учет динамического воздействия от транспортных средств и последствий сильных (6 баллов и более) землетрясений;

– при необходимости (о чем должно быть оговорено в задании и программе инженерно-геологических изысканий).

5.3.45 Обследование грунтов оснований, как правило, включает:

– проходку шурфов и бурение скважин для вскрытия грунтов основания;

– осмотр и описание стенок шурфов;

– геофизические исследования грунтов;

– отбор образцов грунтов и проб подземных вод для лабораторных испытаний;

– проведение полевых испытаний грунтов статическим и динамическим зондированием в шурфах и скважинах (при необходимости);

– проведение наблюдений за деформациями грунтов оснований.

Конкретные виды и объемы работ по обследованию указываются в задании и программе на выполнение инженерно-геологических изысканий. Размер, конфигурация и глубина зоны, в пределах которой проводится обследование грунтов оснований, устанавливаются с учетом возможного воздействия строящихся сооружений на изменение напряженного состояния

массива грунтов, режима подземных вод и на активизацию опасных геологических процессов. При этом необходимо учитывать соотношение отметок заложения фундаментов окружающей застройки и сооружений инженерной защиты участков.

5.3.46 Основным способом обследования грунтов оснований зданий и сооружений является проходка шурфов и скважин с отбором монолитов грунтов непосредственно из-под подошвы фундаментов. Шурфы и скважины закладываются в местах резкого перепада высот, на наиболее загруженных участках сооружений, а также в местах предполагаемых деформаций фундаментов. С целью предупреждения разрушения подземных коммуникаций, их расположение рекомендуется согласовать с заинтересованными организациями. Количество шурфов и скважин устанавливается с учетом технического состояния исследуемых сооружений и зависит от объемно-планировочного и конструктивного решений, а также условий эксплуатации строительных конструкций. В зависимости от количества секций в исследуемом сооружении, количество шурфов рекомендуется определять по таблице 6. Общее количество скважин в пределах контура каждого сооружения нормального уровня ответственности длиной до 20 м должно быть не менее трех, для сооружений повышенного уровня ответственности и длиной более 20 м – не менее четырех. При проходке шурфов грунты тщательно осматриваются через каждые 0,3 м. Отбор образцов грунта обычно производят на уровне и ниже отметок подошвы фундамента. Ниже отметок подошвы шурфов инженерно-геологические и гидрогеологические условия должны быть исследованы бурением и зондированием, при этом буровые скважины и точки зондирования размещают по периметру сооружения на расстоянии от него не более 5 м. После выполнения обследования скважины и шурфы должны быть ликвидированы с восстановлением естественного уровня грунта.

Таблица 6 – Количество шурфов в зависимости от количества секций в сооружении

Число секций в сооружении	Количество шурфов
1	3–5
2	5–8
3–4	7–12
5 и более	12–16

5.3.47 Отбор, консервацию, хранение, транспортирование проб грунта и воды, отобранных для лабораторных исследований в ходе полевых работ, следует выполнять в соответствии с ГОСТ 12071-2014 и ГОСТ 31861-2012.

5.4 Лабораторные и камеральные работы

5.4.1 В состав лабораторных работ по инженерно-геологическим изысканиям входят:

– лабораторные исследования грунтов;

– лабораторные исследования подземных вод.

5.4.2 Лабораторные исследования грунтов следует выполнять с целью определения их состава, состояния, физических, механических свойств для выделения, в соответствии с ГОСТ 25100-2011:

– классов (подклассов) – по природе структурных связей;

– типов (подтипов) – по генезису;

– видов (подвидов) – по вещественному, петрографическому или литологическому составу;

– разновидностей – по количественным показателям состава, строения, состояния и свойств грунтов, а также определения нормативных и расчетных характеристик;

– степени однородности (выдержанности) грунтов по площади и глубине;

– выделения инженерно-геологических элементов;

– прогноза изменения состояния и свойств грунтов в процессе строительства и эксплуатации автомобильной дороги.

5.4.3 Основными параметрами, которые необходимы для установления степени устойчивости склонов и откосов на участках развития оползневых процессов и должны быть определены лабораторными испытаниями, являются показатели сопротивления грунта срезу: удельное сцепление и угол внутреннего трения. Лабораторные исследования грунтов и подземных вод следует выполнять в соответствии с требованиями СП 11-105-97, части I и II. Лабораторные исследования специфических грунтов (набухающих, просадочных и др.) следует выполнять в соответствии с требованиями СП 11-105-97, часть III. Общие требования к подготовке образцов, а также к установкам, приборам и оборудованию для лабораторного испытания грунтов приведены в ГОСТ 30416-2012. Основные требования к выполнению испытаний на одноплоскостной срез приведены в ГОСТ 12248-2010, для немерзлых слабых грунтов, глинистых с повышенной влажностью и переувлажненных ненарушенной и нарушенной структуры (искусственно уплотненных) – в ГОСТ Р 54476-2011. Методы лабораторных испытаний определяют в зависимости от грунтовых условий, с учетом рекомендаций, приведенных в приложении А к ГОСТ 30416-2012. Выбор вида и состава лабораторных определений характеристик грунтов следует производить в соответствии с приложением Д к ГОСТ 32868-2014, приложением Е к СП 47.13330.2012, приложением М к СП 11-105-97, часть I, с учетом класса и подвида грунтов согласно ГОСТ 25100-2011. При необходимости и соответствующем обосновании в программе инженерно-геологических изысканий следует выполнять специальные виды исследований, методы проведения которых не указаны в приложении М к СП 11-105-97, часть I, приложении Е к СП 47.13330.2012, но используются в практике изысканий для оценки и прогнозирования поведения грунтов в конкретных природных и техногенных условиях (методы определения механических свойств грунтов при динамических воздействиях, характеристик ползучести, тиксотропии,

типа и характера структурных связей и др.).

5.4.4 Лабораторные исследования грунтов следует проводить на образцах, отобранных как из грунтов основного деформируемого горизонта, так и устойчивых пород. Обязательному опробованию подлежат грунты в зоне плоскостей смещения, ослабленных, перемятых, разуплотненных и водонасыщенных слоев грунта и др. При выполнении лабораторных исследований методы подготовки грунтов к испытаниям должны учитывать предполагаемые воздействия различных факторов на исследуемый грунт: изменения его напряженного состояния и степени уплотнения при снятии нагрузки, оползневых или обвальных смещениях, выветривании и других воздействиях.

5.4.5 При выборе метода определения сопротивления грунта срезу следует учитывать тип существующего или прогнозируемого оползня. Испытания рекомендуется проводить при различной влажности грунта и разных скоростях приложения нагрузки, моделирующих оползневой процесс. Выбор метода определения сопротивления грунта срезу обосновывается в программе инженерно-геологических изысканий в соответствии с заданием с учетом рекомендаций СП 11-105-97, часть II, результатов полевых работ и определения физических свойств (на основе данных о литологическом составе, состоянии и свойствах грунтов, положении уровня грунтовых вод).

При изучении оползней соскальзывания сопротивление срезу следует определять по схеме «сдвиг ускоренный по плоскости искусственно подготовленной или естественной» (сдвиг «плашка по плашке») (в полевых условиях (при необходимости) – методом среза целиков грунтов (в шурфах или котлованах) по той же схеме). Нарушение (разрушение) структурных связей грунта при оползании моделируется его перемятием с сохранением природной влажности или дополнительным увлажнением (высушиванием).

При изучении оползней скольжения (срезающих) следует исследовать анизотропию сдвиговой прочности пород, т. е. изменение ее в зависимости от положения плоскости среза по отношению к плоскостям напластования (по

напластованию и перпендикулярно к нему) (из полевых методов, при необходимости, целесообразен метод среза целиков пород (в шурфах и котлованах) с разными условиями залегания грунтов).

При изучении оползней выдавливания следует определять критические нагрузки, при которых происходит разрушение грунта, а также его реологические свойства (длительную прочность, вязкость).

При изучении вязкопластических оползней (течения) следует устанавливать значения сопротивления грунтов сдвигу и, при необходимости, реологических показателей, в зависимости от изменения влажности, что обеспечивается срезом образцов в сдвиговых приборах после водонасыщения, при природной влажности, при предполагаемых изменениях влажности, при нагрузках, соответствующих давлению грунта в оползневом теле.

5.4.6 При необходимости определения реологических характеристик грунтов (порога ползучести, вязкости, длительной прочности), следует использовать методы параллельных испытаний серии образцов-близнецов при различных значениях постоянного сдвигающего напряжения (метод испытания на ползучесть с определением длительной прочности) или при различных скоростях приложения нагрузок (метод испытания на длительную прочность). Количество испытываемых монолитов зависит от вида градостроительной деятельности, этапа изысканий и сложности инженерно-геологических условий. Рекомендуемые виды и объемы лабораторных испытаний грунтов и подземных вод на этапах территориального планирования, планировки территории и архитектурно-строительного проектирования приведены соответственно в таблицах 7, 8 и 9. Методы испытаний грунтов для оценки устойчивости склонов и откосов рекомендуется назначать в зависимости от вида грунта, в соответствии с таблицей 10.

Таблица 7 – Рекомендуемый объем лабораторных испытаний грунтов и подземных вод при территориальном планировании и планировке территории

Вид лабораторных испытаний	Нормативные документы и другие источники, регламентирующие методики и количество испытаний
Классифицирование грунтов; определение состава, состояния и показателей физических свойств грунтов	ГОСТ 25100-2011; СП 11-105-97, часть I, п. 6.15
Определение химического состава подземных вод	СП 11-105-97, часть I, п. 6.13
Оценка прочностных и деформационных свойств грунтов (угла внутреннего трения, сцепления, модуля деформации)	СП 11-105-97, часть I, п. 6.15, с учетом материалов изысканий и научных исследований прошлых лет

Таблица 8 – Рекомендуемый объем лабораторных испытаний грунтов и подземных вод при архитектурно-строительном проектировании на первом этапе изысканий

Вид лабораторных испытаний	Нормативные документы и другие источники, регламентирующие методики и количество испытаний / рекомендуемый объем испытаний
Определение состава, состояния и показателей физических свойств грунтов	СП 11-105-97, часть I, п. п. 7.16, 5.11; ГОСТ 5180-2015 / не менее 10 определений для каждого ИГЭ
Определение химического состава подземных вод и степени агрессивности к бетону и железобетону	СП 11-105-97, часть I, п. п. 7.16, 5.11; ГОСТ 31861-2012; ГОСТ 23732-2011 Не менее трех проб воды на каждый водоносный горизонт. Не менее трех определений на каждый ИГЭ выше уровня грунтовых вод
Оценка прочностных и деформационных свойств грунтов (угла внутреннего трения, сцепления, модуля деформации)	СП 11-105-97, часть I, п. 6.15, с учетом материалов изысканий и научных исследований прошлых лет; ГОСТ 12248-2010; ГОСТ Р 54476-2011; [5] и др. Количество лабораторных испытаний: – сооружения повышенного и нормального уровня ответственности: не менее 10–20 – для основного деформирующегося горизонта, не менее десяти – для других инженерно-геологических элементов; – сооружения пониженного уровня ответственности: не менее десяти – для основного деформирующегося горизонта, не менее шести – для других инженерно-геологических элементов.

Таблица 9 – Рекомендуемый объем лабораторных испытаний грунтов и подземных вод при архитектурно-строительном проектировании на втором этапе изысканий

Вид лабораторных испытаний	Нормативные документы и другие источники, регламентирующие методики и количество испытаний
Определение состава, состояния и показателей физических свойств грунтов	СП 11-105-97, часть I, п. п. 8.19, 5.11, с учетом результатов изысканий и исследований прошлых лет; ГОСТ 5180-2015
Определение химического состава подземных вод и степени агрессивности к бетону и железобетону	СП 11-105-97, часть I, п. п. 8.19, 5.11, с учетом результатов изысканий и исследований прошлых лет; ГОСТ 31861-2012, ГОСТ 23732-2011
Оценка прочностных и деформационных свойств грунтов (угла внутреннего трения, сцепления, модуля деформации)	СП 11-105-97, часть I, п. 8.19, с учетом материалов изысканий и научных исследований прошлых лет, региональных рекомендаций, указаний и т. п., результатов обратных расчетов устойчивости; ГОСТ 12248-2010, ГОСТ Р 54476-2011, [5] и др. Количество лабораторных испытаний: – сооружения повышенного и нормального уровня ответственности: не менее 10–20 по каждому ИГЭ; – сооружения пониженного уровня ответственности: не менее десяти – для основного деформирующегося горизонта, не менее шести – для других ИГЭ

Таблица 10 – Рекомендуемые методы испытания грунтов для оценки устойчивости склонов (откосов)

Вид грунта	Преимущественный метод лабораторного исследования
Глинистый	Одноплоскостной срез: – неконсолидированный под водой; – неконсолидированный при полном водонасыщении; – по подготовленной поверхности; – по подготовленной и смоченной поверхности
Глинистый (при ползучести)	Метод шариковой пробы
Пески (кроме гравелистых и крупных)	Одноплоскостной срез
Слабые грунты, глинистые грунты с повышенной влажностью и переувлажненные, ненарушенной структуры и нарушенной, являющиеся	Одноплоскостной срез по ГОСТ Р 54476-2011

основаниями насыпей	
Крупнообломочный с пылеватым и глинистым заполнителем, пылеватый и глинистый с крупнообломочными включениями	[5]
Скальный	Одноосное сжатие/растяжение: – в воздушно-сухом состоянии; – в водонасыщенном состоянии
Уплотненный (техногенный)	Консолидировано-дренированное испытание

5.4.7 Для определения прочностных свойств оползневых накоплений монолиты следует отбирать из грунтов основного деформирующегося горизонта, а также из зон скольжения; при этом, если графики рассеяния покажут существенное отличие состояния и свойств грунтов, то статистическая обработка лабораторных данных выполняется раздельно. Данные о физико-механических свойствах грунтов, полученные лабораторными испытаниями, следует сопоставлять с имеющимися материалами изысканий и научных исследований прошлых лет, включая региональные рекомендации, указания и т. п. Показатели сцепления и угла внутреннего трения оползневых отложений следует также уточнять обратными расчетами.

Помимо стандартных схем лабораторных испытаний грунтов рекомендуется, при необходимости и соответствующем обосновании в задании и программе инженерно-геологических изысканий, выполнять специальные исследования, моделирующие динамическую нагрузку, позволяющие получать параметры длительной прочности, интервалы колебаний влажности и плотности грунта на склонах и откосах при изменении условий обводнения и т. п.

5.4.8 Лабораторные исследования проб подземных вод, отобранных для выявления источников обводнения оползней, следует осуществлять по стандартному комплексу с выполнением, при необходимости, дополнительных анализов. Лабораторные исследования по определению химического состава подземных и поверхностных вод, а также водных

вытяжек из глинистых грунтов необходимо выполнять в целях определения их агрессивности к бетону и стальным конструкциям, коррозионной активности к свинцовой и алюминиевой оболочкам кабелей, оценки влияния подземных вод на развитие склоновых процессов, выявления ореола загрязнения подземных вод и источников загрязнения. Для оценки химического состава воды рекомендуется проводить стандартный анализ. Выполнение полного или специального химического анализа воды следует предусматривать при необходимости получения более полной гидрохимической характеристики водоносного горизонта, водотока или водоема, оценки характера и степени загрязнения воды, что должно быть обосновано в программе инженерно-геологических изысканий.

5.4.9 В состав камеральных работ по инженерно-геологическим изысканиям входят:

– разработка прогноза устойчивости склонов и откосов;

– составление технического отчета.

5.4.10 По отношению ко времени прогнозы устойчивости склонов и откосов делятся на следующие виды:

– долгосрочные, разрабатываемые на весь планируемый срок существования сооружения (десятки или сотни лет);

– среднесрочные, соизмеримые со сроком строительства;

– краткосрочные (на ближайший год или сезон);

– оперативные (на несколько дней).

Прогноз устойчивости склонов и откосов автомобильных дорог на участках развития склоновых процессов составляется с учетом следующих возможных изменений:

– параметров оползневого тела, селя, обвала, осыпи и поверхности скольжения (увеличение площади развития склонового процесса, мощности смещающегося массива, изменение направления движения и др.);

– прочностных и деформационных параметров грунтов (снижения физико-механических свойств грунтов в массиве при водонасыщении или по

поверхности скольжения и др.);

– величины транспортной или другой техногенной нагрузки (например, после строительства защитного сооружения);

– планировочных работ (подрезки склона, устройство насыпи и др.).

5.4.11 Для прогноза устойчивости и составления предварительных рекомендаций по проектированию мероприятий инженерной защиты необходимо выбрать характерные расчетные створы, наиболее полно отражающие особенности рассматриваемого участка. Для каждого оползня, селя, обвала необходимо построение как минимум одного расчетного створа, приуроченного к его продольной оси. На крупных участках расчетные (инженерно-геологические створы) намечают по нескольким направлениям, учитывая возможность изменения условий. Направление основного расчетного створа должно совпадать с главным направлением выявленного или прогнозируемого смещения грунта.

5.4.12 Для обеспечения надежности оценок и прогнозов устойчивости рекомендуется осуществлять расчеты различными методами. Основные положения и рекомендации по расчетам устойчивости приведены в [6]. Расчеты устойчивости выполняются общепринятыми методами теории предельного равновесия с разбиением призмы смещения на отсеки (методы Моргенштерна – Прайса, Шахунянца, Бишопа, Янбу, общего предельного равновесия и др.), а также методом конечных элементов с использованием метода снижения прочностных характеристик и упругопластических моделей грунтов.

5.4.13 При выполнении расчетов устойчивости склона или откоса рекомендуется учитывать не только установившийся уровень грунтовых вод на момент проведения инженерно-геологических изысканий, но и прогнозный максимальный. Действие грунтовых вод на состояние оползневого склона (откоса) проявляется в виде:

– взвешивающего действия на слагающие склон породы (изменение силы гравитации, снижение нормальных напряжений в плоскости сдвига);

– смачивания поверхностей скольжения, что уменьшает силы трения.

– снижения физико-механических характеристик водонасыщенных грунтов.

5.4.14 Расчет устойчивости склона в сейсмически активных районах (с землетрясениями 6 баллов и более) методами предельного равновесия рекомендуется проводить псевдостатическим способом. В этом случае сейсмические воздействия рассматриваются как дополнительные горизонтальные и вертикальные нагрузки в оползневом массиве. Величина сейсмической нагрузки для каждого отсека принимается равной произведению веса отсека (для обводненных пород без поправки на гидростатическое взвешивание) на коэффициент сейсмичности μ в зависимости от расчетной сейсмичности района проектирования (см. таблицу 11).

Таблица 11 – Коэффициент сейсмичности μ

Расчетная сейсмичность, баллы	1–5	6	7	8	9	10
Коэффициент динамической сейсмичности μ	0,00	0,01	0,025	0,05	0,10	0,25
Примечание – Для искусственных склонов (откосов, насыпей, дамб, выемок, бортов карьеров и др.) значения коэффициента сейсмичности увеличивают в 1,5 раза						

5.4.15 Данные лабораторных определений прочностных и деформационных характеристик грунтов следует сопоставлять и корректировать по результатам контрольных и «обратных» расчетов устойчивости склонов и выявленных оползневых масс. «Обратные» расчеты устойчивости выполняются в первую очередь для склонов, находящихся в предельном состоянии, и заключаются в определении таких величин сопротивления сдвигу, которые соответствуют предельному равновесию сил для конкретных рассматриваемых оползней, склонов или откосов с заданным коэффициентом запаса. Необходимость уточнения прочностных характеристик грунтов методом «обратных» расчетов в ряде конкретных

случаев может быть обусловлена:

– несоответствием результатов расчета фактической ситуации (расчетный коэффициент устойчивости Ку > 1 для активного оползня или расчетный коэффициент устойчивости Ку < 1 для стабильного по наблюдениям участка);

– изменчивостью свойств грунтов в пространстве и во времени;

– необходимостью «возобновления» («реконструкции») инженерно-геологических условий проявления оползневых подвижек.

5.4.16 По результатам прогноза устойчивости рекомендуется проводить районирование территории по трассе автомобильной дороги по степени опасности склоновых процессов, при соответствующем обосновании в программе инженерно-геологических изысканий.

5.4.17 Камеральная обработка полученных в ходе инженерно-геофизических исследований включает:

– ввод полевых данных в соответствующую каждому методу систему обработки геофизической информации;

– цифровую обработку данных по графам;

– ввод априорной информации, а также информации, полученной на основе других методов исследований в соответствующие системы обработки данных;

– интерпретацию результатов обработки.

Камеральную обработку материалов геофизических исследований и их интерпретацию необходимо осуществлять с начала выполнения полевых работ и завершать ее окончательной обработкой полученных материалов, составлением технического отчета о геофизических работах либо составлением раздела в общий технический отчет о результатах инженерно-геологических изысканий. Текущую обработку материалов, в том числе их интерпретацию, необходимо производить с целью обеспечения контроля полноты и качества геофизических работ и своевременной корректировки программы их выполнения, в зависимости от полученных промежуточных результатов. В процессе текущей обработки геофизических материалов

осуществляются увязка между собой результатов отдельных видов геофизических и других инженерно-геологических работ, составление предварительных геолого-геофизических разрезов, карты фактического материала, предварительных инженерно-геологических и гидрогеологических карт и пояснительных записок к ним. При окончательной камеральной обработке производятся уточнение и доработка представленных предварительных материалов, их инженерно-геологическая интерпретация и составление заключительного технического отчета о результатах геофизических исследований, который должен содержать данные, предусмотренные программой работ, а также обоснования допущенных изменений программы.

5.4.18 Материалы о выполненных инженерно-геологических изысканиях должны передаваться Заказчику в виде технического отчета, оформленного в соответствии с требованиями нормативных документов и состоящего из текстовой и графической частей, а также приложений.

5.4.19 В текстовой части должны отчета для обоснования схем территориального планирования, подготовки документации по планировке территории должны быть представлены, с учетом указаний ГОСТ 32868-2014 (приложение К), СП 47.13330.2012, следующие данные:

– анализ материалов изысканий и исследований прошлых лет о наличии, развитии, распространении, выявленных закономерностях проявления склоновых процессов в исследуемом районе;

– опыт эксплуатации автомобильных дорог в аналогичных инженерно-геологических условиях;

– анализ эффективности конструкций инженерной защиты в аналогичных инженерно-геологических условиях;

– анализ факторов и причин, вызывающих развитие склоновых процессов на исследуемой территории;

– характеристика степени активности склонового процесса;

– описание признаков воздействия склонового процесса на исследуемый участок автомобильной дороги (наличие трещин в конструкции дорожной

одежды, деформации обочин, сужение ширины проезжей части дороги, деформации дорожных и имеющихся защитных сооружений);

– прогноз развития склонового процесса по отношению к автомобильной дороге, а также прилегающим сооружениям;

– оценка по визуальным признакам состояния полотна дороги, существующих сооружений инженерной защиты, а также других объектов (зданий, коммуникаций и т. п.), расположенных в зоне возможного влияния склонового процесса;

– описание природных и техногенных грунтов (тип, состояние и т. п.), в которых происходит развитие склонового процесса, потенциально оползневых или обвалоопасных грунтов;

– сейсмичность района изысканий;

– результаты расчетов устойчивости исследуемого склона (откоса) по отдельным створам с учетом транспортной нагрузки и других реально возможных сочетаний нагрузок в процессе хозяйственного освоения территории (повышения уровня грунтовых вод, сейсмического воздействия, подрезки, пригрузки склона и т. п.);

– результаты качественной оценки оползневого риска;

– при необходимости, составление программы выполнения мониторинга и/или локальное устройство наблюдательной сети;

– рекомендации по инженерной защите участка автомобильной дороги, включающие в себя ориентировочный состав мероприятий и тип сооружений, ориентировочные объем и стоимость работ; если район изысканий охватывает несколько опасных участков, то в техническом отчете необходимо представить классификацию участков по их приоритетности для выполнения инженерной защиты.

5.4.20 В графической части отчета для обоснования схем территориального планирования, подготовки документации по планировке территории должны быть представлены:

– карта фактического материала по трассе (площадке) автомобильной дороги в районе изысканий;

– карта инженерно-геологического районирования;

– обзорная схематическая карта района инженерно-геологических изысканий;

– оползневая карта с указанием местоположений оползней, их типов, возраста, степени активности, морфоэлементов внеоползневой зоны;

– инженерно-геологические разрезы с указанием размещений скважин (шурфов), выявленного положения уровня грунтовых вод, выявленных и прогнозируемых поверхностей скольжения оползня.

5.4.21 В текстовой части отчета при архитектурно-строительном проектировании на первом этапе изысканий дополнительно к вышеназванному должны быть представлены, с учетом указаний ГОСТ 32868-2014 (приложение К), СП 47.13330.2012, следующие данные:

– наличие в пределах участка изысканий опасных склоновых процессов различной степени активности; условия, типы и механизм формирования;

– анализ взаимосвязи склонового процесса с состоянием объектов дорожного хозяйства, а также имеющихся сооружений инженерной защиты;

– описание, минеральный и литологический составы грунтов, гранулометрический (для крупнообломочных грунтов и включений) состав, структурно-текстурные особенности, физико-механические свойства грунтов в селевых очагах (селеформирующих грунтов и селевых отложений), оползневых (в том числе, на поверхности скольжения), потенциально оползневых грунтов, а также грунтов, не вовлекавшихся в смещение и техногенных (насыпных), подверженность полускальных и скальных пород выветриванию, степень агрессивности к бетонам и железобетонным конструкциям;

– приуроченность залегания подземных вод (в том числе, сезонного водоносного горизонта типа «верховодка») к оползневым грунтам и формам оползневого рельефа, участки выхода струйных течений подземных вод на поверхность в связи с подрезкой склона при строительстве автомобильной дороги или других сооружений;

– частные значения физико-механических характеристик грунтов по

скважинам и коэффициенты вариации (для определения изменчивости), а также нормативные и расчетные по двум группам предельных состояний;

– сейсмичность участка изысканий, тектонические условия;

– результаты расчетов устойчивости исследуемого склона (откоса) по имеющимся вдоль оползня створам с уточнением (при необходимости) значений физико-механических показателей свойств грунтов обратными расчетами;

– результаты полуколичественной (или, при обосновании, качественной) оценки оползневого риска;

– при необходимости, уточнение программы выполнения мониторинга на исследуемом участке и/или анализ полученных данных наблюдений;

– уточненные рекомендации по инженерной защите участка автомобильной дороги.

В графической части дополнительно к вышеназванному должны быть представлены:

– морфологическая карта (М 1:1000–1:500) с указанием и обозначением форм рельефа и микрорельефа (эрозионных форм рельефа временных водотоков, оврагов, балок, направления стока вод, мочажин и постоянно замокаемых участков и т. п.), морфоэлементов оползневой и внеоползневой зон (бровок и стенок срыва оползня, границ оползневого массива, валов выпирания, тела оползня, перекрытий границы оползневого массива, поверхности водораздела, тальвегов и русел водотоков, пойм ручьев, надпойменных террас, природных склонов и т. п.), местоположений точек наблюдений, скважин, шурфов с указанием их номеров и абсолютных отметок устья и т. п.; карта селевого бассейна;

– инженерно-геологические разрезы (М 1:200–1:100) с указанием местоположения исследуемого участка трассы, размещений скважин и шурфов, а также расстояний между ними, уточненного положения уровня грунтовых вод, в том числе, прогнозного, обозначениями инженерно-геологических элементов, уточненных поверхностей скольжения оползня.

5.4.22 В текстовой части отчета при архитектурно-строительном

проектировании на втором этапе изысканий дополнительно к вышеназванному должны быть представлены уточненные и более детальные данные, а также:

– результаты количественной оценки оползневого риска;

– при выполнении мониторинга – результаты и рекомендации по его дальнейшему проведению на исследуемом участке;

– рекомендации по инженерной защите участка автомобильной дороги с учетом результатов мониторинга.

В графической части отчета дополнительно к вышеназванному должны быть представлены уточненные и более детальные данные

5.4.23 Полевая техническая документация, как правило, не входит в состав технического отчета (заключения), заказчику не передается и хранится в архиве организации, выполнявшей геофизические исследования, кроме специально оговоренных в задании условий.

5.4.24 Для ускорения работ допускается совмещение отдельных этапов (подготовительных работ и полевых обследований; полевых обследований и обработки полученной информации и т. п.).

6 Противооползневые сооружения

6.1 Основные положения

6.1.1 Противооползневые сооружения предназначены для обеспечения безопасной эксплуатации участков автомобильных дорог, подверженных воздействию оползневых процессов.

6.1.2 Противооползневые сооружения подразделяются:

а) по выполняемой функции (рисунок 1):

– удерживающие оползневой массив;

– создающие стесненные условия смещению оползневого массива;

– защищающие отдельный объект и работающие в условиях обтекания грунтом;

б) по расположению относительно защищаемого объекта (рисунок 2):

– верховые (расположенные на верховом склоне);

– низовые (расположенные на низовом склоне);

– совмещенные (выполняющие функцию фундамента объекта);

в) по мощности непосредственно удерживаемого массива (рисунок 3):

– удерживающие всю оползневую толщу;

– удерживающие нижнюю часть оползневой толщи и создающие стесненные условия для грунта в условиях «переползания» им сооружения;

г) по длине фронта удержания:

– перекрывающие весь оползневой массив;

– локальные (отдельностоящие) сооружения;

д) по протяженности удерживаемого оползневого склона:

– одноярусные;

– многоярусные (расположенные в два и более яруса по длине оползня);

е) по механизму работы:

– свайные сооружения (см. подраздел 6.2);

– анкерные сооружения (см. подраздел 6.3);

– гравитационные сооружения (см. подраздел 6.4);

– комбинированные сооружения (см. подраздел 6.5).

В качестве дополнительных противооползневых мероприятий также следует предусматривать:

– уположение откоса (склона);

– устройство противоэрозионных покрытий;

– регулирование поверхностного и подземного стока с устройством водоотводных и дренажных и противофильтрующих конструкций.

6.1.3 Расположение удерживающих противооползневых сооружений относительно защищаемого объекта определяется положением объекта на склоне. Если защищаемый объект расположен:

– в головной части потенциально оползневого массива – следует предусматривать устройство преимущественно низовых удерживающих сооружений;

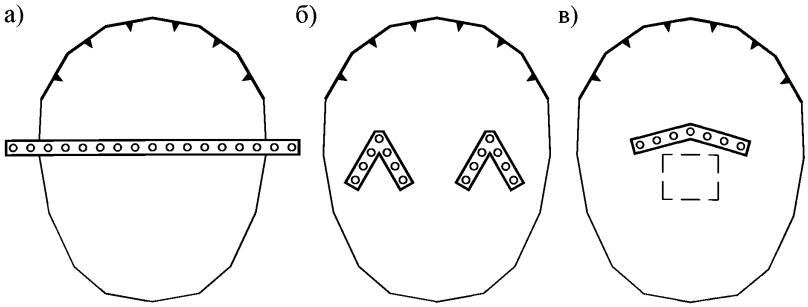
– в срединной части – следует предусматривать устройство верховых, низовых удерживающих сооружений или их сочетания, в зависимости от прогнозируемого положения поверхности скольжения и соотношения размеров выемки и насыпи на защищаемом участке;

– в языковой части – следует предусматривать устройство преимущественно верховых удерживающих сооружений или низовых сооружений в сочетании с контрбанкетом.

Защитные противооползневые сооружения рекомендуется располагать непосредственно перед защищаемым объектом таким образом, чтобы максимально исключить влияние оползневого грунта на защищаемый объект.

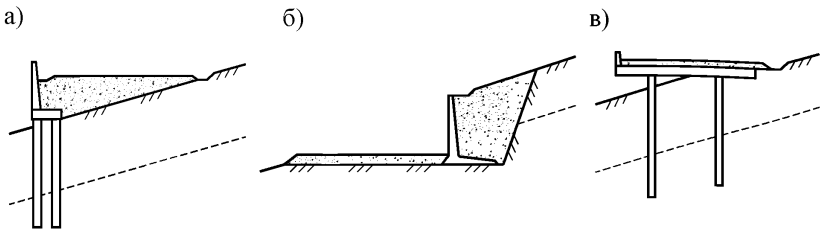
В случае невозможности реализации технических решений по устройству верховых или низовых сооружений (к примеру, при чрезмерных нагрузках на склон от защищаемого объекта) рекомендуется предусмотреть устройство свайного удерживающего сооружения непосредственно под объектом, совмещающего функции противооползневого сооружения и свайного фундамента.

6.1.4 Размещение противооползневых сооружений на склоне следует выбирать на основе расчетов устойчивости склона и анализа расположения поверхностей скольжения и эпюр оползневого давления, проводимых с учетом возможного многоярусного расположения сооружений.



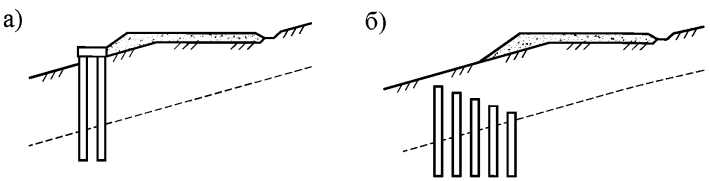
а – удерживающее оползневой массив; б – создающее стесненные условия смещению оползневого массива; в – защищающее отдельный объект и работающее в условиях обтекания грунтом

Рисунок 1 – Виды противооползневых сооружений в зависимости от выполняемой функции инженерной защиты



а – верховое; б – низовое; в – совмещенное

Рисунок 2 – Виды противооползневых сооружений в зависимости от расположения относительно защищаемого объекта



а – удерживающие всю оползневую толщу; б – удерживающие нижнюю часть оползневой толщи и создающие стесненные условия для грунта в условиях «переползания» конструкции

Рисунок 3 – Виды противооползневых сооружений в зависимости от мощности непосредственного удержания

6.1.6 С целью снижения оползневых давлений на каждый ярус удерживающих противооползневых сооружений рекомендуется увеличивать количество ярусов. Необходимое количество ярусов удерживающих сооружений определяется протяженностью удерживаемого оползневого склона – из условия обеспечения локальной устойчивости грунтов склона между каждыми двумя смежными ярусами, а также общей устойчивости склона с учетом всех ярусов сооружений.

С целью снижения давления обтекания оползневой массы, защитные противооползневые сооружения следует устраивать под непрямым углом к вектору смещения оползневых грунтов или «клином».

6.1.7 Длина фронта удержания определяется поставленной задачей и технологической возможностью устройства конструктивных элементов, способных воспринять прогнозируемые оползневые усилия. Возможны следующие ситуации:

– ширина участка инженерной защиты сопоставима с шириной оползневого или оползнеопасного массива. Длина фронта удержания относительно невелика. Удерживающее сооружение должно перекрывать весь оползневой или оползнеопасный участок единой (сплошной) конструкцией и закрепляться в устойчивых грунтах за его пределами;

– ширина участка инженерной защиты сопоставима с шириной оползневого или оползнеопасного массива. Длина фронта удержания имеет значительную величину. Допускается делить удерживающее сооружение на секции или отдельностоящие сооружения. При этом следует учитывать эффект пространственного воздействия оползня с учетом различной жесткости отдельных секций;

– ширина участка инженерной защиты существенно меньше размеров оползневого массива в плане. Удержание всего оползнеопасного массива в этом случае может быть нецелесообразно. Следует применять отдельностоящие сооружения для защиты локального объекта без обеспечения устойчивости всего оползневого (оползнеопасного) массива.

6.1.8 Для удерживающих противооползневых сооружений должна быть обеспечена:

– локальная устойчивость оползневых или оползнеопасных грунтов между ярусами удерживающих сооружений;

– общая устойчивость склона с учетом всех ярусов удерживающих сооружений;

– локальная и общая устойчивость строительной площадки на время производства строительных работ в районе каждого яруса проектируемых удерживающих сооружений

Для защитных противооползневых сооружений должна быть обеспечена:

– локальная и общая устойчивость строительной площадки на время производства строительных работ в районе каждого из проектируемых сооружений.

Для защитных конструкций, отклоняющих смещение оползневых масс от объекта, также должна быть обеспечена:

– устойчивость склона по поверхностям, охватывающим защищаемый объект и верховой склон со свайным сооружением;

– локальная устойчивость склона ниже защитного сооружения.

6.1.9 Оценка локальной устойчивости склона при проектировании удерживающих противооползневых сооружений, должна производиться с учетом возможности переползания оползневым грунтом нижерасположенных ярусов сооружений.

Оценка локальной степени устойчивости склона при проектировании защитных противооползневых сооружений, должна производиться с учетом возможности переползания их оползневым грунтом со стороны верхового склона и отрыва от сооружения грунта нижерасположенного склона.

6.1.10 Оценка общей устойчивости склона при проектировании удерживающих противооползневых сооружений должна производиться с учетом поверхности скольжения, пересекающей удерживающие элементы

одного или нескольких ярусов конструкций. При этом должна быть обеспечена устойчивость оползневого тела между каждыми двумя смежными ярусами.

Оценка общей устойчивости склона при проектировании защитных противооползневых сооружений должна производиться с учетом расположения поверхности скольжения, пересекающей удерживающие элементы конструкции.

6.1.11 Оценку устойчивости защитных противооползневых сооружений рекомендуется выполнять минимум по двум расчетным сечениям:

– непосредственно пересекающем проектируемое сооружение и защищаемый объект;

– проходящем на склоне в непосредственной близости от защищаемого объекта вне защитного сооружения.

6.1.12 Оценка локальной и общей устойчивости грунтов склона может производиться с использованием методов: предельного равновесия, конечных элементов (МКЭ) и комбинированных методов.

Расчетная модель должна адекватно описывать предполагаемое поведение грунта, но может включать в себя упрощения. Расчетная модель должна быть максимально простой и содержать только существенные элементы (попытки подробного моделирования микрорельефа поверхности земли, мелких геологических элементов или антропогенных образований не только не способствуют получению более точных результатов, но напротив – существенно снижают точность расчета).

Количество расчетных сценариев должно быть минимизировано. Вместе с тем, расчеты должны учитывать все наихудшие сценарии (сочетания нагрузок, геометрических и физико-механических условий) как на этапе строительства, так и на этапе эксплуатации в нормальных и особых условиях.

При расчете общей устойчивости уточнение напряженно-деформированного состояния вдоль поверхности смещения на основе метода конечных элементов, как правило, позволяет получить более точные

результаты. Уточнение становится тем существеннее, чем выше откос, сложнее напластование основных инженерно-геологических элементов или наблюдаются колебания уровня грунтовых вод.

При выборе расчетной схемы и внесении упрощений следует иметь в виду, что, как правило, на устойчивость системы наибольшее влияние оказывают:

– рельеф местности;

– величина угла внутреннего трения;

– величина удельного сцепления грунта;

– величина порового давления в грунте.

6.2 Свайные сооружения

6.2.1 Свайные противооползневые сооружения (рисунок 4) классифицируются:

а) по расположению элементов свайного поля (рисунок 5):

– сплошные стены из буросекущихся или бурокасательных свай;

– свайные стены из буронабивных свай (с шагом в осях более одного диаметра);

– отдельно-стоящие линейные сооружения;

– отдельно-стоящие кусты свай;

– отдельно-стоящие сваи;

б) по взаимному расположению свай в рядах:

– с шахматным расположением;

– с рядовым расположением.

6.2.2 Расположение элементов свайного поля следует выбирать исходя из задачи инженерной защиты, консистенции удерживаемого оползневого грунта и возможности его продавливания между свайными элементами:

– буросекущиеся или бурокасательные сваи следует применять в случае необходимости удержания глинистых грунтов пластичной и текуче-

пластичной консистенции, особенно при удержании грунтов выемки верховыми удерживающими конструкциями;

– свайные ряды с шагом свай более одного диаметра следует применять при необходимости удержания оползневых грунтов различной консистенции. Шаг свайных элементов определяется из условия непродавливания грунта между ними;

– отдельностоящие сооружения следует применять для удержания оползневых грунтов на участках, представляющих наибольший риск для защищаемого объекта. Расстояние между смежными конструкциями следует принимать из условия обеспечения устойчивости грунта в просвете между отдельными сооружениями;

– отдельностоящие сваи и кусты свай могут применяться для удержания грунтов склона в условиях создания стесненных условий для смещения грунта между смежными кустами свай при значительной мощности оползневых накоплений, а также в качестве фундаментов защищаемых объектов в условиях обтекания оползневым грунтом.

6.2.3 С целью увеличения сопротивления свайного поля продавливанию грунта, по возможности, необходимо применять шахматное расположение свай в рядах. При необходимости усиления свайного сооружения анкерными конструкциями или для пропуска коммуникаций между сваями, допускается применять рядовое расположение свай.

6.2.4 Мощность непосредственно удерживаемого свайным сооружением массива определяется технологической возможностью и экономической эффективностью устройства конструкций достаточной прочности. Возможны следующие ситуации:

– мощность оползневых накоплений относительно невелика и/или технико-экономические возможности позволяют устройство свай достаточного большого диаметра для восприятия действующих оползневых давлений – следует предусматривать сплошные железобетонные сваи, пересекающие оползневую толщу на всю глубину и защемленные в

коренных устойчивых породах;

– мощность оползневых накоплений значительна и/или отсутствует возможность применения свай большого диаметра – рекомендуется применение конструкций из свай-шпон, удерживающих нижнюю часть грунтов оползня и создающих стесненные условия для «переползания» верхних слоев поверх сооружения.

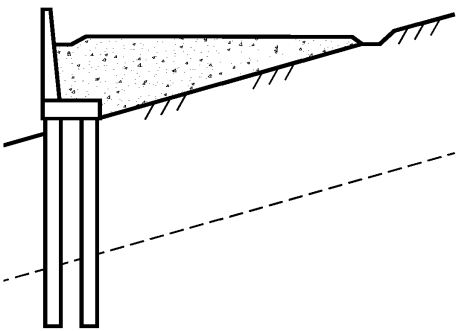
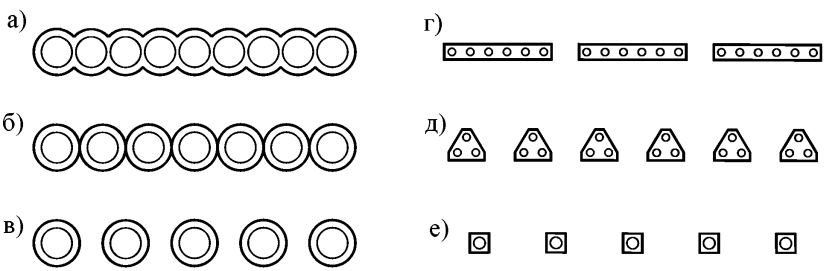


Рисунок 4 – Свайное противооползневое сооружение



а – буросекущиеся сваи; б – бурокасательные сваи; в – свайные ряды; г – отдельностоящие сооружения; д – отдельностоящие свайные кусты; е – отдельностоящие сваи

Рисунок 5 – Свайные противооползневые сооружения по расположению элементов свайного поля

6.2.5 Расчеты свайных противооползневых сооружений выполняются по методу предельных состояний и рассматривают две группы предельных состояний:

а) первая (полная непригодность сооружения к дальнейшей эксплуатации):

– расчеты общей прочности и устойчивости системы «сооружение – грунтовый массив»;

– расчеты прочности и устойчивости отдельных элементов сооружения, разрушение которых приводит к прекращению эксплуатации сооружения;

– расчеты перемещений сооружений и конструкций, от которых зависит прочность или устойчивость сооружения в целом, а также прочность или устойчивость объектов на защищаемой территории и др.;

б) вторая (непригодность к нормальной эксплуатации):

– расчет оснований, откосов, склонов и элементов конструкции, разрушение которых не приводит все сооружение в непригодное состояние, на местную прочность;

– расчеты по ограничению перемещений и деформаций сооружений, прилегающих территорий и объектов на них расположенных;

– расчеты по образованию или раскрытию трещин и строительных швов.

6.2.6 Выбор рациональной конфигурации свайного противооползневого сооружения выполняется методом последовательных приближений и вариантного проектирования. Причиной является то, что несущая способность свайной конструкции определяется множеством взаимосвязанных и заранее неизвестных параметров: диаметр и армирование свай, количество рядов свай, расстояние между сваями в ряду и между рядами, сопротивление свайного поля продавливанию грунта и др.

6.2.7 Выбор состава расчетов каждого конкретного конструктивного решения противооползневых сооружений должен учитывать специфику выполняемой функции и условий работы конструкции на склоне:

а) для удерживающих сооружений, непосредственно препятствующих

оползневым смещениям:

– давление грунта на сооружение определяется величиной фронтального оползневого давления;

– расстояние между сваями в ряду определяется из условия непродавливания грунта между смежными сваями при направлении вектора оползневого давления перпендикулярно оси сооружения;

– оценка общей устойчивости сооружения производится с учетом поверхностей скольжения, проходящих ниже концов свай;

б) для удерживающих сооружений, создающих стесненные условия смещению грунта:

– расстояние между смежными сооружениями определяется из условия обеспечения пространственной устойчивости участка склона между ними;

– давление грунта на сооружение определяется величиной фронтального оползневого давления в створе сооружения;

– оползневое давление на сооружение определяется с учетом распределения суммарного фронтального оползневого давления на смежные сооружения;

– расстояние между сваями в ряду (или в кусте) определяется из условия непродавливания грунта между смежными сваями;

– оценка общей устойчивости сооружения производится с учетом поверхностей скольжения, проходящих ниже концов свай;

в) для защитных сооружений, отклоняющих смещение оползневых масс от объекта:

– давление грунта определяется при смещении оползневого грунта под углом к оси сооружения;

– расстояние между сваями в ряду определяется из условия непродавливания грунта между смежными сваями;

г) для защитных сооружений, совмещающих функции фундамента защищаемого объекта:

– давление грунта определяется расчетом оползневого давления в

условиях пластического обтекания свай оползневым грунтом;

– расстояние между сваями в ряду определяется из условия отсутствия взаимного сопротивления смежных свай смещению грунта между ними.

6.2.8 В общем случае, расчет противооползневого сооружения включает решение следующих взаимосвязанных задач:

– выбор конфигурации свайного поля;

– определение нагрузок на элементы конструкции;

– расчет внутренних усилий в элементах конструкции;

– расчет необходимого армирования элементов конструкции из условий прочности и трещиностойкости;

– проверка длины заделки свай в несмещаемые породы;

– оценка общей устойчивости сооружения.

6.2.9 Выбор конфигурации свайного поля противооползневых сооружений:

а) производится с учетом:

– специфики выполняемой сооружением функции;

– мощности оползня в створе проектируемого сооружения;

– активности оползня и устойчивости площадки производства работ;

– технических возможностей доступной строительной техники;

– технологических возможностей по доставке и установке строительной техники в рабочее положение;

– технологических ограничений, накладываемых смежными коммуникациями (существующими и проектируемыми);

– доступных размеров строительной площадки и т. д.;

б) включает определение:

– диаметра свай;

– количества рядов свай;

– расстояний между сваями в ряду и между рядами;

– взаимного расположения свай в рядах (шахматное, рядовое);

в) осуществляется методом последовательных приближений и

уточняется по результатам последующих расчетов конструкции.

6.2.10 Для удерживающих сооружений, а также защитных сооружений, отклоняющих смещение оползневых масс от объекта, расстояния между сваями в ряду и между рядами должны обеспечивать:

– достаточное сопротивление свайного поля продавливанию грунта с учетом действующих величин давления грунта р на сооружение;

– удовлетворять условию совместного сопротивления смежных свай продавливанию грунта.

6.2.11 Минимальное расстояние между рядами свай многорядных свайных сооружений должно назначаться не менее 2 диаметров, поскольку при таком расположении достигается максимальное снижение усилий в сваях за счет «рамного» эффекта.

6.2.12 Определение нагрузок на элементы конструкции должно производиться с учетом характера взаимодействия свай с грунтом оползня:

– в сооружениях, создающих сопротивление продавливанию грунта, давление распределяется между сваями в ряду и между рядами;

– в сооружениях, работающих в условиях обтекания свай грунтом, давление на сваи ограничивается величиной давления обтекания.

6.2.13 В расчетах многорядных свайных конструкций, оказывающих сопротивление продавливанию грунта, необходимо учитывать, что распределение давлений грунта между рядами свай носит неравномерный характер и существенно зависит от прочностных свойств грунтов и конфигурации свайного поля.

6.2.14 Распределение давлений между рядами свай может быть определено:

– для свайного поля произвольной конфигурации – расчетом численными методами;

– для двухрядного расположения свай в шахматном порядке – по графикам распределения давлений.

6.2.15 Давление грунта на сооружение в соответствующих пропорциях

прикладывается к сваям каждого ряда в пределах их свободной длины, в виде распределенных по глубине оползня нагрузок.

6.2.16 Расчет внутренних усилий свайной противооползневой конструкции может производиться аналитическими и численными методами (конечных элементов, конечных разностей, методов коэффициента постели и т. д.). Расчеты могут проводиться как вручную, так и с привлечением программных средств (в том числе комплексных, учитывающих взаимодействие конструкции с грунтами склона).

6.2.17 Применяемые методы и средства расчета должны давать возможность учитывать влияние характера заделки сваи на распределение расчетных внутренних усилий (упругой – в условиях деформируемых нескальных пород, жесткой – в слабо деформируемых полускальных и скальных породах).

6.2.18 Расчет сооружений сложной в плане формы (к примеру, арочной), рекомендуется производить в пространственной постановке с использованием программ трехмерного моделирования.

6.2.19 Сооружения линейной формы в плане могут быть рассчитаны с применением плоских расчетных схем. Расчет производится в сечении, нормальном к продольной оси сооружения. Сваи сооружения проецируются в расчетную плоскость, образуя:

– при однорядном расположении свай – консольную расчетную сваю;

– при многорядном расположении свай – плоскую раму.

6.2.20 Величины перемещений конструкции в уровне поверхности земли с верховой и низовой стороны не должны превышать значений, допустимых по условиям нормальной безаварийной эксплуатации защищаемого объекта. Последние должны определяться в соответствии с нормами проектирования соответствующих объектов и могут дополняться требованиями задания на проектирование.

6.2.21 Подбор армирования элементов свайного сооружения должен осуществляться на основании расчетов действующих усилий в конструкции,

согласно требованиям действующих нормативных документов, в частности, СП 63.13330.2012, СП 24.13330.2011 и СП 14.13330.2014. Необходимо выполнение следующих расчетов:

– расчет прочности сваи на действие изгибающего момента;

– расчет прочности сваи на действие поперечной силы;

– расчет образования и ширины раскрытия трещин, нормальных к продольной оси сваи;

– расчет образования и ширины раскрытия трещин, наклонных к продольной оси сваи.

6.2.22 Заключительным этапом расчетов противооползневого свайного сооружения является проверка:

– устойчивости основания вдоль заделки свай в несмещаемые породы;

– общей устойчивости сооружения.

На основании результатов проверки принимается решение либо об изменении конфигурации сооружения и параметров свай и соответственно необходимости повторного расчета свайного сооружения, либо о принятии окончательного варианта сооружения.

6.2.23 Проверку устойчивости основания, окружающего сваю, следует производить в соответствии с требованиями В.7 СП 24.13330.2011.

6.2.24 Расчет общей устойчивости сооружения производится с учетом прогнозных наиболее опасных поверхностей скольжения, в т. ч. проходящих глубже нижних концов свай.

6.2.25 Для изготовления буронабивных свай следует применять бетон класса прочности при сжатии не ниже В20. Проектную марку бетона по морозостойкости и водонепроницаемости следует назначать исходя из климатических, грунтовых и гидрогеологических условий района свайных строительства противооползневых сооружений.

6.2.26 Армирование свай следует выполнять на всю длину ствола пространственными каркасами. Расположение продольной арматуры вдоль контура поперечного сечения сваи может приниматься симметричным и

несимметричным. При несимметричном расположении продольных стержней, количество арматуры в растянутой зоне сечения принимают по расчету, в сжатой зоне – конструктивно. В случае однорядного расположения свай в сооружении и при условии обязательного контроля над соблюдением предусмотренной проектом ориентации арматурных каркасов в процессе производства работ, допускается применять несимметричное расположение продольной арматуры.

6.2.27 Для продольного армирования следует использовать арматуру периодического профиля диаметром от 16 до 40 мм. Количество стержней продольной арматуры в поперечном сечении следует принимать не менее шести. Для поперечного армирования свай рекомендуется принимать гладкую арматуру диаметром не менее 8 мм. Армирование свай следует выполнять стержневой горячекатаной арматурой класса не ниже:

– продольная арматура – А300…А500 (рекомендуется не ниже А400);

– хомуты, спираль, поперечная и монтажная арматура – А240.

6.2.28 Минимальное расстояние между стержнями продольной арматуры в свету должно быть не менее 50 мм. Допускается спаренное расположение стержней продольной арматуры (когда стержни располагаются попарно, практически без зазора в свету). Максимальное расстояние между стержнями продольной арматуры должно быть не более 400 мм. Для продольной рабочей арматуры толщина защитного слоя должна составлять не менее 50 мм.

При многорядном расположении свай, объединенных ростверком, следует принимать симметричное расположение продольной арматуры вдоль контура поперечного сечения сваи. Поперечное армирование буронабивных свай круглого сечения рекомендуется выполнять навивкой спирали из гладкой арматуры. Шаг спирали следует принимать по расчету, но не более 200 мм. Конструкция арматурного каркаса должна обеспечивать его жесткость при транспортировании и установке в проектное положение. Для повышения жесткости каркаса необходимо устанавливать поперечные кольца

жесткости из полосовой стали.

6.2.29 При необходимости удержания и повышения устойчивости активных оползневых масс, где удерживающие свайные элементы должны воспринимать оползневое давление непосредственно с момента их устройства, в качестве продольной арматуры рекомендуется применять жесткий арматурный каркас, к примеру, выполненный из сварной балки коробчатого или двутаврового сечения.

6.2.30 В аварийных ситуациях на участках активных оползневых подвижек, а также для повышения несущей способности свай в условиях отсутствия агрессивного химического воздействия грунтовой среды и грунтовых вод, в качестве жесткой арматуры свай допускается применять неизвлекаемые обсадные трубы.

6.2.31 Для обеспечения проектной толщины защитного слоя бетона следует применять фиксирующие петли из гладкой арматуры или полосовой стали.

6.2.32 С целью перераспределения усилий по длине противооползневого сооружения, а также снижения нагрузок в сваях многорядных конструкций за счет «рамного» эффекта, головы свай рекомендуется объединять монолитным железобетонным ростверком.

6.2.33 Геометрические размеры ростверка назначаются с учетом следующих конструктивных требований:

– величина свесов ростверка (расстояния от края ростверка до поверхности сваи) принимается не менее 100 мм;

– высота ростверка назначается с учетом необходимой длины анкеровки продольной арматуры свай и принимается не менее 400 мм.

Ростверк рекомендуется предусматривать горизонтальным. В случае необходимости допускается принимать наклонный ростверк с продольным уклоном не более 15 %, при условии обеспечения достаточной жесткости укладываемой бетонной смеси. В случае применения подпорных стен на ростверке, для обеспечения стока воды следует предусматривать поперечный

уклон ростверка не менее 0,5 %. Продольное и поперечное армирование ростверка необходимо выполнять в соответствии с расчетом действующих усилий в конструкции.

6.2.34 Сопряжение свай с ростверком следует принимать жестким. При однорядном расположении свай допускается шарнирное сопряжение. Глубину заделки свай в ростверк следует принимать не менее 150 мм. В случае жесткого сопряжения свай с ростверком, длину заделки арматурных выпусков свай в ростверк следует принимать по расчету, но не менее 20d при использовании арматуры периодического профиля и не менее 40d при гладкой арматуре (где d – диаметр стержня). При отсутствии иного расчетного обоснования, длину заделки арматуры свай в ростверк следует принимать исходя из условия равнопрочности системы «арматурный стержень – бетон».

6.2.35 Устройство облицовочных панелей, закрывающих конструкции свай со стороны выемки под защитой противооползневого сооружения допускается выполнять из любых материалов и конструкций, подходящих по условиям климатическим, технологическим, эксплуатационным, эстетическим и другим требованиям: монолитных и сборных железобетонных панелей, металлических изделий (в т. ч. профилированных и гофрированных листовых материалов), пластиковых панелей и т. д. Конструкция облицовочной панели должна обеспечивать прочность и долговечность с учетом возможного давления осыпающегося грунта межсвайного пространства, а также надежность ее крепления к конструкции свайного сооружения.

6.2.36 При необходимости допускается делить сооружение на секции или применять в пределах оползневого (оползнеопасного) участка отдельно стоящие сооружения. При этом, следует учитывать эффект пространственного воздействия оползня с учетом различной жесткости отдельных секций. Положение деформационных швов не рекомендуется принимать в местах максимальных оползневых нагрузок (к примеру, в

середине оползневого участка). Конструкция деформационных швов должна исключать поперечные смещения смежных секций относительно продольной оси сооружений. В облицовочных панелях с большой площадью поверхности нагрева в районах со значительной амплитудой температурных колебаний следует предусматривать температурно-деформационные швы. Частоту расположения температурно-деформационных швов следует назначать по результатам расчета температурных деформаций удерживающего сооружения или назначать конструктивно по требованиям соответствующих глав СП 63.13330.2012.

6.3 Анкерные сооружения

6.3.1 Укрепление откоса (склона) анкерами (рисунок 6) в зависимости от инженерно-геологических условий может быть конструктивно оформлено в виде:

– отдельных анкеров с опорными шайбами и плитами;

– групповых анкеров, опертых на упорные балки (железобетонные или металлические из прокатных профилей);

– сочетанием анкеров с покрытием участков откоса между ними металлической сеткой.

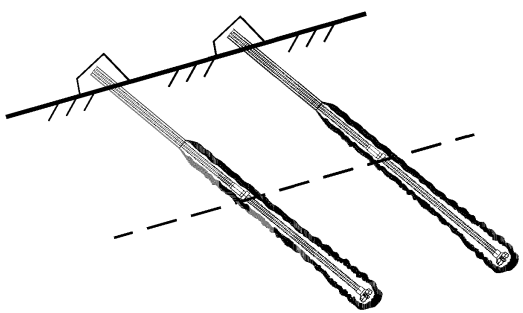


Рисунок 6 – Анкерное сооружение

6.3.2 При проектировании анкеров рассчитывают:

– общую устойчивость сооружения;

– несущую способность анкера в целом по грунту и материалу;

– прочность отдельных элементов, входящих в состав анкера.

В расчетах следует рассматривать потенциальный механизм возможного разрушения для всех основных составляющих материалов и поверхностей раздела (в грунтовом массиве; на контактах «грунт – цементирующий раствор», «цементирующий раствор – несущий элемент (анкерная тяга)», «несущий элемент (анкерная тяга) – оголовок», «оголовок – закрепляемая конструкция», а также следует назначать соответствующий коэффициент надежности, который представляет собой отношение соответствующей предельной нагрузки к рабочей нагрузке.

Оптимальное положение анкера в грунте подбирают в процессе расчета устойчивости системы «сооружение – грунт – анкер» на опрокидывание вокруг низа анкеруемой стенки исходя из условия, что прочность грунтов на сдвиг в системе преодолена и образуется «глубокая линия скольжения» (метод Кранца).

6.3.3 При проектировании анкеров следует всесторонне оценить и учесть влияние устройства и испытания анкеров на осадки фундаментов примыкающих зданий и сооружений, систему подземных коммуникаций, экологию земельного участка с точки зрения будущего строительства и др.

6.3.4 Расположение ярусов анкерования по высоте откоса, число ярусов и расстояние между анкерами в ярусе следует определять исходя из: нагрузок, действующих на анкеруемое сооружение; допустимых осадок фундаментов примыкающих зданий, полученных на основе расчета, технико-экономического сравнения вариантов и результатов испытаний пробных анкеров. В проекте должны быть предусмотрены конструктивные и технологические мероприятия по проведению пробных испытаний анкеров.

6.3.5 При выборе типа и конструкции анкеров необходимо учитывать возможности подрядной строительной организации, ее опыт и оснащенность

специальным оборудованием и материалами для устройства и испытания анкеров. Длина и наклон анкеров определяются из расчета на устойчивость всей системы, состоящей из сооружения анкеров и грунтового массива.

6.3.6 При расчете устойчивости производится расчет устойчивости на сдвиг грунта по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения и на опрокидывание вокруг низа стенки при сдвиге грунта по плоским поверхностям скольжения (метод Кранца).

6.3.7 Заделку анкеров, применяемых для закрепления ограждений котлованов и подпорных стен, следует располагать за воображаемой плоскостью, проходящей через низ стенки под углом 45°. Глубина от поверхности грунта до начала заделки анкеров должна быть не менее 4 м.

6.3.8 Расстояние между анкерами в зоне их заделки должно быть не менее 1,5 м. При меньших расстояниях между оголовками анкеров следует обеспечивать предельное расстояние между заделками, изменяя наклон анкеров или их длину. Если интервал между заделками анкеров менее 1,5 м, необходимо в пробных испытаниях проводить опытную проверку несущей способности анкеров при групповом испытании в количестве трех или пяти анкеров для оценки взаимного их влияния на несущую способность.

Расстояние от заделки анкера до фундаментов примыкающих зданий или канализационных систем должно быть не менее 3 м.

6.3.9 Заделку анкеров следует располагать преимущественно в однородных песчаных грунтах. Длина заделки должна быть не менее 3 и не более 10 м. Рациональная длина заделки инъекционных анкеров в песчаных грунтах 4-6 м, в пылевато-глинистых – 5-7 м. Постоянные анкеры не следует применять в грунтах, обладающих сильной и очень сильной агрессивностью к бетону.

6.3.10 При проектировании анкеров следует предусматривать такие конструктивные мероприятия, которые обеспечивают работоспособность строительной конструкции, удерживаемой группой анкеров, при выходе из строя одного анкера из этой группы.

6.3.11 Для устройства анкерных сооружений следует предусматривать инъекционные анкеры:

– самозабуриваемые (несущий элемент выполняет функцию бурового инструмента и остается в скважине по окончании проходки);

– буроопускные (несущий элемент опускается в предварительно пробуренную скважину).

6.3.12 Буроопускные анкеры рекомендуются к применению при наличии благоприятных инженерно-геологических условий, обеспечивающих устойчивость стенок скважин до завершения погружения и закрепления несущих элементов в грунте.

Самозабуриваемые анкеры рекомендуются к применению при наличии неблагоприятных инженерно-геологических условий, в которых устройство буроопускных анкеров затруднено; имеют сравнительно высокую стоимость.

6.3.13 Основными конструктивными элементами анкеров являются:

– несущий элемент (анкерная тяга);

– соединительные муфты и центраторы;

– оголовок;

– цементирующий раствор.

6.3.14 Несущий элемент анкера является основным его конструктивным элементом, воспринимая, главным образом, растягивающие напряжения. Несущие элементы анкеров следует проектировать минимального диметра, требуемого по результатам выполненных расчетов, при необходимости с учетом запаса на коррозионное разрушение.

6.3.15 Несущие элементы могут применяться цельными или сборными, из отдельных секций. Соединение секций несущих элементов следует предусматривать с применением неразъемных (сварка встык по ГОСТ 14098-2014, склейка) или разъемных (резьбовых) соединений. Как правило, используются соединения с применением соединительных муфт, часто с дополнительной фиксацией клеем, контргайками или термоусадочными трубками. Прочность узлов соединения отдельных секций следует

предусматривать не менее прочности несущих элементов.

6.3.16 В качестве несущих элементов буроопускных грунтовых нагелей обычно следует применять стержневую арматурную сталь периодического профиля, отдавая предпочтение термически упрочненной стали с винтовым профилем или канатной (прядевой) арматуре, применяемой в предварительно напряженных железобетонных конструкциях. При необходимости могут применяться также несущие элементы трубчатого, уголкового или иного профиля.

6.3.17 Для центрирования несущего элемента в скважине и обеспечения требуемой толщины защитного слоя цементирующего раствора следует применять центраторы. Центраторы рекомендуется располагать по длине несущего элемента с шагом от 1,5 до 3 м, при этом первый и последний центраторы от концов несущего элемента в пределах скважины следует располагать на расстоянии половины указанного шага (при использовании конструкций заводского изготовления рекомендуется следовать рекомендациям производителя). Конструкция центраторов должна обеспечивать равномерное, без пустот покрытие несущего элемента цементирующим раствором требуемой толщины (с учетом возможного прогиба несущего элемента между центраторами) и не должна препятствовать его распределению по длине скважины. В случае если слой цементного камня не учитывается в качестве средства антикоррозионной защиты, а требуемое сечение скважины обеспечивается грунтовыми условиями допускается применение анкеров без центраторов.

6.3.18 В оголовках анкеров гайки и шайбы следует проектировать со сферической поверхностью, чтобы исключить перенапряжение материала тяги от внецентренного приложения нагрузки и обеспечить удобство монтажа под различным углами наклона.

6.3.19 Заделку анкера в грунте следует создавать нагнетанием цементирующего раствора из портландцемента, воды и, при необходимости, пластифицирующих добавок.

6.3.20 Постоянные анкеры по всей длине должны иметь равнозначную по надежности антикоррозионную защиту, степень которой следует назначать в зависимости от продолжительности эксплуатации и уровня агрессивности среды.

При отсутствии грунтовых вод, неагрессивности среды и сроке эксплуатации до двух лет можно применить без специальной антикоррозионной защиты, ограничиваясь защитой в зоне заделки цементным камнем толщиной 20 мм, а в свободной зоне анкера – цементно-бентонитовым материалом. В иных случаях следует предусматривать дополнительную антикоррозионную защиту анкеров методами:

– изготовлением из коррозионностойких марок стали;

– нанесение на поверхность различных видов покрытий;

– применением защитных оболочек;

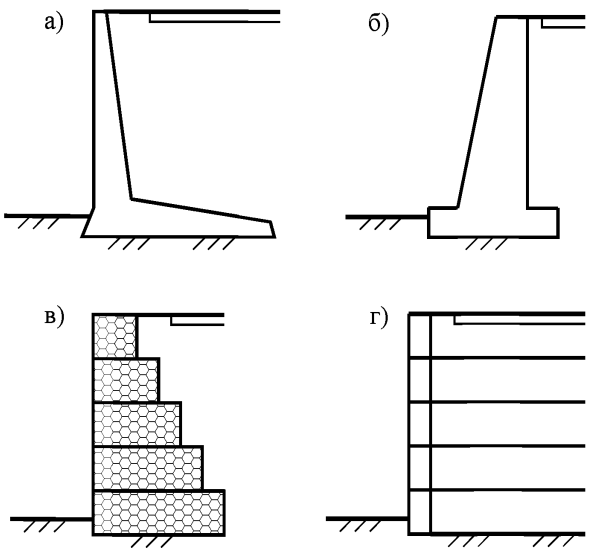
– комбинированными решениями.

Допускается отсутствие антикоррозионной защиты элементов при условии назначения размеров их сечения с запасом на коррозионное разрушение.

6.4 Гравитационные сооружения

6.4.1 Устойчивость гравитационных противооползневых сооружений обеспечивается собственным весом сооружения и/или включаемого в работу грунта.

Гравитационные противооползневые сооружения могут выполняться из сборного или монолитного железобетона, армогрунта, габионов (см. рисунок 7). При проектировании гравитационных противооползневых сооружений принимается, что сооружения работают как единое целое против сдвига и опрокидывания под воздействием внешних сдвигающих сил, а их устойчивость обеспечивается собственным весом сооружения и/или включаемого в работу грунта (в случае уголкового или ступенчатого профиля).



а – из сборного железобетона; б – сборного, монолитного железобетона, бутобетона; в – из габионов; г – из армогрунта

Рисунок 7 – Гравитационные противооползневые сооружения

6.4.2 Габариты удерживающих сооружений определяются длиной фронта удержания и высотой подпора грунта, т. е. разностью перепада верхних и нижних планировочных отметок. При этом высота сооружений из габионов не должна превышать 7÷8 м (в случае, если необходимо выполнить более высокую подпорную стену, требуется предусматривать устройство промежуточных берм, ширина которых должна быть не менее 3 м).

Предварительный размер подошвы сооружений назначается в пределах 50-70 % от высоты сооружения. Минимальные размеры сечений элементов сооружений рекомендуется назначать: для армогрунтовых и габионных – 1000 мм, для бутобетонных – 600 мм, для бетонных – 400 мм, для железобетонных – 100 мм. Основные размеры сооружений (общую высоту, ширину подошвы) следует назначать, как правило, кратными 300 мм.

Лицевые грани гравитационных сооружений могут выполняться как гладкими (вертикальными или наклонными) так и ступенчатыми.

Окончательно габариты и материалы для устройства гравитационных сооружений устанавливаются из условия обеспечения прочности, а также внешней и внутренней устойчивости.

6.4.3 Глубину заложения подошвы гравитационных сооружений следует назначать в соответствии с требованиями СП 22.13330.2011. Минимальная глубина заложения подошвы должна быть не менее 0,6 м в нескальных и не менее 0,3 м – в скальных грунтах. При наличии кювета глубина заложения назначается от дна кювета.

6.4.4 При наличии в основании гравитационного сооружения слабых грунтов с расчетным сопротивлением 100-200 кПа, либо пучинистых глинистых грунтов при глубине промерзания, равной или большей, чем заглубление подошвы, основанием должна служить песчаная или щебеночная подушка. Грунт естественного залегания вынимается на глубину не менее 600 мм от подошвы сооружения и заменяется песком или щебнем. Песок отсыпается слоями, поливается водой и утрамбовывается. Подушку следует выполнять в котловане с предельно крутыми откосами. Размеры подушки должны быть больше соответствующих размеров подошвы на 400 мм (по 200 мм в каждую сторону) при засыпке песком и на 600 мм (по 300 мм в каждую сторону) при засыпке котлована щебнем.

Под подошвой сооружения из монолитного железобетона следует устраивать выравнивающую бетонную подготовку толщиной 100 мм, которая должна выступать за грань подошвы не менее чем на 100 мм. Элементы сборного или монолитного бетона и железобетона следует устанавливать на подготовленное основание в виде утрамбованного в грунт щебня. Толщина слоя щебня должна приниматься не менее 100 мм и выступать за грани подошвы не менее чем на 150 мм.

Основанием габионных и армогрунтовых сооружений чаще всего служат грунты в их естественном природном состоянии.

При наличии в основании слабых грунтов (при соответствующем обосновании) может быть выполнено искусственное основание в виде свайного ростверка, каменной постели и т. д.

6.4.5 В продольном направлении подошву гравитационных сооружений следует принимать горизонтальной или с уклоном не более 0,02. При большем уклоне подошва выполняется ступенчатой. В поперечном направлении подошву гравитационных сооружений следует принимать горизонтальной или с уклоном в сторону засыпки не более чем 0,125.

6.4.6 Конструкции гравитационных сооружений из бетона, железобетона и бутобетона должны быть разделены на всю высоту (включая фундаменты) температурно-усадочными швами. Расстояния между швами следует принимать: не более 10 м – в монолитных бутобетонных и бетонных сооружениях без конструктивного армирования, 15-20 м – в монолитных бетонных сооружениях при конструктивном армировании, в монолитных, сборномонолитных и сборных железобетонных сооружениях. При наличии в основании гравитационного сооружения неоднородных грунтов расстояния между швами должны быть уменьшены с таким расчетом, чтобы подошва фундамента каждого отсека опиралась на однородный грунт. Расстояние между швами допускается увеличивать при проверке конструкции расчетом.

6.4.7 Обратную засыпку пазух гравитационных сооружений следует производить дренирующими грунтами (песчаными или крупнообломочными) с последующим уплотнением. Допускается использовать местные связные грунты – супеси и сухие суглинки. Грунты засыпки необходимо трамбовать послойно до тех пор, пока величина коэффициента уплотнения будет не менее 0,95. Не допускается применять для обратных засыпок тяжелые и пластичные глины, а также грунты, содержащие более 5% по весу органических и растворимых включений.

При проектировании армогрунтовых сооружений к материалам обратной засыпки, предъявляются дополнительные требования. Для обеспечения надежной работы армогрунтовых сооружений в качестве

материала, укладываемого позади лицевой грани, рекомендуется применять зернистый, свободно дренирующий материал, отвечающий следующим условиям:

– не более 20 % от общей массы материала должно быть мельче 0,075 мм;

– не более 10 % от общей массы материала должно быть больше, чем 100 мм;

– максимальный размер частиц грунта засыпки не должен быть больше, чем 150 мм;

– плотность материала засыпки после уплотнения должна составлять не менее 1,8 кН/м³.

В качестве обратной засыпки для армогрунтовых сооружений допускается использовать различные смеси материалов (например, песка и гравия), в том числе, полученных с помощью химических методов стабилизации. При этом требуется обеспечивать величину угла внутреннего трения грунта обратной засыпки не менее 28÷30 град.

6.4.8 При возможности хождения людей по поверхности засыпки в непосредственной близости к бровке необходимо устраивать перильное ограждение в соответствии с СП 35.13330.2011.

6.4.9 При расположении гравитационных сооружений вдоль автомобильной дороги следует предусматривать тротуар шириной не менее 750 мм с колесоотбойным брусом (барьером) высотой не менее 0,4 м. В качестве колесоотбойного бруса рекомендуется применять сборные или монолитные железобетонные элементы.

6.4.10 Поверхность гравитационных сооружений из бетона, железобетона и бутобетона, обращенная в сторону засыпки, должна быть защищена гидроизоляцией. Допускается применение окрасочной гидроизоляции с битумными растворами или мастиками в соответствии с нормативными документами.

6.4.11 В лицевых элементах подпорных стен гравитационных

сооружений из бетона, железобетона и бутобетона необходимо предусматривать дренажные отверстия диаметром 50 мм через 3-6 м.

На косогорных участках для отвода атмосферных вод за тыльной гранью сооружений должен быть предусмотрен водоотводный кювет. Для защиты лицевой поверхности сооружений стены от подтеков ливневой воды, особенно на косогорных участках, следует предусматривать устройство козырька или установку карнизных блоков.

Для предотвращения вымывания мелких частиц грунта в зоне контакта с обратной засыпкой, а также по основанию габионных сооружений рекомендуется укладывать фильтр из геотекстильного материала.

6.4.12 Армирование элементов из сборного или монолитного железобетона следует производить унифицированными арматурными сетками по ГОСТ 23279-2012. Армирование монолитных сооружений уголкового профиля производится самонесущими пространственными блоками, собираемыми из плоских сеток. При необходимости устройства шва бетонирования армирование осуществляется пространственными армокаркасами с установкой в месте шва дополнительных стыковых сеток. Армирование монолитных сооружений также может быть осуществлено отдельными стержнями.

6.4.13 Толщина защитного слоя бетона для рабочей арматуры в сборных железобетонных конструкциях принимается не менее 30 мм и не менее диаметра рабочей арматуры; в монолитных конструкциях – не менее 35 мм и не менее диаметра рабочих стержней. В монолитных фундаментных плитах при отсутствии бетонной подготовки защитный слой бетона для нижней рабочей арматуры должен быть не менее 70 мм.

6.4.14 Проверка внешней устойчивости гравитационных удерживающих сооружений включает в себя:

– расчет общей устойчивости сооружения с прилегающим склоном или откосом по круглоцилиндрическим или ломаным поверхностям скольжения;

– расчет устойчивости на сдвиг;

– расчет устойчивости на опрокидывание;

– расчет несущей способности основания.

6.4.15 Проверка внутренней устойчивости гравитационных удерживающих сооружений заключается в расчетах прочности элементов конструкций и узлов их соединений по наиболее опасным сечениям.

Для габионных и армогрунтовых сооружений предусматриваются некоторые специальные проверки. Так для габионных сооружений проверка внутренней устойчивости включает в себя расчет прочности габионных конструкций в зависимости от величины нормальных напряжений, а также расчет на возможность относительного сдвига отдельных слоев габионных конструкций от действия касательных напряжений. Для армогрунтовых сооружений проверка внутренней устойчивости включает в себя расчет прочности и анкерной способности армирующих панелей, что позволяет установить их необходимую длину и шаг по высоте сооружения.

6.4.16 При устройстве гравитационных противооползневых сооружений, при прочих равных условиях, предпочтение следует отдавать габионным и армогрунтовым конструкциям, поскольку они, в отличие от бутобетонных, бетонных и железобетонных, обеспечивают естественное дренирование грунтовых вод (при условии выполнения из дренирующих материалов), не приводя к возникновению барражного эффекта.

6.5 Комбинированные сооружения

6.5.1 Комбинированные сооружения проектируются в случаях, когда обеспечивается технико-экономическая эффективность одновременного применения различных технических решений в одном сооружений. Наиболее распространенными типами комбинированных сооружений являются свайно-анкерные сооружения (при необходимости ограничения перемещений и оптимизации напряженно-деформированного состояния свайного сооружения) (рисунок 8), гравитационные сооружения на свайном основании (с целью увеличения высоты удерживаемаемого массива) и др.

Отдельные элементы в составе комбинированного сооружения следует проектировать в соответствии с требованиями к соответствующим видам конструкций.

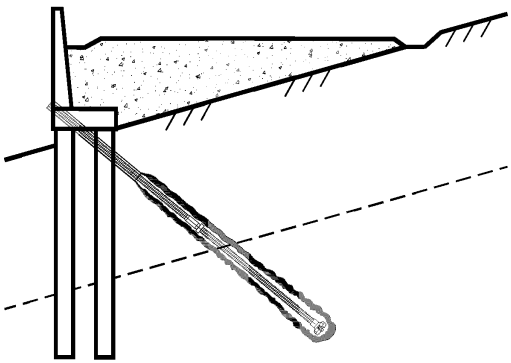


Рисунок 8 – Комбинированное свайно-анкерное сооружение

6.5.2 Сооружение, по возможности, должно перекрывать весь оползневой или оползнеопасный участок единой (сплошной) конструкцией и закрепляться в устойчивых грунтах за его пределами. При необходимости, допускается делить сооружение на секции или применять в пределах оползневого (оползнеопасного) участка отдельно стоящие сооружения. При этом, следует учитывать эффект пространственного воздействия оползня с учетом различной жесткости отдельных секций. Анкера соседних секций не должны проходить ближе 3 м к расчетной поверхности смещения соседних отдельно стоящих секций. Протяженность и расположение отдельно стоящих сооружений следует выбирать из условия обеспечения устойчивости оползневого массива между смежными сооружениями и влияния отдельных секций на смежные. Параметры конструкции должны обеспечивать прочность и устойчивость каждой секции (отдельно стоящего сооружения) на действующие и прогнозируемые оползневые нагрузки.

6.5.3 Расчет основных параметров свайно-анкерного сооружения должен вестись с учетом этапности производства работ. При этом обязательному рассмотрению подлежат этапы срезки основания до отметок устройства

очередного яруса анкеров и максимальной подрезки.

Разрушающую силу, которая используется при разработке проектной документации, следует принимать такой, чтобы она не превышала предела прочности анкера на разрыв в конце выбранного расчетного срока службы с учетом припуска на коррозию. При вычислении таких сил необходимо принимать во внимание параметры сопротивления грунта срезу с учетом величины порового давления и ползучести скелета грунта.

При расчете сдвиговой прочности глинистого грунта засыпки, необходимо использовать понижающий коэффициент к величине удельного сцепления или характеристики, полученные по схеме «плашка по плашке» по ГОСТ 12248-2010.

При расчете рабочего усилия, в анкере должна быть принята меньшая из характеристик:

– предел текучести при растяжении;

– предельно допустимая деформация при растяжении.

6.5.4 В случае если свайно-анкерное 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.

6.5.5 Формы потери устойчивости свайно-анкерного сооружения:

– разрушение консоли над анкерами;

– прогиб в средней части стены;

– обрыв (деформация) анкера;

– потеря общей внешней устойчивости;

– разрушение основания в заделке свай;

– осадка свай от вертикальной нагрузки.

При назначении допустимой величины осадки, следует учитывать как

возможность снижения натяжения анкеров, так и допустимые деформации смежного сооружения, чувствительного к перемещениям основания.

6.5.6 При использовании в расчёте конструкций метода конечных элементов рекомендуется учитывать следующие факторы:

– этапность строительства;

– изгибную жесткость с учетом реального (прогнозного) состояния конструкций (толщину защитного слоя, коррозию, раскрытие трещин);

– нелинейность физико – механических свойств грунта;

– особенности напластования грунтов;

– природное напряженное состояние грунта (обжатие собственным весом);

– изменение с течением времени характеристик глинистых грунтов вызванное дренированием;

– жесткости опор и преднапряжение в узлах крепления анкеров;

– пространственную работу сооружения, позволяющую уменьшить перемещения по отношению к плоской расчетной схеме.

6.5.7 Применяемая модель грунта и критерий пластического течения должны соответствовать виду напряженно-деформированного состояния грунтового массива и величинам наблюдаемых деформаций.

Расчетную модель рекомендуется тестировать на чувствительность к исходным данным, изменяя прочностные и деформационные характеристики материалов на 10-20%. Если при этом не происходит качественного изменения напряженно-деформированного состояния сооружения, то расчетную схему можно считать условно устойчивой.

Горизонтальные и поперечные нагрузки от центробежных сил на криволинейных участках дорог в расчёте свайно-анкерных сооружений не учитываются.

6.5.8 В начале анализа устойчивости свайно-анкерного сооружения, анкера следует размещать на расстоянии 1/3÷1/4 высоты стены от верха конструкции.

В расчете инженерными способами, сооружения, закрепленные

анкерами в несколько уровней, рассматривают как статически неопределимую упругую балку, допуская следующие упрощения:

– балка закреплена на неподвижных опорах;

– каждый этап строительства рассматривается независимо от предыдущего;

– влиянием жесткостей опор допускается пренебречь;

– допускается линейное распределение давления грунта.

6.5.9 Применяемые конструктивные мероприятия должны снижать чувствительность сооружения к сейсмическим нагрузкам. Для этого рекомендуется:

– увеличивать глубину заделки свай;

– увеличивать длину свободной части тяги анкера;

– дополнительно заглублять корень анкера.

6.5.10 Для возведения свайно-анкерных удерживающих сооружений рекомендуется использовать следующие основные конструктивные схемы:

– анкерное крепление в виде анкерной стены или небольшой свайной стенки;

– анкерное крепление через железобетонный анкерный куб или анкерную плиту;

– крепление с помощью преднапряженного грунтового анкера;

– крепление с использованием наклонных микросвай.

Постоянные анкера в качестве оттяжек в противооползневых конструкциях должны сочетаться со свайными ростверками.

6.5.11 Анкерная стена и небольшая свайная стенка, рекомендуется, если удерживающую стену необходимо надежно закрепить в непосредственной близости к поверхности планировки, например, при устройстве автодорог вдоль набережных или причалов.

Анкерное крепление через железобетонный анкерный куб или анкерную плиту рекомендуется использовать в случае устройства искусственной насыпи в обратной засыпке. Крепление с помощью преднапряженного грунтового анкера и крепление с использованием наклонных микросвай

рекомендуются для устройства свайно-анкерных сооружений при подрезке естественных склонов и откосов.

6.5.12 Для сопряжения анкеров со свайным рядом рекомендуется применять следующие конструктивные схемы:

– заделка оголовка анкера в ростверк свайного ряда

– бурение анкера и заделка оголовка в месте стыка рабочей и забирочной сваи ряда буросекущихся свай;

– передача давления от анкеров на свайный ряд через горизонтальную распределительную балку, расположенную ниже ростверка;

– передача давления от анкеров на свайный ряд через вертикальные распределительные балки, расположенные ниже ростверка;

– бурение анкера и заделка оголовка по центру рабочей сваи;

Оголовок анкера должен конструироваться так, чтобы выдерживать максимальное угловое отклонение растягивающего элемента до 3°.

6.5.13 Расчетные диаметры свай и анкеров следует принимать по техническим характеристикам применяемого оборудования с учетом особенностей применения данной технологии в аналогичных грунтовых условиях.

6.5.14 Применение не извлекаемых обсадных труб следует ограничивать в свайно-анкерных сооружениях. Как исключение, применение не извлекаемых обсадных труб допускается с согласия заказчика в сложных геологических условиях только до отметки верха заделки сваи. В случае если, применяется не извлекаемая обсадная труба вторичного использования, то не допускается учитывать ее изгибную жесткость в расчете. В случае если, не извлекаемая труба новая и ее расчетный срок службы антикоррозионного покрытия совпадает со сроком службы сооружения, допускается передача нагрузки от анкера через нее.

6.5.15 Расстояние от подошвы фундамента или края подземного сооружения до ближайшей точки корня грунтового анкера должно быть не менее 3 м, а от поверхности планировки или естественного склона – не меньше 4 м. Расстояние от этих же объектов до центра корня грунтового

анкера должно быть не менее 4,5 м. Расстояние между корнями параллельных анкеров в плане должно быть не менее 1,2 м или 3 диаметра корня анкера (что больше).

Заделка анкера (корень) должна располагаться за пределами расчетной зоны обрушения, выпора или поверхности грунта. Расстояние от любой расчетной поверхности обрушения до корня анкера должно быть не менее 1,5 м или 20 % от наибольшей высоты удерживаемого массива за период строительства и эксплуатации сооружения с учетом устройства временных траншей или прогнозного подмыва нижнего рельефа. Запрещено располагать корень анкера на границе песчаных и глинистых инженерно-геологических слоев.

Если на криволинейных участках сооружений не удается обеспечить расстояние между анкерами одного яруса более 1,2 м, то необходимо менять углы наклона анкеров так, чтобы соблюдалось минимальное расстояние между корнями с учетом технологической погрешности на устройство скважины в данных грунтах.

Угол наклона анкеров должен обеспечивать:

– получение достаточной мощности грунта над заделкой (корнем);

– минимально допустимую (или требуемую) вертикальную пригрузку стены за счет соответствующей составляющей анкерного усилия;

– размещение анкеров ниже подземных конструкций и коммуникаций или между ними.

6.5.16 Конструкция оголовка анкера должна обеспечивать:

– минимальность ее габаритов;

– надежность закрепления анкера на сооружении;

– простоту натяжения и блокирования при проектном усилии;

– возможность подачи инъекционной смеси в верхнюю часть скважины для защиты тяги от коррозии, а в случае необходимости — и в зону заделки анкера при повторной инъекции;

– недопустимость напряжений и излома тяги от поворота, смещения или прогиба опорной плиты, несоосной передачи усилия;

– снятие нагрузки и дополнительное загружение анкера в процессе испытаний и эксплуатации;

– отсутствие опасных деформаций в зоне передачи прижимного усилия от анкера на сооружение.

6.5.17 При наличии подземных вод следует предусматривать гидроизоляцию по верховой грани подпорных стен и устройство застенного дренажа с выводом вод за пределы подпираемого грунтового массива. При этом следует учитывать влияние понижения уровня грунтовых вод на прилегающие объекты (при наличии дренажа) или барражный эффект (при отсутствии дренажа). Для повышения эффективности противооползневые свайно-анкерные сооружения рекомендуется сочетать с лучевым дренажом.

6.5.18 В облицовочных панелях с большой поверхностью нагрева в районах со значительной амплитудой температурных колебаний следует предусматривать температурно-деформационные швы. При наличии расчетного обоснования допускается использовать облицовочную панель в качестве распределительной балки анкеров.

7 Противообвальные сооружения

7.1 Основные положения

7.1.1 Противообвальные сооружения предназначены для обеспечения безопасной эксплуатации участков автомобильных дорог, подверженных воздействию скально-обвальных процессов.

7.1.2 При незначительных объемах скально-обвальных процессов (до нескольких тысяч кубических метров), обеспечение надежности и безопасной эксплуатации объектов дорожного хозяйства возможно средствами активной и пассивной противообвальной защиты, которые могут применяться как самостоятельно, так и совместно, в едином комплексе.

7.1.3 На участках возникновения крупных скально-обвальных процессов (в объемах, превышающих десятки тысяч кубических метров), целесообразно осуществлять вынос объектов из зоны вероятного воздействия обвалов,

предусматривать устройство обходов открытой трассой (в том числе эстакадами) или в тоннелях.

7.1.4 Средства активной противообвальной защиты позволяют предупредить развитие скально-обвальных процессов за счет реализации комплекса решений, придающих откосу (склону) большую устойчивость и предотвращающих его разрушение.

7.1.5 Средства активной противообвальной защиты применяют:

– при недостаточной общей устойчивости откоса;

– при необходимости стабилизации неустойчивых и потенциально опасных слоев горных пород, отдельных крупных скальных блоков; раздробленных и ослабленных зон скальных откосов (склонов), угрожающих образованием массовых обрушений относительно некрупных скальных обломков;

– для предотвращения процессов выветривания откосов (склонов).

7.1.6 В зависимости от принципа действия в качестве средств активной противообвальной защиты применяют:

– гравитационные удерживающие сооружения (см. подраздел 7.2);

– анкерные удерживающие сооружения (см. подраздел 7.3).

В качестве средств противообвальной защиты также применяют:

– изменение рельефа откосов (склонов);

– защитные покрытия и закрепление грунтов;

– агролесомелиоративные мероприятия.

7.1.7 При наличии инженерно-геологических и местных особенностей, одновременно удовлетворяющих условиям применения нескольких видов средств активной противообвальной защиты, допускается применение комбинированных решений, таких как подпорно-облицовочные стены, подпорные стены с анкерами, поддерживающие стены с контрфорсами, сочетание анкерных креплений с покрытием участков откоса между ними пневмонабрызгом по сетке, агролесомелиоративные мероприятия с закреплением субстрата покровными сетками и др.

7.1.8 С учетом условий площадки в комплексе с основными решениями активной противообвальной защиты рекомендуется предусматривать дополнительные мероприятия, такие как:

– регулирование стока поверхностных вод с помощью вертикальной планировки территории и устройства системы поверхностного водоотвода на откосе (склоне);

– регулирование тепловых процессов с помощью теплозащитных устройств и покрытий;

– установление охранных зон (для сохранения естественного растительного покрова) и т. д.

7.1.9 Средства активной противообвальной защиты существенно различаются по виду и принципу действия, поэтому выбор конкретных решений осуществляется в зависимости от высоты и крутизны откоса (склона), азимута простирания и угла падения пластов коренных пород, их свойств, механизма их разрушения, наличия местных строительных материалов, машин и оборудования.

7.1.10 При проектировании средств активной противообвальной защиты следует осуществлять расчеты общей и местной устойчивости откосов (склонов) в исходном и промежуточных (в процессе строительства) очертаниях, а также с учетом реализованных средств противообвальной защиты. На основании результатов выполненных расчетов определяется состав и параметры средств активной противообвальной защиты для обеспечения общей и местной устойчивости с требуемой надежностью.

7.1.11 Расчет общей устойчивости откосов (склонов) осуществляется для определения возможности их обрушения и выполняется в соответствии с [7]. Расчет местной устойчивости откосов (склонов) осуществляется в соответствии с [8] для прогнозирования интенсивности осыпания продуктов выветривания в процессе эксплуатации и возможности сползания поверхностных слоев грунта.

7.1.12 Расчеты устойчивости рекомендуется выполнять общепринятыми

методами теории предельного равновесия с разбиением призмы оползания на отсеки (методы Моргенштерна – Прайса, Шахунянца, Бишопа и др.), а также методом конечных элементов с использованием метода снижения прочностных характеристик и упругопластической модели грунтов.

7.1.13 Средства пассивной противообвальной защиты позволяют предотвратить или снизить воздействие скально-обвальных процессов на защищаемый объект за счет реализации комплекса решений по перехвату или организованному пропуску продуктов скально-обвальных процессов.

7.1.14 Средства пассивной противообвальной защиты применяют в случаях, если применение средств активной противообвальной защиты невозможно, экономически нецелесообразно или полностью не исключает возможности развития скально-обвальных процессов.

7.1.15 В зависимости от принципа действия в качестве средств пассивной противообвальной защиты применяют:

– улавливающие сооружения;

– пропускающие сооружения.

7.1.16 Улавливающие сооружения предназначены для перехвата продуктов скально-обвальных процессов перед защищаемым объектом. В зависимости от применяемых конструктивных решений выделяют:

– массивные улавливающие сооружения (см. подраздел 7.4) (улавливающие полки, траншеи, валы, улавливающие и оградительные стены);

– гибкие улавливающие сооружения (см. подраздел 7.5) (гибкие барьеры, гибридные барьеры и пассивные покровные сетки).

7.1.17 Пропускающие сооружения (см. подраздел 7.6) предназначены для организации пропуска продуктов скально-обвальных процессов над или под защищаемым объектом (галереи, эстакады).

7.1.18 Проектирование улавливающих и пропускающих сооружений включает определение расположения и габаритных размеров сооружений, а также расчет их на прочность и устойчивость. Расположение и габаритные

размеры улавливающих сооружений следует назначать по результатам расчетов из условия исключения возможности перелета и выскакивания скальных обломков, падающих со склона. Расчетом на перелет определяются высота сооружений и их месторасположение. Расчетом на выкатывание и подскакивание устанавливается необходимая глубина улавливающих пазух, при которой исключается возможность вылета из них скальных обломков.

7.1.19 Расположение и габаритные размеры пропускающих сооружений следует назначать исходя из протяженности обвалоопасного участка, при этом сооружения следует располагать на достаточном расстоянии от очагов скально-обвальных процессов, исключающем возможность прямого падения скальных обломков на кровлю галереи или пролетное строение эстакады. Для эстакад также дополнительно определяется отметка низа пролетного строения.

7.1.20 Проектирование улавливающих и пропускающих сооружений должно выполняться в следующей последовательности:

– определение расчетной скорости падающих скальных обломков в зоне расположения сооружения;

– установление расчетной крупности падающих обломков;

– определение габаритных размеров сооружения, корректировка его расположения (при необходимости);

– расчет на статическую нагрузку основных размеров несущей конструкции сооружения;

– проверка несущей конструкции сооружения на динамическую нагрузку от удара скальных обломков;

– расчет на сейсмическую нагрузку (при необходимости).

7.1.21 Расчетную скорость скальных обломков рекомендуется определять в зависимости от типа поперечного профиля нагорного откоса или склона. Расчетная скорость также может быть определена путем компьютерного моделирования в специализированных программных пакетах с учетом профиля склона, его покрова, размеров скальных отдельностей,

физико-механических характеристик пород.

7.1.22 Расчетная крупность скальных обломков определяется на основании статистических характеристик распределения их фактической крупности по многолетним наблюдениям за падением обломков скальных грунтов в пределах защищаемого участка.

7.1.23 При отсутствии многолетних наблюдений за падением скальных обломков их расчетная крупность может определяться в зависимости от потенциальной блочности скальных грунтов, слагающих откос или склон (см. СП 116.13330, приложение Д), и уточняться путем опытного их сбрасывания с нагорного откоса (склона) по направлению эксплуатируемого или проектируемого объекта. Расчет может производиться также путем компьютерного моделирования.

7.1.24 Для уменьшения динамического воздействия продуктов скально-обвальных процессов на улавливающие и пропускающие сооружения следует предусматривать амортизирующие конструкции. В качестве амортизирующих конструкций следует применять отсыпки из грунта, песка, а также демпферные системы – из пеностекла, пенополистирола, мешков с песком, автомобильных шин и других материалов с высокой энергопоглощающей способностью.

7.1.25 При необходимости следует устраивать улавливающие сооружения в несколько ярусов, располагая их горизонтальными рядами или наклонно (для изменения направления движения скальных обломков). При проектировании смежных по высоте улавливающих сооружений необходимо предусматривать их размещение на склоне с перекрытием концов на длину 5÷10 м.

7.1.26 Для возведения временных улавливающих сооружений допускается применение различных местных материалов или их сочетаний (бревен, брусьев, камня и др.).

7.1.27 В качестве дополнительной защиты рекомендуется предусматривать посадки барьерной растительности из деревьев и

кустарников.

7.1.28 Обязательным условием применения улавливающих сооружений является разработка регламента их содержания в период эксплуатации со схемой выемки грунта из пазух и транспортировки его в резерв.

7.1.29 Для возможности механизированной уборки осыпей и обвалов в проектной документации улавливающих сооружений необходимо выполнять следующие основные требования:

– не допускать резких переломов сооружений в плане;

– ширину по дну улавливающих пазух принимать не менее 4 м, в особо стесненных условиях не менее 2 м;

– предусматривать возможность заезда техники в улавливающие пазухи.

7.1.30 В случае если улавливающие сооружения проектируются на нагорном склоне, крутизна которых не превышает 35÷40°, к улавливающим пазухам рекомендуется устраивать подъездные дороги. При крутизне нагорного склона более 40° для возможности подачи к сооружениям строительных машин (бульдозера, экскаватора и пр.) и производства работ по расчистке улавливающих пазух следует предусматривать съезды с подрезкой нагорного склона у подходов к сооружению.

7.1.31 В случае если вблизи от проектируемого сооружения имеется лог, убираемый материал из улавливающих пазух рекомендуется спускать под собственным весом и низовую сторону по устраиваемому камнеспуску-лотку. В отдельных случаях допускается использовать в качестве камнеспусков существующие подмостовые русла в виде бетонных лотков. Уклон камнеспусков следует принимать не менее 35°.

7.2 Массивные удерживающие сооружения

7.2.1 Массивные удерживающие сооружения применяются для повышения устойчивости откосов (склонов), предотвращения обрушения карнизов, удержания застенной призмы грунта и отдельных неустойчивых

массивов.

7.2.2 При проектировании массивных удерживающих противообвальных сооружений следует руководствоваться [9] и рекомендациями настоящего методического документа.

7.2.3 Применяются следующие виды массивных удерживающих противообвальных сооружений (рисунок 9):

– поддерживающие стены;

– подпорные стены;

– контрфорсы.

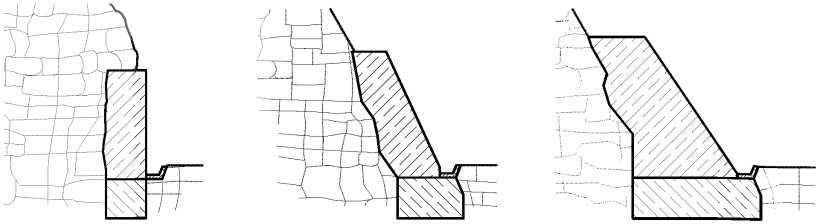
7.2.4 Поддерживающие стены (рисунок 9, а) следует применять для обеспечения опоры для нависающих карнизов, пластов, для удаления которых требуется значительный объем работ.

7.2.5 Подпорные стены (рисунок 9, б) следует применять для удержания застенной призмы грунта, подсекаемой откосом выемки, когда её уборка затруднена или экономически нецелесообразна. При большой высоте откоса могут быть применены подпорные стены, заанкеренные в устойчивых слоях скалы.

7.2.6 Контрфорсы (рисунок 9, в) следует применять для подпирания отдельных неустойчивых монолитных скальных массивов, удаление которых может вызвать нарушение устойчивости скального откоса или склона в целом. Контрфорсы могут применяться как самостоятельно, так и в составе других удерживающих сооружений. При неоднородном сильно нарушенном характере залегания скальных грунтов контрфорсами должны усиливаться поддерживающие, подпорные и облицовочные стены.

7.2.7 Массивные удерживающие сооружения могут выполняться из сборного или монолитного железобетона, бутобетона, армогрунта, габионов.

а) б) в)



а – поддерживающая стена; б – подпорная стена; в – контрфорс

Рисунок 9 – Массивные удерживающие сооружения

7.2.8 Размеры и конфигурацию поддерживающих, подпорных стен и контрфорсов устанавливают по конструктивным соображениям в зависимости от профиля откоса выемки или склона, а также по результатам расчета устойчивости откоса (склона). В конструкциях следует предусматривать устройство вертикальных деформационных швов (за исключением конструкций из армогрунта и габионов).

7.2.9 При наличии водоносных горизонтов за задними гранями поддерживающих и подпорных стен в целях снижения гидростатического давления следует предусматривать дренаж.

7.3 Анкерные удерживающие сооружения

7.3.1 Анкерные удерживающие сооружения (анкеры) (рисунок 10) применяются для повышения устойчивости откосов (склонов), стабилизации неустойчивых участков откоса и крупноглыбовых отдельностей путем их крепления к достаточно прочному скальному массиву.

7.3.2 Анкеры целесообразно применять в основном для укрепления откосов, сложенных слабовыветрелыми скальными грунтами крупноглыбовой или сланцеватой текстуры. При проектировании анкеров следует руководствоваться требованиями СП 45.13330, [10].

7.3.3 По конструктивному исполнению и характеру работы анкеры делятся на две группы:

– анкеры мелкого заложения длиной 1÷5 м, с несущей способностью до 100 кН, как правило, закрепляются в скважине вяжущими, иногда – механическим способом;

– анкеры глубокого заложения длиной 6÷60 м, с несущей способностью более 100 кН, закрепляются в скважине вяжущими.

7.3.4 Анкеры мелкого заложения рекомендуется выполнять в виде стержней (штанг) из стальной арматуры и других материалов, закрепляемых вяжущими или механическим способом. Анкеры мелкого заложения обычно назначают конструктивно для закрепления поверхностного слоя толщиной до 3 м для защиты от разуплотнения и осыпания, а также для закрепления крупноглыбовых отдельностей размером до 2÷3 м. Расстояние между анкерами крепи следует определять из условия обеспечения устойчивости блоков между анкерами, но не менее 1 м.

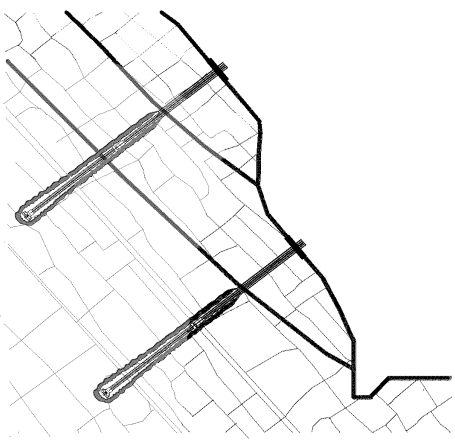


Рисунок 10 – Схема анкерного удерживающего сооружения

7.3.5 Анкеры глубокого заложения следует проектировать из труб, толстостенных трубчатых винтовых штанг, стержневой арматуры (одного или нескольких стержней) или стальных канатов, предварительно-напряженными (активными) или без предварительного напряжения

(пассивными).

Выбор типа анкеров глубокого заложения следует производить с учетом следующих их особенностей:

– анкеры без предварительного напряжения в основном предназначаются для работы на срез и изгиб;

– анкеры с предварительным напряжением – для случаев, когда преобладает нагрузка, вызывающая, в основном, растягивающие напряжения в направлении анкера.

7.3.6 Анкеры глубокого заложения следует проектировать в соответствии с [10]. При проектировании анкеров рассчитывают:

– общую устойчивость сооружения;

– несущую способность анкера в целом по грунту и материалу;

– прочность отдельных элементов, входящих в состав анкера.

7.3.7 Укрепление откоса (склона) анкерами в зависимости от инженерно-геологических условий может быть конструктивно оформлено в виде:

– отдельных анкеров с опорными шайбами и плитами;

– групповых анкеров, опертых на упорные балки (железобетонные или металлические из прокатных профилей);

– сочетанием анкеров с покрытием участков откоса между ними металлической сеткой.

7.4.8 Отдельные анкеры следует применять в монолитных и слаботрещиноватых прочных скальных грунтах. Групповыми анкерами следует крепить откосы в скальных грунтах, менее прочных и в большей степени разбитых трещинами, чем в вышеуказанном случае. Анкеры в сочетании с металлической сеткой следует использовать при мелкоглыбовой раздробленности скальных грунтов откосов (на участках, где возможны вывалы и отслоения).

7.3.9 Для обеспечения равномерной передачи усилий на удерживающий массив активные анкеры глубокого заложения применяются совместно с устройством монолитных железобетонных опор (индивидуальных или

групповых), оформленных в виде горизонтальных поясов, вертикальных ребер или контрфорсов, а также в виде железобетонных решеток, одевающих или подпорных стен. После установки упорных балок зазор между ними и откосом следует заполнять бетоном для предотвращения выветривания пород под балкой.

7.3.10 Анкеры на укрепляемой поверхности откосов (склонов) должны располагаться рядами или в шахматном порядке вкрест простирания закрепляемых скальных грунтов или возможно ближе к этому направлению. Схема расстановки анкеров на укрепляемом скальном массиве и их ориентация по отношению к вероятным поверхностям обрушения выбираются таким образом, чтобы создать наибольший укрепительный эффект, а также в зависимости от общей схемы организации и производства строительно-монтажных работ. При расстановке анкеров следует учитывать, что наибольший укрепляющий эффект достигается при установке их в нижней половине укрепляемого скального массива.

7.3.11 При укреплении откосов анкерами необходимо стремиться к тому, чтобы их оси лежали в той же вертикальной плоскости, в которой действует усилие, сдвигающее укрепляемый массив. Отклонение оси анкеров от этой плоскости может привести к возникновению усилий, снижающих эффект укрепления (в частности, при применении предварительно-напряженных анкеров).

При слоистой, сланцевой структуре естественного основания, с расположением пластов горизонтально или с падением в сторону склона должны выполняться следующие условия:

– анкер должен пересекать два и более пласта;

– анкер должен быть расположен нормально к потенциальным поверхностям потери устойчивости.

7.3.12 Анкеры могут закрепляться или лишь в концевой их части, или по всей длине. Анкеры, закрепляемые в скальном грунте лишь в концевой их части, имеют замок, располагающийся за пределами зоны возможного

обрушения; наружный участок на поверхности откоса, где располагается опора или натяжное приспособление; анкерный тяж (стержень), передающий нагрузку от опорной части на замковую.

7.4 Массивные улавливающие сооружения

7.4.1 Массивные улавливающие сооружения предназначены для улавливания продуктов обвала и гашения их кинетической энергии за счет собственного веса конструкций.

7.4.2 В зависимости от применяемых конструктивных решений выделяют следующие виды массивных улавливающих сооружений:

– улавливающие траншеи и полки с бордюром;

– улавливающие стены;

– оградительные улавливающие стены;

– улавливающие валы на склонах и у их подошвы.

7.4.3 Улавливающие траншеи, валы, а также стены располагают непосредственно у подошвы откоса (склона) и на склоне. Улавливающие полки с бордюром следует устраивать только у подошвы откосов (склонов).

Улавливающие траншеи и полки с бордюром у подошвы обвалоопасных откосов (склонов) (рисунок 11, а и б) следует проектировать для защиты объектов от падения обломков скального грунта при высоте откосов (склонов) до 60 м и крутизне их более 35°.

Улавливающие стены следует размещать у подошвы скально-обвальных склонов крутизной 25÷35° (рисунок 11, в). Допускается устройство этих стен также на относительно пологих участках склонов при расположении их на высоте не более 30÷50 м над защищаемым объектом.

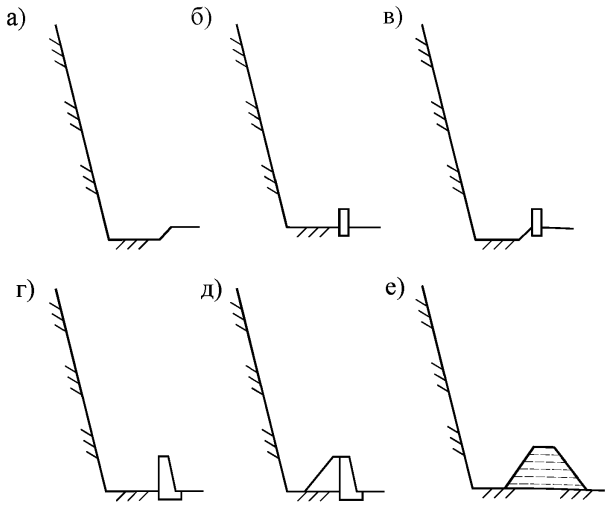
Оградительные улавливающие стены (рисунок 11, г) размещаются у подошвы крутых (свыше 40÷45°), относительно невысоких (до 25÷30 м) откосов (склонов) для улавливания мелких обломков или задержания осыпающегося скального грунта при выветривании откосов. Расчет на

прочность и устойчивость оградительных улавливающих стен должен производиться только на статическое воздействие продуктов выветривания в случае полного завала ими застенного пространства (улавливающей пазухи). При расчете бокового давления грунта на стену уклон откоса осыпного материала принимается равным углу естественного откоса продуктов выветривания, уменьшенному на 5°.

Улавливающие валы (рисунок 11, д) следует располагать у подошвы затяжных склонов (при высоте их более 60 м), являющихся самостоятельными источниками скально-обвальной опасности, когда расстояние между подошвой склона и защищаемым объектом достаточно для их размещения. Улавливающие валы на склонах (рисунок 11, е) целесообразно проектировать при крутизне их до 25° на высоте не более 30÷50 м над защищаемым объектом.

7.4.4 Конструкции улавливающих траншей и полок с бордюром в зависимости от местных условий могут проектироваться заглубленного типа или на уровне защищаемых объектов с устройством оградительных конструкций.

7.4.5 Улавливающие и оградительные стены можно проектировать из железобетона и бутобетона (сборными, монолитными или сборно-монолитными), габионов. Сборные железобетонные стены из бетонных блоков целесообразно возводить у подошвы откоса или склона при высоте стен 6÷8 м. При меньшей высоте применяют сборные железобетонные стены уголкового профиля. Улавливающие и оградительные стены из бетонных блоков должны омоноличиваться по высоте с усилением арматурой диаметром не менее 20 мм. Стены из габионов и бутобетона применяются в труднодоступных местах и при наличии местного камня, когда использование механизмов для транспортировки сборных конструкций к месту работ и их монтажа невозможно.



а – улавливающая траншея; б – улавливающая полка с бордюром;
в – улавливающая стена; г – оградительная улавливающая стена;
д – улавливающий вал у подошвы склона

Рисунок 11 – Массивные улавливающие сооружения

7.4.6 Улавливающие валы на склонах рекомендуется возводить из местных грунтов при крутизне склонов до 25° и толщине делювиального покрова более 1 м. При крутизне склонов 20÷25° низовому откосу вала следует придавать крутизну 1:1, укрепляя его каменной выкладкой на цементном растворе. В обоих случаях у подошвы низового откоса вала необходимо устраивать упор из бутовой или бутобетонной кладки. Улавливающие валы у подошвы откосов и склонов сооружают из местного грунта без создания специального упора в основании наружного откоса.

7.4.7 Размеры и форму улавливающих пазух, конфигурацию призмы амортизирующей отсыпки массивных улавливающих сооружений следует назначать в зависимости от скорости и размеров падающих скальных обломков. В массивных улавливающих сооружениях дну улавливающих

пазух рекомендуется придавать уклон не менее 3 ‰ по направлению к концам сооружения. Допускается в продольном направлении дна пазухи устраивать уступы, не превышающие 0,7 м, через 10÷12 м.

7.4.8 С целью снижения стоимости строительно-монтажных работ и охраны окружающей среды при проектировании массивных улавливающих сооружений необходимо стремиться к уменьшению объема работ по срезке нагорного откоса (склона). Эти работы могут быть доведены до минимума за счет следующих мероприятий:

– максимального удаления сооружения от нагорного откоса (склона);

– применения конструкций из сборных тонкостенных конструкций;

– устройства откосов склонов и амортизирующей отсыпки с максимально возможным заложением;

– увеличения высоты сооружения;

– относа защищаемого объекта от нагорного откоса (склона).

7.4.9 В тех случаях, когда срезка нагорного откоса (склона) неизбежна, следует проводить мероприятия по рекультивации откоса (склона), обеспечив его защиту от выветривания и разрушения. При устройстве улавливающих траншей у подошвы откосов (склонов) с целью уменьшения объема работ по их срезке рекомендуется откосам (склонам) придавать максимально допустимый по условиям общей устойчивости уклон.

7.4.10 Крутизна откосов улавливающих пазух с нагорной стороны назначается в зависимости от расположения точки, удар обломков в которую создает наиневыгоднейшую траекторию его движения.

7.4.11 В конструкциях массивных улавливающих сооружений, за исключением улавливающих траншей и полок с бордюром, по фронту следует предусматривать дренажные окна с шагом не менее 3 м.

7.5 Гибкие улавливающие сооружения

7.5.1 Гибкие улавливающие сооружения предназначены для

улавливания продуктов обвалов и гашения их кинетической энергии за счет упругопластических деформаций конструкций сооружений.

7.5.2 Выделяют следующие основные виды гибких улавливающих сооружений:

– гибкие барьеры;

– гибридные барьеры;

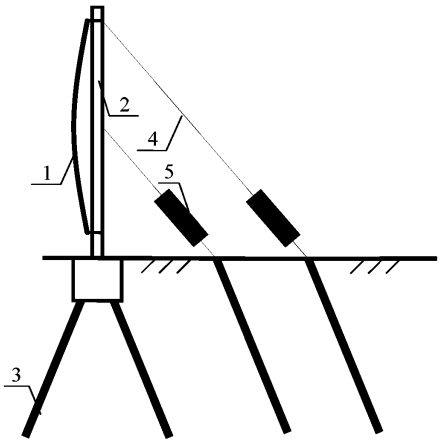
– пассивные покровные сетки.

7.5.3 Гибкий барьер (рисунок 12) представляют собой улавливающее сооружение в виде закрепленной на склоне гибкой сетчатой конструкции, перехватывающей продукты обвала и рассеивающей энергию их удара. Гибкий барьер работает как упруго-деформируемая система, что обуславливает его высокую энергопоглощающую способность (до 8 000 кДж и более).

Гибкие барьеры целесообразно использовать для перекрытия обвалоопасных логов и в стесненных условиях, учитывая возможность их компактного размещения. Гибкие барьеры следует проектировать самостоятельно или в комплексе с другими противообвальными мероприятиями.

7.5.4 Гибридные барьеры и пассивные покровные сетки скальные обломки не останавливают, а лишь контролируют траекторию и снижают скорость их движения, поэтому самостоятельно применяться не могут и требуют устройства улавливающих сооружений ниже по склону.

При проектировании гибкого барьера следует стремиться к применению в его конструкции элементов примерно равной жесткости. Во избежание возникновения чрезмерных усилий следует избегать жестких элементов и соединений.



1 – улавливающая сетка; 2 – стойка; 3 – анкерный фундамент;
4 – поперечная растяжка; 5 – тормозное устройство

Рисунок 12 – Общая схема гибкого барьера

7.5.5 Основными элементами гибкого барьера являются:

– улавливающая конструкция – включает основную сетку с несущими тросами; перехватывает скальные обломки, претерпевая при этом упругопластические деформации, передает нагрузки на опорную конструкцию;

– опорная конструкция – включает систему стоек с опорными узлами; поддерживает в проектном положении улавливающую конструкцию, воспринимает и передает нагрузки на фундаменты;

– соединительные и направляющие элементы – к ним относят продольные и поперечные растяжки, блоки, скобы и т. д.; передают нагрузки на фундаменты при ударе, поддерживают перехватывающую конструкцию в проектном положении на опорах;

– тормозные устройства – снижают динамические нагрузки на конструкции;

– фундаменты – передают нагрузки от стоек и растяжек на естественное

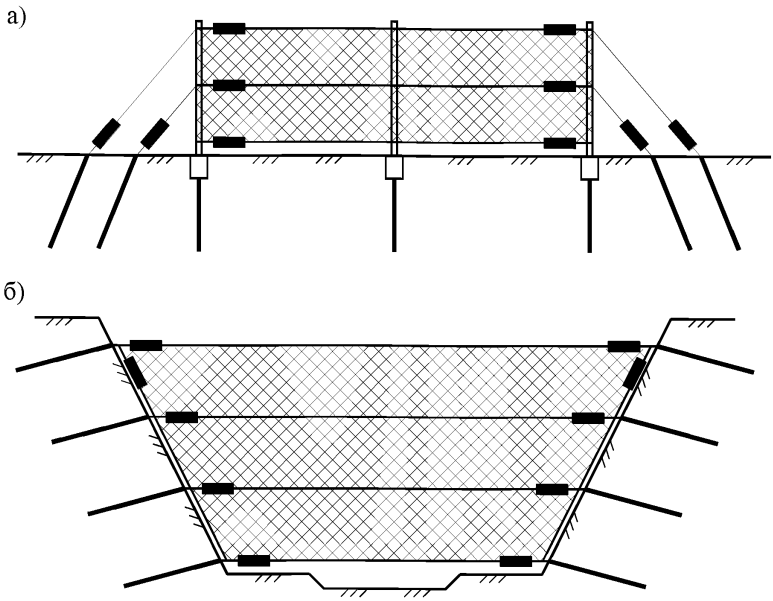
основание.

7.5.6 Гибкие барьеры рекомендуется проектировать прямолинейного в плане очертания в целях минимизации количества растяжек, фундаментов и тормозных устройств, при этом следует стремиться к размещению стоек за пределами обвалоопасного лога или минимизации их количества во избежание повреждения прямым попаданием обломка (рисунок 13, а). При перекрытии обвалоопасного лога с отвесными бортами могут применяться решения без стоек – с закреплением продольных тросов непосредственно анкерами на противоположных бортах лога (рисунок 13, б). При многоярусном расположении следует предусматривать перекрытие барьеров по фронту, при этом величину перекрытия следует принимать не менее расстояния между ярусами и не менее ширины крайней секции барьера верхнего яруса. Расстояние между ярусами следует назначать в зависимости от предполагаемого отклонения барьера при ударе, при этом растяжки барьеров одного яруса не должны пересекать барьеры другого яруса. Минимальное расстояние от барьера до защищаемого объекта следует назначать исходя из предполагаемого максимального отклонения барьера, увеличенного на 20%, но не менее чем на 1 м.

7.5.7 Как правило, следует применять стойки равной высоты и располагать их таким образом, чтобы избежать существенных перепадов между соседними стойками по высоте. На участках сложного рельефа во избежание возникновения зазоров между низом сетки и поверхностью земли могут потребоваться сетки индивидуальной формы, а также стойки различной длины. В качестве альтернативы следует рассматривать ряд коротких прямых барьеров с типовыми стойками и панелями.

Для предотвращения выскакивания обломков под низом барьера на таких участках рекомендуется продлевать и заворачивать панель сетки в сторону верхового склона, образуя L-образный улавливающий карман из сетки. В этом случае сетку следует дополнительно зафиксировать продольным канатом и закрепить на склоне. Улавливающий карман должен проектироваться таким образом, чтобы не препятствовать нормальной работе

барьера (не ограничивать перемещения, не блокировать тормозные устройства и пр.)



а – с опиранием на стойки; б – с закреплением в бортах лога

Рисунок 13 – Варианты компоновки гибких барьеров

7.5.8 В качестве упрощенного варианта гибкого барьера могут применяться сетчатые ограждения в виде вертикальных заборов, расположенных, как правило, у подошвы склона.

Опорами вертикально расположенных сеток подобных ограждений служат железобетонные или металлические стойки, жестко закрепленные на фундаментах. Сетки должны находиться в слабонатянутом состоянии, что увеличивает их способность поглощать энергию удара скальных обломков.

Подобные барьеры служат для защиты объектов от завалов осыпями, от падения с небольших высот отдельных обломков скального грунта, выскакивания на проезжую часть отдельных обломков из улавливающих

пазух. Ввиду отсутствия растяжек подобное решение может быть оптимальным при необходимости обеспечения удобства механизированной уборки пазух.

7.5.9 При проектировании гибких барьеров следует проверять прочность (несущую способность):

– улавливающей сетки;

– стоек;

– продольных тросов;

– продольных и поперечных растяжек;

– фундаментов.

7.5.10 Элементы гибких барьеров должны рассчитываться с применением моделей, учитывающих их жесткостные и упругопластичные свойства. Учитывая значительное количество элементов в гибких барьерах, для разработки эффективных конструктивных решений рекомендуется проводить натурные испытания, корректируя расчетные модели по результатам испытаний. Также в ходе испытаний определяют фактические нагрузки, прикладываемые к фундаментам, и фактические перемещения элементов барьера (в том числе остаточная высота после воздействия).

7.5.11 В качестве улавливающих сеток могут применяться различные виды сеток из стальной проволоки, канатов и их комбинаций. Проволочные сетки применяются, как правило, витые и крученые с квадратными, ромбическими и шестиугольными ячейками размером от 50×50 до 100×100 мм, из высокопрочной стальной проволоки диаметром 2÷4 мм.

Канатные сетки плетутся из стальных канатов, выполненных сплошным канатным плетением, как правило, из 7, 12 или 19 витков проволоки диаметром 2÷5 мм. Рекомендуются к применению следующие виды сеток:

– плетеные сетки с Ω-образными ячейками размером от 100 до 250 мм;

– кольчужные сетки, изготавливаемые из отдельных, независимых друг от друга колец диаметром от 250 до 500 мм, соединенных между собой 6- или 4-контактной (вертикальной и диагональной) вязкой;

– сборные сетки, состоящие из отдельных канатов, закрепленных в узлах

соединительными элементами, при этом канаты образуют квадратные, прямоугольные или ромбические ячейки размером от 200 до 500 мм.

7.5.12 Комбинированные сетки применяются в том случае, если несущая (основная) сетка имеет ячейки крупного размера (как правило, канатного плетения). В этом случае с верховой стороны склона следует предусматривать вторую – обычно проволочную, с ячейками малого размера, которая:

– улавливает мелкие обломки, которые могут пройти через ячейки основной сетки;

– равномерно распределяет нагрузку на несущую сетку;

– деформируется в просвете крупных ячеек, предотвращая повреждение несущей сетки.

7.5.13 Панели сеток соединяют между собой переплетением самих сеток, дополнительным канатом (шнуровкой) и/или скобами. При необходимости сетки (в том числе канатные и комбинированные) могут дополнительно армироваться канатами, расположенными в продольном, поперечном и диагональном направлениях.

7.5.14 Стойки проектируются, как правило, стальными, высотой от 2 до 10 м, круглого, прямоугольного или сложного сечения, и монтируются с шагом от 6 до 12 м. Конструкция и схема работы стоек определяется наличием поперечных растяжек и подвижностью опорного узла. На стойках предусматриваются кронштейны, обеспечивающие крепление продольных несущих тросов (или непосредственно сеток) и растяжек. На высоких стойках также рекомендуется предусматривать лестницы или вспомогательные элементы, облегчающие доступ к барьеру для монтажа, осмотра и обслуживания по всей высоте.

7.5.15 Опорные узлы стоек следует, как правило, проектировать шарнирными. Это позволяет избежать возникновения значительных усилий и повреждения стоек и фундаментов, быстро и с минимальными затратами восстановить работоспособность барьера после обвала (восстанавливается вертикальное положение стоек, заменяются тормозные устройства). Жесткие

опорные узлы допускается применять только при незначительных расчетных нагрузках, а также в случае невозможности применения верхних поперечных растяжек для фиксации стоек.

7.5.16 Продольные несущие канаты воспринимают энергию воздействия от удара скальных обломков и передают усилия на стойки. Канаты закрепляются по стойкам и поддерживают сетку в проектном положении, соединяясь с ней переплетением (шнуровкой) и/или скобами. В зависимости от величины проектных нагрузок несущие канаты могут оборудоваться тормозными устройствами.

7.5.17 Растяжки применяются для сохранения проектного положения стоек с шарнирными опорными узлами: фиксируют стойки в продольном и поперечном направлениях. Растяжки крепятся одним концом к верху стоек, другим – к фундаментам. Как правило, оборудуются тормозными устройствами.

7.5.18 Продольные несущие канаты и растяжки выполняются стальными, диаметром до 22 мм, как правило, выполненных сплошным канатным плетением, из 7, 12 или 19 витков проволоки диаметром 2÷5 мм. При расчете и конструировании канатов следует принимать сниженное значение их сопротивлению на разрыв (рекомендуется 80 % от номинального) с целью учета дополнительных напряжений от зажимов и других соединительных элементов.

7.5.19 Тормозные устройства предназначены для увеличения гибкости и энергопоглощающей способности барьера, предотвращения повреждения его элементов при возникновении значительных динамических нагрузок. Тормозными устройствами следует оборудовать продольные несущие тросы, а также продольные и поперечные растяжки. Принцип работы тормозных устройств основан на рассеивании энергии при совершении работы сил трения и/или при пластических деформациях. При этом система получает перемещения, предусмотренные конструкцией тормозных устройств. После однократного срабатывания тормозные устройства подлежат замене.

7.5.20 Тормозные устройства должны быть тарированы

заводом-изготовителем на срабатывание по достижении заданной нагрузки (кН). Также натурными испытаниями должны быть получены значения энергопоглощающей способности (кДж) и продольных перемещений при срабатывании (мм).

7.5.21 Соединительные и направляющие элементы предназначены для устройства узлов соединения (опирания) канатов и сеток между собой и с другими элементами барьера. Как правило, применяют зажимы, коуши, талрепы, скобы (шаклы), блоки. Зажимы и коуши предназначены для устройства соединительных петель в канатах: зажимы обеспечивают фиксацию канатов между собой, а коуши предохраняют канаты от местного повреждения (обеспечивают безопасные углы загиба, равномерно распределяют нагрузку на петлю, предохраняют нити канаты от износа). Талрепы используют для контроля натяжения канатов. Скобы (шаклы) применяются для соединения канатов между собой, с тормозными устройствами, стойками и фундаментами. Блоки, одно- и многошкивные, применяются для устройства узлов подвижного опирания канатов или для изменения их направления.

7.5.22 Фундаменты предназначены для передачи усилий от стоек, продольных и поперечных растяжек на естественное основание. Фундаменты проектируется в соответствии с местными инженерно-геологическими и топографическими условиями, системой действующих нагрузок. Как правило, на скальных участках в качестве фундаментов следует применять стержневые и канатные анкеры.

7.5.23 Стержневые анкеры гибких барьеров следует принимать, как правило, диаметром от 25 до 32 мм и длиной от 1,5 до 2,0 м, в целях надежного их закрепления в коренных породах массива. При динамическом нагружении анкера наибольшие усилия приходится на его верхнюю часть (0,5 м), поэтому в общем случае применение анкеров более 2 м нецелесообразно.

7.5.24 Канатные анкеры гибких барьеров эффективно работают под нагрузкой, приложенной под углом, и обычно применяются для закрепления

продольных и поперечных растяжек к естественному основанию. Для их устройства, как правило, применяют канаты диаметром 18 мм и длиной до 3 м. В верхней части канаты образуют оголовки в виде петель, которые фиксируются зажимами и оборудуются коушами. Основание такого оголовка рекомендуется дополнительно усиливать для восприятия срезающих напряжений.

7.5.25 Скважины под устройство анкеров обычно принимают диаметром от 50 до 120 мм и заполняют цементно-песчаным раствором (также могут применяться эпоксидные клеевые составы). Анкеры рассчитываются на выдергивание и срез.

7.5.26 В целях обеспечения надежности и долговечности все элементы гибких барьеров должны быть обеспечены антикоррозионной защитой. Как правило, применяют гальванические защитные покрытия (сплавы алюминия и цинка) и/или покрытия из полимерных составов.

7.5.27 Гибридные барьеры (аттенюаторы) представляют собой гибкие барьеры, которые перехватывают и направляют скальные обломки в улавливающие пазухи ниже по склону (рисунок 14). Их конструкция позволяет эффективно гасить энергию скальных обломков, контролировать траекторию их падения, а также предотвращать их аккумуляцию на склоне.

Гибридные барьеры снижают скорость движения скальных обломков без полной их остановки, что позволяет им воспринимать существенные динамические нагрузки.

7.5.28 Гибридные барьеры следует применять как самостоятельно, так и в комплексе с другими типами улавливающих и пропускающих сооружений в следующих случаях:

– при значительных объемах обвалов, высокой массе и скорости скальных обломков, при наличии опасности схода селей и лавин, т. к. пропускают их без повреждений, уменьшая при этом их энергию;

– в стесненных условиях, т. к. позволяют контролировать траекторию движения обломков и сократить габариты улавливающих сооружений;

– на труднодоступных склонах, где очистка улавливающих сооружений

затруднена, т. к. пропускают продукты обвалов к их подошве.

7.5.29 В зависимости от способа монтажа нижней панели выделяют гибридные барьеры с покровными сетками (нижняя панель закрепляется по склону) и гибридные барьеры с подвесными сетками (нижняя панель вертикально подвешивается).

7.5.30 Гибридные барьеры с покровными сетками представляют собой гибкие барьеры, не имеющие ограничительных продольных тросов в нижней части барьера (рисунок 14). Панель барьера удлинена и закрепляется в виде покровной сетки ниже по склону, закрепленной по месту. При обвале обломки улавливаются барьером и отводятся под нижнюю часть панели. Двигаясь под сеткой, обломки быстро теряют скорость и дробятся, после чего попадают в пазухи улавливающего сооружения.

7.5.31 Нижняя панель гибридных барьеров с подвесными сетками располагается вертикально и при необходимости фиксируется дополнительными растяжками в продольном и поперечном направлениях для сохранения проектного положения. Длина и расположение стоек должны проектироваться с таким расчетом, чтобы обеспечить вертикальное расположение сеток вдоль улавливающей полки (траншеи) на всем ее протяжении.

7.5.32 При значительных скоростях и размерах скальных обломков, а также на затяжных склонах рекомендуется предусматривать монтаж гибридных барьеров в два и более яруса. При наличии крутых (свыше 40÷45°) участков у подошвы склона в нижнем ярусе рекомендуется применять гибридные барьеры с подвесными сетками.

7.5.33 Пассивные покровные сетки представляют собой закрепленные на склоне сетки, неплотно прилегающие к его поверхности. Пассивные покровные сетки следует применять в стесненных условиях для ограничения траектории падения (скатывания) обломков и направления их в улавливающие пазухи на склонах высотой от 15 до 45 м (при необходимости до 120 м) с уклоном более 35° (как правило, 60÷80°) при угрозе выпадения скальных обломков малого и среднего размера (до 0,5÷1,0 м³).

7.5.34 Пассивные покровные сетки следует применять совместно с улавливающим сооружением, расположенным между подошвой склона и кромкой автомобильной дороги, в пазухах которого будет происходить накопление обломочного материала.

7.5.35 Укладку покровной сетки производят непосредственно на поверхности откоса (склона) с закреплением её верхних краевых частей за пределами бровки откоса несущими анкерами на расстоянии от нее не менее 3 м, меньшее расстояние допускается при соответствующем обосновании. Шаг несущих анкеров вдоль бровки откоса принимается равным 1,5÷2,0 м. Дополнительно по откосу (склону) сетка к поверхности крепится монтажными анкерами.

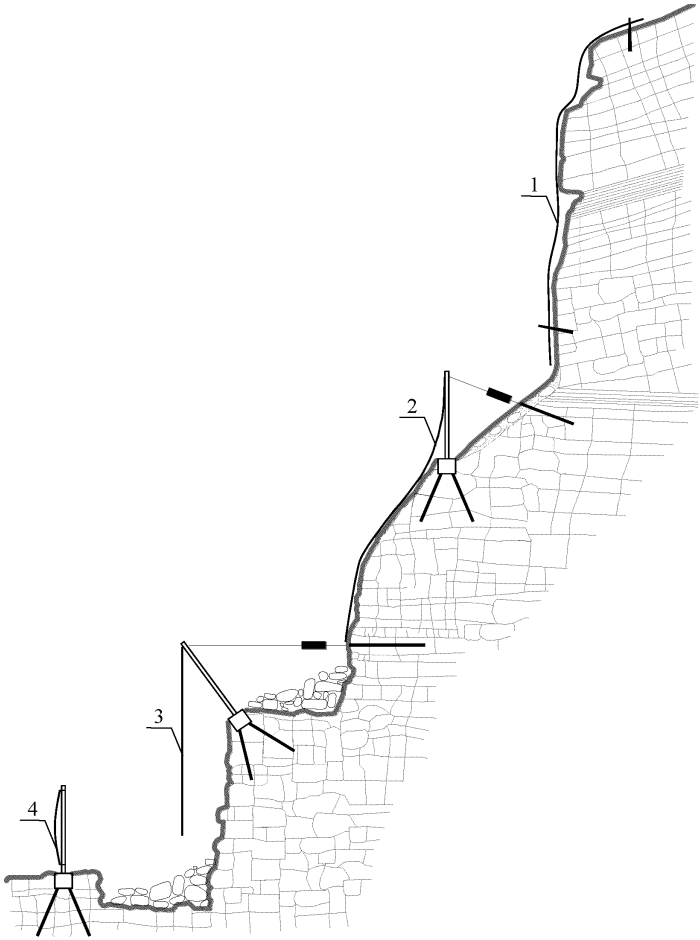
7.5.36 Рекомендуются следующие конструкции пассивных покровных сеток:

– вверху и внизу сетки пропускаются контурные стальные канаты, сетка с помощью стальных канатов навешивается на несущие анкера, при этом в нижней части сетка висит свободно, не доходя до поверхности земли на 0,5÷2,0 м;

– сетка через анкерный стальной канат навешивается на несущие анкера, спускается по откосу (склону), при этом нижний конец сетки у подножья пропускается через контурный канат и закрепляется анкерами;

– сетка через анкерный стальной канат навешивается на несущие анкера и спускается по откосу (склону), при этом в нижней части сетки подвешиваются бетонные грузы.

7.5.37 Для более плотной обтяжки склона сетью, с шагом 4 м вдоль склона, на монтажных анкерах монтируются прижимные вертикальные канаты.



1 – пассивная покровная сетка; 2 – гибридный барьер с покровной сеткой;
3 – гибридный барьер с подвесной сеткой; 4 – гибкий барьер

Рисунок 14 – Многоярусная система гибких улавливающих сооружений

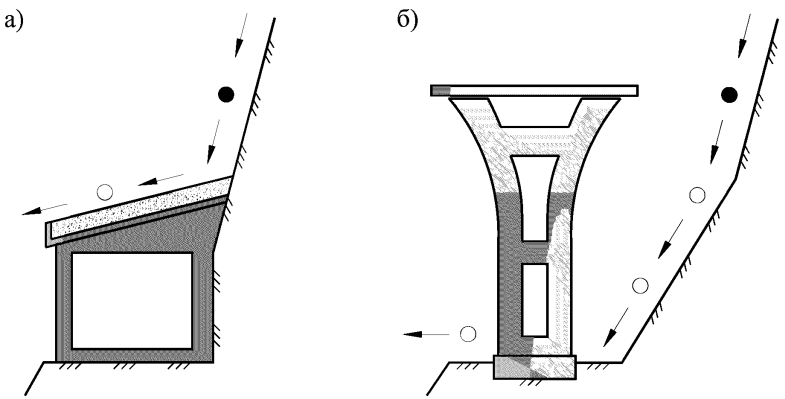
7.6 Пропускающие сооружения

7.6.1 Пропускающие сооружения (рисунок 15) следует предусматривать для защиты участков в случаях, когда устройство более простых средств противообвальной защиты неосуществимо или экономически нецелесообразно.

7.6.2 В зависимости от способа организации пропуска продуктов скально-обвальных процессов выделяют:

– галереи (пропуск над защищаемым объектом);

– эстакады (пропуск под защищаемым объектом).



а – галерея; б – эстакада

Рисунок 15 – Пропускающие сооружения

7.6.3 План и профиль и автомобильных дорог в защитных галереях проектируется по нормам, установленным для тоннелей, а эстакад – для мостовых сооружений. Размеры поперечного сечения галерей и их уширение в кривых должны удовлетворять требованиям СП 122.13330.2012, эстакад – СП 35.13330.2011.

7.6.4 Противообвальные галереи целесообразно устраивать в стесненных горных условиях при крутизне нагорного склона не менее 50÷60°. При этом

галереи следует применять в тех случаях, когда очаги обвала находятся на достаточном расстоянии от места расположения галерей и исключена возможность падения непосредственно на кровлю галереи скальных обломков, объемом более расчетной крупности.

7.6.5 Выбор конструкций галерей следует производить, исходя из топографических и геологических условий, с учетом нагрузок и условий производства работ. По конструктивным признакам галереи делятся на: балочные, рамные, арочные, консольные, полурамные, гибкие подвесные.

При выборе конструкций галерей следует учитывать следующие их особенности:

– балочные галереи позволяют полностью освободить низовые опоры от восприятия горизонтальных составляющих реакций перекрытия; они наиболее просты по своему устройству и монтажу, однако с ростом нагрузок в балочных галереях резко возрастают объемы работ по перекрытиям и, как правило, по верховым опорам;

– рамные галереи позволяют сократить объем работ по устройству перекрытия и опор, что особенно существенно при больших значительных нагрузках, однако в них горизонтальная составляющая реакций перекрытия передается и на низовые опоры; усложняются стыковые соединения, выполняемые при монтаже;

– в арочных галереях существенно снижается металлоемкость конструкций, однако их применение ограничено топографическими и геологическими условиями; низовые опоры арочных галерей воспринимают значительные горизонтальные силы от перекрытия, в связи с чем конструкция их усложняется;

– консольные галереи требуют заанкеривания перекрытия галереи в устойчивый скальный грунт нагорного склона, их рекомендуется использовать для защиты от мелких обломков скального грунта и осыпного материала;

– полурамные галереи выполняются стальными и композитными, Г-образной формы, имеют подвижные узлы и упруго работают под

нагрузкой; при превышении проектных нагрузок не подвержены хрупкому обрушению и в деформированном состоянии продолжают выполнять защитную функцию;

– гибкие подвесные галереи работают как упруго-деформируемые системы, что обуславливает их высокую энергопоглощающую способность при сравнительно низком весе; не исключают падения на проезжую часть продуктов осыпей, обломков крупностью менее размера ячеек покровной сетки; испытывают значительные деформации под нагрузкой, что следует учитывать для обеспечения нормативных габаритов приближения.

7.6.6 Для уменьшения длины противообвальных галерей при наличии соответствующих местных условий в предпортальных их частях рекомендуется устраивать противообвальные улавливающие стены.

7.6.7 Для защиты галерей от снежных обвалов и заносов с низовой стороны проектом должны быть также предусмотрены специальные мероприятия (срезка с низовой стороны галерей площадок, устройство надпортальных парапетных стен, сплошных низовых опор и т.п.). При выполнении требований [11] противообвальные галереи могут также выполнять функции противолавинных галерей.

7.6.8 Низовые и верховые опоры галерей (за исключением полурамных и гибких подвесных) следует выполнять из монолитных или сборных железобетонных конструкций (или бетонных блоков) с надежным омоноличиванием. Для уменьшения объема верховых опор могут применяться разгружающие консоли и контрфорсы, а при расположении их у скального косогора выполняют анкеровку опор. Низовые и верховые сборные железобетонные опоры в пределах каждой секции должны быть объединены поверху продольными ригелями, соединенными между собой штырями.

7.6.9 Фундаменты опор смежных секций галерей следует закладывать, как правило, на одном уровне. Допускается заложение фундаментов опор смежных секций галерей на разных отметках, при этом для нескальных грунтов переход от высоких к низким отметкам допускается уступами

высотой не более 0,5 м. В скальных грунтах уступы могут устраиваться без ограничений по высоте.

7.6.10 Сборные железобетонные перекрытия галерей балочного типа необходимо конструировать из Т-образных бездиафрагменных балок. Балки сборных перекрытий в пределах каждой секции должны быть объединены между собой путем сварки закладных деталей или шпоночными соединениями.

7.6.11 Для обеспечения водоотвода на кровле галереи требуется предусматривать устройство бетонных лотков, консольных водосбросов, водоотводных трубок приёмных колодцев и т. п. Поверхности гидроизолирующего слоя на кровле галерей необходимо придавать уклон в низовую сторону не менее 3 %. Для отвода грунтовых вод, поступающих к галерее с верховой стороны, должно быть предусмотрено устройство продольного застенного дренажа, связанного с водоприемными колодцами.

7.6.12 Профиль кровли гибких подвесных галерей следует проектировать наклоном от 30° до 40° без изломов, для предотвращения аккумуляции продуктов обвалов на кровле и снижения снеговой нагрузки. В гибких подвесных галереях применяют конструкции, узлы и материалы, аналогичные применяемым для гибких улавливающих сооружений.

7.6.13 Расчетом на прочность и устойчивость следует проверять нагорную стену и низовую опору галерей, а также их перекрытие и ригеля. Расчет нагорной стены на опрокидывание выполняется на длину секции (расстояние между деформационными швами) галереи относительно подошвы фундамента и его обреза. Расчет на прочность основания стены осуществляется путем проверки напряжений по подошве фундамента. Расчет на прочность и устойчивость низовой опоры галереи выполняется также относительно обреза фундамента и его подошвы. Расчет перекрытия галереи и ригеля производится на постоянную нагрузку от отсыпки и вертикальную составляющую силу от удара скального обломка. Равнодействующую силу прикладывают к поверхности контакта отсыпки с перекрытием в точке, расположенной посередине пролета, раскладывая ее на вертикальную и

горизонтальную составляющие. В случае глубокого заложения фундамента (более 2 м) необходимо учитывать давление на речную опору от грунта и подвижной временной нагрузки.

Для гибких подвесных галерей проверяют прочность покровной сетки, продольных и поперечных растяжек, анкеров на нагрузку от снегового покрова и динамическую нагрузку от удара обломка расчетной крупности. Дополнительно следует моделировать расчетные ситуации с наибольшими деформациями элементов галереи для проверки сохранения габаритов приближения, при этом рекомендуется предусматривать конструктивный запас не менее 20% расчетной величины деформации и не менее 1 м.

7.6.14 Эстакады для пропуска скальных обвалов следует применять в исключительных случаях, когда трасса автомобильной дороги пересекает глубокие и узкие лога, по которым происходит движение скальных обломков при обвалах. При этом эстакады следует проектировать на достаточном расстоянии (определяется расчетом) от склона. В этом случае удается, как правило, добиться некоторого спрямления трассы автомобильной дороги.

7.6.15 При проектировании эстакад для пропуска скальных обвалов следует избегать устройства промежуточных опор на пути преобладающего движения скальных обломков (применять большепролетные и, по возможности, однопролетные сооружения). В случае необходимости устройства опор в зоне возможного прохождения скальных обвалов опоры должны быть защищены улавливающими сооружениями с амортизирующими конструкциями и проверены расчетом на динамическое воздействие от удара скальных обломков.

7.6.16 Отметка низа пролетных строений эстакад со стороны косогора должна назначаться в зависимости от максимального отклонения траектории движущихся камней от поверхности склона в вертикальном направлении в створе сооружения.

8 Противоселевые сооружения

8.1 Основные положения

8.1.1 Противоселевые сооружения предназначены для обеспечения безопасной эксплуатации селеопасных участков автомобильных дорог.

8.1.2 Противоселевые защитные сооружения подразделяются на следующие основные виды:

– селезадерживающие;

– селепропускные;

– селенаправляющие;

– селепредотвращающие;

– стабилизирующие.

8.1.3 Селезадерживающие, селепропускные, селенаправляющие и селепредотвращающие защитные сооружения размещают в селевых руслах, стабилизирующие – как в руслах, так и на склонах.

8.1.4 При проектировании противоселевых защитных сооружений необходимо рассматривать возможность снижения вероятности возникновения селевых потоков и их объемов путем выполнения дополнительных селезащитных организационно-хозяйственных мероприятий.

8.1.5 Организационно-хозяйственные противоселевые мероприятия проводятся с целью минимизации воздействия антропогенных факторов селеобразования. К ним относятся:

– защита от пожаров;

– ограничение или запрет вырубки лесных массивов;

– регулирование выпаса скота;

– выполнение противоэрозионных мероприятий при дорожном и других видах строительства;

– расчистка лотков и канав;

– поддержание в эксплуатационной пригодности и своевременный ремонт существующих противоселевых сооружений и др.

8.2 Селезадерживающие сооружения

8.2.1 Селезадерживающие сооружения предназначены для задержания селевых потоков в верхнем бьефе с образованием селехранилищ. В зависимости конструкции, селезадерживающие сооружения аккумулируют весь селевой поток или его твердую составляющую. В меженный и паводковый периоды селезадерживающие сооружения обеспечивают транзит как взвешенных, так и донных наносов.

8.2.2 Селезадерживающие сооружения проектируют одиночными или системными (в виде каскада расположенных по длине русла сооружений). Одиночно расположенные сооружения относятся к пассивному типу защиты, а системные – к пассивному и активному, т. к. по мере их заполнения происходит уполаживание русла.

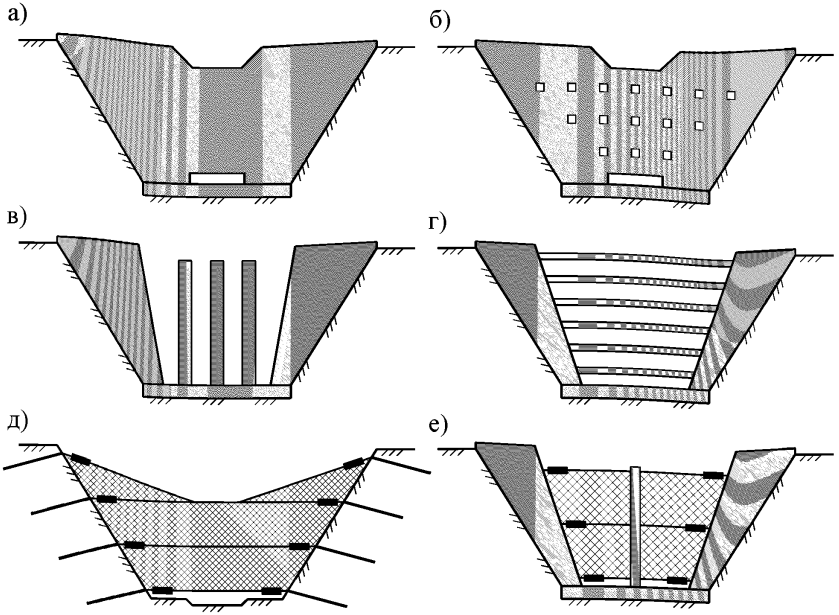
8.2.3 Возвышение гребня селезадерживающих сооружений над расчетным уровнем, принимают не менее высоты последнего селевого вала, при максимальном расчетном расходе селя и среднем значении угла наклона участка перед селехранилищем.

8.2.4 Для предотвращения подмыва берегов, в центральной части селезадерживающих сооружений рекомендуется предусматривать понижение отметки гребня.

8.2.5 При проектировании системных селезадерживающих сооружений дополнительно выполняют подбор расстояний между запрудами в зависимости от требуемого объема задержания селя, а также исходя из обеспечения гашения энергии потока.

8.2.6 Селезадерживающие сооружения следует проектировать сплошными (глухими) или сквозными.

8.2.7 Сплошные (глухие) селезадерживающие сооружения (рисунок 16, а-б) предназначены для полного задержания селя и постепенного отведения жидкой составляющей через водоотводные сооружения.



а, б – сплошные; в, г – жесткие сквозные;
д – гибкое сквозное; е – комбинированное сквозное

Рисунок 16 – Селезадерживающие сооружения

8.2.8 В проекте сплошных селезадерживающих сооружений для обеспечения сброса избыточного (по сравнению с расчетным) объема селевого потока следует предусматривать устройство поверхностных селесбросных сооружений.

8.2.9 Для предотвращения размыва основания сплошных селезадерживающих сооружений при переливе селевого потока через гребень, в нижнем бьефе рекомендуется устраивать контрзапруду.

8.2.10 Для пропуска в нижний бьеф бытового стока реки и водной составляющей наносоводных селей, сплошные селезадерживающие сооружения следует проектировать с водопропускными сооружениями без затворов. При этом сброс воды должен обеспечиваться при всех возможных

уровнях заполнения верхнего бьефа наносами. Сбросной расход не должен превышать критического селеобразующего расхода, определяемого для участка ниже створа плотины.

8.2.11 В теле сплошных селезадерживающих сооружений следует предусматривать дренажные отверстия для осушения селевых отложений.

8.2.12 Сплошные селезадерживающие сооружения следует проектировать, как правило, без противофильтрационных устройств.

8.2.13 Сплошные селезадерживающие сооружения рекомендуется проектировать бетонными или железобетонными. Допускается применение каменной кладки и грунтовых материалов.

8.2.14 Сквозные селезадерживающие сооружения (рисунок 16, в-е) предназначены для частичного задержания селевого потока – твердой его составляющей.

8.2.15 Сквозные селезадерживающие сооружения не требуют устройства специальных устройств для пропуска водной составляющей селя, а также мелких фракций наносов в нижний бьеф.

8.2.16 Сквозные селезадерживающие сооружения проектируют жесткими, гибкими или комбинированными.

8.2.17 Жесткие сквозные селезадерживающие сооружения (рисунок 16, в, г) проектируют в виде плоских или пространственных решеток из горизонтальных, вертикальных или наклонных железобетонных или металлических балок. Указанные сооружения в отдельных случаях относят к стабилизирующим русловым сооружениям, предназначенным для гашения энергии потока и ограничения максимального расхода в нижнем бьефе.

8.2.18 Гибкие сквозные селезадерживающие сооружения (рисунок 16, д) проектируют из высокопрочных сеток, закрепленных по тросам.

8.2.19 Для гибких сквозных селезадерживающих сооружений допускаются значительные перемещения под нагрузкой.

8.2.20 Гибкие сквозные селезадерживающие сооружения целесообразно

применять при сравнительно небольшой ширине селевого русла (обычно до 25 м). В зависимости от ширины и рельефа русла применяются сооружения с несущими канатами без стоек (с закреплением канатов анкерами на противоположных бортах русла), с несущими канатами и промежуточными и/или боковыми стойками.

8.2.21 Комбинированные сквозные селезадерживающие сооружения (рисунок 16, е) проектируют в виде железобетонных устоев, часто с промежуточными пилонами, между которыми смонтированы высокопрочные сетки, закрепленные по тросам.

8.2.22 При необходимости, в качестве дополнительных селезадерживающих, следует предусматривать глубинные котлованы-уловители, боковые площадки и наносозадерживающие дамбы обвалования, предназначенные для разгрузки движущегося селевого потока от крупных камней за счет уменьшения скорости потока.

8.2.23 Глубинные котлованы-уловители представляют собой расширение и углубление русла. Проектирование глубинных котлованов-уловителей сводится к выбору подходящих мест для их устройства, приданию им оптимальных линейных размеров (обеспечение максимальной емкости при минимальных затратах) и обеспечения выпуска водных расходов.

8.2.24 При проектировании глубинных котлованов-уловителей следует учитывать следующие рекомендации:

– продольная ось котлована должна быть продолжением продольной оси участка русла, расположенного выше по течению;

– уклон дна котлована рекомендуется уменьшать относительно уклона русла;

– откосы котлована рекомендуется назначать тройными;

– глубина должна назначаться исходя из объема расчетного селя и процентного содержания крупных наносов в селевой массе (как правило, принимают около 10 м);

– при устройстве котлована на открытой местности вынимаемый грунт рекомендуется располагать в виде отвалов по его берегам;

– для более равномерного распределения селевой массы в котловане рекомендуется оставлять одну-две перемычки, расположенные перпендикулярно продольной оси котлована

– расчетной емкостью котлована необходимо считать емкость котлована ниже дневной поверхности; ёмкость, создаваемая за счет обвалования, считают дополнительной.

– бытовые расходы рекомендуется отводить специальными обводными каналами.

8.2.25 При проектировании боковых площадок следует учитывать следующие рекомендации:

– площадку размещают рядом с селевым руслом на участке, где противоположный берег выше берега у выхода на площадку (особенно эффективно с наружной стороны поворота русла);

– высоту площадки принимают выше горизонтов паводков, но ниже горизонта селевых;

– продольный уклон площадки предусматривают в направлении движения селя, поперечный – с увеличением к наружному краю.

8.2.26 Наносозадерживающие дамбы обвалования обычно располагают поперек селевого русла, обеспечивая обтекание дамбы селевым потоком, что приводит к снижению его скорости.

8.2.27 Для всех типов селезадерживающих сооружений следует предусматривать возможность восстановления объема селехранилища путем его очистки или наращивания высоты плотины. Для обеспечения механизации работ по очистке селехранилища следует предусматривать устройство подъездных путей.

8.3 Селепропускные сооружения

8.3.1 Селепропускные сооружения предназначены для организации транзита селевых потоков под, над или в одном уровне с защищаемым объектом и рекомендуются к применению в том случае, если остановить селевой поток до подхода к защищаемому объекту не представляется возможным.

8.3.2 Селепропускные сооружения, по расположению относительно автомобильной дороги, проектируют:

– в одном уровне (каналы);

– верховыми (селеспуски);

– низовыми (мосты, эстакады).

8.3.3 Каналы применяют на участках, позволяющих пропустить селевой поток через защищаемый объект или в обход его в одном уровне.

8.3.4 Селеспуски рекомендуется выполнять в узких и крутых ущельях и на других участках, где рельеф местности позволяет устроить продолжение селевого русла над автомобильной дорогой.

8.3.5 Эстакады и мосты рекомендуется выполнять в местах возможного прохода мощных селевых потоков, а также где русло селеносного водотока находится ниже уровня автомобильной дороги и позволяет осуществить пропуск селей под защищаемым объектом. Технически наилучшим решением является устройство однопролетного моста. При необходимости устройства опор в русле, им придают обтекаемые формы.

8.3.6 Применение труб для пропуска селевых потоков не допускается.

8.3.7 Несущие конструкции селеспуска не должны соприкасаться с селевой массой.

8.3.8 Селепропускные сооружения для пропуска грязекаменных селевых потоков применяются при наличии следующих условий:

– в пределах сооружения не происходит распад расчетного селевого потока, т. е. продольный уклон сооружения обеспечивает транзит селевой массы (как правило, не менее 0,1);

– в пределах сооружения не происходит остановка расчетного селевого потока (глубина слоя отложений не превышает 0,5 м).

8.3.9 Основным условием беззаторного пропуска селя является сочетание трех факторов:

– равенство максимальной ширины потока на подходном участке и ширины селепропускного сооружения;

– отсутствие препятствий на подходе, выходе и в самом сооружении;

– достаточного для транзитного движения продольного уклона.

8.3.10 После прохождения селя через селепропускное сооружение, подход к нему и выход за ним очищают. Очистку необходимо выполнять до затвердевания селевой массы.

8.3.11 Стеснение потока в селепропускном сооружении по высоте не допускается.

8.3.12 При переходе автомобильной дорогой мощного, постоянно растущего селевого конуса необходимо рассматривать вариант прохода селеопасных мест тоннелем.

8.3.13 Мосты, пересекающие селевые русла, рекомендуется располагать на прямолинейных в плане участках с постоянным уклоном русла (по 200 м выше и ниже сооружения).

8.3.14 Пропуск под мостами селевых потоков с плотностью менее 1200 кг/м³ рекомендуется рассчитывать по обычным гидравлическим формулам для расчета водослива с широким порогом. При плотности более 1200 кг/м³ величина мостового пролета принимается не менее средней ширины селевого потока на подходе к сооружению, а пропускная способность рассчитывается, как для селепропускных каналов.

8.3.15 Размеры селепропускных сооружений, включая входные участки и отводящий тракт, следует назначать из условия обеспечения необходимой транспортирующей способности потока, при этом:

– уклон дна селепропускного сооружения должен обеспечивать транзит селевой массы, его рекомендуется принимать не менее среднего уклона

подходного участка селевого русла (длина участка принимается равной не менее 20 ширин селевого потока);

– ширина селепропускного сооружения, как правило, принимается равной средней ширине селевого потока на подходном участке селевого русла;

– продольную ось селепропускного сооружения необходимо совмещать с динамической осью селевого потока; при необходимости поворота сооружения радиус кривой вписанной в угол поворота должен быть рассчитан таким образом, чтобы поток продолжал свое движение в регулируемом русле, не допуская излишней денивеляции уровня потока;

– возвышение стен (перекрытий) селепропускного сооружения над максимальным уровнем селевого потока следует принимать равным 20% от максимальной глубины селевого потока, но не менее 1 м – для лотков и не менее 0,5 м – для каналов.

8.3.16 Входной участок селепропускных сооружений рекомендуется ориентировать в плане так, чтобы сопряжение стен входного оголовка со стенами канала селеспуска было плавным. Возвышение стен над максимальным уровнем селевого потока на входных участках рекомендуется принимать не менее 50% от максимальной глубины селевого потока. Таким образом, потоку задают определенное направление и скорость.

8.3.17 Размеры селепропускных сооружений назначают исходя из максимальных линейных размеров потока расчетной обеспеченности (глубины и ширины), определенных в створе на подходном участке русла.

8.3.18 Глубина и скорость движения грязекаменного селевого потока при прохождении его по селепропускному сооружению, как при движении его по естественному селевому руслу.

8.3.19 Концевой участок доводят до основной реки или участка, где накопление селевых выносов не причинит ущерба.

8.3.20 При пропуске наносоводных селевых потоков, на концевом участке сооружения рекомендуют устраивать на глубину воронки размыва

зуб или крепление, для которого скорости потока будут нетранспортирующими.

8.4 Селенаправляющие сооружения

8.4.1 Селенаправляющие (селеотбойные) сооружения предназначены для направления потока в селепропускные сооружения, отвода селевого потока от защищаемого объекта или предотвращения подмыва защищаемой территории.

8.4.2 Селенаправляющие (селеотбойные) сооружения включают:

– направляющие и ограждающие дамбы;

– одевающие панели, шпоры.

8.4.3 Направляющие дамбы ограничивают подводящий участок русла и плавно сужают ширину поймы или лога до ширины селепровода.

8.4.4 Ограждающие дамбы «собирают» поток и не дают ему растекаться, тем самым защищая территорию от затопления.

8.4.5 Одевающие панели и шпоры выполняют функцию защиты берегов от размыва, путем укрепления легко эродируемых бортов более прочными материалами или отбрасыванием потока от защищаемой территории. Шпоры глухой или сквозной конструкции, рекомендуется применять при достаточной ширине поймы для односторонней защиты берегов от размыва наносоводными селями (см. рисунок 17).

8.4.6 При выборе конструкции селенаправляющей дамбы необходимо исходить из особенностей рельефа, наличия местных строительных материалов, расходов и скоростей селевого потока, количества и размеров крупных каменей.

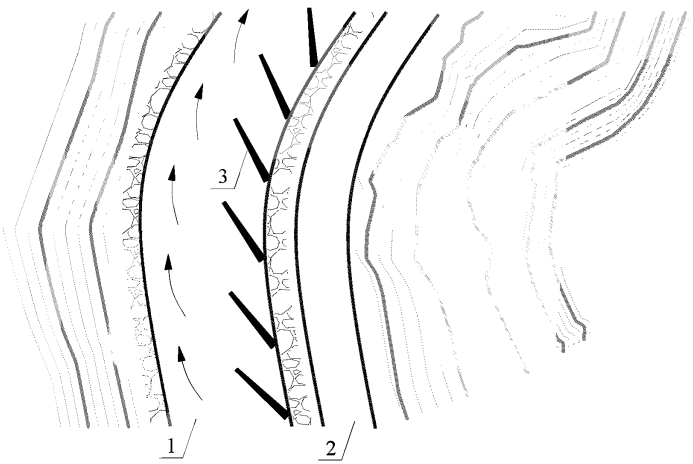
8.4.7 Наиболее распространённые типы конструкций дамб:

– из каменной наброски с облицовкой напорного откоса кладкой на растворе;

– из габионов;

– дамба (железобетонная или из бутовой кладки) в виде подпорной стенки.

С противоположной стороны напорного откоса дамбы производится отсыпка грунта.



1 – селевое русло; 2 – защищаемая автомобильная дорога; 3 – шпоры
Рисунок 17 – Пример размещения селенаправляющего сооружения

8.4.8 Возвышение гребня дамбы над максимальным уровнем селевого потока принимают не менее 50% от максимальной глубины селевого потока.

8.4.9 При сопряжении русла с конструкциями, посредством селенаправляющих сооружений должен быть обеспечен беспрепятственный пропуск расчетных селевых потоков, т. е. исключена возможность образования заторов и русловых переформирований.

8.4.10 Угол поворота оси сооружения необходимо задавать по радиусу вписанной в данный угол кривой, в зависимости от заданного скоростного режима. Радиус кривой должен быть рассчитан, таким образом, чтобы денивеляция потока при движении в зарегулированном русле не превышала расчетную.

8.4.11 Длина селенаправляющего сооружения определяется заданным радиусом закругления и отношением ширины русла к ширине селепропускной конструкции.

8.4.12 Между регуляционными подводящими сооружениями и входными элементами селепропускного сооружения, в пределах дальнейшего движения селей через селепропускное сооружение и на выходном участке, не должно быть выступов, западин, несовпадения граней различных сооружений и других препятствий.

8.4.13 Напорные откосы направляющих и ограждающих дамб рекомендуется крепить облицовкой из сборного или монолитного железобетона по гравийной подготовке. Выпуски арматуры плит должны быть сварены и омоноличены.

8.4.14 Для предотвращения возможных деформаций селенаправляющей конструкции из-за продольного размыва дна у сооружения, низ облицовки в виде зуба рекомендуется заглублять на величину размыва с засыпкой пазухи выемки крупным камнем.

8.5 Стабилизирующие сооружения

8.5.1 Стабилизирующие сооружения предназначены для предупреждения возникновения или развития селевых потоков путем уменьшения расхода и эродирующего влияния водного потока для исключения переформирования его в мощный сель.

8.5.2 Стабилизирующие сооружения в зависимости от места расположения проектируют склоновыми и русловыми.

8.5.3 Склоновые стабилизирующие сооружения применяют для предупреждения формирования критического селеобразующего расхода и предусматривают по всей площади селевого бассейна.

8.5.4 Склоновые стабилизирующие сооружения включают:

– террасы (террасы-каналы, нагорные каналы);

– дренажи;

– агролесомелиорация.

8.5.5 Террасы (террасы-каналы, нагорные каналы) применяют для уменьшения максимального расхода дождевых паводков путем перехвата склонового стока и перевода его в грунтовый либо медленного отвода его в сбросные каналы или русла.

8.5.6 Дренажи применяют для осушения потенциальных источников подпитки селевого потока.

8.5.7 Агролесомелиоративные мероприятия применяют для предотвращения эрозионных процессов, регулирования поверхностного стока, защиты территории от заносов рыхлообломочным материалом и т. д. К агролесомелиоративным мероприятиям относят сплошное или частичное облесение горных склонов и искусственных террас, русловое лесоразведение, посевы многолетней травянистой растительности и т. д.

8.5.8 Русловые стабилизирующие сооружения применяют для снижения эродирующего влияния водного потока и предусматривают на всех участках русел селевого бассейна, в которых возможно образование селевых потоков. Верхнюю границу стабилизации русел определяют местоположением створа, выше которого расход ливневого не превышает критический селеобразующий расход. Нижняя граница стабилизации русел определяется уклоном i=0,02, при котором селевые потоки уже не образуются.

8.5.9 Русловые селестабилизирующие сооружения включают:

– поперечные подпорные стены (пороги);

– системы запруд.

8.5.10 Поперечные подпорные стены (пороги) применяют для повышения механической устойчивости потенциально опасных селевых массивов рыхлообломочных грунтов и выполняют в виде стен, расположенных по ширине русла и опущенных на всю высоту в грунт.

8.5.11 Системы запруд применяют для уменьшения транспортирующей способности потока и выполняют в виде выступающих над дном русла стен,

расположенных перпендикулярно потоку. Снижение энергии потока при переливе через гребень запруд также способствует осаждению крупных каменных материалов.

8.5.12 При возведении запруд на нескальном основании для предотвращения подмыва сооружения рекомендуется устройство в нижнем бьефе контрзапруды. Запруду и контрзапруду соединяют между собой продольными стенками. Допускается вместо устройства контрзапруды выполнять укрепление дна нижнего бьефа, по отношению к которому скорости потока при пропуске расчетного ливневого паводка являются неразмывающими.

8.5.13 Для предотвращения подмыва бортов сооружения пропуск паводков через гребень запруды необходимо производить по специальному водосливному углублению, ширина которого обусловливается шириной пойменной части реки, а глубина – требованием пропуска расчетного дождевого паводка. Отверстия для выпуска воды в теле запруды располагают в пределах горизонтальной проекции водосливного углубления.

8.5.14 Конструкции запруд могут быть выполнены из каменной кладки, сборного или монолитного железобетона. Для обеспечения упругого удара селевой волны о напорную грань запруды рекомендуется с верховой стороны устраивать амортизационную засыпку из песка или гравия с заложением, соответствующим углу естественного откоса.

8.5.15 Стабилизирующие сооружения рассчитывают на пропуск дождевого паводка с вероятностью превышения 2 %.

8.6 Селепредотвращающие сооружения

8.6.1 Селепредотвращающие сооружения предназначены для предупреждения возникновения селевых потоков путем регулирования величины расхода дождевого или гляциального паводка. Объем селеобразующего паводка аккумулируется в верхнем бьефе

селепредотвращающего сооружения и затем постепенно срабатывается в нижний бьеф, с величиной расхода не превышающей селеобразующего.

8.6.2 Селепредотвращающие сооружения рекомендуется применять в условиях, когда очаг образования дождевого или гляциального селя находится ниже очага формирования селеобразующего паводка.

8.6.3 Основными видами селепредотвращающих сооружений являются плотины и водосбросы.

8.6.4 Плотины следует устраивать на участке, где рельеф между зонами образования водной составляющей и селевыми очагами, позволяет создать регулирующую емкость.

8.6.5 Водосбросы следует устраивать для предотвращения образования селевого потока при прорыве озер. Тип водосброса (траншейный, сифонный, туннельный и др.) определяется строительными условиями и характером озерной перемычки.

8.6.6 Плотина должна быть оборудована выпуском воды, обеспечивающим автоматическое опорожнение регулирующей емкости с расходом, не превышающим селеобразующий, а также катастрофическим водосбросом.

8.6.7 Требуемую вместимость регулирующей емкости следует определять объемом паводка с вероятностью превышения 1 % за вычетом объемов, сбрасываемых в нижний бьеф в период аккумуляции этого паводка.

8.6.8 Водосбросы рассчитывают на расход с вероятностью превышения 2 %.

Библиография

[1]	ТР ТС 014/2011	Безопасность автомобильных дорог
[2]	ОДМ 218.3.008-2011	Рекомендации по мониторингу и обследованию подпорных стен и удерживающих сооружений на оползневых участках автомобильных дорог
[3]		Пособие по составлению и оформлению документации инженерных изысканий для строительства. Часть 2. Инженерно-геологические (гидрогеологические) изыскания, 1986.
[4]	ОДМ 218.2.033-2013	Методические рекомендации по выполнению инженерно-геологических изысканий на оползнеопасных склонах и откосах автомобильных дорог
[5]		Методика оценки прочности и сжимаемости крупнообломочных грунтов с пылеватым и глинистым заполнителем и пылеватых и глинистых грунтов с крупнообломочными включениями / ДальНИИС. – М.: Стройиздат, 1989. – 24 с.
[6]		ОДМ 218.2.006-2010. Рекомендации по расчету устойчивости оползнеопасных склонов (откосов) и определению оползневых давлений на инженерные сооружения автомобильных дорог.
[7]		Руководство по проектированию противооползневых и противообвальных защитных сооружений. Проектирование противообвальных защитных сооружений. – М.: ЦНИИС Минтрансстроя, 1983
[8]		Методические указания по проектированию земляного полотна

(выемок) в легковыветривающихся скальных породах. – М.: ЦНИИС Минтрансстроя, 1974. – 81 с.

[9] ВСН 167–70 Технические указания по проектированию подпорных стен для транспортного строительства. Минтрансстрой. – М.: Оргтрансстрой, 1970. – 39 с.

[10] ВСН 506–88 Проектирование и устройство грунтовых анкеров. Минмонтажспецстрой СССР. – М.: ЦБНТИ Минмонтажспецстроя СССР, 1989. – 26 с.

[11] Методические рекомендации по проектированию противообвальных и противолавинных галерей и эстакад для пропуска скальных обвалов в районах Северной строительно-климатической зоны. – М.: ЦНИИС, 1972. – 42 с.

ОКС 93.080.99
Ключевые слова: инженерная защита, противооползневые сооружения, противообвльные сооружения, противоселевые сооружения

Руководитель организации-разработчика
ООО «НТЦ ГеоПроект»
наименование организации

Директор		С. И. Маций
должность	личная подпись	инициалы, фамилия

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО

(РОСАВТОДОР)

РАСПОРЯЖЕНИЕ

28.06.2017 Москва № 1325-р

О применении и публикации ОДМ 218.3.094-2017 «Рекомендации по инженерно-геологическим изысканиям и проектированию сооружений инженерной защиты на участках автомобильных дорог с развитием склоновых процессов»

В целях реализации в дорожном хозяйстве основных положений Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» и обеспечения дорожных организаций рекомендациями по инженерно-геологическим изысканиям и проектированию сооружений инженерной защиты на участках автомобильных дорог с развитием склоновых процессов:

1. Структурным подразделениям центрального аппарата Росавтодора, федеральным управлениям автомобильных дорог, управлениям автомобильных магистралей, межрегиональным дирекциям по строительству автомобильных дорог федерального значения, территориальным органам управления дорожным хозяйством субъектов Российской Федерации рекомендовать к применению с даты подписания настоящего распоряжения ОДМ 218.3.094-2017 «Рекомендации по инженерно-геологическим изысканиям и проектированию сооружений инженерной защиты на участках автомобильных дорог с развитием склоновых процессов» (далее – ОДМ 218.3.094-2017).

2. Управлению научно-технических исследований и информационного обеспечения (А.В. Бухтояров) в установленном порядке обеспечить официальную публикацию ОДМ 218.3.094-2017.

3. Контроль за исполнением настоящего распоряжения возложить на заместителя руководителя И.Г. Астахова.

Руководитель Р.В. Старовойт

gost.e-ecolog.ru

(495) 687-88-23 доб. 50-257