НАЦИОНАЛЬНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ СТРОИТЕЛЕЙ

Стандарт организации

Освоение подземного пространства

УКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ ИНЪЕКЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

СТО НОСТРОЙ 2.3.18-2011

ИЗДАНИЕ ОФИЦИАЛЬНОЕ

Москва 2012

gost.e-ecolog.ru

НАЦИОНАЛЬНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ СТРОИТЕЛЕЙ

Стандарт организации

Освоение подземного пространства

УКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ ИНЪЕКЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

СТО НОСТРОЙ 2.3.18-2011

Издание официальное

Филиал ОАО ЦНИИС «Научно-исследовательский центр «Тоннели и метрополитены»

Общество с ограниченной ответственностью Издательство «БСТ»

Москва 2012

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН	Филиалом ОАО ЦНИИС «НИЦ «Тоннели и метрополитены»
2 ПРЕДСТАВЛЕН НА УТВЕРЖДЕНИЕ	Комитетом по освоению подземного пространства Национального объединения строителей, протокол от 21 ноября 2011 г. № 7
3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ	Решением Совета Национального объединения строителей, протокол от 05 декабря 2011 г. № 22
4 ВВЕДЕН	ВПЕРВЫЕ
5 СОГЛАСОВАН	С Аппаратом Национального объединения проектировщиков, письмо от 10 ноября 2011 г. исх. № ЮЛ/215

© Национальное объединение строителей, 2011

Распространение настоящего стандарта осуществляется в соответствии с действующим законодательством и с соблюдением правил, установленных Национальным объединением строителей

Содержание

Введение V
1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 3
4 Общие положения 5
5 Проектирование работ по укреплению грунтов 6
5.1 Особенности инженерных изысканий и исследований 6
5.2 Состав проекта на укрепление грунтов 7
5.3 Область применения и выбор метода укрепления грунтов 9
5.4 Технологические схемы производства работ и основные технологические параметры укрепления грунта 10
5.5 Оборудование для проведения работ по укреплению грунтов 12
5.6 Составы и характеристики инъекционных растворов 14
6 Организация и производство работ 18
6.1 Организация инъекционных работ 18
6.2 Бурение и оборудование инъекционных скважин 19
6.3 Приготовление инъекционных растворов 22
6.4 Нагнетание инъекционных растворов 24
6.5 Бурение скважин, приготовление и инъекция растворов при струйной цементации грунтов 25
7 Контроль выполнения работ 28
8 Правила безопасности при производстве работ 31
Приложение А (рекомендуемое) Способы укрепления грунтов и области их применения 34
Приложение Б (рекомендуемое) Технологические схемы производства инъекционных работ 36
Приложение В (рекомендуемое) Оборудование скважин 44

Приложение Г (справочное) Буровое и инъекционное оборудование для производства работ 46
Приложение Д (рекомендуемое) Основные виды инъекционных растворов и их характеристики 49
Приложение Е (рекомендуемое) Формы журналов производства работ 52
Приложение Ж (рекомендуемое) Формы отчетных документов 56
Библиография 61

Введение

Целью разработки стандарта является реализация Национальным объединением строителей Градостроительного кодекса Российской Федерации, Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», Федерального закона от 1 декабря 2007 г. № 315-ФЗ «О саморегулируемых организациях», Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», иных законодательных и нормативных актов, действующих в строительной отрасли.

Настоящий стандарт устанавливает основные требования к проектированию и производству работ по укреплению грунтов инъекционными способами в строительстве.

При разработке использованы результаты научных исследований и опыт разработки проектной документации по инъекционному укреплению грунтов, а также учтены требования и рекомендации стандартов:

- DIN 4093:1987 «Инъектирование грунтов. Грунтовое основание»;

- DIN EN 12716:2001 «Выполнение специальных геотехнических работ. Струйная цементация»;

- DIN 1164-10:2004 «Цемент со специальными свойствами. Часть 10. Состав, требования и подтверждение соответствия оценки обыкновенного цемента со специальными свойствами»;

- BS 6919 «Испытание композиций на основе смол и полимерно-цементной основе, применяемых в строительстве».

Авторский коллектив: *Г.О. Смирнова, Е.В. Щекудов, В.Г. Голубев, О.С. Байдаков, А.В. Комиссаров, А.Е. Жуковский* (Филиал ОАО ЦНИИС «Научно-исследовательский центр «Тоннели и метрополитены»).

СТАНДАРТ НАЦИОНАЛЬНОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ СТРОИТЕЛЕЙ

Освоение подземного пространства

УКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ ИНЪЕКЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Development of underground space.
Ground consolidation by grouting methods in construction.

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт распространяется на укрепление грунтов инъекционными способами при строительстве, реконструкции и ремонте зданий и сооружений различного назначения и устанавливает правила проектирования и производства работ при использовании различных способов укрепления грунта, порядок и методы ведения инъекционных работ и контроля их выполнения.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты и своды правил:

ГОСТ 4.233-86 Система показателей качества продукции. Строительство. Растворы строительные. Номенклатура показателей

ГОСТ 5802-86 Растворы строительные. Методы испытаний

ГОСТ 10178-85 Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия

ГОСТ 10180-90 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам

ГОСТ 12071-2000 Грунты. Отбор, упаковка, транспортировка и хранение образцов

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

ГОСТ 13078-81 Стекло натриевое жидкое. Технические условия

ГОСТ 14231-88 Смолы карбамидоформальдегидные. Технические условия

ГОСТ 19912-2001 Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием

ГОСТ 22180-76 Реактивы. Кислота щавелевая. Технические условия

ГОСТ 23732-79 Вода для бетонов и растворов. Технические условия

ГОСТ 24452-80 Бетоны. Методы определения призменной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона

ГОСТ 25100-95 Грунты. Классификация

ГОСТ 25584-90 Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации

ГОСТ 25795-83 Сырье глинистое в производстве глинопорошков для буровых растворов. Технические условия

ГОСТ 28013-98 Растворы строительные. Общие технические условия

ГОСТ 28570-90 Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобранным из конструкций

ГОСТ 30459-2008 Добавки для бетонов и строительных растворов. Определение и оценка эффективности

ГОСТ 30515-97 Цементы. Общие технические условия

ГОСТ 31108-2003 Цементы общестроительные. Технические условия

ГОСТ Р 21.1101-2009 Основные требования к проектной и рабочей документации

СП 22.13330.2011 «СНиП 2.02.01-83* Основания зданий и сооружений»

СП 45.13330.2012 «СНиП 3.02.01-87 Земляные сооружения. Основания и фундаменты»

СП 47.13330.2010 «СНиП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения»

СП 48.13330.2011 «СНиП 12-01-2004 Организация строительства»

СП 116.13330.2011 «СНиП 22-02-2003 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения»

СНиП 12-04-2002 Безопасность труда в строительстве. Часть II. Строительное производство

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и сводов правил в информационной системе общего пользования – на официальных сайтах национального органа Российской Федерации по стандартизации и НОСТРОЙ в сети Интернет или по ежегодно издаваемым информационным указателям, опубликованным по состоянию на 1 января текущего года. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться новым (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **укрепление грунта**: Изменение физико-механических характеристик грунтов под воздействием нагнетаемых в грунт под давлением инъекционных растворов.

3.2 **инъекционный метод**: Технология укрепления грунта изменением его свойств нагнетаемым инъекционным раствором.

3.3 **раствор инъекционный**: Твердеющий во времени раствор для обработ-

ки грунта нагнетанием его в грунт или перемешиванием с грунтом.

Примечание – Инъекционный раствор создается из смесей минерального вяжущего вещества и жидкости затворения, силиката натрия или полимерной смолы с отвердителями – растворами кислот или щелочей и добавками.

3.4 **цементация грунта**: Укрепление грунта инъекцией растворов на основе цементных вяжущих.

3.5 **силикатизация грунта**: Укрепление грунта инъекцией в него растворов на основе силиката натрия* и отвердителей в виде слабых растворов кислот или щелочей.

3.6 **смолизация**: Укрепление грунта инъекцией в него растворов полимерных смол и отвердителей в виде слабых растворов кислот.

3.7 **струйная цементация**: Укрепление грунта перемешиванием его под высоким давлением с инъекционным раствором на основе цемента.

3.8 **однорастворная система**: Нагнетание одно или многокомпонентного раствора в грунт через скважину.

3.9 **двухрастворная система**: Последовательное, через одну скважину, или одновременное, через две рядом расположенные скважины, нагнетание основного раствора и раствора отвердителя в грунт.

3.10 **инъектор**: Оборудование, установленное в скважину для нагнетания инъекционного раствора в грунт.

Примечание – Инъектор – металлическая или пластмассовая оснастка.

3.11 **прочность**: Свойство затвердевшего строительного раствора, не разрушаясь воспринимать различные виды нагрузок и воздействий.

[ГОСТ 4.233-86, приложение 2]

3.12 **вязкость условная**: Величина, косвенно характеризующая внутреннее трение инъекционного или бурового раствора по времени истечения его из воронки через калиброванное отверстие под действием сил гравитации (по СТО Газпром 2-3.2-293-2009 [1]).

* Жидкое стекло.

3.13 **водоотделение**: Количество воды, отделившейся при расслоении тампонажного раствора вследствие осаждения твердых частиц (по ГОСТ 30515).

3.14 **усадка тампонажного камня**: Уменьшение линейных размеров тампонажного камня при твердении (по ГОСТ 30515).

3.15 **сроки схватывания раствора**: Время начала и конца схватывания раствора с потерей подвижности и определенной степени затвердевания в результате гидратации вяжущего (по ГОСТ 30515).

3.16 **время гелеобразования раствора**: Время потери подвижности растворов на основе полимерных смол и силикатов.

3.17 **жизнеспособность раствора**: Время, в течение которого растворная смесь сохраняет требуемые технологические свойства без потери подвижности.

4 Общие положения

4.1 Инъекционное укрепление грунтов при строительстве подземных сооружений следует применять для преодоления участков несвязных водонасыщенных и нарушенных скальных грунтов (ГОСТ 25100), ликвидации водопритоков в подземные выработки и сооружения, устройства ограждений котлованов, защитных экранов (завес), укрепления оснований и фундаментов зданий и других сооружений, находящихся в зоне влияния строительства.

4.2 Методы укрепления грунтов по типу используемых инъекционных материалов подразделяются на цементацию, силикатизацию и смолизацию; по методу введения раствора в грунт – на обычную инъекцию и струйную цементацию.

4.3 Метод укрепления грунтов выбирается на этапе проектирования строительного объекта на основании инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий, требований экологии и технико-экономического сравнения вариантов укрепления грунта в соответствии с разделами 5 и 6 и приложениями А – Д.

В зависимости от инженерно-геологических условий, цели и принятого спо-

соба укрепления грунта следует применять инъекционные растворы на основе минеральных вяжущих по ГОСТ 31108 или полимерных материалов по ГОСТ 14231, обладающих широким диапазоном реологических и физико-механических характеристик, и обеспечивающих повышение прочности, противофильтрационной плотности грунтов или водоподавление.

5 Проектирование работ по укреплению грунтов

5.1 Особенности инженерных изысканий и исследований

5.1.1 В дополнение к основным инженерно-геологическим изысканиям (см. СП 47.13330) для выбора метода укрепления грунтов и получения исходных данных для проектирования инъекционных работ следует проводить специальные изыскания и исследования (по СП 3.02.01-83 [2], руководству [3], СТО 86494684-001-2010 [4]) в установленной 5.1.1.1 – 5.1.1.4 последовательности.

5.1.1.1 На первом этапе следует получить подробные данные о геологическом строении грунтов, гидрогеологических условиях участка и физико-механических характеристиках грунтов на основании исследований, выполненных согласно СП 47.13330.

5.1.1.2 На стадии проектирования объекта для уточнения инженерно-геологических условий участка применительно к особенностям ведения инъекционных работ и уточнения характеристик грунтов (плотности, гранулометрического состава, пористости, коэффициента фильтрации, степени трещиноватости, проницаемости, гидростатического давления и химического состава грунтовых вод) следует выполнить дополнительное разведочное бурение.

5.1.1.3 На втором этапе должны быть выполнены лабораторные исследования по укреплению грунтов и опытное укрепление грунта в натурных условиях (см. СП 3.02.01-83 [2] и руководство [3]).

По результатам лабораторных исследований выбирается вид инъекционного

раствора и материалы для его приготовления, определяются физико-механические и реологические характеристики раствора и физико-механические характеристики укрепленного грунта.

5.1.1.4 После выбора вида и состава инъекционного раствора следует выполнить опытное укрепление грунта (по СП 3.02.01-83 [2], руководству [3], СТО 86494684-001-2010 [4]) на строительной площадке для определения расчетного объема и радиуса инъекции раствора, физико-механических характеристик укрепленных грунтов, уточнения технологических приемов и параметров инъекции (давление нагнетания, расход материалов), времени инъекции единицы объема грунта, а при струйной цементации – давления нагнетания раствора и воздуха, скорости подъема и вращения монитора, расхода раствора на 1 м скважины.

Примечание – Опытное укрепление грунтов выполняется при строительстве особо ответственных сооружений или в особо сложных инженерно-геологических условиях, а также при необходимости гарантированного получения заданных характеристик укрепленного грунта.

5.1.2 Если опытная инъекция не проводится, то при проведении работ по укреплению грунта не менее 10 % скважин от общего их числа считаются опытными.

По результатам проведения работ по укреплению грунта на опытных скважинах выполняется корректировка проектной документации на инъекционное укрепление грунтов.

5.1.3 В процессе производства работ по укреплению грунта, в зависимости от выявляемых изменений геологических и гидрогеологических характеристик грунтов, должны корректироваться предусмотренные проектом технологические параметры выполнения работ.

5.2 Состав проекта на укрепление грунтов

5.2.1 Разработка проектов на укрепление грунтов должна выполняться с соблюдением положений ГОСТ Р 21.1101 в две (проект и рабочая документация) или одну стадию (рабочий проект).

Проектная документация на инъекционное укрепление грунтов должна разрабатываться специализированной проектной организацией.

Примечание – Под специализированной организацией понимается организация, основным направлением деятельности которой является выполнение комплексных исследований и проектирования данного вида работ, располагающая квалифицированным и опытным персоналом, в т.ч. с обязательным привлечением научных кадров, соответствующим сертифицированным оборудованием и программным обеспечением (СП 22.13330).

5.2.2 Проектная документация на укрепление грунтов должна включать следующие технические решения и данные (СП 3.02.01-83[2]):

- технико-экономическое обоснование выбора способа укрепления грунтов;

- решение о назначении типа (вида) основания или другой конструкции из укрепленных грунтов и конструктивной схемы укрепления в соответствии с решаемой технической задачей;

- масштабные инженерно-геологические планы и разрезы с нанесением расчетных контуров и размеров укрепляемых массивов грунта, а также требования к прочностным, деформационным и другим свойствам укрепленных грунтов;

- данные об объемах укрепления грунтовых массивов и общем количестве необходимых для выполнения работ материалов;

- расположение в укрепляемом массиве грунтов инъекционных и контрольных скважин в плане и по глубине с указанием их глубин, наклонов, диаметров, допускаемых отклонений;

- данные о номенклатуре, характеристиках и количестве необходимых для выполнения работ механизмов и оборудования (бурового, смесительного, инъекционного, компрессорного, емкостей и др.);

- порядок обработки грунтов инъекционными растворами, их удельный расход, давление нагнетания, порядок приготовления инъекционных растворов;

- технологические карты или схемы с описанием способов и технологической последовательности проводимых работ, трудозатрат и потребностей в механизмах

и материалах по этапам, скорости вращения и подъема монитора при струйной цементации грунтов;

- объемы работ по контрольному укреплению грунтов и указания по их выполнению;

- дополнительные указания к мероприятиям по контролю качества работ, технике безопасности, охране окружающей среды;

- календарный план работ, в котором на основе объемов работ, технологии и наличия механизмов и оборудования устанавливаются последовательность и сроки выполнения отдельных видов работ;

- другие данные общестроительного характера (вспомогательные устройства, мероприятия при работах в зимних условиях и т.п.).

5.2.3 Конструкция (конфигурация) или размеры зон укрепления, требования к прочностным и фильтрационным свойствам укрепленных грунтов устанавливают расчетом, руководствуясь нормативами по проектированию оснований и фундаментов промышленных и гражданских зданий и транспортных сооружений (СП 22.13330, СП 45.13330, руководство [3], МГСН 2.07-97 [5], СП 32-105-2004 [6], СП 50-101-2004 [7]).

5.2.4 Задаваемые проектом расположение инъекционных скважин или инъекторов в плане, углы наклона и нормы нагнетания раствора по глубине должны обеспечивать сплошность укрепления грунтового массива, заданную конфигурацию и размеры согласно назначенной проектом конструктивной схеме укрепления грунтового массива.

5.3 Область применения и выбор метода укрепления грунтов

5.3.1 Инъекционные методы используются для повышения прочности и водонепроницаемости неустойчивых водонасыщенных дисперсных и скальных грунтов (ГОСТ 25100) со значительными водопритоками, для повышения несущей способности, стабильности устойчивости грунтовых массивов (СП 116.13330).

Границы применения методов инъекционного укрепления грунта приведены

в таблице А.1 (приложение А).

5.3.2 При выборе метода инъекционного укрепления грунтов для конкретных инженерно-строительных и гидрогеологических условий объекта необходимо учитывать:

- цели инъекции (укрепление грунтов, стабилизация или уплотнение грунтовых массивов, защита от притока грунтовых вод);

- требуемые проектом параметры укрепления;

- границы применения того или иного способа в зависимости от характеристик укрепляемых грунтов;

- способ ведения работ (с дневной поверхности, из подземной выработки, подземного сооружения и т.п.);

- требования экологии;

- технико-экономические показатели вариантов укрепления грунта;

- организационные, технические и экономические возможности застройщика (технического заказчика) объекта;

- другие инженерно-строительные условия объекта.

5.3.3 Предварительно метод укрепления грунта в зависимости от его характеристик может быть назначен по таблице А.1 (приложение А). Ориентировочные данные по прочностным и деформационным характеристикам укрепленного грунта в зависимости от их вида (ГОСТ 25100) при струйной цементации приведены в таблице 1.

5.4 Технологические схемы производства работ и основные технологические параметры укрепления грунта

5.4.1 В зависимости от инженерно-геологических условий, месторасположения объекта, объема работ, габаритов и технических характеристик оборудования реализуется одна из технологических схем производства работ:

- укрепление грунтов с дневной поверхности (в зависимости от местных условий растворный узел перемещают по объекту по мере продвижения фронта работ

или оставляют в центральной части, раствор подается по трубопроводам, проложенным к участку инъекционных работ);

- укрепление грунтов из подземной выработки в один этап или, при протяженной зоне неустойчивых грунтов, поэтапно, с чередованием фаз укрепления и проходки (буровое и инъекционное оборудование размещается в забое);

Примечание – Длина участка инъекции (обрабатываемого участка) в протяженных зонах неустойчивых грунтов ограничивается 3 м по допустимым отклонением скважин.

- укрепление грунтов из подземной выработки при размещении бурового оборудования в забое, инъекционного (растворосмесительного и насосного) – на дневной поверхности.

Таблица 1 – Характеристики метода струйной цементации грунтов

Группа грунтов	Вид укрепляемого грунта по ГОСТ 25100	Характеристики укрепленного грунта	
		Прочность на сжатие, МПа	Модуль деформации, МПа
Связные и несвязные грунты	Глина	0,3 – 0,5	60 – 450
	Суглинок	1,5 – 5,0	500 – 2000
	Супесь, песок пылеватый и мелкий	5 – 10	2000 – 5000
	Песок крупный и средней крупности	5 – 15	3000 – 10000
	Песок гравелистый	5 – 20	4000 – 20000
Примечание – Прочность и модуль деформации укрепленного грунта определяются по ГОСТ 10180, ГОСТ 24452, ГОСТ 28570.			

5.4.2 Расположение инъекционных скважин должно обеспечить необходимый контур и сплошность укрепления грунтового массива (расстояние между скважинами и рядами скважин зависит от характеристик укрепляемого грунта и проникающей способности инъекционных растворов).

5.4.3 Дополнительные скважины следует назначать в том случае, если после инъекции раствора в скважинах будут обнаружены зоны с поглощением раствора, превышающим в 10 раз среднее поглощение для данной очереди скважин, участки с неполноценной инъекцией или участки скважин, которые не могли быть пробуре-

ны до проектной глубины по производственным обстоятельствам.

5.4.4 Для контроля и оценки качества работ проектом должно предусматриваться от 2 % до 5 % контрольных скважин от общего количества инъекционных скважин. Контрольные скважины назначаются также на основе анализа исполнительной документации по объекту на участках работ, где зафиксировано нарушение технологии инъекции, осложнение гидрогеологических условий и т.п.

5.4.5 При струйной цементации грунтов порядок обработки скважин устанавливается с тем расчетом, чтобы дать возможность сформироваться свае (схватиться инъекционному раствору). При этом обработка грунта выполняется через одну или через две скважины (СП 3.02.01-83 [2], пособие [8]).

5.4.6 Диаметры скважин назначают в зависимости от глубины бурения и технических характеристик бурового оборудования.

5.4.7 Основные технологические схемы производства инъекционных работ приведены на рисунках Б.1 – Б.8 (приложение Б).

5.5 Оборудование для проведения работ по укреплению грунтов

5.5.1 Оборудование для проведения работ по укреплению грунтов следует выбирать в зависимости от способа укрепления грунтов (инъекция, струйная цементация), объемов работ, вида инъекционного раствора и технологической схемы его приготовления и нагнетания.

5.5.2 Буровое оборудование в зависимости от назначения должно обеспечивать ударно-вращательный и вращательный способы бурения скважин, необходимое их направление, глубину бурения и диаметр скважин.

5.5.3 Смесительное и нагнетательное оборудование, оснащенное контрольно-измерительной аппаратурой, должно обеспечивать тщательное перемешивание компонентов раствора, требуемое давление нагнетания, высокие темпы работ при минимальных трудовых и материальных затратах, наименьшее загромождение

строительных площадок, удобство транспортировки, монтажа, демонтажа и безопасное обслуживание.

Примечание – Состав оборудования для выполнения работ по укреплению грунтов различными методами приведен на рисунках В.1 и В.2 (приложение В).

5.5.4 В зависимости от гидрогеологических условий участка и принятой технологии инъекции при нагнетании раствора следует использовать кондукторы или пакеры. При обработке трещиноватых грунтов нагнетание раствора осуществляется через буровой став или манжетную колонну, а для обработки несвязных грунтов – через забивные инъекторы, инъекторы-тампоны или манжетные колонны.

Примечания

1 Кондукторы предназначены для закрепления и герметизации устья скважины, обеспечения заданного направления скважины при бурении, для установки на скважине инъекционной головки с запорной арматурой и измерительными приборами.

2 Пакеры предназначены для герметизации скважины (одиночный пакер) или изолирования участка скважины, намеченного для инъекции (двойной пакер). Закрепление пакера в скважине происходит за счет механического обжатия или гидравлического расширения резиновых манжет, укрепленных на нагнетательном ставе.

3 Манжетные колонны, установленные в скважины, позволяют обрабатывать несвязные грунты в любой последовательности, на любых участках и выполнять многократную инъекцию растворов разных типов в одну и ту же скважину.

4 Инъекция раствора в грунт через буровой став выполняется при нагнетании инъекционного раствора вместо бурового* раствора через буровую коронку при прямом или обратном ее ходе (см. рисунок Б.3 приложения Б).

5.5.4.1 Инъекционные растворы (суспензии) на основе тонкодисперсных минеральных вяжущих (например, типа Микродур по ТУ 5735-001-17466563-09 [9]) должны нагнетаться в грунты только через манжетные колонны.

5.5.4.2 Несвязные грунты инъектируются через инъектор (см. 3.10), буровой став или манжетную колонну. Трещиноватые скальные грунты инъектируются через кондуктор или пакер.

5.5.4.3 Оборудование скважин (кондукторы, пакеры, манжетные колонны,

* Промывочного.

инъекторы, превенторные устройства и т.п.) подбирается в зависимости от инженерно-геологических и гидрогеологических условий объекта и способа инъекции грунтов (см. рисунки В.1 и В.2 приложения В).

Примечание – Характеристики инъекционого оборудования для укрепления грунтов приведены в приложении Г.

5.6 Составы и характеристики инъекционных растворов

5.6.1 В зависимости от инженерно-геологических условий, цели и принятого метода инъекции для укрепления грунтов следует применять инъекционные растворы на основе минеральных вяжущих (ГОСТ 13078, ГОСТ 30459, ГОСТ 31108, ГОСТ 25795, ТУ 5735-001-17466563-09 [9]) или полимерных материалов (ГОСТ 14231), обладающих широким диапазоном реологических и физико-механических характеристик.

Примечание – Для инъекции грунтов используются цементные, цементно-глинистые, цементно-песчаные, цементно-полимерные, цементно-силикатные растворы, растворы на основе тонкодисперсных цементов, глинистые и глино-силикатные, силикатные и растворы на основе полимерных смол, в том числе вспененные.

5.6.2 К инъекционным растворам предъявляются следующие требования:

- высокая проникающая способность;

- минимальная усадка тампонажного камня;

- возможность регулирования технологических (реологических) параметров (вязкость, сроки схватывания или отверждения и др.);

- прочность и водонепроницаемость укрепленного грунта, соответствующая цели инъекции.

5.6.3 Основные виды инъекционных растворов и их краткая характеристика приведены в таблице Д.1 (приложение Д).

5.6.4 При выборе вида и состава инъекционного раствора следует учитывать:

- геологические и гидрогеологические условия конкретного участка;

- минералогический и химический состав грунта и грунтовых вод (карбонат-

ность, загипсованность, содержание глинистых и гумусовых частиц);

- цель инъекции (повышение прочности, стабильности или водонепроницаемости грунтов, заполнение крупных пустот или трещин, предотвращение водопритока и т.п.);

- назначение раствора (инъекционный, буровой, для устройства обоймы, грунтоцементных свай и др.);

- требования к физико-механическим характеристикам укрепленного грунта и к технологическим параметрам раствора (прочность, водонепроницаемость грунта, плотность, вязкость, сроки схватывания раствора и др.);

- требования технологии приготовления (высокая растворимость и смешиваемость материалов, простота приготовления, возможность полной механизации работ), стоимость и дефицитность исходных материалов, требования техники безопасности;

- экологические требования к материалам для приготовления растворов, правила безопасности при приготовлении растворов и производстве работ по укреплению грунта.

Примечание – Для укрепления грунтов используются различные виды и рецептуры инъекционных растворов. Вид раствора определяется материалом, на основе которого его приготавливают, рецептура – различными компонентами, добавками, улучшающими и регулирующими свойства раствора.

5.6.5 Для достижения необходимого эффекта укрепления грунтов в определенных инженерно-геологических условиях могут быть использованы комплексы растворов, нагнетаемые в грунт в последовательности, установленной опытным путем (см. 5.1.3).

5.6.6 Свойства растворов регулируются соотношением исходных компонентов и инертных и активных минеральных и химических добавок (ГОСТ 5802, ГОСТ 30459).

5.6.7 В каждом конкретном случае рабочие рецептуры инъекционных растворов назначают после проведения лабораторных исследований по укреплению грун-

тов и опытных инъекций в производственных условиях в соответствии с 5.1.3.

5.6.8 При обычной инъекции грунтов для обеспечения высоких прочностных характеристик грунтов (более 1,0 МПа) используются все виды растворов на основе цемента с различными добавками, тонкодисперсные минеральные вяжущие, силикатные (твердые гели) с органическими и неорганическими отвердителями (в том числе двухрастворная силикатизация), а также растворы полимерных смол.

5.6.9 Для повышения водонепроницаемости, устойчивости и обеспечения прочности укрепленного грунта от 0,3 до 1,0 МПа рекомендуется использовать цементные растворы жидких консистенций с силикатом натрия (ГОСТ 13078) и бентонитовой глиной (ГОСТ 25795, ТУ 5751-001-41219638-2010 [10]), растворы на основе тонкодисперсных вяжущих (ТУ 5735-001-17466563-09 [9]), силикатные растворы с неорганическими отвердителями (однорастворная силикатизация), растворы на основе полимерных смол малой концентрации.

5.6.10 Для струйной цементации грунтов рекомендуется использовать растворы минеральных вяжущих (цемент, бентонитовая глина и др.) жидких консистенций (В:Ц = 0,8 − 1,2) с химическими добавками разного назначения.

5.6.11 Инъекционные растворы (суспензии) на основе минеральных материалов (цемент, глина, зола и т.п.) с химическими добавками, регулирующими свойства раствора, следует использовать для заполнения пустот, крупных пор и трещин, повышения прочности и снижения водопроницаемости крупнопористых несвязных грунтов с коэффициентом фильтрации $К_ф \geq 50$ м/сут, а также трещиноватых скальных грунтов с величиной раскрытия трещин от 0,1 мм и более и удельным водопоглощением грунта от 0,01 л/(мин·м·м.вод.ст.) (руководство [3] и ВСН 34-83 [11]).

Примечания

1 Удельное водопоглощение грунта – показатель проницаемости (коэффициент фильтрации) скальных и несвязных грунтов, определяемый при гидравлическом опробовании скважин.

2 Величина удельного водопоглощения грунта 1 л/(мин·м·м.вод.ст.) = 1 люжону, что соответствует нагнетаемому в грунт расходу воды 1 л/мин, приходящемуся на 1 м длины опробуемой скважины и на давление водяного столба в 1 м или на 1 МПа (при измерении удельного водопоглощения в единицах величины – люжон).

3 Методы определения удельного водопоглощения грунта приведены в руководстве [3] и ВСН 34-83 [11].

5.6.12 Тонкодисперсные минеральные вяжущие* рекомендуется использовать для инъекции:

- несвязных грунтов (в том числе пылеватых и мелкозернистых песков) с коэффициентом фильтрации $К_ф \geq 0,3$ м/сут;

- скальных грунтов с раскрытием трещин более 0,05 мм, при необходимости значительного (более 2,0 МПа) повышения прочности несвязных грунтов (СТО 86494684-001-2010 [4]);

- в случаях, когда применение растворов смол запрещается экологическими требованиями (СанПин 1.2.2363-08 [12]) или требованиями проекта на укрепление грунтов.

Примечание – Инъекционные растворы на основе тонкодисперсных минеральных вяжущих обладают свойствами обычных цементных суспензий, отличаясь от них гранулометрическим составом, вязкостью, сопоставимой с вязкостью воды и водорастворимых полимерных смол и силикатов.

5.6.13 Силикатные растворы рекомендуется использовать для повышения прочности и водонепроницаемости пористых грунтов с коэффициентом фильтрации от 0,5 до 80,0 м/сут и скальных грунтов с раскрытием трещин более 0,05 мм, а также для вторичной (после инъекции растворов на основе обычного цемента) обработки грунтов.

5.6.14 Для обеспечения высоких прочностных характеристик грунта (2,0 МПа и выше) должна использоваться двухрастворная силикатизация и однорастворная рецептура с отвердителем кремнефтористоводородной кислотой.

Силикатные рецептуры с другими отвердителями обеспечивают прочность укрепленного грунта от 0,3 до 1,0 МПа и водонепроницаемость грунта. Они рекомендуются для обработки грунтов до и после их цементации, а также самостоятельно, в зависимости от гидрогеологических характеристик грунтов и требований

* Типа Микродур.

к укреплению грунта.

5.6.15 Инъекционные растворы на основе полимерных смол (как правило, карбамидные смолы марок КМ, с отвердителем щавелевой кислотой) следует использовать для инъекции несвязных грунтов с коэффициентом фильтрации $К_ф \geq 0,3$ м/сут.

Примечание – Применение полимерных смол может ограничиваться экологическими требованиями.

5.6.16 Если укрепляемые грунты имеют повышенное содержание карбонатов или органических частиц (от 0,1 % до 3,0 %), а также при необходимости снизить степень отфильтровывания жидкой фазы суспензий на основе минеральных вяжущих, рекомендуется проводить предварительную обработку грунтов слабыми растворами кислот (отвердителей к растворам смол).

5.6.17 Вспененные полимерные растворы на основе полиуретановых или полимерсиликатных материалов рекомендуется использовать для водоподавления, ликвидации выносов воды и грунта, герметизации течей или стабилизации водонасыщенных несвязных грунтов.

6 Организация и производство работ

6.1 Организация инъекционных работ

6.1.1 Работы по инъекционному укреплению грунтов должны выполняться специализированной строительной организацией или подразделением организации, имеющим опыт ведения буровых и инъекционных работ.

6.1.2 Организация работ по укреплению грунтов в соответствии с СП 48.13330 должна предусматривать:

- подготовку стройплощадки к работам, в том числе сооружение (при необходимости) специальных камер, выработок при проходке зон неустойчивых водонасыщенных грунтов; ограждение рабочих участков; устройство временных бытовок,

складов, навесов; утепление растворных узлов;

- обеспечение участка электроэнергией, водой, сжатым воздухом;

- геодезическую выноску осей и контура участка укрепления грунтов при поведении работ с дневной поверхности;

- доставку, размещение, подключение и проверку технологического оборудования; доставку и складирование строительных материалов;

- организацию лабораторного поста для контроля параметров инъекционных растворов.

6.1.3 Инъекционные работы подлежат обязательному документированию с указанием времени начала и окончания вида работ, номеров скважин и границ участков, в пределах которых ведутся работы, основных технических характеристик используемого оборудования, состава растворов. Должны фиксироваться данные о режимах и расходах растворов, их характеристиках, результаты гидроопробования скважин, отклонения от требований ППР и вызвавшие их причины.

При выполнении инъекционных работ следует вести общий журнал работ, а также журналы бурения и гидроопробования скважин, нагнетания и контроля параметров инъекционного раствора и тампонажного камня (см. приложение Е).

6.1.4 В случае обнаружения несоответствия инженерно-геологических условий проектным, при необходимости изменения методов производства работ и в других обоснованных случаях, дальнейшие работы следует выполнять только после внесения в проектную документацию соответствующих изменений и дополнений.

6.2 Бурение и оборудование инъекционных скважин

6.2.1 Всем скважинам до начала бурения следует присваивать номера, указывающие на последовательность расположения скважин по фронту работ, независимо от времени бурения и инъекции.

Всем дополнительным скважинам, назначаемым по ходу инъекционных работ, должны присваиваться номера близлежащих проектных скважин с добавлением букв «п» (повторная), «к» (контрольная) и т.п.

6.2.2 Бурение и инъекция скважин должны проводиться от внешних контуров к внутренним, от нижних к вышерасположенным скважинам и способом последовательного сближения скважин – очередями.

Фактическое отклонение устьев скважин от проектного не должно превышать 0,1 м.

Примечание – При такой последовательности последующие отдельные скважины или группы скважин являются контрольными по отношению к ранее обработанным или образованным при струйной цементации грунтоцементным сваям.

6.2.3 Разведочные и инъекционные скважины на участках с высоким гидростатическим давлением грунтовых вод должны буриться через превенторы, чтобы не допустить прорыва воды с неуправляемым выносом грунта и обеспечить возможность быстрого нагнетания раствора в скважину для ликвидации выноса.

6.2.4 Бурение скважин и инъекция растворов выполняются нисходящими или восходящими заходками.

Глубина заходок (длина инъектируемого участка скважины) не должна превышать 10 м. В неустойчивых, нарушенных, сильно обводненных грунтах, глубину заходок следует уменьшить до 3 м.

Примечания

1 Нисходящая заходка – скважина бурится на глубину первой от устья скважины заходки, инъектируется, затем заинектированная зона грунта разбуривается, скважина бурится на глубину второй заходки, инъектируется и т.д.

2 Восходящая заходка – скважина разбуривается на проектную глубину, грунт инъектируется последовательно, заходками, от забоя скважины к устью.

6.2.5 Режимы бурения скважин (число оборотов бурового инструмента, осевая нагрузка на породоразрушающий инструмент, количество промывочной жидкости) должны выбираться с учетом конкретных горно-геологических условий, диаметра бурения, типа породоразрушающего инструмента, глубины скважин и характеристик применяемого бурового оборудования.

6.2.6 После бурения и промывки инъекционной скважины должно быть проведено гидравлическое опробование и определено удельное водопоглощение грун-

тов подлежащих укреплению.

На основании полученных гидродинамических характеристик назначают вид и концентрацию инъекционного раствора.

6.2.7 Инъекция в несвязные грунты выполняется через специальные перфорированные трубы*.

Погружение инъекторов в грунты для инъекции раствора может производиться забивкой, задавливанием или установкой в предварительно пробуренные инъекционные скважины (см. рисунок В.1 приложения В) . Выбор способа погружения зависит от вида грунта, глубины укрепления и наличия окружающей застройки.

6.2.8 Инъекцию через буровой став с превентором выполняют в том случае, когда стенки скважин неустойчивы и не позволяют установить нагнетательную арматуру. Во избежание попадания частиц грунта в буровой став и излива раствора на забой при наращивании бурового става, он должен быть оборудован обратным клапаном (рисунок В.2 приложения В).

6.2.9 Инъекция через манжетную колонну должна выполняться следующим образом:

- под глинистым раствором или водой бурят на проектную длину инъекционную скважину (горизонтальная скважина бурится через превентор);

- в скважину устанавливают манжетную колонну;

Примечание – Манжетная колонна – металлическая или пластмассовая труба, перфорированная отверстиями на расстоянии от 0,33 до 0,50 мм друг от друга, закрытыми резиновыми манжетами.

- зазор между стенками скважины и манжетной колонной заполняется обойменным раствором с помощью обтюратора** через нижнюю манжету;

Примечание – Под обойменным раствором понимается раствор, нагнетаемый в зазор между манжетной трубой и стенками скважины для предотвращения выхода инъекционного раствора вдоль манжетной колонны на поверхность.

- после набора прочности обойменного раствора до величин от 1 до 5 МПа

---

* Инъекторы.

** Двойной тампон.

приступают к инъекции грунта.

Примечание – Прочность обойменного раствора назначается в зависимости от характеристик грунта и времени выстойки скважины на стадии опытных работ.

6.2.9.1 Инъекция выполняется с помощью обтюратора, который последовательно устанавливают против каждой манжеты, а раствор, разрывая под давлением нагнетания цементно-глинистую обойму, проникает в грунт (см. рисунок Б.1 приложения Б и рисунок В.1 приложения В).

6.2.9.2 Инъекция через манжеты должна производиться последовательно от забойной к устьевой манжете.

6.2.9.3 После инъекции манжетную колонну промывают, что позволяет провести дополнительную инъекцию участка грунтового массива (при необходимости).

6.2.10 Инъекция трещиноватых скальных грунтов в зависимости от способа инъекции, принятого проектом режима нагнетания и физико-механических свойств грунтов должна выполняться через кондуктор или пакер (см. рисунок В.1 приложения В).

6.2.10.1 При нагнетании раствора через кондуктор или пакер пробуренная скважина инъектируется на всю глубину ниже места установки кондуктора. При бурении в сильно обводненных участках грунтового массива оборудование скважины дополняется превенторным устройством (см. приложения Б и В).

6.2.10.2 Для локализации участка скважины, намеченного для инъекции, должны применяться пакеры.

6.3 Приготовление инъекционных растворов

6.3.1 Материалы при приготовлении инъекционных растворов по ГОСТ 28013 механизированным способом следует дозировать по массе. Вода по ГОСТ 23732 и водные растворы силикатов, смол и добавок дозируются по объему.

Погрешность дозировки для воды и цемента допускается не более 3 %, для заданных объемов компонентов растворов на основе силикатов и смол, а погрешность дозирования добавок – не более 5 %.

6.3.2 Выбор смесительного оборудования (турбулентные смесители или лопастные растворомешалки) для приготовления растворов определяется типом, рецептурой и объемами инъектируемых растворов. Технические характеристики смесительного оборудования приведены в приложении Г.

6.3.3 Загрузка в емкость растворомешалки каждого последующего компонента должна начинаться при получении однородной смеси после загрузки предыдущих компонентов в полном количестве.

Добавки для улучшения свойств растворов (ГОСТ 30459) готовятся заранее в виде раствора повышенной концентрации и вводятся в воду затворения в количестве, обеспечивающем рабочую концентрацию их в нагнетаемом растворе.

6.3.4 Компоненты растворов на основе цемента должны вводиться в растворомешалку в очередности: вода - бентонитовая глина - цемент - силикат натрия. Цементный раствор с момента приготовления должен непрерывно перемешиваться или находиться в движении до момента его поступления в скважину.

6.3.5 Цементный раствор требуемого состава приготавливают путем смешивания сухих материалов с водой или разбавления густого* раствора на стационарном растворном узле.

6.3.6 Растворы на основе тонкодисперсных вяжущих (например, типа Микродур по ТУ 5735-001-17466563-09 [9]) должны готовиться в высокоскоростной растворомешалке с числом оборотов смесителя не менее 3000 об/мин при мощности электродвигателя не менее 2 кВт или в турбулентном смесителе с активатором и автоматическим дозированием вяжущего, воды и добавок.

Очередность введения компонентов в растворомешалку: вода - суперпластификатор - ускоритель схватывания - минеральное тонкодисперсное вяжущее. Компоненты раствора должны загружаться в смеситель постепенно и порционно, в зависимости от объема смесителя.

6.3.7 Силикатные и полимерные растворы должны готовиться непосредственно перед нагнетанием. Рабочие растворы жидкого стекла, смолы и их отвердителей

* Маточного.

следует смешивать в объемных соотношениях и порядке, установленном рецептурой инъекционного раствора.

6.3.8 При смешивании компонентов растворов силикатов и смол в растворомешалке отвердитель следует добавлять к силикату и смоле (а не наоборот, смолу и силикат к отвердителю). Заданное время гелеобразования (схватывания) контролируется путем отбора проб от момента приготовления до момента гелеобразования.

6.4 Нагнетание инъекционных растворов

6.4.1 Инъекционный раствор нагнетается в скважину непосредственно вслед за гидравлическим опробованием скважин.

6.4.2 В зависимости от технологических параметров раствора нагнетание выполняют однокомпонентными или многокомпонентными насосами.

Примечания

1 При нагнетании однокомпонентным насосом раствор, приготовленный путем смешивания компонентов раствора в отдельной емкости или растворомешалке, нагнетается в скважину по одному растворопроводу.

2 При нагнетании многокомпонентным насосом, компоненты раствора подаются по отдельным растворопроводам к смесителю, установленному непосредственно у инъектора (пакера). Вода для промывки системы также подается по отдельному растворопроводу.

6.4.3 При нагнетании инъекционных растворов рекомендуется использовать насосы с регулируемым приводом. В случаях применения насосов с нерегулируемым приводом, они должны быть оборудованы регулятором, обеспечивающим плавное изменение нагнетания* раствора (СП.3.02.01-83[2], руководство [3]).

6.4.4 Нормальным режимом инъекции считается ход нагнетания раствора, при котором нагнетание ведется непрерывно, с постепенным снижением расхода раствора (при этом давление раствора соответствует давлению отказа или постепенно возрастает до давления отказа), а весь нагнетаемый раствор поступает в грунт.

6.4.5 Состав (плотность) нагнетаемого раствора не должен меняться, если при непрерывном нагнетании расход раствора при постоянном давлении нагнетания уменьшается или давление нагнетания раствора при постоянном его расходе

* Подачу.

возрастает.

6.4.6 Плотность раствора следует увеличивать (сгущать) в тех случаях, когда при нагнетании раствора с максимальным достигнутым расходом давление нагнетания не повышается или при достижении давления отказа расход раствора не уменьшается.

6.4.7 При инъекции растворов на основе силикатов и смол режим нагнетания должен выбираться в зависимости от времени гелеобразования*, позволяющего, с учетом проницаемости грунтов, вязкости раствора и допустимого давления нагнетания, выполнить инъекцию необходимого объема раствора (см. 5.1.3 и 6.3.6).

6.4.8 При обнаружении выхода раствора на поверхность или в другую скважину место выхода немедленно затампонировать паклей, деревянными клиньями или пробками, быстросхватывающимся раствором.

Примечание – Эффект может дать также повышение плотности нагнетаемого раствора, уменьшение давления нагнетания и т.п.

В случае невозможности устранить утечку раствора в процессе инъекции, скважину оставляют на выстойку на срок от нескольких часов до двух – трех суток.

6.5 Бурение скважин, приготовление и инъекция растворов при струйной цементации грунтов

6.5.1 Способ струйной цементации грунтов следует применять для укрепления и стабилизации грунтов, устройства ограждений и противофильтрационных завес при строительстве и реконструкции любых объектов в несвязных, неустойчивых и водонасыщенных грунтах (пособие [8]).

Примечание – Струйная цементация грунтов основана на разрушении природной структуры грунта энергией высокоскоростной струи жидкости** и перемешивании его с нагнетаемым под высоким давлением (от 20 до 80 МПа) раствором до образования в грунтовом массиве грунтоцементной сваи***, диаметр которой зависит от характеристик укрепляемого грунта и используемого метода струйной цементации.

---

* Схватывания.

** Инъекционного раствора.

*** Столба.

6.5.2 В зависимости от физико-механических характеристик укрепляемых грунтов и проектных требований к параметрам укрепления может применяться одно («Jet-1»), двух («Jet-2») и трехкомпонентный («Jet-3») метод струйной цементации (СП 22.13330, пособие [8]).

6.5.3 Однокомпонентный способ обработки грунта рекомендуется применять для укрепления рыхлых грунтов (крупно и среднезернистых песков), а двух и трехкомпонентный – для укрепления мелкозернистых песков, связных и других видов грунтов.

Примечание – «Jet-1», «Jet-2», «Jet-3» – принятое сокращенное обозначение, соответственно, одно, двух и трехкомпонентного метода струйной цементации грунтов.

6.5.4 При однокомпонентном способе струйной цементации размыв* и перемешивание грунта производят высоконапорными струями инъекционного раствора с образованием грунтоцементной сваи из укрепленного грунта диаметром от 0,3 до 0,8 м.

При двухкомпонентном способе в грунт подается одновременно инъекционный раствор и сжатый воздух для предварительного разрушения грунта воздушной струей с образованием грунтоцементной сваи из укрепленного грунта диаметром от 1,5 до 2,0 м.

Трехкомпонентный способ заключается в размыве грунта водовоздушной струей под давлением от 40 до 60 МПа и выше с отдельной подачей под давлением от 3 до 5 МПа укрепляющего раствора из ниже расположенного сопла, при этом диаметр укрепления грунта достигает от 2 до 3 м.

Примечание – Струйный скважинный монитор предназначен для нагнетания в скважину под высоким давлением раствора, размыва грунта и перемешивания разрыхленного грунта с твердеющим раствором.

6.5.5 Основные технологические параметры методов струйной цементации грунтов приведены в таблице 2.

6.5.6 Состав работ по струйной цементации грунтов включает бурение на-

*Разрушение.

правляющих скважин и спуск монитора в скважину, установку его на проектной глубине, приготовление инъекционного раствора, подъем монитора с одновременной подачей инъекционного раствора через сопла*, размыв в грунте полостей и заполнение их грунтоцементным материалом, извлечение рабочего органа и перемещение агрегата на новую точку (см. рисунки Б.6 и Б.7 приложения Б).

6.5.7 Давление нагнетания инъекционного раствора должно находиться в пределах от 20 до 80 МПа.

Примечание – При струйной цементации грунтов давление нагнетания раствора зависит от характеристик обрабатываемых грунтов и проектных размеров грунтоцементых свай.

Таблица 2

Наименование технологических параметров струйной цементации	Значения параметров для методов					
	Jet-1		Jet-2		Jet-3	
	min	max	min	max	min	max
Давление подачи инъекционного раствора, МПа	20	60	30	60	3	7
Расход инъекционного раствора, л/мин	50	200	70	200	70	200
Давление воздушной струи, МПа	–	–	0,6	1,2	0,6	1,2
Расход воздушной струи, л/мин	–	–	2000	6000	2000	6000
Давление водяной струи, МПа	–	–	–	–	20	50
Расход водяной струи, л/мин	–	–	–	–	70	150
Диаметр сопла, мм	1,5	3,0	1,5	3,0	4,0	8,0
Диаметр воздушного сопла, мм	–	–	1	2	1	2
Диаметр водяного сопла, мм	–	–	–	–	1,5	3,0
Скорость вращения, об/мин	10	30	7	15	5	15
Скорость подъема бурового става, см/мин	10	50	7	30	5	30

6.5.8 Нагнетание раствора при струйной цементации грунта должно проводиться триплексными насосами высокого давления по соединенным с монитором** нагнетательным армированным шлангам.

6.5.9 Монитор следует спускать в скважину при обеспечении подачи воды и

* Форсунки.

** Буровым ставом.

воздуха с малым расходом и низким давлением в соответствии с таблицей 2. После установки монитора на проектной глубине при неподвижном его положении разрушение грунта должно проводиться в течение от 1 до 2 мин (до появления пульпы из скважины). Подъем монитора следует начинать после увеличения расхода, давления раствора и воздуха до рабочих величин. Подъем монитора следует осуществлять плавно и непрерывно. Максимально допустимая скорость подъема должна устанавливаться по результатам опытных работ (см. 5.1.4).

6.5.10 Наиболее эффективная обработка несвязных грунтов достигается при относительно больших расходах инъекционного раствора, а в связных грунтах (плотные, суглинки, глины) – при относительно высоких давлениях нагнетания раствора.

6.5.11 Расход инъекционного раствора при струйной цементации грунта должен регулироваться по выносу раствора с грунтовой пульпой из скважины.

Нормальный процесс цементации сопровождается незначительным выносом раствора от 30 % до 40 % от инъектируемого объема раствора. При чрезмерном выносе расход раствора должен быть уменьшен, при отсутствии выноса – увеличен.

7 Контроль выполнения работ

7.1 Контроль выполнения инъекционных работ должен проводиться систематически на всех этапах производства работ и включать:

- входной контроль поступающих материалов (проверка соответствия их проекту и сопроводительным техническим документам, подтверждающим характеристики, показатели или свойства, проверка соблюдения требований их разгрузки и хранения);

- операционный контроль при производстве инъекционных работ (проверка соответствия выполняемых инъекционных работ проекту и корректировка технологических параметров бурения скважин и нагнетания растворов при уточнении

инженерно-геологических условий);

- контрольные испытания по определению результатов укрепления грунта инъекцией или струйной цементацией, оценке соответствия полученных результатов проектным требованиям и составление акта скрытых работ.

7.2 При операционном контроле производства инъекционных работ должны быть проверены:

- правильность расположения скважин, очередность процессов бурения и инъекции;

- соответствие технологических режимов инъекции проектным рекомендациям;

- исправность бурового, смесительного и нагнетательного оборудования и приборов и соответствие их требованиям производства работ по эксплуатационной документации на применяемое оборудование;

- полнота и достоверность записей в журналах по инъекции грунтов (РД 11-05-2007 [13]).

7.2.1 Правильность расположения и очередность бурения и инъекции скважин проверяется на соответствие принятым проектом расстояниям между скважинами и рядами скважин, углам наклона, общему количеству скважин на участке работ и порядку их бурения и инъекции (см. 5.2.4).

7.2.2 При контроле соответствия технологических режимов инъекции проектным должны контролироваться: консистенция (плотность) инъекционных растворов путем отбора проб после их приготовления и испытания строительной лабораторией; расход раствора и давление нагнетания производителем работ по контрольно-измерительной аппаратуре, установленной на нагнетательном оборудовании.

7.3 Соответствие свойств и габаритов укрепления грунта проекту устанавливается путем бурения контрольных скважин (см. 5.4.4) с отбором и испытанием кернов укрепленного грунта, гидроопробованием контрольных скважин (ГОСТ 12071, ГОСТ 10180, ГОСТ 24452, ГОСТ 28570, руководство [3], ВСН 34-83 [11]).

7.3.1 Оценка соответствия свойств укрепленных грунтов проектной документации устанавливается по назначенным проектом (см. 5.2.2) всем или нескольким следующим критериям оценки:

- выход керна при бурении контрольных скважин в пределах от 50 % до 75 % (руководство [3]);

- устойчивость стенок скважин в течение 24 ч после бурения (руководство [3]);

- величина остаточного дебита контрольных скважин через 24 ч после бурения не превышающем 0,5 л/мин на погонный метр скважины в скальных грунтах и от 0,2 до 0,3 л/мин на погонный метр скважины в несвязных грунтах (руководство [3]);

- удельное водопоглощение контрольных скважин, не превышающее 0,01 л/(мин·м·м·вод.ст.) в скальных грунтах и 0,05 л/(мин·м·м·вод.ст.) в несвязных грунтах (руководство [3], ВСН 34-83 [11]);

- прочность укрепленного грунта (путем отбора по РД 51-60-82 [14] и испытания образцов грунта по ГОСТ 12248);

- динамическое зондирование или испытание статической нагрузкой массива закрепленного грунта (ГОСТ 19912);

- геофизическое исследование сплошности, однородности и прочности укрепленного грунта (СП-11-105-97 [15]).

7.3.2 Вид и объем контрольных испытаний назначаются первоначально проектом в зависимости от конкретных условий строительства и их следует корректировать на основании анализа исполнительной документации по инъекции грунтов (см.5.2.2).

7.3.3 Инъекционные работы по укреплению грунта считаются законченными и удовлетворительными при достижении проектных объемов укрепления грунтов и обеспечении требуемых проектом физико-механических характеристик укрепленного грунта.

7.3.4 В случае, если критерии оценки определенные проектом не достигают-

ся, необходимо установить причины недостаточности результатов инъекционных работ и определить необходимость и целесообразность выполнения дополнительных инъекционных работ для обеспечения проектных требований.

7.4 Для сдачи работ должна быть представлена следующая документация:

- проектная документация на инъекционные работы, дополнения и изменения к ней;

- исполнительные чертежи по законченному участку работ (СП 3.02.01-83 [2]); журналы производства работ по форме, приведенной в приложении Е; акты освидетельствования скрытых работ (по форме ИГАСН № 11/94 [16]); акты приемки работ по форме, приведенной в приложении Ж;

- результаты определения характеристик использованных для инъекции материалов, данные испытаний инъекционных растворов, укрепленного грунта;

- документация по контрольным испытаниям укрепленного грунта по формам, приведенным в приложении Ж.

8 Правила безопасности при производстве работ

8.1 При производстве инъекционных работ должны соблюдаться правила по технике безопасности и противопожарной охране при строительных работах, а также при работах на компрессорных, гидравлических и электрических установках согласно СНиП 12-04-2002, СП 12-136-2002 [17], СП 32-105-2004 [6].

8.2 При организации и производстве работ должны приниматься необходимые меры, исключающие загрязнение почвы, подземных вод и атмосферного воздуха. Промывочные жидкости и технические отходы должны перекачиваться в специальные емкости, размещаемые вне рабочей зоны. Емкости с отходами следует вывозить и разгружать в установленном месте.

8.3 Строительная площадка должна быть оборудована зумпфами с организованным сбором бурового шлама, грунтоцементной пульпы, инъекционных и про-

мывочных растворов.

8.4 Выезды со строительной площадки должны быть оборудованы пунктами мойки колес с организованным сливом воды.

8.5 До начала работ для обеспечения безопасных условий труда участки проведения работ следует оградить. Растворный узел и инъекционные агрегаты должны быть закрыты от ветра и атмосферных осадков. В темное время суток инъекционные агрегаты, растворный узел, склады, подходы и участки работ должны быть освещены.

8.6 До начала работ по нагнетанию растворов все оборудование необходимо испытать при давлении, превышающем в 1,5 раза максимальное рабочее давление. Предел измерений манометров должен превышать максимальное рабочее давление инъекции в 1,5 – 2,0 раза.

8.7 Все открытые и движущиеся части инъекционного оборудования должны быть снабжены ограждениями, исключающими возможность попадания в механизмы и машины посторонних предметов и травмирования людей.

8.8 Электродвигатели и пусковая аппаратура инъекционного оборудования должны быть защищены от попадания в них воды и раствора.

8.9 При проведении работ по приготовлению и нагнетанию инъекционных растворов необходимо соблюдать следующие правила:

- превенторные устройства и пакеры в скважинах следует закреплять так, чтобы они могли выдержать давление нагнетания;

- запорное устройство (пакер, инъектор) должно иметь пробковый (шаровой) кран;

- на нагнетательных трубопроводах насосов необходимо установить предохранительные клапаны, отрегулированные на расчетное давление;

- концы нагнетательных шлангов должны быть прочно и надежно закреплены, чтобы исключить возможность их срыва;

- не допускается использование шлангов, имеющих вздутие, и неисправных манометров;

- не допускается производить быстрое перекрытие кранов на коммуникациях (растворопроводах), краны следует перекрывать плавно;

- при работе насосов пуск должен производиться при открытом кране растворопровода.

8.10 При проведении инъекционных работ запрещается:

- проводить бурение скважин неисправными буровыми установками, смазывать механизмы, чистить или проводить какой-либо ремонт во время работы установки;

- выполнять разборку и ремонт инъекционной системы под давлением;

- устанавливать давление нагнетания выше максимально допустимого давления для используемого оборудования.

8.11 При попадании в глаза инъекционных растворов необходимо немедленно и тщательно промыть глаза водой, а затем 2 % раствором борной кислоты.

Приложение А

(рекомендуемое)

Способы укрепления грунтов и области их применения

Таблица А.1 – Границы применения методов укрепления грунтов

Способы укрепления грунтов	Характеристики закрепляемого грунта		Рекомендуемый тип и вид инъекционного раствора		Назначение растворов
	Тип грунтов	Коэффициент фильтрации грунта, м/сут			
Цементация	Скальные, полускальные, дисперсные, крупнообломочные, крупно- и среднезернистые пески	От 50 до 100	Цементные	Цементные, с инертными и химическими добавками разного назначения, пенорастворы, растворы на основе тонкодисперсных цементов	Повышение прочности, устойчивости и водонепроницаемости грунта
			Цементно-глинистые	Цементоглинистые с добавками разного назначения	
	Грунты любые, преимущественно мелкозернистые и пылеватые пески, супеси	От 0,3 и выше	Растворы на основе тонкодисперсных минеральных вяжущих (типа Микродур)	На основе тонкодисперсных цементов с пластификатором и ускорителем схватывания	Повышение прочности, устойчивости и водонепроницаемости грунта
	Грунты связные суглинки, глины супеси	От 0,3 и выше	Цементно-глинистые	Растворы на основе цемента с добавками минеральных материалов	Восстановление потерь объема грунта при просадках
Струйная цементация	Несвязные грунты (гравий, песок и т.п.) и связные грунты (суглинки и глины)	Не регламентируется	Цементные	Цементные, цементобентонитовые, с силикатом натрия и химическими добавками	Повышение прочности, устойчивости и водонепроницаемости грунта

Окончание таблицы А.1

Способы укрепления грунтов	Характеристики закрепляемого грунта		Рекомендуемый тип и вид инъекционного раствора		Назначение растворов
	Тип грунтов	Коэффициент фильтрации грунта, м/сут			
Силикатизация	Скальные трещиноватые, любые крупнообломочные, среднезернистые и крупнозернистые, мелкозернистые пески, лессы	От 5 до 80	Двухрастворная силикатизация	Силикат натрия, хлористый кальций	Повышение водонепроницаемости трещиноватых, прочности и водоне-проницаемости дисперсных грунтов
	Грунты любые, преимущественно среднезернистые и мелкозернистые, пылеватые пески, лессы	От 0,5 до 20,0	Однорастворная силикатизация	Растворы силиката натрия с отвердителями – растворами кислот и щелочей, полимерные вспенивающиеся	
Смолизация	Грунты любые, преимущественно мелкозернистые, пылеватые пески, супеси	От 0,3 и выше	Растворы смол	Карбамидные и другие виды полимерных смол, полимерные вспенивающиеся	Повышение прочности, устойчивости и водонепроницаемости грунта

Примечания

1 Коэффициент фильтрации грунта определяется по ГОСТ 25584.

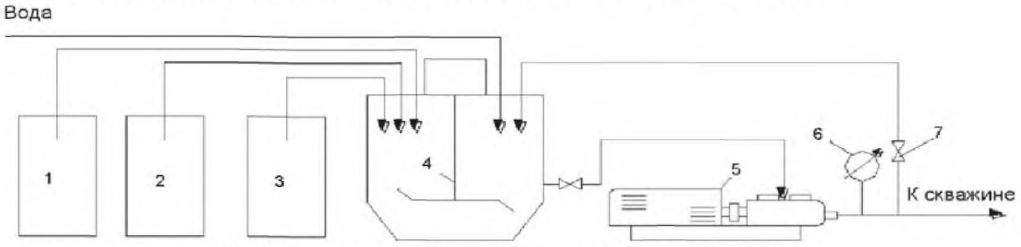
2 Водонепроницаемость грунта определяется по ГОСТ 25100 (таблица Б.6 приложения Б).

Приложение Б

(рекомендуемое)

Технологические схемы производства инъекционных работ

Приготовление и нагнетание растворов на основе цемента



1- емкость бентонитового раствора (склад глинопорошка),
2- емкость жидкого стекла,
3-склад вяжущего цемента,
4- растворомешалка,
5-растворонасос,
6- манометр,
7- кран шаровой.

Цементо-бентонито-силикатные растворы (расход материалов на 1м^3 раствора)

В / Ц	Вода, л	Цемент, кг	Бентонит, кг	Жидк. стекло, л/кг	Плотность р-ра, г/см^3
10	924	80	12	45 / 64	1.08
8	918	104	11	44 / 63	1.1
5	894	166	13	46 / 66	1.14
4	884	205	16	43 / 61	1.17
3	865	275	18	38 / 55	1.21
2	833	397	20	28 / 40	1.29
1.5	796	505	25	26 / 38	1.36
1.33	777	557	28	27 / 39	1.40
1	731	696	35	24 / 35	1.50
0.8	693	841	25	18 / 25	1.58
0.67	656	951	28	16 / 24	1.66
0.6	633	1024	31	14 / 21	1.71

Примечание - В таблицу включены материалы:
- вода по ГОСТ 23732,
- цемент по ГОСТ 10178,
- бентонитовый глинопорошок (бентонит) по ТУ 39-0147001-105-93 [10],
- жидкое стекло по ГОСТ 13078.

Конструкция инъекционной скважины

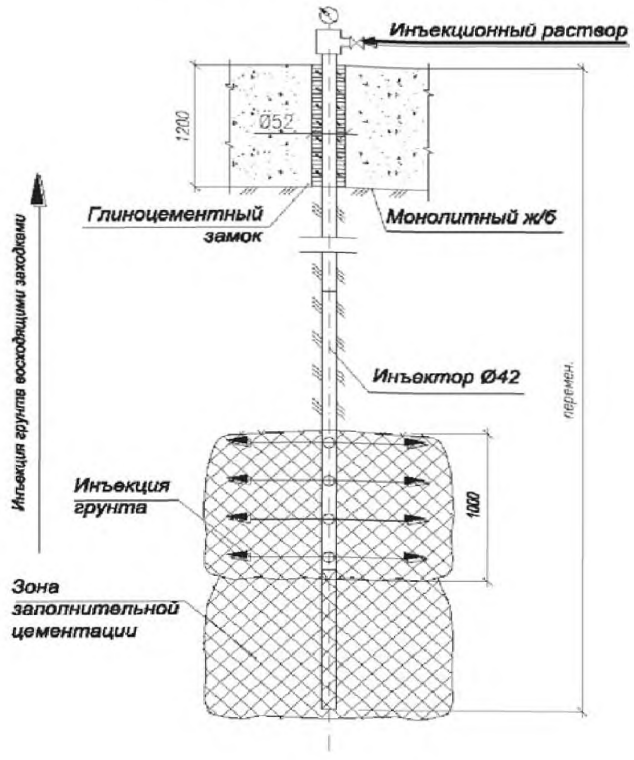
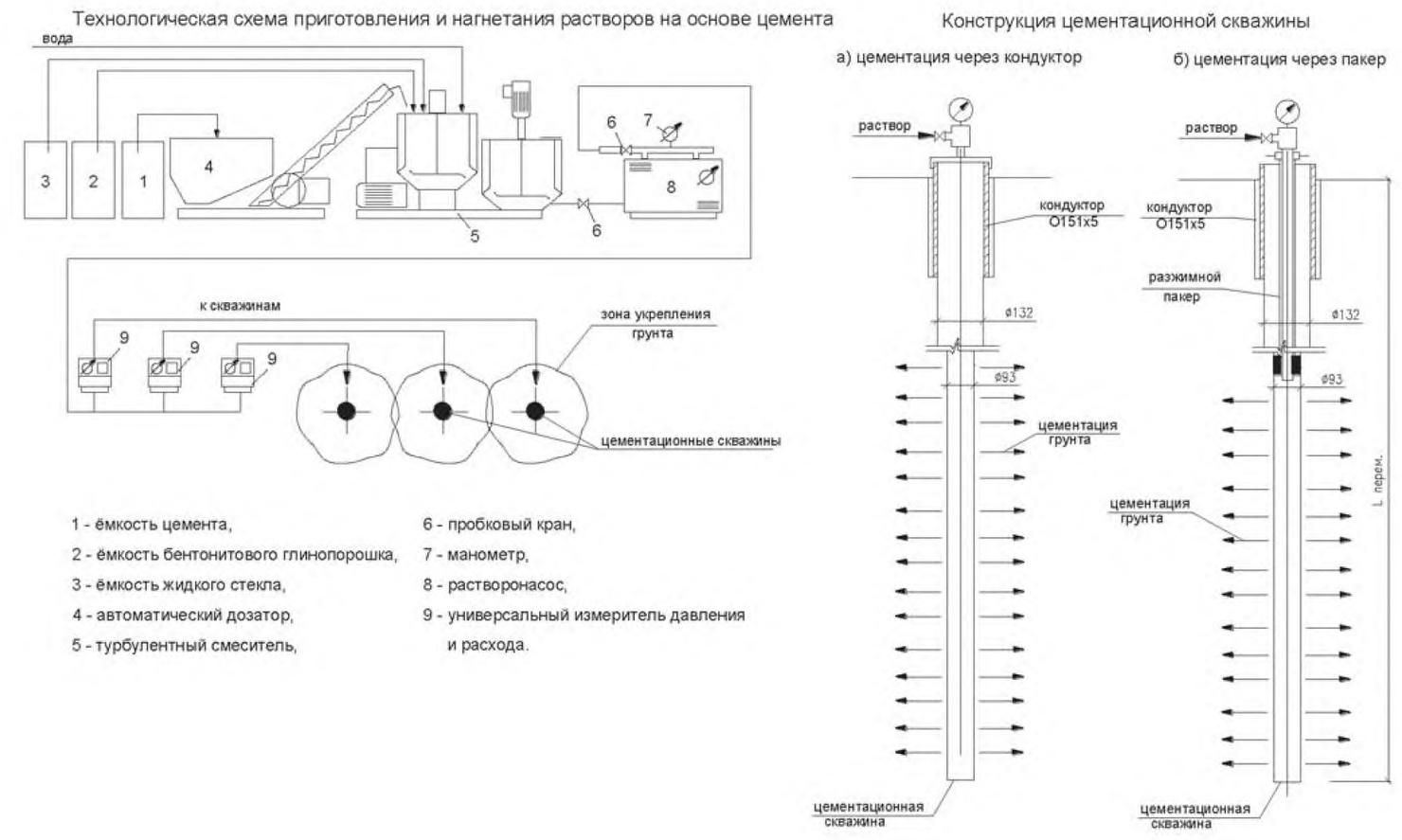
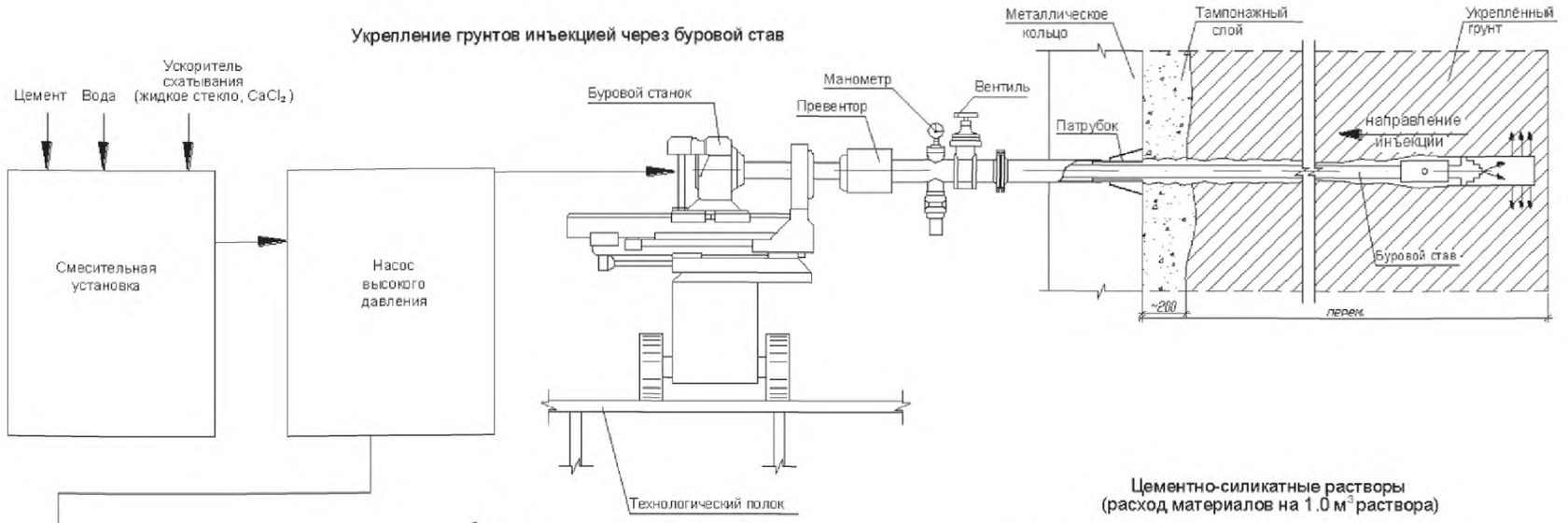


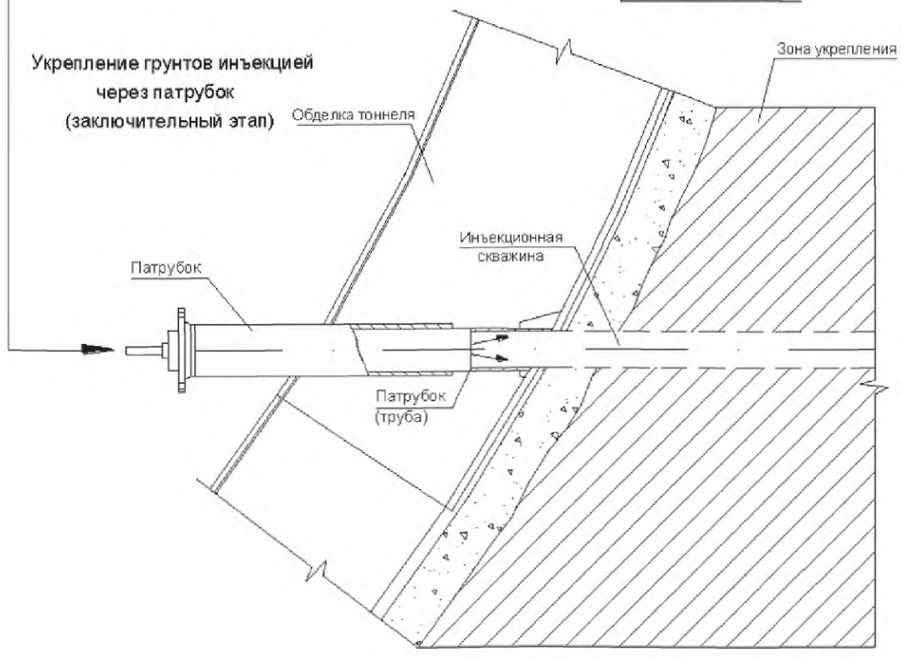
Рисунок Б.1 – Технологическая схема цементации грунтов через забивные перфорированные инъекторы



1 - ёмкость цемента,
2 - ёмкость бентонитового глинопорошка,
3 - ёмкость жидкого стекла,
4 - автоматический дозатор,
5 - турбулентный смеситель,
6 - пробковый кран,
7 - манометр,
8 - растворонасос,
9 - универсальный измеритель давления и расхода.

Рисунок Б.2 – Технологическая схема цементации грунтов через кондуктор или пакер





Цементно-силикатные растворы
(расход материалов на 1.0 м^3 раствора)

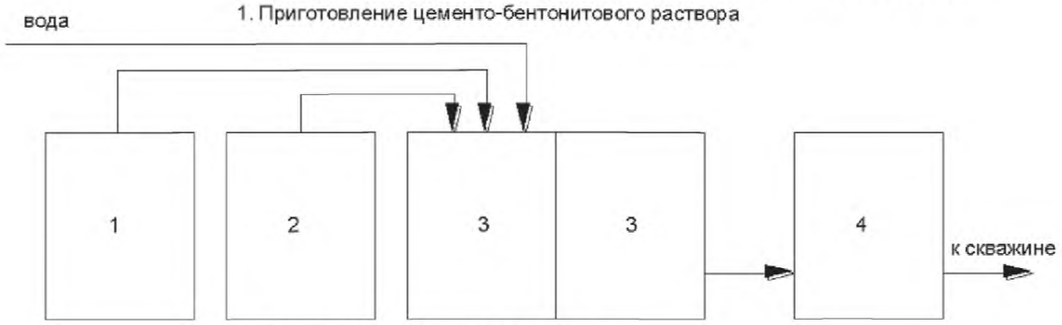
В / Ц	Вода, л	Цемент, кг	Жидк. стекло, л/кг	Плотность р-ра, г/см^3
2	924	80	45 / 64	1.08
1.5	918	104	44 / 63	1.1
1.0	894	166	46 / 66	1.14
0.8	884	205	43 / 61	1.17
0.5	865	275	38 / 55	1.21

Примечание - В таблицу включены материалы:
- вода по ГОСТ 23732,
- цемент по ГОСТ 10178,
- жидкое стекло по ГОСТ 13078.

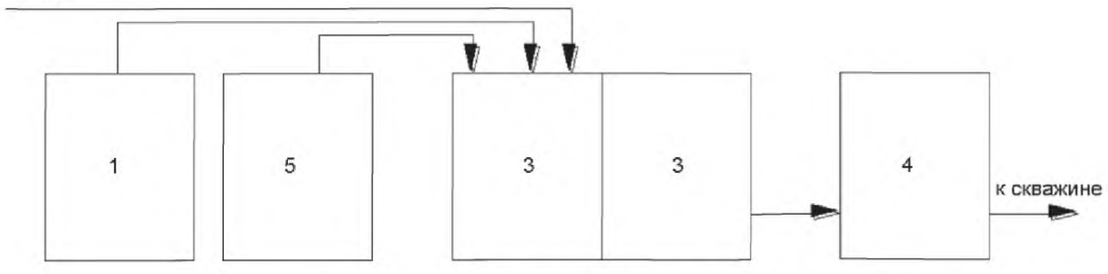
Рисунок Б.3 – Технологическая схема укрепления грунтов через буровой став из подземной выработки

Технологические схемы приготовления и нагнетания растворов

1. Приготовление цементо-бентонитового раствора



2. Приготовление раствора Микродур



1 - ёмкость цемента,
2 - ёмкость с бентонитом,
3 - растворосмесители,
4 - насосная установка,
5 - ёмкость с пластификатором С-3.

Составы суспензий на основе «Микродур»
(расход материалов на 1.0 м^{3}раствора)

N N пп	Наименование показателей	Ед. изм.	Водоцементное соотношение	
			4	3.5
1	"Микродур - R-X"	кг	230	259
2	Вода	л	919	909
3	Пластификатор С-3	кг	2.3	2.6
4	Плотность раствора	г/см^3	1.15	1.17

Примечание - В таблицу включены материалы:
- вода по ГОСТ 23732,
- "микродур R" по ТУ 5735-001-17466563-09 [9],
- пластификатор С-3 по ТУ 5870-002-58042865-03 [18].

Конструкция инъекционной скважины (манжетной колонны)

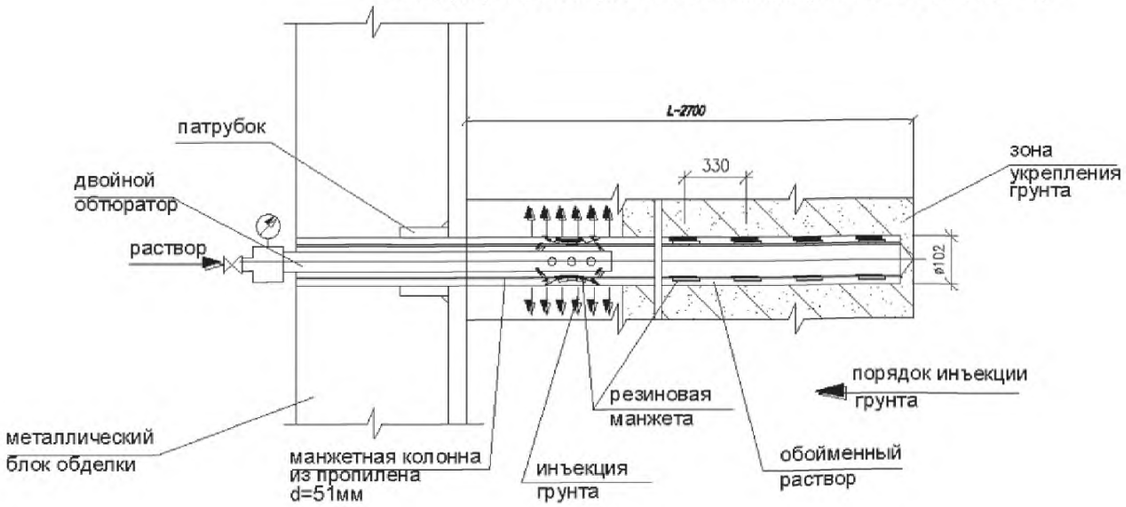
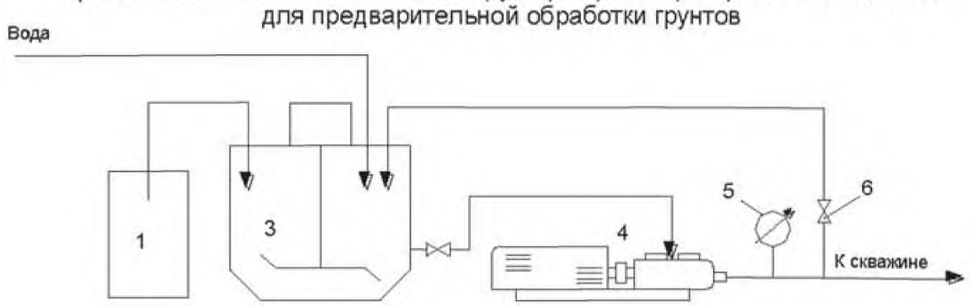
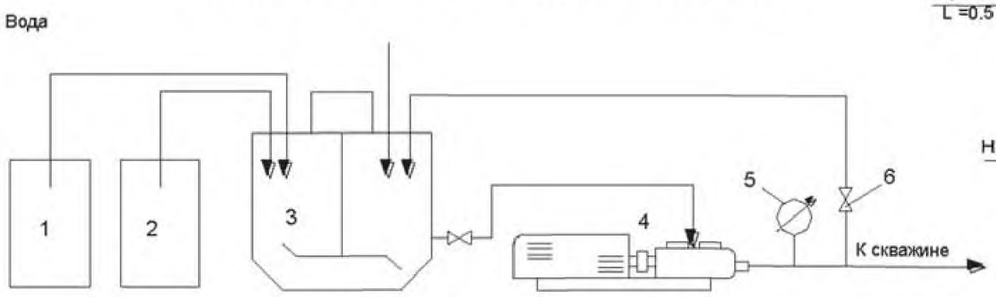


Рисунок Б.4 – Технологическая схема укрепления грунтов через манжетные колонны

Приготовление и нагнетание активирующего раствора щавелевой кислоты для предварительной обработки грунтов



Приготовление и нагнетание силикатного раствора



Состав силикатного раствора (расход материалов на 1 м^3 раствора)

№ №	Компоненты	Ед. изм.	Расход материалов на 1.0 м^3 раствора	Расход растворов на 1.0 м^3 грунта
Инъекционный раствор для укрепления грунта				
1	Раствор силиката натрия плотностью 1,235 г/см^3	л	300 - 400	350
2	Раствор щавелевой кислоты плотностью 1,235 г/см^3	л	700 - 600	
Раствор для предварительной обработки грунта				
3	Раствор щавелевой кислоты плотностью 1,019 г/см^3	л	-	170
Примечание - В таблицу включены материалы: - жидкое стекло по ГОСТ 13078, - щавелевая кислота по ГОСТ 22180.				

1 - емкость раствора щавелевой кислоты,
2 - емкость силикатного раствора,
3 - растворомешалка,
4 - растворонасос,
5 - манометр,
6 - кран шаровой.

Конструкция химической скважины

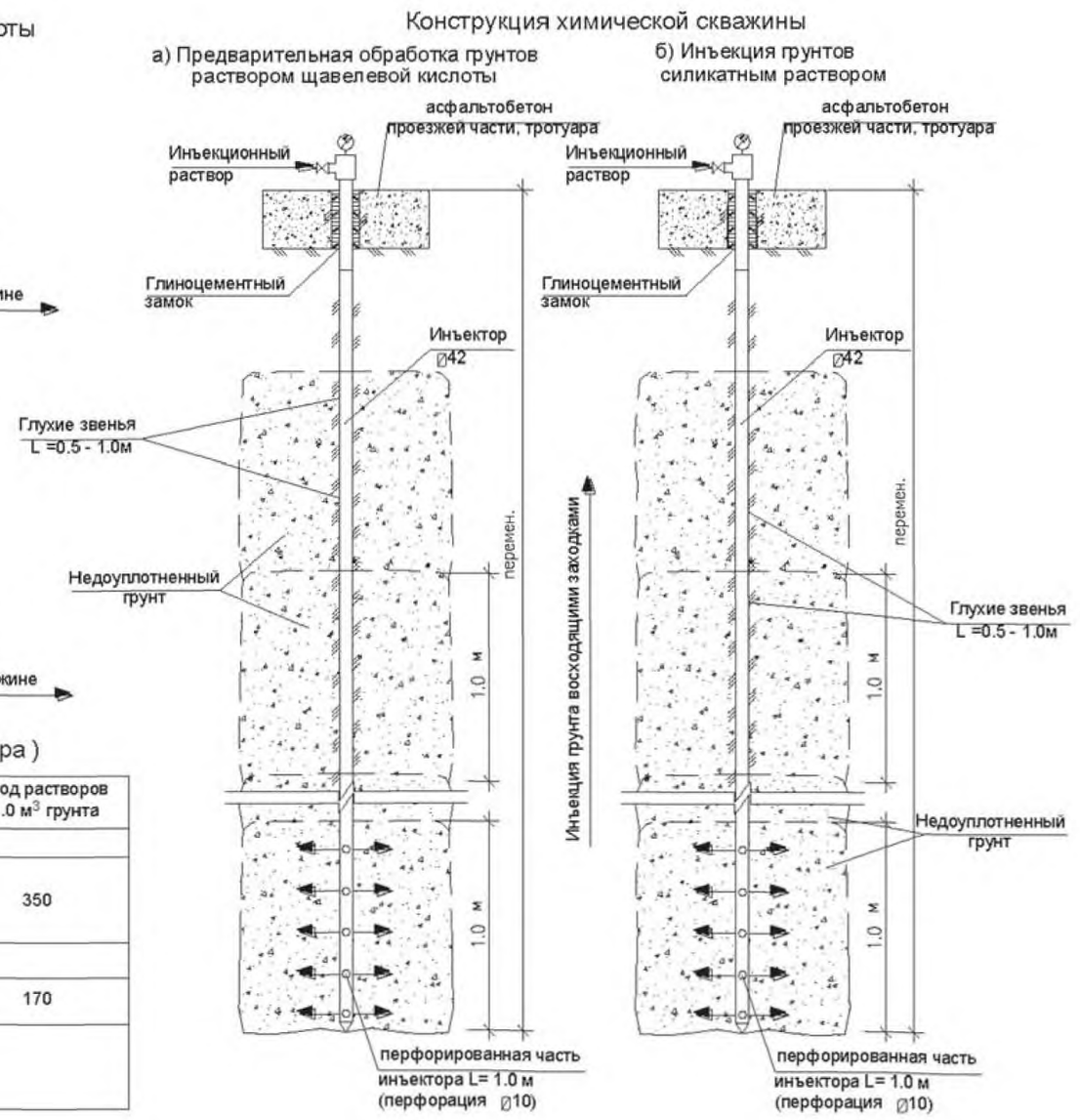
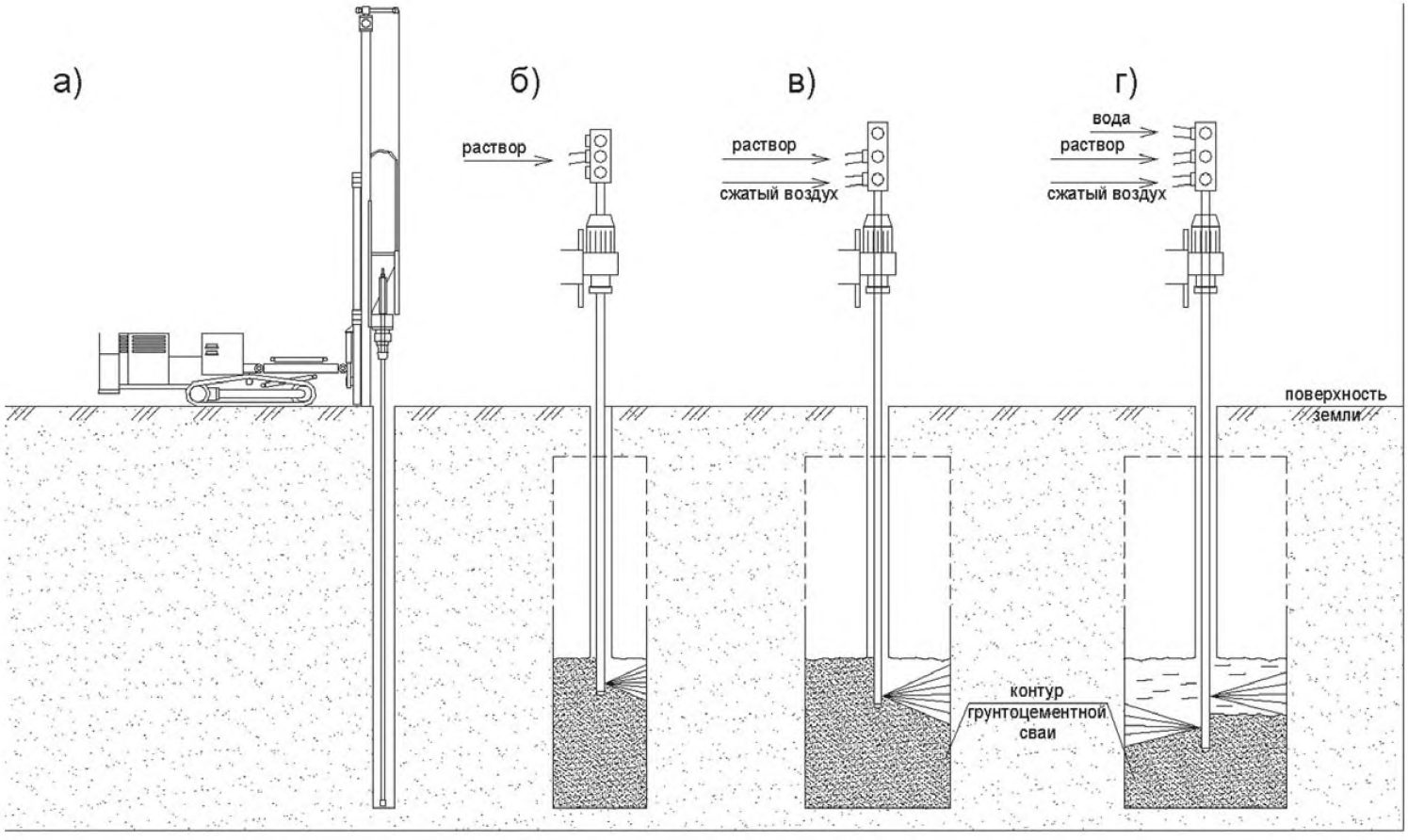


Рисунок Б.5 – Технологическая схема силикатизации грунтов



а) Бурение скважин вращательным способом буровой установкой с промывкой цементным или бентонитовым раствором.
б) Устройство грунтоцементных свай по однокомпонентной технологии.
в) Устройство грунтоцементных свай по двухкомпонентной технологии.
г) Устройство грунтоцементных свай по трехкомпонентной технологии.

Рисунок Б.6 – Принципиальные технологические схемы видов струйной цементации

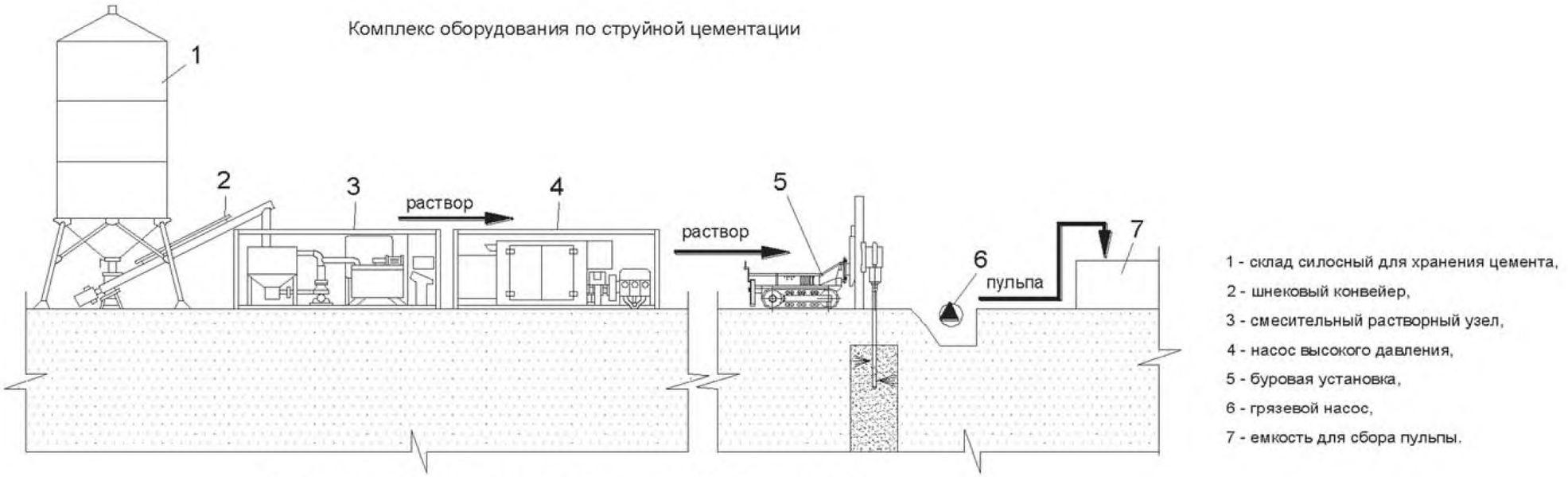


Рисунок Б.7 – Технологическая схема укрепления грунта струйной цементацией

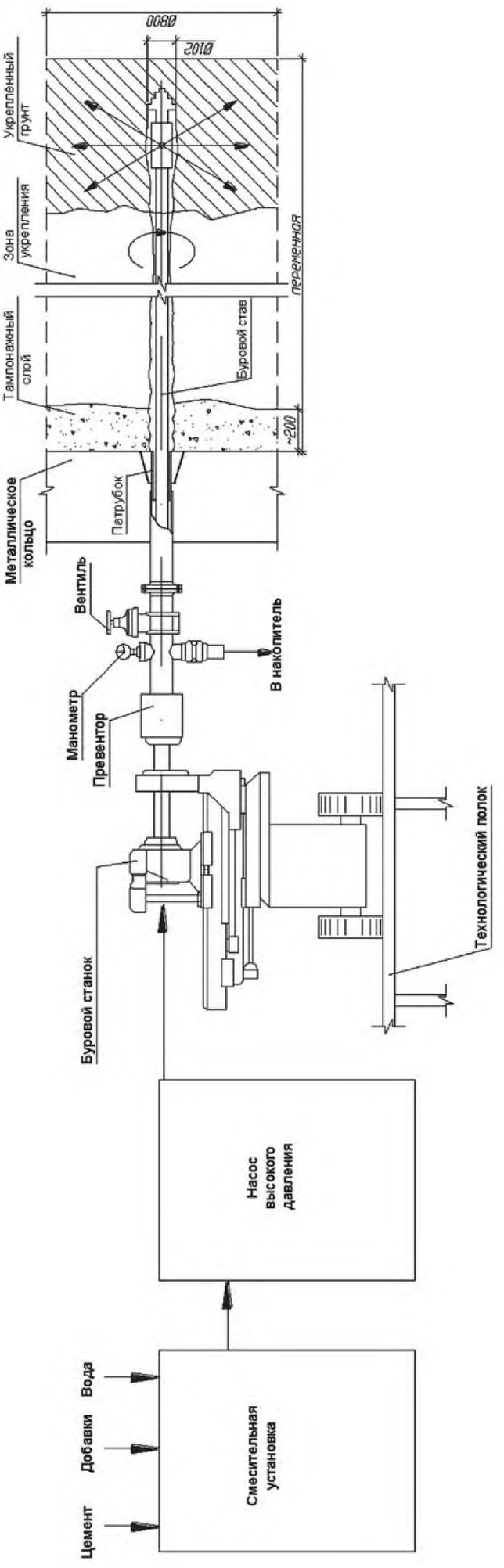


Рисунок Б.8 – Технологическая схема укрепления грунтов горизонтальными грунтоцементными сваями

Приложение В

(рекомендуемое)

Оборудование скважин

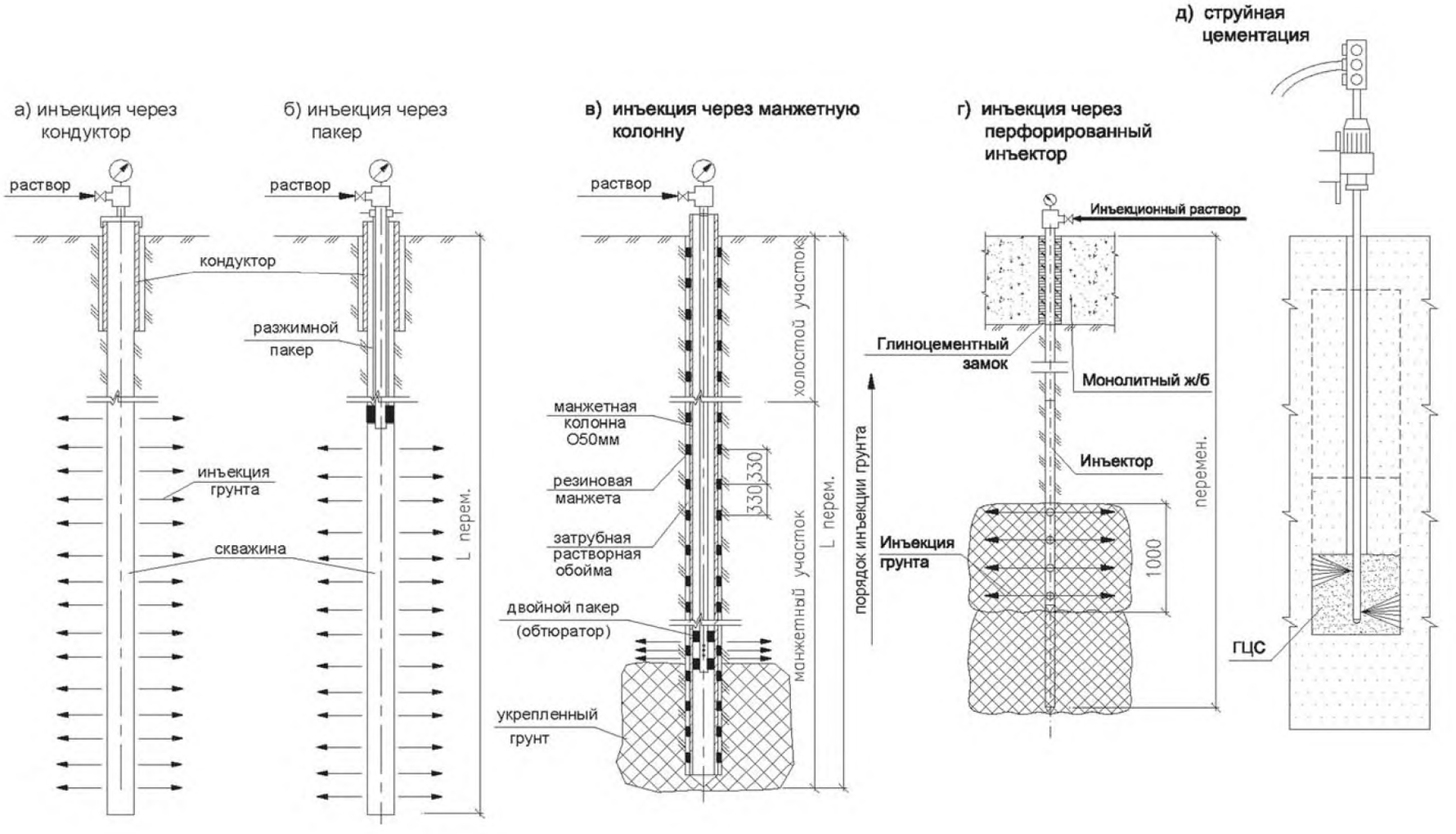
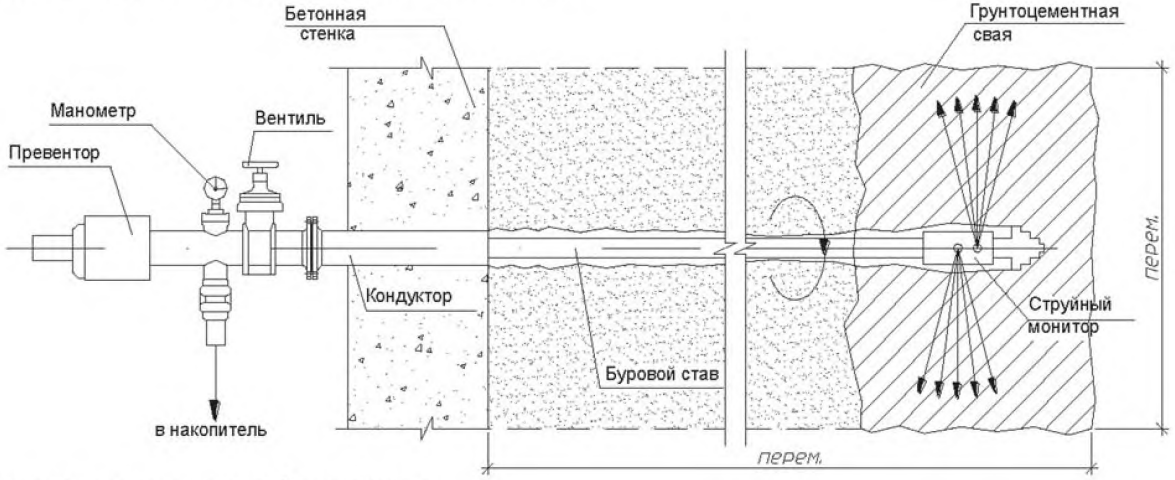


Рисунок В.1 – Оборудование скважин и способы инъекции

а) инъекция грунтов методом струйной цементации



б) инъекция грунтов через буровой став

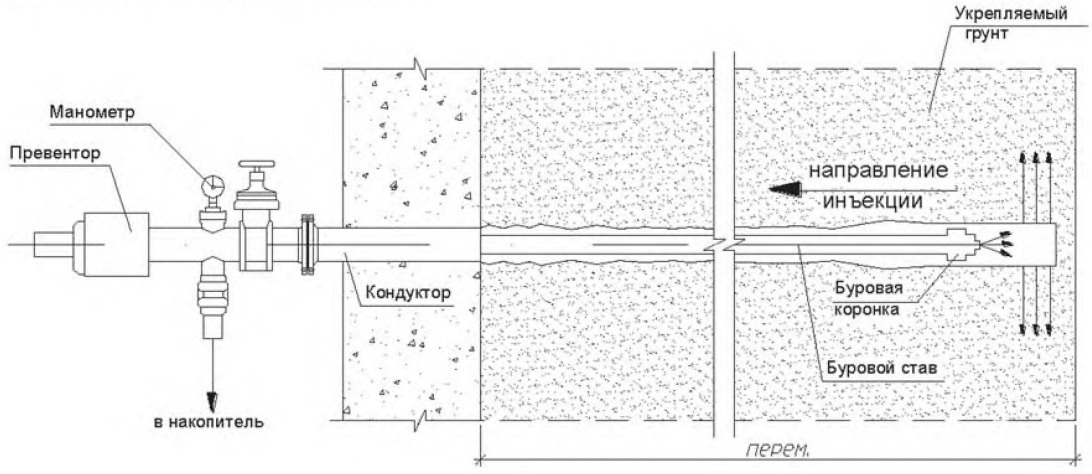


Рисунок В.2 – Оборудование скважин превенторным устройством и методы инъекции

Приложение Г

(справочное)

Буровое и инъекционное оборудование для производства работ

Таблица Г.1 – Смесительное оборудование

Параметры или тип оборудования	Единицы измерений	Способы перемешивания				Растворный комплекс
		Турбулентный	Горизонтальный лопастной	Вертикальный		
				лопастной	турбинный	
Вид раствора		цементный		цементный, химический	цементный	цементный, силикатный
Производительность	$м^3/ч$ (л/мин)	2 – 3	1,2 – 2,2	4	9 – 20	2 – 26
Вместимость смесителя	л	65 – 80	80	350	500 – 2000	100 – 500
Вместимость накопителя	л	–	–	–	–	200 – 2000
Частота вращения смесительного вала	об/мин ($с^{-1}$)	(9,2)	24	56	500 – 570	(10,0 – 24,2)
Система управления		ручная	ручная	ручная	ручная, полуавтоматическая	полуавтоматическая, автоматическая
Мощность электродвигателя	кВт	3 – 4	1,5 – 2,1	1	4,0 – 18,5	6,7 – 32,6
Габаритные размеры: длина ширина высота	мм	1120 – 1450 585 – 660 895 – 1000	1400 720 900	1065 850 1620	1125 – 1452 1125 – 1452 2000 – 2130	2000 6058 1330 – 2438 1650 – 2591
Масса	кг	180	120 – 270	200	322 – 980	850 – 4000
Примечание – Для смешения в небольших количествах высокодисперсных цементных растворов, эпоксидных и полиуретановых смол используются миксеры на основе высокоскоростных дрелей.						

Таблица Г.2 – Насосное оборудование

Параметры или тип оборудования	Единицы измерений	Принцип действия						
		Диафрагменный	Шестиренчатый	Винтовой	Поршневой	Плунжерный	Плунжерный высокого давления	Плунжерный двух (трех) компонентный
Область применения		цементация	хим. закрепление	цементация	цементация, хим.закрепление		струйная цементация	цементация, хим. закрепление
Вид раствора		цементный	химический	цементный	цементный, химический		цементный	цементный, химический
Производительность	л/мин ($м^3$/ч)	2 – 6	10	6 – 50	17,6 – (60)	6 – 200	55 – 620	2×2,8 – 2×62,0
Давление	МПа	1,5	18	1,3 – 3,5	3,2 – 12,5	3,0 – 20,0	10 – 900	10 – 20
Число плунжеров (цилиндров)	шт.	1	–	–	2 – 4	2 – 4	2 – 3	2×2
Тип привода		электрический	пневматический, электрический	электрический	электрический	электрический, гидравлический	электрический, дизельный	электрический
Мощность двигателя	кВт	7,5	8	1,5 – 5,5	7,5 – 100,0	2,2 – 30,0	56 – 520	2,2
Габаритные размеры: длина ширина высота	мм	2500 – 3160 950 – 1460 1100	1110 4600 630	900 450 950	2700 – 5000 1000 – 1250 1260 – 2080	730 480 1370	6450 2438 2591	–
Масса	кг	470 – 560	150	22 – 375	900 – 1050	280	15000	–

Таблица Г.3 – Буровое оборудование

Параметры / Тип	Единицы измерения	Способ бурения			
		Ударно-вращательный	Вращательный	С погружным ударником	Универсальный
Глубина бурения	м	5 – 50	50 – 100	50	50
Диаметр бурения	мм	46 – 151		85 – 105	До 350
Частота вращения	об/мин	0 – 150	0 – 220	10 – 76	0 – 240
Усилие подачи	кН	25	25 – 60	6	5 – 75
Крутящий момент	кНм	1,2	0,25 – 4,20	–	10 – 32
Тип привода		Электрический, гидравлический		Пневматический, электрический	Дизельный, электрический
Мощность привода	кВт	7,5	11	28	45,9 – 47,0
Тип шасси		Рама, гусеничный		Рама, распорная колонка	Гусеничный
Габаритные размеры: длина ширина высота	мм	 1098 316 223	 1360 830 1470	 1500 665 645	 4320; 3930 790 2440
Масса	кг	174 – 680	310 – 2000	360	2100 – 19000

Приложение Д

(рекомендуемое)

Основные виды инъекционных растворов и их характеристики

Таблица Д.1

Вид инъекционного раствора		Характеристики инъекционных растворов					Характеристики укрепленного грунта	
		Состав раствора	Плотность раствора, г/см^3	Весовое для суспензий, объемное для растворов соотношение компонентов	Время схватывания, ч	Подвижность, см (вязкость, спз)	Прочность, МПа	Коэффициент фильтрации грунта, $К_ф$, см/с
Растворы стабильные и нестабильные	Цементные	Различные виды цемента с инертными и химическими добавками разного назначения	1,2 − 2,0	В:Ц = 0,5 - 10,0	0,75 / 12	18 − 24	До 30	10^{-4}
	Цементно-глинистые	Цемент, глина, добавки разного назначения	1,50−1,65	Ц:Г = 1:1 - 1:4 В:Ц = 1:3	2 − 4 10 − 25	18 − 24	До 25	10^{-4} – 10^{-6}
	Цементные для струйной цементации	Цемент, цемент плюс бетонит, с силикатом натрия и хим. добавками	1,5 – 1,6	В:Ц = 0,8 - 1,2	2 − 4	18 − 24	До 30	
	На основе тонкодисперсных вяжущих	На основе тонкодисперсных цементов с пластификатором и ускорителем схватывания	1,1 – 1,5	В:Ц = 6 - 1	2,.5 – 4,0	20 − 30	0,5 – 30,0	10^{-6} – 10^{-9}

Продолжение таблицы Д.1

Вид инъекционного раствора		Характеристики инъекционных растворов					Характеристики укрепленного грунта	
		Состав раствора	Плотность раствора, г/см^3	Весовое для суспензий, объемное для растворов соотношение компонентов	Время схватывания, ч	Подвижность, см (вязкость, спз)	Прочность, МПа	Коэффициент фильтрации грунта, $К_ф$, см/с
Растворы силикатов и смол	Двухрастворная силикатизация	Силикат натрия Хлористый кальций	1,35− 1,44 1,26	1 1	0 – 0,01	(25 − 50	1,5 − 3,5	10^{-4} – 10^{-6}
	Однорастворная силикатизация (мягкие гели)	Силикат натрия Отвердители: фосфорная кислота серная кислота сернокислый алюминий алюминат натрия кремнефтористо водородная кислота	1,04 −1,19 1,025 1,060 1,060 1,050 1,037	1 3 – 4 0,87 0,47 2,00 − 0,35 0,01 − 0,02	0,5 16	(1,5 – 3,0)	2 − 4	

Окончание таблицы Д.1

Вид инъекционного раствора		Характеристики инъекционных растворов					Характеристики укрепленного грунта	
		Состав раствора	Плотность раствора, г/см^3	Весовое для суспензий, объемное для растворов соотношение компонентов	Время схватывания, ч	Подвижность, см (вязкость, спз)	Прочность, МПа	Коэффициент фильтрации грунта, $К_{ф,}$ см/с
	Однорастворная силикатизация (твердые гели)	Силикат натрия, кремнефтористо водородная кислота	1,3 1,08 − 1,10	1 0,2 − 0,3	0,5 1	(3 − 5)	20 − 40	10^{-6} – 10^{-9}
	Растворы смол	Карбамидная смола марки КМ, отвердители: щавелевая кислота соляная кислота	1,08 − 1,16 1,03 − 1,04	1 0,03 − 0,15 0,04 − 0,10	0,07 4	(3 − 14)	До 30	
	Вспененные полимерные растворы	Полиуретановые или полимерсиликатные смолы, отвердители	1,05 − 1,30 1,01 − 1,25	1 1	0.07 0.50		Водоподавление, стабилизация водонасыщенных грунтов	

Примечания

1 В:Ц − водоцементное отношение раствора, Ц:Г – весовое соотношение цемента и глины в растворе (ГОСТ 4.233).

2 Весовое или объемное соотношение компонентов определяется по результатам подбора состава раствора в лаборатории.

3 Стабильные и нестабильные растворы − инъекционные растворы на основе минеральных вяжущих, водоудерживающая способность которых, соответственно более или менее 95 % (ГОСТ 4.233).

4 Отвердители к инъекционным растворам – растворы кислот, щелочей, полимерных материалов, обеспечивающие схватывание и твердение растворов.

5 Вспененные полимерные растворы – одно или двухкомпонентные составы на основе полиуретановых или полимерсиликатных материалов, увеличивающиеся в объеме в 2 − 30 раз в водной среде, предназначенные для водоподавления, герметизации водопроявлений в строительных конструкциях и грунтах и укрепления грунтов, в основном, обводненных.

Приложение Е

(рекомендуемое)

Формы журналов производства работ

Журнал производства буровых работ

Дата, смена	Участок работ, место	Номер скважины	Параметры бурения скважин			Буровое оборудование	Время бурения, начало-конец, ч, мин	Пробурено за смену, м	Примечания	Подпись
			глубина, м	диаметр, мм	угол бурения					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Строительство_____.

(наименование объекта, участка)

Журнал инъекции грунтов цементными растворами

Дата, смена	Номер скважины	Глубина скважины, м	Вид и марка цемента	Состав раствора, т		В/Ц	Объем раствора, $м^3$	Давление нагнетания, МПа	Исполнитель, Ф.И.О.	Технадзор дистанции, Ф.И.О.	Примечание
				цемент	добавки						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Строительство_____.

(наименование объекта, участка)

Журнал инъекции грунтов карбамидными смолами

Забивка инъекторов		Состав раствора					Нагнетание раствора				
Номер заходки	Глубина заходки, м	Карбамидная смола		Щавелевая кислота		Время гелеобразования, мин	Объем раствора, л	Давление нагнетания, МПа	Исполнитель, Ф.И.О.	Технадзор дистанции Ф.И.О.	Примечание
		Плотность, γ, $г/см^3$	Объем, л	Плотность, γ, $г/см^3$	Объем, л						
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Строительство_____.

(наименование объекта, участка)

Журнал бурения скважин и нагнетания раствора при струйной цементации грунтов

Дата, смена	Участок работ (местоположение свай)	Параметры сваи					Параметры технологии					Состав раствора		Расход цемента на сваю, кг	Ф.И.О. ответственного лица	Примечание
		№ скважины	Угол наклона к вертикали, °	Длина скважины, м	Длина сваи, м	Диметр сваи, м	Количество форсунок, шт	Диаметр форсунок, мм	Скорость вращения, об/мин	Скорость подъема монитора, м/мин	Давление нагнетания раствора, МПа	Марка цемента	Водоцементное отношение			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

Строительство_____.

(наименование объекта, участка)

Журнал гидравлического опробования скважин

№ пп.	Дата, смена	Номер скважины, длина опробуемой зоны, L, м	Давление воды в зоне, P, м водного столба	Объем закачанной воды, V, л	Время нагнетания воды, T, мин	Расход воды в опробуемой зоне, Q, л/мин (V/T)	Удельное водопоглощение, q = Q / P·L, л/(мин·м·м.вод.ст.)	
							каждое на ступени гидроопробования	среднее в зоне
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Строительство_____.

(наименование объекта, участка)

Приложение Ж

(рекомендуемое)

Формы отчетных документов

Ж.1 Форма акта гидроопробования контрольной скважины

А К Т

опробования контрольной скважины № _____

выполненной _____г.

(наименование сооружения)

«____»_____20 г.

Комиссия в составе:

представителя строительно-монтажной организации _____

_____,

(Ф.И.О., должность)

представителя заказчика _____

_____,

(Ф.И.О., должность)

представителя проектной организации _____

_____

(Ф.И.О., должность)

провела опробование контрольной скважины №_____ для проверки результатов и достаточности выполненных цементационных работ.

Местоположение скважины _____

_____.

(участок, пикет, №№ соседних скважин)

Глубина скважины, зоны, установка тампона _____

_____.

Результаты испытания

Глубина интервала, м	Мощность зоны, м	Испытание водой		Цементация	
		Давление, МПа (кгс/см^2)	Удельное водопогло-щение, л/(мин·мм водного столба)	Давление, МПа (кгс/см^2)	Поглощение цемента на 1 м, кг

Заключение по результатам испытания _____

_____.

Представитель строительно-монтажной организации _____

(подпись)

Представитель заказчика _____

(подпись)

Представитель проектной организации _____

(подпись)

Ж.2 Форма акта освидетельствования скрытых работ

(по ИГАСН № 11/94 [17])

АКТ

освидетельствования скрытых работ

«____»_____20 г.

_____

(наименование работ)

_____

(наименование здания, сооружения)

по адресу _____

_____.

(район застройки, квартал, улица, № дома и корпуса)

Комиссия в составе:

представителя строительно-монтажной организации _____

_____,

(Ф.И.О., должность)

представителя технического надзора заказчика _____

_____,

(Ф.И.О., должность)

представителя проектной организации _____

_____

(Ф.И.О., должность)

произвела осмотр работ, выполненных_____

(наименование строительно-монтажной организации)

и составила настоящий акт о нижеследующем:

1. К освидетельствованию и приемке предъявлены следующие работы_____

_____

_____

(наименование скрытых работ)

2. Работы выполнены по проекту_____

_____

(проект серии, наименование проектной организации, № чертежей и дата их составления)

3. При выполнении работ применены _____

_____

(наименование материалов, конструкций,изделий с указанием марки, типа, категории качества и т.п.)

4. Дата начала работ «____»_____20 г.

5. Дата окончания работ «____»_____20 г.

Решение комиссии

Работы выполнены в соответствии с проектом, стандартами, строительными нормами и отвечают требованиям их приемки.

На основании изложенного разрешается производство последующих работ по устройству (монтажу)_____

_____

(наименование работ и конструкций)

Представитель строительно-монтажной организации _____

(подпись)

Представитель технического надзора заказчика _____

(подпись)

Представитель проектной организации _____

(подпись)

Ж.3 Форма акта приемки работ

Акт
приемки работ

Комиссия в составе:

представителя строительно-монтажной организации _____.
(Ф.И.О., должность)

представителя заказчика _____.
(Ф.И.О., должность)

представителя проектной организации _____
(Ф.И.О., должность)

ознакомилась с исполнительной документацией, произвела осмотр работ, выполненных _____

_____
(наименование строительно-монтажной организации)

и составила настоящий акт о следующем:

1. К освидетельствованию и приемке предъявлены работы по устройству грунтоцементных свай

_____

на участке_____

2. Работы выполнены по проекту_____
(наименование проектной организации,

_____
№ чертежей и даты их составления)

3. Для приготовления растворов использовались _____

_____
(наименование и результаты входного контроля материалов)

4. Для нагнетания применялся_____
(вид раствора, соотношение компонентов, характеристики раствора)

5. Приготовление и нагнетание растворов производилось_____

_____
(тип смесительного и нагнетательного оборудования)

_____
(технологические параметры нагнетания растворов, давление, скорость подъема монитора, расход раствора и т.п.)

6. Работу производила бригада_____
(Ф.И.О., бригадира)

7. Результаты контрольных работ_____
(вид контроля, номера контрольных свай,
скважин характеристики грунтоцементного материала)

8. Дата начала работ «____»_____20 г.

9. Дата окончания работ «____»_____20 г..

Решение комиссии

Работы выполнены в соответствии с проектом_____

_____и отвечают требованиям их приемки.

Предъявленные к приемке работы, указанные в пункте 1 настоящего акта приняты с оценкой качества_____

_____

На основании изложенного разрешается производство_____

_____

Представитель строительно-монтажной организации _____

_____

_____

(подписи)

Представитель заказчика _____

(подпись)

Представитель проектной организации _____

(подпись)

Библиография

[1] Стандарт ОАО «Газпром» СТО Газпром 2-3.2-293-2009 — Документы нормативные для проектирования, строительства и эксплуатации объектов ОАО «Газпром». Компоненты буровых растворов. Термины и определения. Классификация

[2] Свод правил СП 3.02.01-83 — Пособие по производству работ при устройстве оснований и фундаментов (к СНиП 3.02.01-83)

[3] Руководство по физико-химическому укреплению грунтов при строительстве Северо-Муйского железнодорожного тоннеля. ЦНИИС М.1989 г.

[4] Стандарт организации ООО «ГОРГЕОСТРОЙ» СТО 86494684-001-2010 — Инъекционное закрепление грунтов с применением особо тонкодисперсного минерального вяжущего (ОТДВ) «Микродур». Правила проектирования и производства работ

[5] Московские городские строительные нормы МГСН 2.07-97 — Основания, фундаменты и подземные сооружения.

[6] Свод правил СП 32-105-2004 — Метрополитены

[7] Свод правил СП 50-101-2004 — Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений

[8] Бройд И.И. Струйная технология. Учебное пособие. М. Издательство «Ассоциация строительных вузов». 2004 г.

[9]	Технические условия ТУ 5735-001-17466563-09	Особо тонкодисперсное минеральное вяжущее Микродур R (Microdur R). ТУ
[10]	Технические условия ТУ 5751-001-41219638-2010	Глинопорошки для пригруза забоя при щитовой проходке тоннелей и других строительных работ
[11]	Ведомственные строительные нормы ВСН 34-83	Цементация скальных оснований гидротехнических сооружений
[12]	Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПин 1.2.2363-08	Канцерогенные факторы и основные требования к профилактике канцерогенной опасности
[13]	Руководящий документ РД 11-05-2007	Порядок ведения общего и (или) специального журнала учета выполнения работ при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства
[14]	Руководящий документ РД 51-60-82	Породы горные. Инструкция по отбору, консервации и хранению керна
[15]	Свод правил СП-11-105-97	Инженерно-геологические изыскания для строительства. Часть VI. Правила производства геофизических исследований
[16]	Форма ИГАСН № 11/94	Акт освидетельствования скрытых работ
[17]	Свод правил СП-12-136-2002	Решения по охране труда и промышленной безопасности в проектах организации строительства и проектах производства работ

ОКС 91.100.15, 91.200

Виды работ 5.6 и 5.7 по приказу Минрегиона России от 30 декабря 2009 г. № 624.

Ключевые слова: освоение подземного пространства, укрепление грунтов, инъекционные методы в строительстве

Издание официальное

Стандарт организации

Освоение подземного пространства

УКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ

ИНЪЕКЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

СТО НОСТРОЙ 2.3.18-2011

Тираж 400 экз. Заказ № 323/07/12

Подготовлено к изданию в ООО Издательство «БСТ»

107996, Москва, ул. Кузнецкий мост, к. 688; тел./факс: (495) 626-04-76; e-mail: e-mail: gost.e-ecolog.ru

Отпечатано в типографии «Интеллект»

gost.e-ecolog.ru