Группа компаний «Трансстрой»

**СТО-ГК «Трансстрой»-013-2007**

# Стандарт организации

## Нагельное крепление котлованов и откосов в транспортном строительстве

Издание официальное

Москва
2007

gost.e-ecolog.ru

Стандартизация в Группе компаний «Трансстрой»

# СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

## Нагельное крепление котлованов и откосов в транспортном строительстве

Издание официальное

Москва, 2007

## Предисловие

1 РАЗРАБОТАН РОО «Научно-техническая ассоциация ученых и специалистов транспортного строительства» и Филиалом ОАО ЦНИИС «Научно-исолсдовательский центр «Тоннели и метрополитены» (инженеры И.М. Малый, П.А. Маслов) по заданию ООО «Группа компаний «Трансстрой».

2 ВНЕСЕН Департаментом развития технологии и стандартизации ООО «Группа компаний «Трансстрой»

3 ПРИНЯТ И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ ООО «Группа компаний «Трансстрой» распоряжением № ГК/ПН-31 от 23.05.2007 г.

4 СОГЛАСОВАН ООО «Организатор» (исх. № 3/330 от 14.03.2007 г), ОАО «Союздорпроект» (исх № 3012-03/229 от 22.03.2007 г), ОАО «Институт Гипростроймост» (исх № С-386 от 06.03.2007 г.), ОАО «Метрогипротранс» (исх. № 3016-01-14/3376 от 13.12.2006 г), ЗАО «Трансмонолит» (исх № Е-01-05-216 от 07.02.2007 г.), Управлением по строительству тоннелей и метрополитенов «Тоннельметрострой» Корпорации «Трансстрой» (исх № К/03-43 от 23.05.2007 г.).

5 Разработка стандарта организации предусмотрена статьей 13 Федерального закона «О техническом регулировании» от 27.12.2002 №184 ФЗ.

6 Настоящий стандарт разработан на основе и с учетом требований СТО-ГК «Трансстрой»-002-2006 «Правила построения, изложения и обозначения при разработке стандартов организации Группы компаний «Трансстрой».

7 ЗАРЕГИСТРИРОВАН ФГУП «Стандартинформ» 25.05.2007 г № 200/103441 и ООО «Группа компаний «Трансстрой» 08 06.2007 г. № ГК/311.

8 ДЕРЖАТЕЛЬ ПОДЛИННИКА ООО «Группа компаний «Трансстрой».

9 ВВЕДЕН взамен СТП-013-2001.

© ООО «Группа компаний «Трансстрой», 2007

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведён, тиражирован и распространён в качестве официального издания без разрешения ООО «Группа компаний «Трансстрой».

## Содержание


| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | Область применения | | 1 |
| 2 | Нормативные ссылки | | 1 |
| 3 | Термины, определения, обозначения и сокращения | | 3 |
| 4 | Общие положения | | 4 |
| 5 | Проектирование нагельного крепления | | 6 |
| 5.1 | Исходные данные и изыскания | | 6 |
| 5.2 | Состав проекта | | 6 |
| 5.3 | Основные расчетные требования | | 8 |
| 6 | Конструкция и технология устройства грунтовых нагелей | | 12 |
| 6.1 | Погружные и буроинъекционные нагели из стержневой арматуры | | 12 |
| 6.2 | Нагели типа «Титан» | | 13 |
| 6.3 | Требования к постоянным грунтовым нагелям | | 15 |
| 7 | Испытания грунтовых нагелей | | 17 |
| 8 | Производство работ по устройству крепления | | 18 |
| 8.1 | Подготовительные работы | | 18 |
| 8.2 | Нагельное крепление с набрызгбетонным покрытием | | 18 |
| 8.3 | Нанесение набрызгбетонного покрытия | | 26 |
| 8.4 | Нагельное крепление со сборной защитной стенкой | | 26 |
| 8.5 | Нагельное крепление с синтетическим покрытием | | 29 |
| 9 | Контроль качества и приемка работ | | 32 |
| 9.1 | Общие требования | | 32 |
| 9.2 | Входной контроль | | 32 |
| 9.3 | Операционный контроль | | 32 |
| 9.4 | Контроль за приготовлением, набором прочности и нагнетанием цементных растворов при устройстве буроинъекционных нагелей | | 33 |
| 9.5 | Приемочный контроль | | 34 |
| 10 | Техника безопасности при производстве работ | | 35 |
| 11 | Охрана окружающей среды | | 36 |
| | Приложение А (справочное) | Пример расчета ППП «КРЕПЬ» | 37 |
| | Приложение Б. (справочное). | Данные по арматурным нагельным стержням | 39 |
| | Приложение В. (справочное). | Типоразмеры, геометрические и механические характеристики ТВШ по ТУ-5264-001-56705770-2004 | 40 |
| | Приложение Г. (справочное). | Геометрические и механические характеристики ТВШ по ТУ-0932-002-56543451-2006 | 41 |
| | Приложение Д. (рекомендуемое). | Сводная ведомость устройства и приемочных испытаний буроинъекционных нагелей | 42 |
| | Приложение Е (справочное). | Ориентировочный состав смеси для набрызгбетонных работ | 43 |

# СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

| Нагельное крепление котлованов и откосов в транспортном строительстве | Введен взамен СТП 013-2001 |
|---|---|

**Утвержден и введен в действие распоряжением ООО «Группа компаний «Трансстрой» от 23.05.2007 г. № ГК/ПН-31.**

Дата введения 2007-05-30

## 1 Область применения

Настоящий Стандарт распространяется на типовые конструктивно-технологические решения по устройству нагельного крепления вертикальных стенок и крутонаклонных откосов строительных котлованов и выемок в нескальных грунтах при строительстве железнодорожных и автодорожных тоннелей, метрополитенов, автомобильных и железных дорог, опор мостов, других заглубленных объектов транспортного назначения в условиях обычной климатической зоны.

Настоящий стандарт может быть также применен при проектировании нагельного крепления для вышеуказанных объектов.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты и классификаторы:

| | |
|---|---|
| ГОСТ 380-94 | Сталь углеродистая обыкновенного качества |
| ГОСТ 1497-84* | Металлы. Методы испытаний на растяжение |
| ГОСТ 7564-97 | Прокат. Общие правила отбора проб, заготовок и образцов для механических и технологических испытаний |
| ГОСТ 5632-72* | Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки |
| ГОСТ 5686-94 | Грунты. Методы полевых испытаний сваями |
| ГОСТ 5781-82* | Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций |
| ГОСТ 5802-86 | Растворы строительные. Методы испытаний |
| ГОСТ 7348-81* | Проволока из углеродистой стали для армирования предварительно-напряженных железобетонных конструкций. Технические условия |
| ГОСТ 8267-93* | Щебень и гравий из шлаков черной и цветной металлургии для бетонов. Технические условия |
| ГОСТ 8478-81* | Сетки сварные для железобетонных конструкций. Технические условия |
| ГОСТ 10178-85* | Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия |
| ГОСТ 10354-82* | Пленка полиэтиленовая. Технические условия |
| ГОСТ 10727-91 | Нити стеклянные однонаправленные. Технические условия |
| ГОСТ 10884-94 | Сталь арматурная, термомеханически упрочненная для железобетонных конструкций. Технические условия и размеры |
| ГОСТ 15525-70 | Гайки шестигранные, особо высокие класса точности В. Конструкция и размеры |
| ГОСТ 16504-81 | Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения |
| ГОСТ 18123-82 | Шайбы. Общие технические условия |

| | |
|---|---|
| ГОСТ 21779-82 | Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Технологические допуски |
| ГОСТ 23118-99 | Конструкции стальные строительные. Общие технические условия |
| ГОСТ 23732-79 | Вода для бетонов и растворов Технические условия |
| ГОСТ 24246-96 | Муфты втулочные Параметры, конструкция и размеры |
| ГОСТ 24297-87 | Входной контроль продукции. Основные положения |
| ГОСТ 26633-91* | Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия |
| ГОСТ 28302-89* ЕСЗКС | Покрытия газотермические, защитные из цинка и алюминия металлических конструкций. Общие требования к типовому технологическому процессу |
| ГОСТ 30515-97 | Цементы. Общие технические условия |
| ГОСТ 9.301-86 ЕСЗКС | Покрытия металлические и неметаллические неорганические Общие требования |
| ГОСТ 9.303-84. ЕСЗКС | Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Общие требования к выбору |
| ГОСТ 9 304-87. ЕСЗКС | Покрытия газотермические. Общие требования и методы контроля |
| ГОСТ 9.305-84 ЕСЗКС | Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Операции технологических процессов получения покрытий |
| ГОСТ 9.602-2005. ЕСЗКС | Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии |
| ГОСТ 12 1.003-83*. ССБТ | Шум. Общие технические требования |
| ГОСТ 310.3-76 | Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема |
| СНиП II-23-81* | Стальные конструкции |
| СНиП 11-02-96 | Инженерные изыскания для строительства Основные положения |
| СНиП 12-03-2001 | Безопасность труда в строительстве. Часть I. Общие требования |
| СНиП 12-04-2002 | Безопасность труда в строительстве. Часть II Строительное производство |
| СНиП 32-04-97 | Тоннели железнодорожные и автодорожные |
| СНиП 32-02-2003 | Метрополитены |
| СНиП 2.02.01-83* | Основания зданий и сооружений |
| СНиП 2.02 03-85* | Свайные фундаменты |
| СНиП 2.03 11-85 | Защита строительных конструкций от коррозии |
| СНиП 2.05.03-84* | Мосты и трубы |
| СНиП 2.06.07-87 | Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения |
| СНиП 3.01.01-85* | Организация строительного производства |
| СНиП 3 02 01-87 | Земляные сооружения. Основания и фундаменты |
| СНиП 3 03.01-87 | Несущие и ограждающие конструкции |
| СНиП 3.04 03-85 | Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии |
| СНиП 12-01-2004 | Организация строительства |
| СНиП 52-01-2004 | Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения |
| СП 52-102-2004 | Предварительно напряженные железобетонные конструкции |
| СП 32-105-2004 | Метрополитены. Свод правил по проектированию и строительству |

| | |
|---|---|
| ВСН 126-90 | Нормы проектирования и производства работ. Крепление выработок набрызгбетоном и анкерами при строительстве транспортных тоннелей и метрополитенов |
| ВСН 190-78 | Инструкция по инженерно-геологическим изысканиям для проектирования и строительства метрополитенов, железнодорожных и автодорожных тоннелей |
| ТУ 14-2-686-86 | Сталь арматурная винтового профиля для железобетонных конструкций – М.: Минчермет СССР, 1986. |
| ТУ 14-283-19-86 | Соединительные элементы для винтовой арматурной стали – М.. Минчермет СССР, 1986. |
| ТУ 14-1-5492-2004 | Прокат высокопрочный винтового профиля класса St 950/1050 диаметром 18; 265; 32; 36 и 40 мм в комплекте с соединительными элементами |
| ТУ-5264-001-56705770-2004 | Трубчатые винтовые штанги и соединительные элементы к ним ЗАО «Спецтрансмонолит» |
| ТУ-0932-002-56543451-2006 | Трубчатые винтовые анкеры ТВА 600 в комплекте с соединительными элементами (муфты и гайки). ЗАО «Спецтрансмонолит» |
| ПБ 03-428-02 | Правила безопасности при строительстве подземных сооружений. Постановление Госгортехнадзора от 01 11.2001 г. № 49 – М.:, 2002 г. |
| ПБ 01-03 | Правила пожарной безопасности в Российской Федерации |
| | Правила безопасности при строительстве метрополитенов и подземных сооружений. 1992 г. |
| | Правила подготовки и производства земляных работ, обустройства и содержания строительных площадок в г. Москве. Приложение к постановлению Правительства Москвы от 07.12.2004 г. №857-ПП |
| | Руководство по проектированию и технологии устройства анкерного крепления в транспортном строительстве – М :, ЦНИИС, 1987. |
| | Методические рекомендации по испытаниям временных грунтовых анкеров крепления котлованов. М., ЦНИИС, 2001 |
| | Рекомендации по применению арматурной стали винтового профиля М., НИИЖБ, ЦНИИС, 1987. |

При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты».

## 3 Термины, определения, обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями и сокращения:

3.1 **нагельное крепление:** Геотехническая конструкция, предназначенная для обеспечения устойчивости вертикальных стенок и крутонаклонных откосов строительных котлованов и выемок путем укрепления в процессе разработки прилегающего грунтового массива системой армирующих элементов (стальных стержней) или буроинъекционных микросвай.

3.2 **грунтовые нагели:** Горизонтальные и наклонные армирующие элементы или буроинъекционные микросваи, закрепляемые в грунте по мере разработки котлована.

3.3 **буроинъекционный нагель:** Буроинъекционная анкерная микросвая, передающая выдергивающее усилие в грунт по всей своей длине Такая свая включает цементно-стальной ствол (в грунте) и оголовок для закрепления на стенке (откосе).

3.4 **погружной нагель:** Армирующий элемент, установленный непосредственно в целик

грунта путем забивки, задавливания или завинчивания

3.5 **буроинъекционная микросвая:** Разновидность буровых набивных свай, отличающаяся малым диаметром (40 - 170 мм) и способом устройства путем инъекции в скважину цементного раствора в один или несколько этапов.

3.6 **ТВШ:** Толстостенная трубчатая винтовая штанга диаметром 30 - 130 мм и длиной 2-6 м.

3.7 **анкерная свая «Титан»:** Ненапрягаемая грунтовая свая с тягой из ТВШ и передовой буровой коронкой

3.8 **грунтовый нагель «Титан»:** Анкерная свая «Титан» малого диаметра и относительно небольшой длины с тягой из ТВШ, предназначенная для работы в составе системы, повышающей устойчивость грунтовой стенки (откоса).

3.9 **В/Ц:** Водоцементное отношение

3.10 **цементный раствор:** Смесь цемента, воды и в необходимых случаях добавок без мелкого заполнителя.

## *4 Общие положения*

4.1 Настоящий Стандарт организации (СТО) разработан в развитие СНиП 32-04-97, СНиП 32-02-2003, СП 32-105-2004, СНиП 2.05.03-84*, СНиП 2.02.03-85*, СНиП 2.06.07-87 и должен использоваться проектными и строительными организациями ГК «Трансстрой» для обеспечения качества и безопасности сооружений, возводимых с использованием метода нагельного крепления грунтовых стен и откосов.

4.2 Наряду с настоящим СТО при проектировании и производстве работ по устройству нагельного крепления следует руководствоваться указаниями соответствующих глав СНиП и ГОСТ РФ по разделу 2 СТО, а также нормативных документов органов государственного управления, надзора и ведомственных нормативных документов

4.3 Нагельное крепление должно обеспечивать устойчивость вертикальных стенок и крутонаклонных откосов строительных котлованов и выемок путем укрепления в процессе разработки прилегающего грунтового массива системой армирующих элементов или микросвай (грунтовых нагелей) и устройства защитного покрытия поверхности стенки (откоса). В отличие от анкеров, передающих давление на ограждение в зону заделки (в глубокие слои) грунта за пределами призмы обрушения, нагели связывают грунтовый массив по всей своей длине, образуя самонесущую массивную подпорную стенку из армированного грунта. Примеры применения нагельного крепления котлованов и откосов в транспортном строительстве приведены на рисунке 4.1.

4.4 Нагельное крепление, как метод, не требующий возведения массивной ограждающей конструкции (свайная, шпунтовая, железобетонная и др. подпорные стенки), усиленной анкерами или распорками, следует применять при соответствующем технико-экономическом обосновании во всех случаях, когда это возможно по инженерным и гидрогеологическим условиям, а разработка котлована с естественными откосами невозможна или нецелесообразна по условиям существующей застройки

Нагели типа «Титан» имеют высокие стоимостные показатели, поэтому их применение требует дополнительного экономического обоснования

4.5 Устройство нагельного крепления допускается в пылевато-глинистых связных грунтах (супеси, суглинки, глины) твердой, полутвердой и тугопластичной консистенции (показатель текучести $J_l \leq 0{,}05$), за исключением просадочных и набухающих, а также в искусственно уплотненных в природном залегании грунтах, способных удерживать на период возведения защитного покрытия откос заданной крутизны, высотой не менее расчетного шага нагелей по вертикали, и обеспечивающих необходимое по расчету сцепление с армирующим элементом (нагелем). Возможность и целесообразность применения нагельного крепления в грунтах других типов следует определять по результатам устройства и испытаний опытных фрагментов крепи

4.6 Нагельные крепления могут применяться для стен и крутонаклонных откосов строительных котлованов и выемок глубиной, как правило, не более 15 м, при отсутствии водонасыщенных и трудно осушаемых грунтов как временные, а при устройстве надлежащей антикоррозионной защиты – и как постоянные.

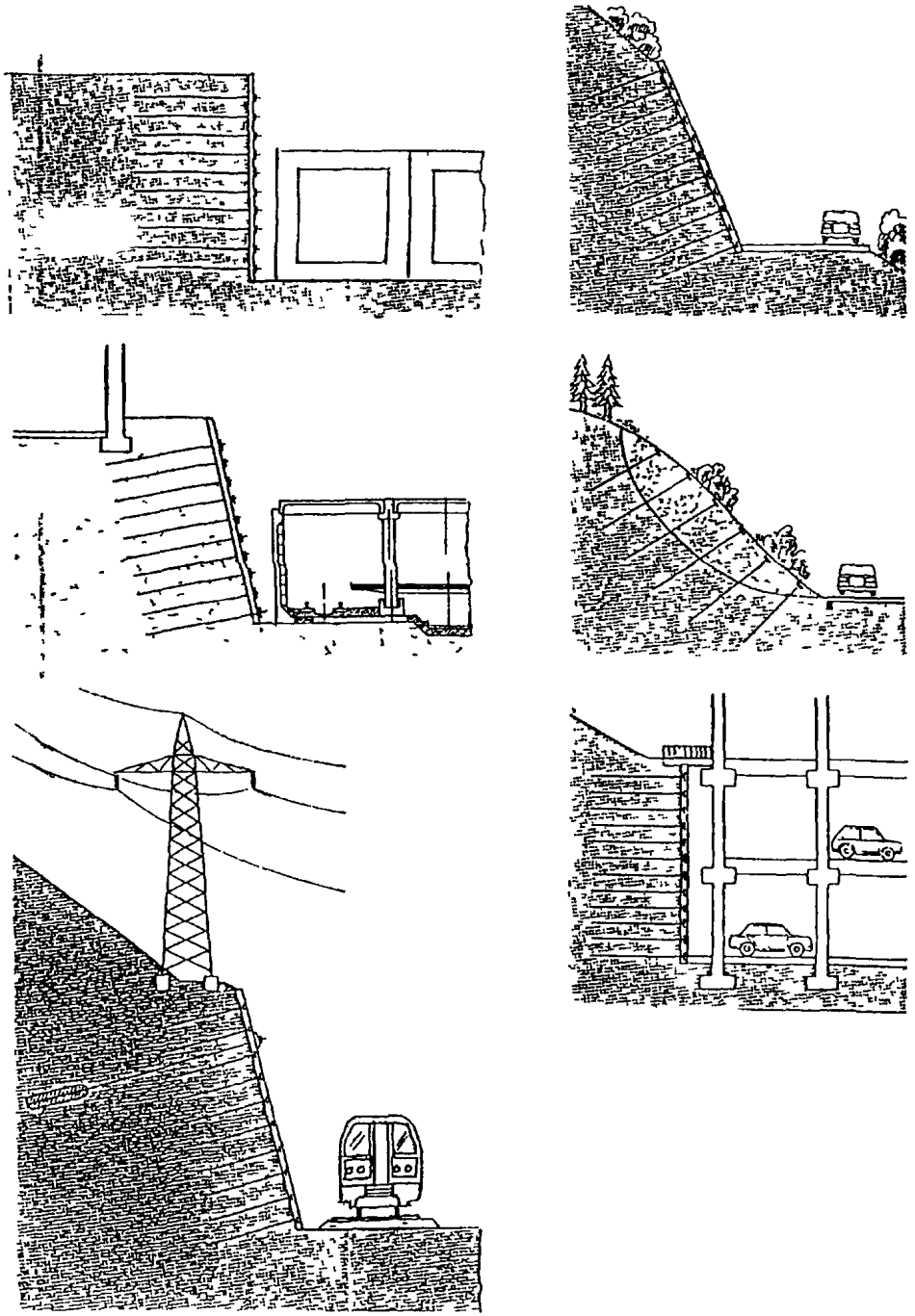


Рисунок 1 – Примеры применения нагельного крепления котлованов и откосов в транспортном строительстве

4 7 Применение нагельного крепления в качестве постоянной несущей конструкции стен транспортных тоннелей не допускается

4.8 Временную нагельную крепь следует использовать на период до возведения постоянной конструкции и обратной засыпки котлована Нагельная крепь с монолитным наб-рызгбетонным или сборным покрытием, оставленная в грунте после засыпки котлована, может быть использована в качестве шумовиброзащиты на период эксплуатации метрополитена при обосновании того, что нагели не передают вибрацию на близлежащие здания и сооружения.

4 9 В случае глубоких котлованов, а также при переменных грунтовых условиях возможны комбинации нагельной крепи с другими типами ограждающих конструкций: заанкеренная свайная стенка или «стена в грунте» (рисунок 2а); консольная стенка (рисунок 2б); естественный пологий откос (рисунок 2в).

## 5 Проектирование нагельного крепления

### 5.1 Исходные данные и изыскания

5.1.1 Для проектирования нагельной крепи необходимы следующие исходные данные:

- генеральный план участка территории, отведенной под строительную площадку, с нанесенными коммуникациями, контурами прилегающих зданий и сооружений, а также отметками их заложения;
- чертежи конструкций прилегающих коммуникаций зданий и сооружений, их фундаментов, а также нагрузки, передаваемые ими на основание;
- отчет по инженерно-геологическим изысканиям по всей трассе строительства, который должен содержать геологические разрезы, отражающие все грунтовые прослойки и напластования, мощности слоев и их наклон, уровень грунтовых вод (с учетом сезонных колебаний), физико-механические характеристики грунтов, оценку возможного наличия в грунтах крупных включений и скальных пород, степень агрессивности грунтовых вод.

5.1.2 Инженерно-геологические изыскания следует производить в соответствии с требованиями Инструкции ВСН 190-78.

5.1 3 Инженерно-геологические изыскания для проектирования и устройства крепления должны быть проведены на глубине не менее $1,5H$+5м, где $H$ – глубина котлована или высота откоса

5 1 4 При наличии в непосредственной близости от проектируемого крепления зданий и сооружений необходимо обследовать состояние их конструкций и фундаментов для учета и оценки возможных деформаций вследствие раскрытия котлована В необходимых случаях следует проводить укрепление оснований и фундаментов таких сооружений. Характер и объем обследований должен определяться для каждого конкретного объекта строительства.

### 5.2 Состав проекта

5 2 1 Проектирование временной нагельной крепи, котлованов и откосов следует производить при разработке раздела «Организация строительства»

Когда нагельная крепь используется как постоянная, ее дополнительно следует учитывать на стадии ТЭО и при разработке рабочей документации по проектируемому объекту.

5.2 2 Проектная документация по устройству нагельной крепи должна содержать оптимальные конструктивно-технологические решения крепления, выявленные в результате расчета и сравнения технико-экономических показателей вариантов, включая:

- пояснительную записку с расчетом и обоснованием принятых проектных решений;
- детальные рабочие чертежи конструкции крепи;
- сметную документацию;
- проект организации строительства

5.2.3 Запрещается возведение нагельного крепления без утвержденного проекта производства работ. Для контроля за применяемыми технологиями и качеством устройства нагельного крепления

*а – нагели - заанкеренное ограждение, б – нагели - консольная стенка,*
*в – нагели - естественный откос*

**Рисунок 2 – Варианты комбинированных креплений с применением нагелей**

в состав проекта производства работ должен входить Технологический регламент на устройство нагельного крепления.

5 2 4 В проекте должны быть предусмотрены конструктивные и технологические мероприятия по проведению пробных испытаний нагелей (с их последующей раскопкой), в процессе которых определяется соответствие несущей способности по грунту расчетной нагрузке на нагель и отрабатывается технология устройства нагелей. По результатам пробных испытаний, при необходимости, следует откорректировать проектные решения.

5.2.5 Параметры крепления, а также технологию его устройства следует принимать с учетом возможного влияния на прилегающие здания и сооружения, коммуникации, а также соблюдения допускаемых требований по уровню шума и вибрации на объекте строительства.

5.2.6 Выбор конструкции и технологии устройства крепления для различных инженерно-геологических и прочих условий строительства следует проводить в три этапа:

- на первом выбирают виды крепи, рациональные для данных условий;
- на втором определяют оптимальные конструктивно-технологические параметры и показатели технико-экономической эффективности для каждого вида;
- на третьем на основе анализа показателей конкурирующих оптимальных вариантов, принимается окончательное решение

Если рациональный вид крепления очевиден, выбор может производиться в два этапа Задача оптимизации должна быть решена на втором этапе.

5 2 7 В качестве критериев оптимальности крепления должны, как правило, использоваться следующие технико-экономические показатели эффективности конструкции и технологии устройства: стоимость, трудоемкость, материалоемкость, время возведения. Учитывая необходимость применения значительного количества прокатного металла для всех типов крепления, критерий материалоемкости допускается сводить к критерию металлоемкости. Задача оптимизации конструкции крепления должна быть поставлена и решена как многокритериальная

5 2 8 При проектировании крепи необходимо учитывать возможности подрядной строительной организации и наличие у нее специализированного оборудования.

### 5.3 Основные расчетные требования

5 3.1 К основным параметрам, характеризующим конструкцию нагельного крепления относятся (рисунок 3)

- длина нагелей – $\ell$ ;
- расстояние между ярусами анкеров – $a$;
- шаг нагелей в ярусе – $b$;
- линейный параметр сетки армирования грунта при равномерном размещении нагелей – $a$;
- угол наклона нагелей к горизонтали –α,
- диаметр арматуры нагелей – $d_a$;
- диаметр скважины – $d_c$;
- толщина защитного покрытия – d,
- угол откоса – β

На основании экспериментальных исследований и практического опыта строительства значения параметров должны, как правило, находиться в следующих интервалах:

$0{,}4H \leq \ell \leq 0{,}8H$, где $H$ – глубина котлована, м;

0,5м $\leq a \leq$ 1,5 м;

$0 \leq \alpha \leq 30^0$ ;

12 мм $\leq d_a \leq$ 32 мм, кл. AII-AVI – для тяги из стержневой арматуры;

30 мм $\leq d_a \leq$ 60 мм – для тяги из ТВШ;

$0 \leq \beta \leq 20^o$

Для набрызгбетонного покрытия – $50 \leq d \leq 150$ мм.

5.3 2 Расчет крепления производится, исходя из следующей модели: нагели, воспринимая выдергивающие усилия, за счет трения вступают во взаимодействие с окружающим грунтом, увеличивая в нем величину эффективного сцепления, и связывают в пределах своей длины в

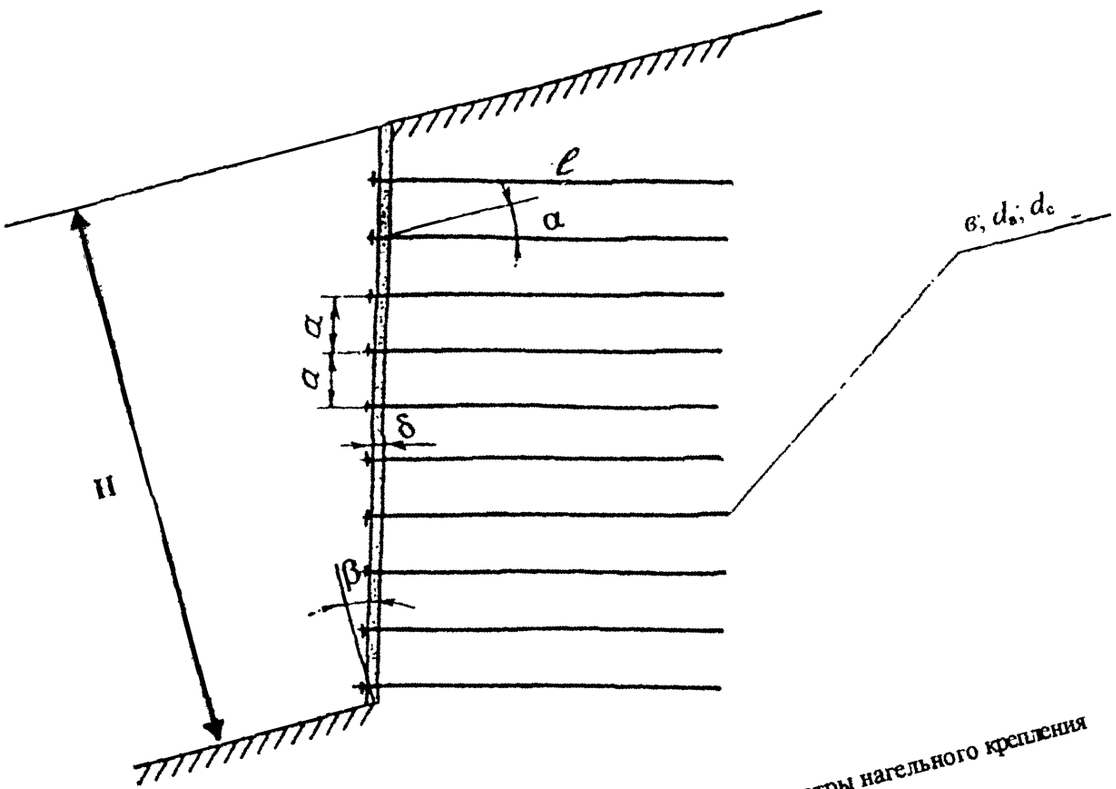



Рисунок 3 – Основные конструктивные параметры нагельного крепления

единое целое грунтовый массив, который рассматривается, как массивная подпорная стенка, способная воспринимать давление грунта и внешние нагрузки.

5.3.3 Методика расчета включает следующие этапы:

- определение параметров армирования массива (число ярусов, шаг установки, длина, наклон, диаметр нагелей) из условия обеспечения совместной работы нагельных элементов и грунта (внутренняя устойчивость);

- проверка длины нагелей из условия устойчивости армированного массива на опрокидывание и сдвиг по основанию (внешняя устойчивость);

- определение характеристик защитного покрытия стенки (откоса) и проверка шага расстановки нагелей из условия предупреждения локального вывала грунта между нагелями.

5.3.4 Расчет параметров армирования производится на основе рассмотрения напряженно-деформированного состояния массива с учетом приращения величины эффективного сцепления в укрепленном грунте. При этом должно быть обеспечено условие совместности деформаций нагелей и окружающего грунта, а также соответствия несущей способности нагелей (по грунту и по арматуре) расчетной нагрузке.

5.3.5 Расчеты внешней устойчивости, включающие проверку устойчивости армированного массива на опрокидывание и сдвиг относительно основания (рисунок 4), должны выполняться по следующим условиям:

$$\gamma_c \sum M_{уд} / \sum M_{опр} \geq \gamma_n \qquad (1)$$

$$\gamma_c G \operatorname{tg} \varphi / E \geq \gamma_n \qquad (2)$$

где $\sum M_{уд}$ – сумма моментов, удерживающих сил, воздействующих на армированный массив относительно центра вращения (т. 0),

$\sum M_{опр}$ – сумма моментов опрокидывающих сил относительно того же центра;

$\gamma_n$ – коэффициент надежности, принимаемый по СНиП 2.02.01-83* в зависимости от класса сооружения и расчетной сейсмичности площадки строительства;

$\gamma_c$ – коэффициент условий работ, $\gamma_c = 0,9$;

$G$ – общий вес армированного массива;

$\varphi$ – угол внутреннего трения грунта, лежащего в основании армированного массива;

$E$ – равнодействующая внешних сдвигающих нагрузок

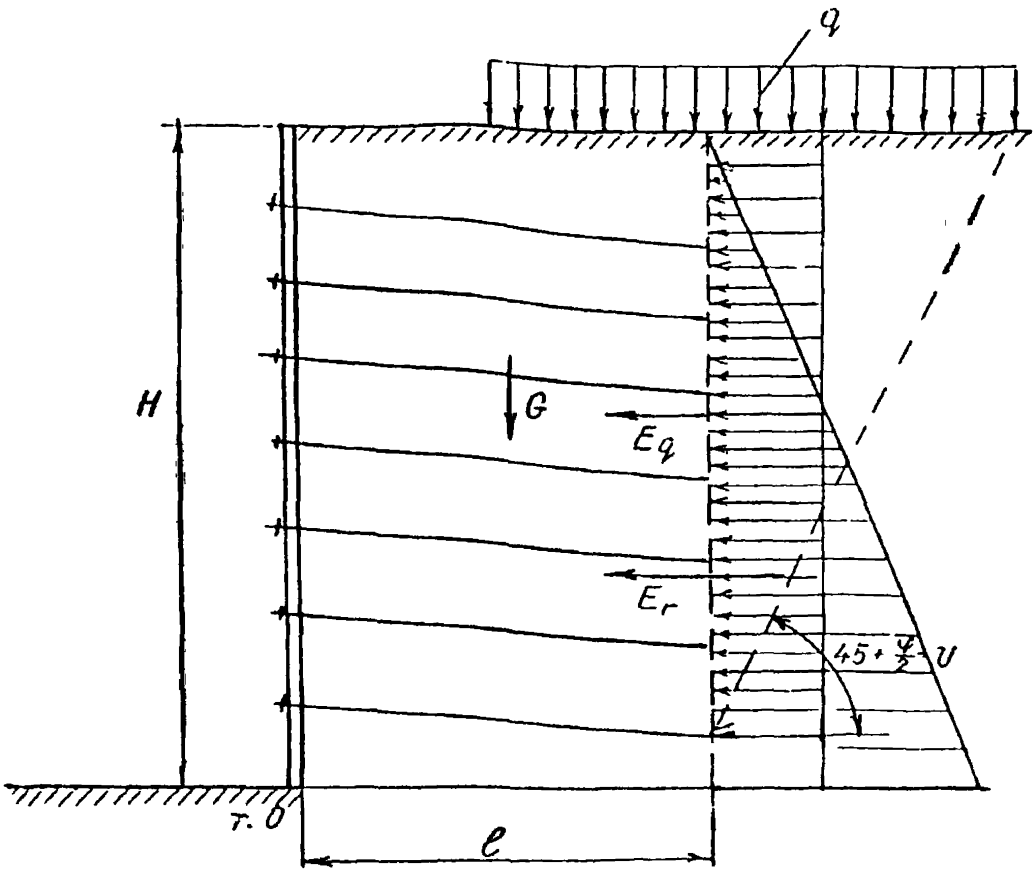
5.3.6 В случае, когда нагельная подпорная стенка расположена на косогоре, а в основании имеются слабые или крутонаклонные пласты грунта, необходимо выполнять расчет общей устойчивости закрепленного массива (вместе с окружающим грунтом) по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения.

5.3.7 Характеристики набрызгбетонного защитного покрытия стенки (откоса) следует определять прочностным расчетом в соответствии с указаниями ВСН 126-90

5.3.8 Расчеты следует выполнять исходя из глубины котлована (высоты откоса), инженерно-геологических условий, физико-механических характеристик грунтов, наиболее неблагоприятного сочетания внешних нагрузок

5.3.9 В случаях, когда грунты, слагающие стенку (откос), являются пучинистыми и возможно их промерзание или набухающими, в расчетах необходимо учитывать действие сил морозного пучения или набухания в соответствии с указаниями СНиП 2.02.01-83*.

5.3.10 Для получения оптимальной конструкции крепления расчеты рекомендуется вести с применением специализированных компьютерных программ, типа «КРЕПЬ» (разработчик «НИЦ «Тоннели и метрополитены» филиал ОАО ЦНИИС), «АРМОГРУНТ» (разработчик Санкт-Петербургский университет путей сообщения), а также программных комплексов типа «PLAXIS». Пример расчета по программе «КРЕПЬ» приведен в приложении А.




*q – нагрузка на поверхности*
*G – общий вес армированного массива*
*$E_r$, $E_q$ – равнодействующие от бокового давления грунта внешней наружи*
*H – высота откоса*
*ℓ – длина участка армированного нагелями*

Рисунок 4 – Схема к расчету устойчивости нагельного крепления

## 6 Конструкция и технология устройства грунтовых нагелей

### 6.1 Погружные и буроинъекционные нагели из стержневой арматуры

6.1.1 Для устройства нагелей такого типа следует использовать рифленые арматурные стержни периодического или винтового профиля классов А-II – А-VI, диаметром, как правило, 12-32 мм и соответствующие требованиям СНиП 52-01-2003, СП 52-101-2003, СП 52-102-2004, ГОСТ 5781-82*, ГОСТ 10884-94 Допускается использование арматуры винтового профиля по ТУ 14-2-686-86 в комплекте с соединительными элементами по ТУ 14-283-19-86, а также высокопрочного проката винтового профиля в комплекте с соединительными элементами по ТУ-14-1-5492-2004, в соответствии с «Рекомендациями по применению арматурной стали винтового профиля» Данные по наиболее часто используемым арматурным нагельным стержням приведены в приложении Б.

6.1.2 В зависимости от типа грунта и имеющегося оборудования арматурные стержни по мере разработки выемки могут быть погружены непосредственно в целик грунта забивкой, задавливанием или завинчиванием, а также установлены в предварительно пробуренных скважинах диаметром 60-170 мм с закреплением цементным раствором (буроинъекционные нагели).

6 1.3 Погружные нагели следует применять в устойчивых глинистых грунтах твердой или полутвердой консистенции при глубине котлована (откоса), как правило, до 7-8 м, с шагом по вертикали и по горизонтали согласно расчету, но не более 1 м Арматурные стержни располагаются порядно или через один в шахматном порядке.

При расчетном шаге стержней менее 0,4-0,5 м устройство нагельного крепления экономически и технически нецелесообразно.

6.1 4 Устройство буроинъекционных нагелей допускается производить как в твердых и пластичных глинах, так и в супесях, с шагом по вертикали и горизонтали по расчету, но не более 1,5 м. Нагели в ярусах располагаются через один в шахматном порядке.

6.1 5 Нагели в устойчивых глинистых грунтах устраивают с помощью универсального бурового станка по следующей технологии :

- бурение скважины шнеком;
- погружение в скважину арматурного стержня;
- заполнение скважины цементным раствором через инвентарную инъекционную трубку;
- закрепление головки нагеля на защитном покрытии после схватывания цементного раствора в скважине

6 1.6 Подачу цементного раствора в скважину через инвентарную инъекционную трубку следует производить, начиная со дна и до полного ее заполнения и излива. Давление нагнетания должно обеспечивать полное заполнение скважины.

6 1 7 Нагель в супесчаных грунтах при возможности осыпания скважины устраивают с помощью универсального бурового станка по следующей технологии :

- бурение скважины с обсадкой;
- погружение в скважину арматурного стержня;
- заполнение скважины цементным раствором через обсадные трубы по мере их извлечения;
- закрепление головки нагеля на защитном покрытии после схватывания цементного раствора в скважине.

6 1 8 Допускается бурение скважин с применением жидкого промывочного цементного раствора с В/Ц=0,7-1 или тиксотропного глинистого раствора. Через опускной инъектор буровой раствор должен быть полностью замещен на густой инъекционный цементный раствор, вплоть до вытекания его из скважины, после чего погружается арматурный стержень. Запрещается погружение арматурных стержней в буровой тиксотропный глинистый раствор.

6.1.9 Инъекционный цементный раствор должен обеспечивать связь с грунтом и способствовать антикоррозионной защите армирующего стержня Раствор должен обладать оптимальной вязкостью, минимальным водоотделением и прочностью в возрасте 7 суток не

менее 2 МПа.

6.1.10 В качестве инъекционного следует применять раствор на основе цемента марки не ниже М400 с В/Ц 0,4-0,6. Цементный раствор для предупреждения расслоения и образования комков следует сохранять в подвижном состоянии вплоть до нагнетания в скважину

6.1.11 Арматурные нагельные стержни должны быть снабжены по всей длине специальными центраторами, обеспечивающими их расположение по центру скважины Шаг центраторов 2,5-3 м. При необходимости нагель должен иметь резьбовой оголовок для закрепления на защитном покрытии.

## 6.2 Нагели типа «Титан»

### *6.2.1 Тяга нагелей*

6.2.1.1 Армирующие элементы (тяги) нагелей «Титан» включают следующие конструктивные части:

- трубчатые винтовые штанги (ТВШ);
- соединительные муфты;
- теряемая буровая коронка;
- фиксирующая шаровая гайка и сферическая шайба для закрепления на откосе (стенке).

В случае устройства постоянного нагельного крепления для обеспечения равномерности покрытия штанг тяги цементным раствором после каждой соединительной муфты следует устанавливать центрирующие распорки, соответствующие диаметру буровой коронки Схемы составляющих конструктивных элементов приведены на рисунке 5.

6.2.1.2 ТВШ и соединительные элементы к ним должны соответствовать ТУ-5264-001-56705770-2004 или ТУ 0932-002-56543451-2006 Длина одной ТВШ должна, как правило, составлять 2; 3; 4 и 6 м.

6.2.1.3 ТВШ следует изготовлять из мелкозернистой углеродистой стали обыкновенного качества соответствующей маркам СТ3сп, Ст3Гсп, Ст4сп, Ст5сп по ГОСТ 380-94, а также из коррозионностойкой стали, соответствующей маркам по ГОСТ 5632-72*

6.2.1.4 Типоразмеры, геометрические и механические характеристики ТВШ, приводятся в приложениях В, Г.

6.2.1.5 Допустимые отклонения геометрических параметров штанг и соединительных элементов должны соответствовать ГОСТ 21779-82.

6.2.1.6 На поверхности ТВШ должна быть нанесена крупная сплошная резьба с развальцованными канавками для подъема цементного раствора. Сплошная резьба должна обеспечивать соединение штанг и беспрепятственное прокручивание трубы по всей ее длине при забуривании в грунт. Возможны резка, соединение и отсоединение частей тяги при комплектации на строительной площадке.

6.2.1.7 Комплектование ТВШ в единую тягу следует производить при помощи соединительных втулочных муфт (рисунок 5) длиной, как правило, 105-200 мм и оснащенных по центру внутренней пластиковой кольцевой прокладкой-фиксатором, обеспечивающей равномерность закручивания штанг и равнопрочность соединения с металлом штанг. Конструкция муфт должна соответствовать ГОСТ 24246-96.

6.2.1.8 На передовую штангу должна быть навинчена буровая коронка, тип и размер которой подбирается в зависимости от вида проходимых грунтов и диаметра используемых ТВШ, в соответствии с рекомендациями п. 6.2.1.9 настоящего СТО. Буровая коронка должна иметь, как правило, четыре выпускных отверстия диаметром 8-10 мм для подачи в грунт бурового и инъекционного цементных растворов, подаваемых через внутреннюю полость ТВШ.

6.2.1.9 При назначении диаметра буровой коронки следует также исходить из необходимости обеспечения вокруг несущей ТВШ защитного слоя цементного камня толщиной:

- для временных конструкций в скальных грунтах – не менее 1 мм, в нескальных – не менее 20 мм;
- для постоянных конструкций во всех типах грунтов – не менее 30 мм.

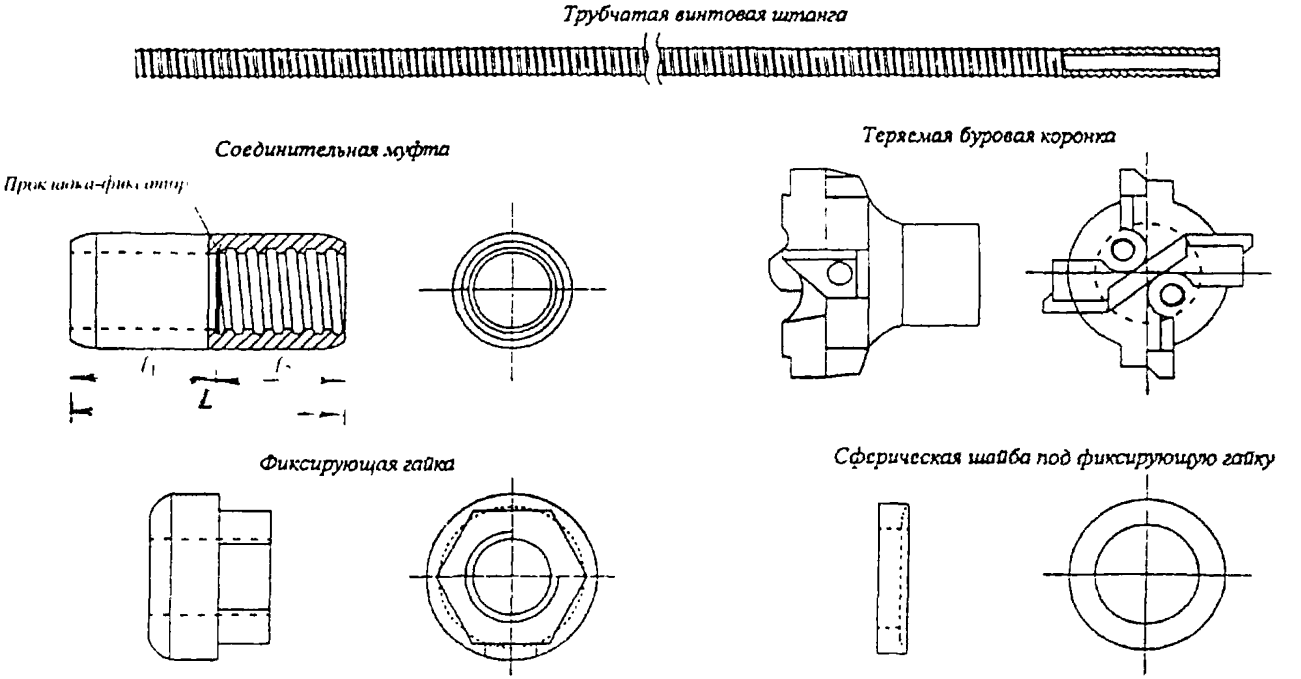



Рисунок 5 – Схемы конструктивных элементов составляющих анкерную тягу

6.2.1.10 Закрепление тяги нагеля на грунтовом откосе (стенке) производится установкой на выпуск тяги стальной упорной плиты специальной сферический шайбы и навинчиванием до упора шаровой гайки (см. рисунок 5). Конструкция и размеры гайки должны соответствовать ГОСТ 15525-70 а шайбы – ГОСТ 18123-82*.

6.2 1.11 Сопроводительные данные и упаковка ТВШ при поставке должны соответствовать требования ГОСТ 7566-94.

### *6.2.2 Забуривание штанг*

6 2.2.1 Перед забуриванием должна быть выполнена предварительная контрольная комплектация сборной тяги, включающая в себя навинчивание муфт на стыкуемые ТВШ и их маркировку

6 2 2 2 Одновременно с забуриванием через полость ТВШ и выпускные отверстия буровой коронки необходимо вести подачу в грунт бурового промывочного раствора, в качестве которого применяется цементный раствор с В/Ц=1.

6.2.2.3 Подача бурового инструмента в грунт должна производиться с линейной скоростью не более 0,3-0,5 м/мин и вращением около 50 об/мин, при давлении промывки 0,5-1,5 МПа. При бурении необходимо следить за полнотой заполнения скважины промывочным раствором, не допуская прекращения его обратного выхода с грунтом из устья скважины.

### *6.2.3 Инъекция цементного раствора*

6.2 3.1 Инъекция густого цементного раствора с В/Ц=0,4 через полость ТВШ и выпускные отверстия буровой коронки должна производиться под давлением 4-6 МПа не позже, чем через 1 час после окончания забуривания.

6.2.3.2 Для обеспечения поднятия густого цементного раствора от буровой коронки и распространения без пустот по всей длине заделки инъекцию рекомендуется сопровождать одновременным вращением составной винтовой тяги с буровой коронкой со скоростью 20-30 об/мин (динамическая опрессовка).

6.2.3.3 Густой цементный раствор должен полностью вытеснять буровой раствор из скважины. Инъекция прекращается, когда из скважины будет выходить густой цементный раствор плотностью не менее 1,8 г/см$^3$.

6.2.3.4 Для задержки густого цементного раствора опрессовки устье скважины можно закрывать пробкой (пакером), обеспечивающей свободный выход жидкого бурового раствора и выдавливаемой при полном заполнении скважины инъекционным раствором. Свидетельством качественного заполнения скважины является выход густого раствора инъекции через устье скважины

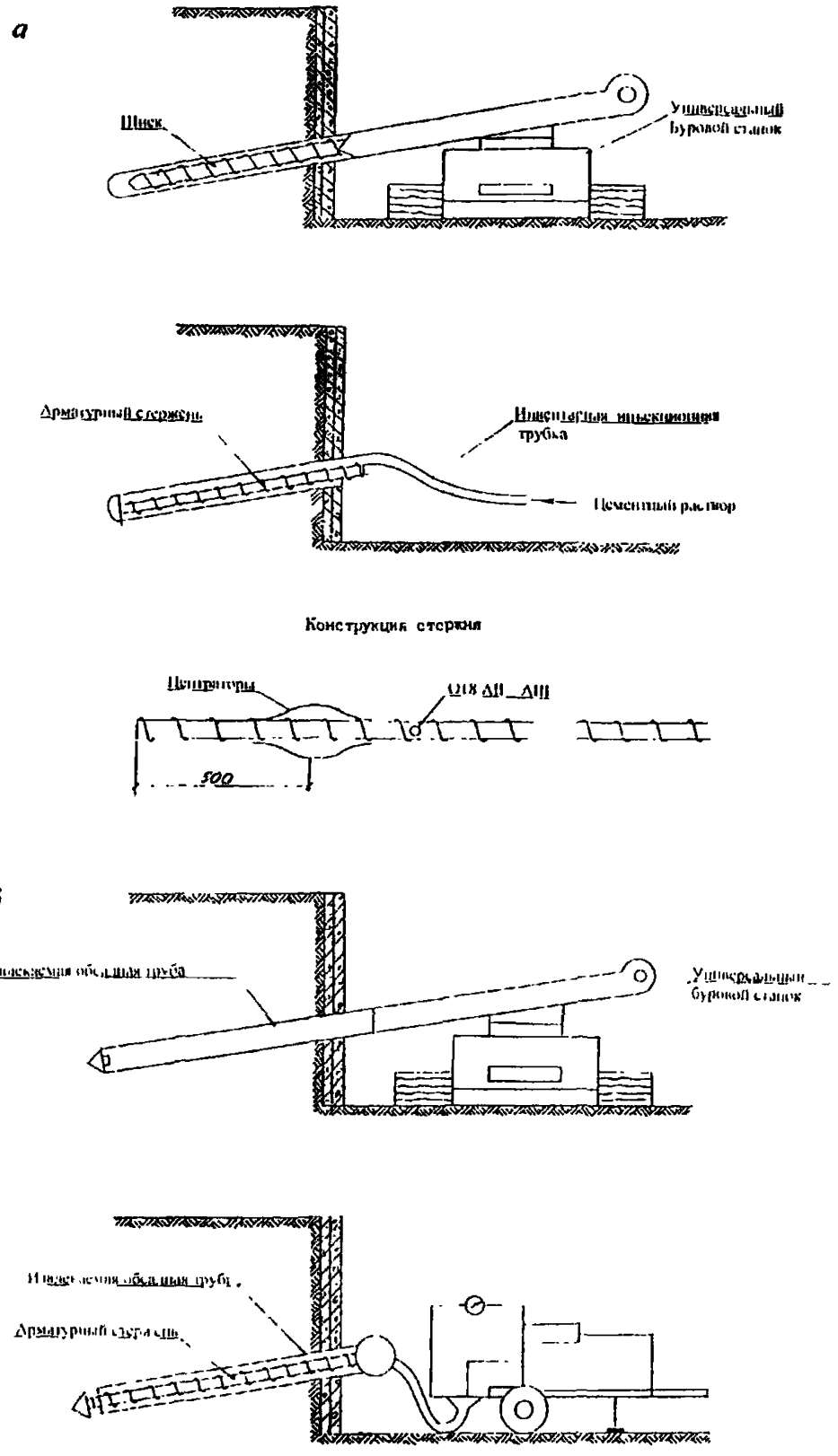
6.2 3.5 В процессе инъекции необходимо контролировать давление подачи и расход цементного раствора опрессовки. В том случае, когда давление инъекции не удается повысить до значений, указанных в п. 6.2.3.1, через 1-1,5 часа следует произвести повторную динамическую опрессовку.

6.2 3.6 Контрольные значения временных выдержек, давления и объема инъекции, скорости вращения ТВШ при динамической опрессовке допускается уточнять в процессе производства работ и по результатам испытаний.

## 6.3 Требования к постоянным грунтовым нагелям

6.3 1 Грунтовые нагели, устанавливаемые для долговременного (свыше двух лет) крепления откосов (стенок), должны быть изготовлены из коррозионностойкой стали или иметь дополнительную антикоррозионную защиту в соответствии с требованиями СНиП 2.03.11-85 и ГОСТ 9.602-2005.

6.3.2 Антикоррозионная защита постоянных нагелей должна отвечать следующим требованиям:




*а* – в устойчивых глинистых грунтах;
*б* – в супесчаных и устойчивых песчаных грунтах с обсадными трубами

Рисунок 5 – технология устройства грунтовых нагелей с помощью универсального бурового станка

- обеспечивать надежную защиту на весь планируемый период;
- не допускать снижение прочностных характеристик стали;
- охватывать защищаемый от коррозии стержень без микроскопических пустот;
- не допускать снижения сцепления стержня с цементным раствором или грунтом.

6.3.3 Дополнительную антикоррозионную защиту, создаваемую нанесением на поверхности тяг различных видов покрытий (например, горячее оцинкование), следует выбирать в соответствии с требованиями ГОСТ 9 303-84, ГОСТ 9 301-86, ГОСТ 9.304-87.

6.3 4 Защитные покрытия наносятся по технологиям, предусмотренным ГОСТ 9 305-84, ГОСТ 28302-89.

6.3.5 Металлоизоляционное покрытие необходимо защищать от механических повреждений при складировании, транспортировании и установке нагеля, используя трубы-оболочки.

6.3.6 Для повышения долговечности антикоррозионной защиты металлоизоляционное покрытие может устраиваться в сочетании с лакокрасочным или полимерным

6.3 7 Допускается применение ТВШ без дополнительной антикоррозионной защиты, при условии назначения размеров сечения с учетом темпа развития коррозии для конкретных условий строительства.

Для предварительной оценки и выбора оптимального типоразмера величину коррозии штанг производства фирмы «Ischebeck GmbH» из стали обыкновенного качества (без дополнительной антикоррозионной защиты) и сроке эксплуатации 60 лет рекомендуется принимать в зависимости от типа грунтов:

- в неагрессивных – 0,9 мм;
- в среднеагрессивных – 1,5 мм;
- в агрессивных – 2,9 мм.

6.3.8 Антикоррозионная защита оголовка постоянного нагеля должна включать:

- защитный гидроизоляционный колпак;
- массу, заполняющую свободное пространство между оголовком скважины и колпаком.

## 7 Испытания грунтовых нагелей

7.1 При применении данного вида крепления грунтовых откосов и стен котлованов следует проводить пробные, контрольные и приемочные испытания несущей способности грунтовых нагелей Все виды испытаний проводятся осевой ступенчато-возрастающей выдергивающей нагрузкой с фиксацией перемещений относительно неподвижного репера

7.2 Перед началом работ для определения фактической несущей способности по грунту основания, уточнения проектных параметров, отработки режимов бурения и нагнетания следует провести пробные испытания не менее пяти нагелей для каждого вида грунтов, в которых предполагается их закрепление.

Пробные испытания нагелей следует вести на специальном упоре внутри котлована в соответствии с требованиями и методикой ГОСТ 5686-94 для испытаний свай на выдергивание в комплексе проектно-изыскательских работ. Испытания проводятся комиссионно и оформляются соответствующим актом с приложением журнала полевого испытания и графиков зависимостей величины выхода сваи из грунта ($\Delta_в$) от выдергивающей нагрузки ($P_{выд}$), $\Delta_в = f(P_{выд})$ и от времени выдержки на каждой ступени нагрузки $\Delta_в = f(t)$ по формам приложений Ж и Л к ГОСТ 5686-94

Буроинъекционные пробные нагели после испытаний целесообразно раскопать для обследования их заделки в грунте.

7 3 В процессе производства работ по креплению приемочные испытания нагелей следует производить для каждого яруса установки в следующих объемах:

- первые 5 нагелей;
- каждый 20-й нагель (5% от общего количества).

7.4 Приемочные испытания нагелей производятся в соответствии с требованиями «Руководства по проектированию и технологии устройства анкерного крепления в транспортном строительстве» и «Методических рекомендаций по испытаниям временных грунтовых анкеров крепления котлованов». Нагружение нагелей крепления осуществляется до максимальной

испытательной нагрузки $A_и$=1,5·$A_р$ ($A_р$ – расчетная нагрузка) и после необходимой для данного типа грунта выдержки, сопровождающейся условной стабилизацией смещений (не более 0,1 мм за последние 15 мин наблюдений), производится разгрузка до начального усилия $A_о$=0,1$A_s$ ($A_s$ – усилие, соответствующее пределу текучести), при котором нагель закрепляется на откосе или стене котлована Результаты приемочных испытаний фиксируются в сводной ведомости по форме приложения Д.

7.5 Если в ходе строительства изменятся гидрогеологические условия, конструкции или технологии устройства нагелей, следует провести контрольные испытания их несущей способности по программе пробных (без откапывания).

7 6 Испытания и блокировка нагелей на откосе или стенке должны производиться после достижения цементным камнем заделки прочности на одноосное сжатие не менее 21 МПа. Этот срок определяется при подборе состава цементного раствора инъекции и уточняется в процессе работы путем испытаний контрольных образцов в порядке, приведенном в пунктах 9 4 4-9 4.6 настоящего СТО. Погружные нагели испытываются не ранее, чем через трое суток после их установки.

## 8 Производство работ по устройству крепления

### 8 1 Подготовительные работы

8.1 1 До начала разработки котлована и устройства нагельного крепления должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- устроено ограждение стройплощадки,
- разбиты оси и границы котлована,
- снят слой растительного грунта;
- вскрыты и переложены все подземные коммуникации, попадающие в габариты котлована и укрепляемого массива грунта,
- спланирована поверхность и устроены временные дороги;
- размещены временные административно-бытовые помещения;
- подготовлены места для складирования строительных материалов и конструкций;
- завезено необходимое технологическое оборудование;
- проведены пробные полевые испытания нагелей

8.1 2 Нагельное крепление необходимо устраивать в соответствии с рабочими чертежами и проектом производства работ, в состав которого должен входить технологический регламент, утвержденный главным инженером организации-производителя работ, или по типовым технологическим схемам, разработанным для наиболее характерных участков, отличающихся размерами, типом котлована и конструкции, шириной фронта для работы механизмов.

8.1.3 Основными элементами крепления являются собственно нагели и покрытие грунтовой стены или откоса, служащее для предотвращения локальных вывалов грунта между нагелями и эрозии поверхности в период эксплуатации крепления. Защищать поверхности откоса следует, как правило, при помощи устройства набрызгбетонного или синтетического покрытия (рисунок 7), или сборной защитной стенки (рисунок 8).

*Далее приводятся характеристики типовых конструктивно-технологических решений и* последовательность возведения различных видов крепления

### 8.2 Нагельное крепление с набрызгбетонным покрытием

8 2 1 Нагельное крепление с набрызгбетонным покрытием при опережающем погружении стержней в грунт следует, как правило, применять в качестве временного в устойчивых связных грунтах (суглинки, глины) для котлованов и выемок глубиной до 8 м Вариант конструкции приведен на рисунке 7, а технические характеристики – в таблице1.

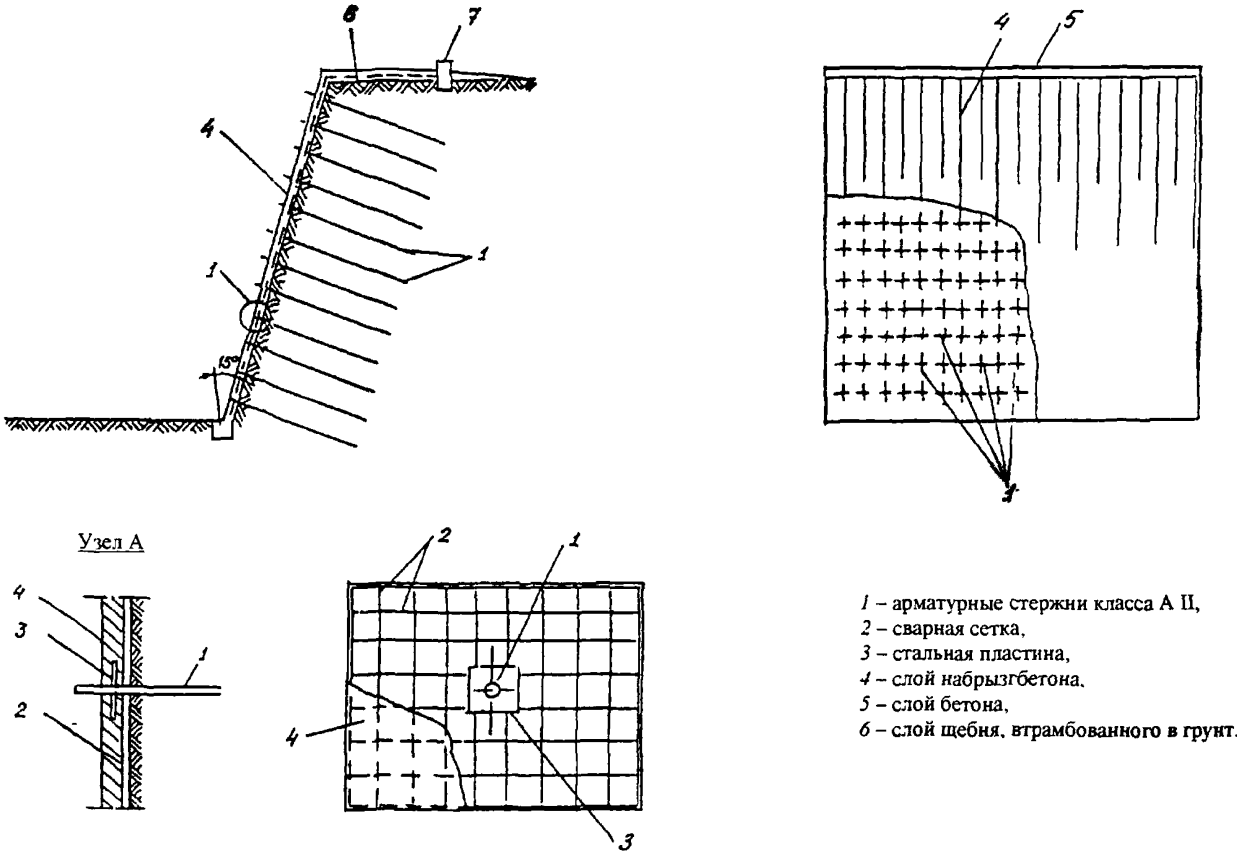
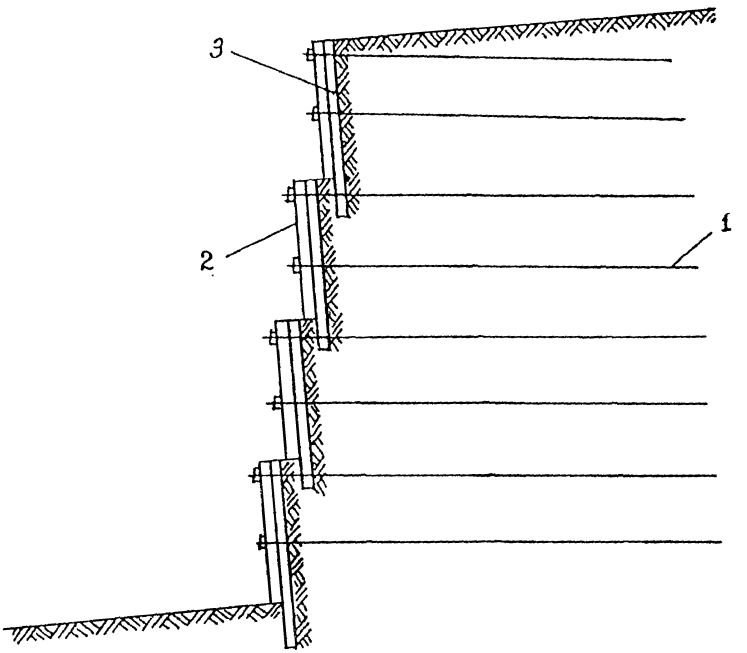



Рисунок 7 – Типовая схема нагельного крепления с защитой поверхности откоса котлована набрызгбетоном




*1* – нагели, *2* – оградительные щиты; *3* – сваи-стойки

Рисунок 8 – Типовая схема нагельного крепления со сборной защитной стенкой

Таблица1 – Технические характеристики нагельной крепи с набрызгбетонным покрытием (вариант с погружными нагелями)

| Конструктивный параметр | Значение |
|---|---|
| Высота закрепляемых откосов, м | 3-8 |
| Крутизна, град. | 70-90 |
| Длина нагелей, м | 2-7 |
| Диаметр погружных арматурных стержней, мм | 12-32 кл АП - AVI |
| Шаг нагелей, м | 0,6-1,0 |
| Угол наклона нагелей к горизонту, град | 0-30 |
| Толщина набрызгбетонного покрытия, мм | 50-70 |

8 2 2 В состав работ по креплению стен котлованов и откосов при опережающем погружении арматурных стержней в грунт по длине захватки и при набрызгбетонном защитном покрытии входят следующие операции:

- механизированная разработка грунта на глубину одного или двух ярусов (0,6-2,0 м) с последующей доработкой откоса до проектной крутизны в соответствии с проектом производства работ (ППР);
- погружение в откос арматурных стержней,
- навеска и закрепление стальной сетки или арматурного каркаса;
- нанесение набрызгбетонного покрытия;
- фиксирование стержней на покрытии.

Цикл работ полностью повторяют на последующих захватках и ярусах до достижения проектной глубины.

При опережающем погружении нагелей в грунт допускается закрепление оголовка нагеля на арматурной сетке до нанесения набрызгбетона на откос

8 2.3 Нагельное крепление с набрызгбетонным покрытием при буроинъекционных нагелях допускается применять в качестве как временного, так и постоянного, в сухих связных грунтах (супеси, суглинки, глины) для котлованов и выемок, как правило, глубиной до 15 м. Техническая характеристика приведена в таблице 2

8.2 4 В состав работ по креплению стен котлованов и откосов при набрызгбетонном покрытии и буроинъекционных нагелях должны входить следующие технологические операции (рисунок 9):

- механизированная разработка грунта на глубину одного или двух ярусов (1,0-3,0 м) по длине захватки, с последующей доработкой откоса до проектной крутизны в соответствии с ППР;
- установка арматурной сетки (армокаркаса) и последующее набрызгбетонирование подготовленного участка грунтового откоса,
- проходка горизонтальных или наклонных (под углом 0-30°) скважин с погружением арматурных стержней или забуривание ТВШ;
- заполнение скважин цементным раствором с В/Ц 0,4-0,6 через инъекционную трубку (обсадную трубу) с одновременным ее извлечением или опрессовка ТВШ;
- фиксирование стержней на поверхности набрызгбетонного покрытия,
- при необходимости – нанесения второго слоя набрызгбетона,
- разработка грунта последующего яруса и повторение операций

Таблица 2 – Техническая характеристика нагельной крепи с набрызгбетонным покрытием (вариант с буроинъекционными нагелями)

| Конструктивный параметр | Значение |
|---|---|
| Высота закрепляемых откосов, м | 7-15 |
| Крутизна, град. | 70-90 |
| Диаметр скважин, мм | 40-170 |
| Длина нагелей, м | 5-12 |
| Типоразмер тяги | Арматурные стержни12-32 кл. AII - AVI, ТВШ диаметром 30-60 мм |
| Шаг нагелей, м | 1,0-1,5 |
| Угол наклона нагелей к горизонту, град | 0-30 |
| Толщина набрызгбетонного покрытия, мм | 60-150 |

8.2.5 Поярусную механизированную разработку грунта (рисунок 10) в зависимости от глубины вскрываемого уступа следует вести в соответствии с ППР, например, бульдозером или экскаватором, с планировкой дна, перемещением грунта и погрузкой в автосамосвалы. Непосредственно у стен грунт разрабатывают вручную. Зачистку и планировку откоса до проектной крутизны сопровождают геодезическим контролем.

8.2.6 Промежуток времени между зачисткой откоса и нанесением набрызгбетона должен быть сокращен до минимального и, в зависимости от вида грунта, не превышать 8-24 часов. При наличии достаточного фронта работ разработка грунта, устройство покрытия откоса и установка нагелей должны вестись в единой технологической цепочке одновременно. Не допускаются перерывы в набрызгбетонировании вскрытого участка. К разработке следующего яруса приступают только после закрепления (возведения защитного покрытия, устройства нагеля и фиксирование его на поверхности) предыдущего яруса.

8.2.7 Стержни закрепляют на покрытии навинчиванием фиксирующих гаек или приваркой поперечных отрезков арматуры через закладную пластину (рисунок 7). Закрепление следует производить после набора набрызгбетоном прочности не менее 1,5 МПа (ориентировочно через 12 часов).

8.2.8 Поверхность откоса или вертикальной стены котлована, предназначенная для покрытия слоем набрызгбетона, должна быть подготовлена следующим образом:

- поверхность спланирована в соответствии с ППР и выровнена;
- арматурные сетки или каркасы установлены по проекту в один или несколько слоев и притянуты к грунту забивными крюками.

8.2.9 Арматурный каркас защитного покрытия откоса (стенки) допускается выполнять из двух слоев дорожной сетки, уложенной со сдвигом по вертикали и горизонтали.

8.2.10 Арматурный каркас последующих ярусов должен соединяться с выпусками армокаркаса предыдущего яруса сваркой или вязальной проволокой.

8.2.11 В арматурном каркасе в местах установки нагелей должны устанавливаться закладные детали, например, в виде отрезков труб или извлекаемых деревянных, пластиковых и др. элементов, соответствующих диаметру бурения (рисунок 11).

8.2.12 На дневной поверхности от края верхнего яруса нагельного крепления котлована следует устраивать защитный козырек шириной 0.5-1.0 м из бетона или набрызгбетона. Для этого верхний конец армокаркаса или сетки заворачивается и закрепляется горизонтально по поверхности.

8.2.13 Нижний конец сетки каждого яруса устанавливается в углублении величиной 20 см в дне яруса и прикапывается для исключения замоноличивания при набрызгбетонировании (рисунок 12, Узел С).

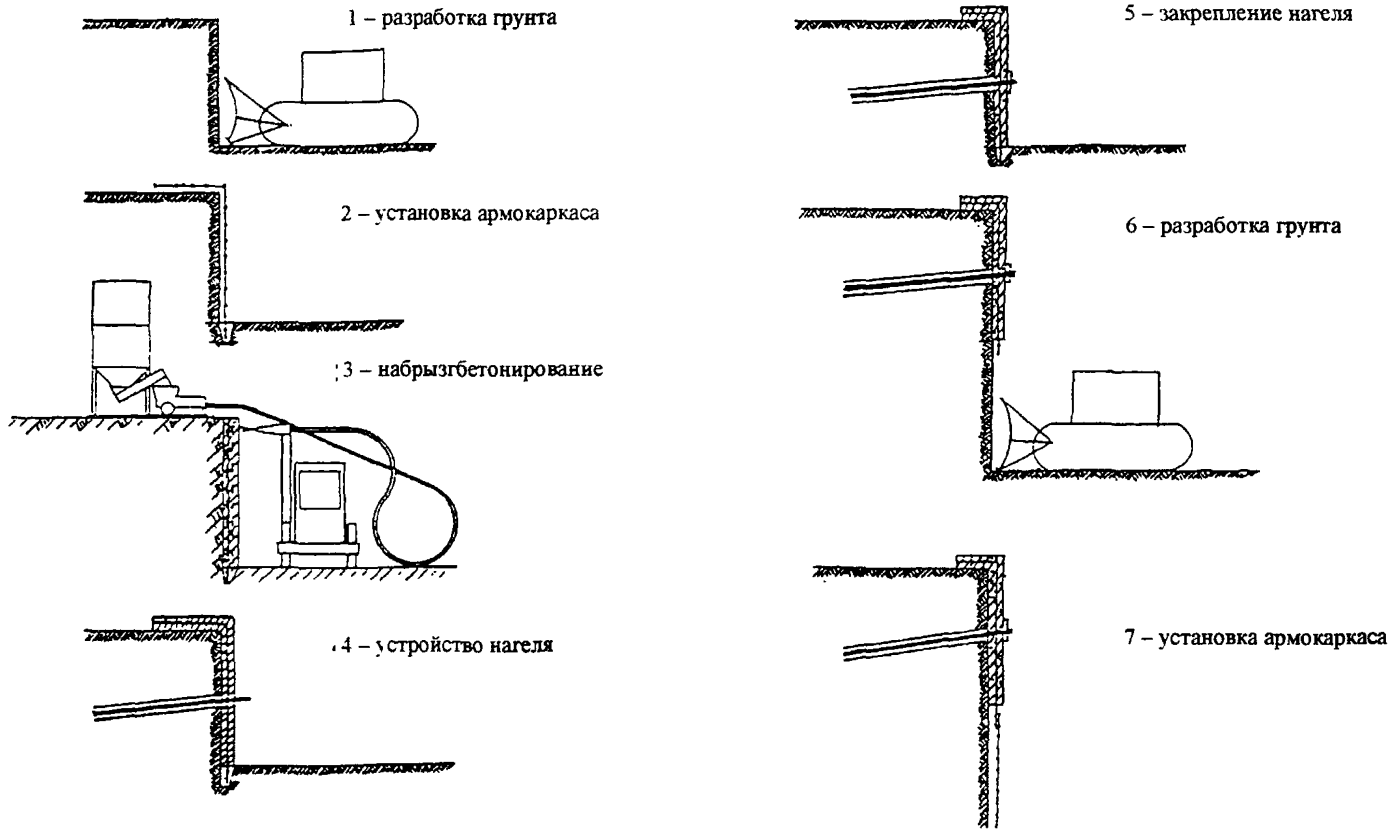
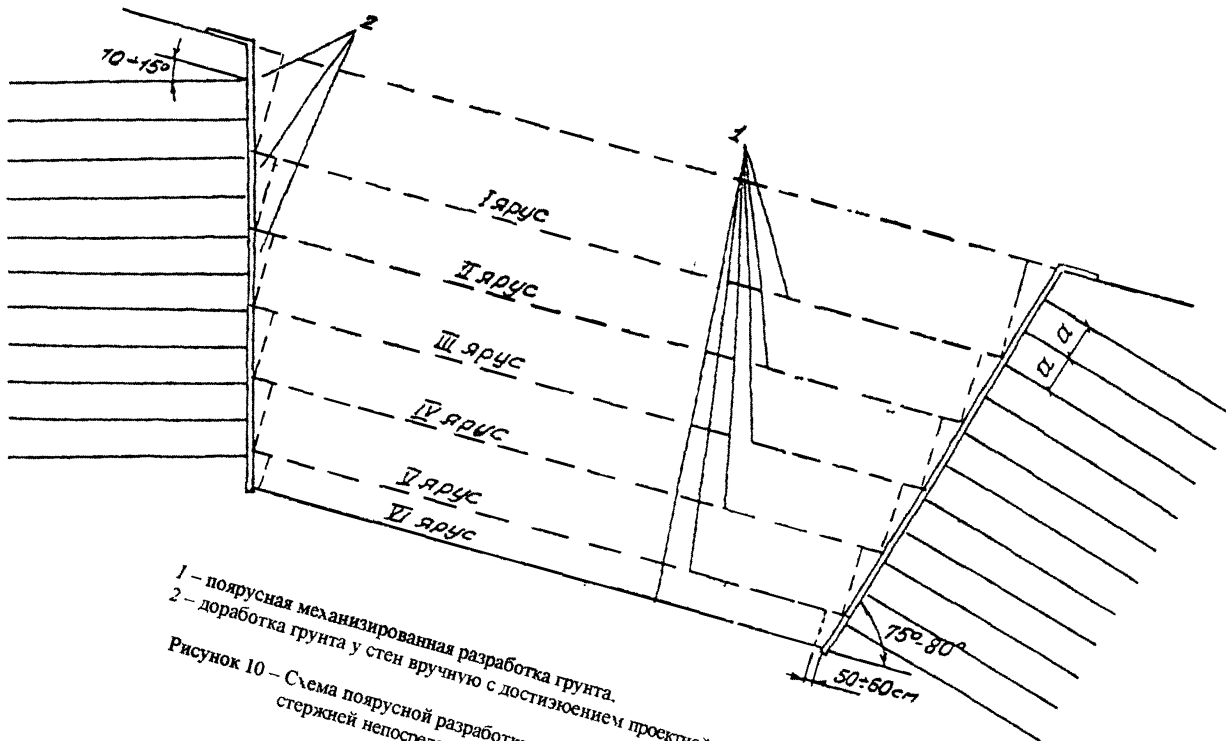



Рисунок 9 – Технология устройства нагельного крепления с набрызг-бетонным экраном и буроинъекционным нагелем




1 – поярусная механизированная разработка грунта.
2 – доработка грунта у стен вручную с достизюением проектной крутизны откоса

**Рисунок 10** – Схема поярусной разработки грунта (вариант с погружением стержней непосредственно в грунт, шаг нагелей а ≤ 1м )

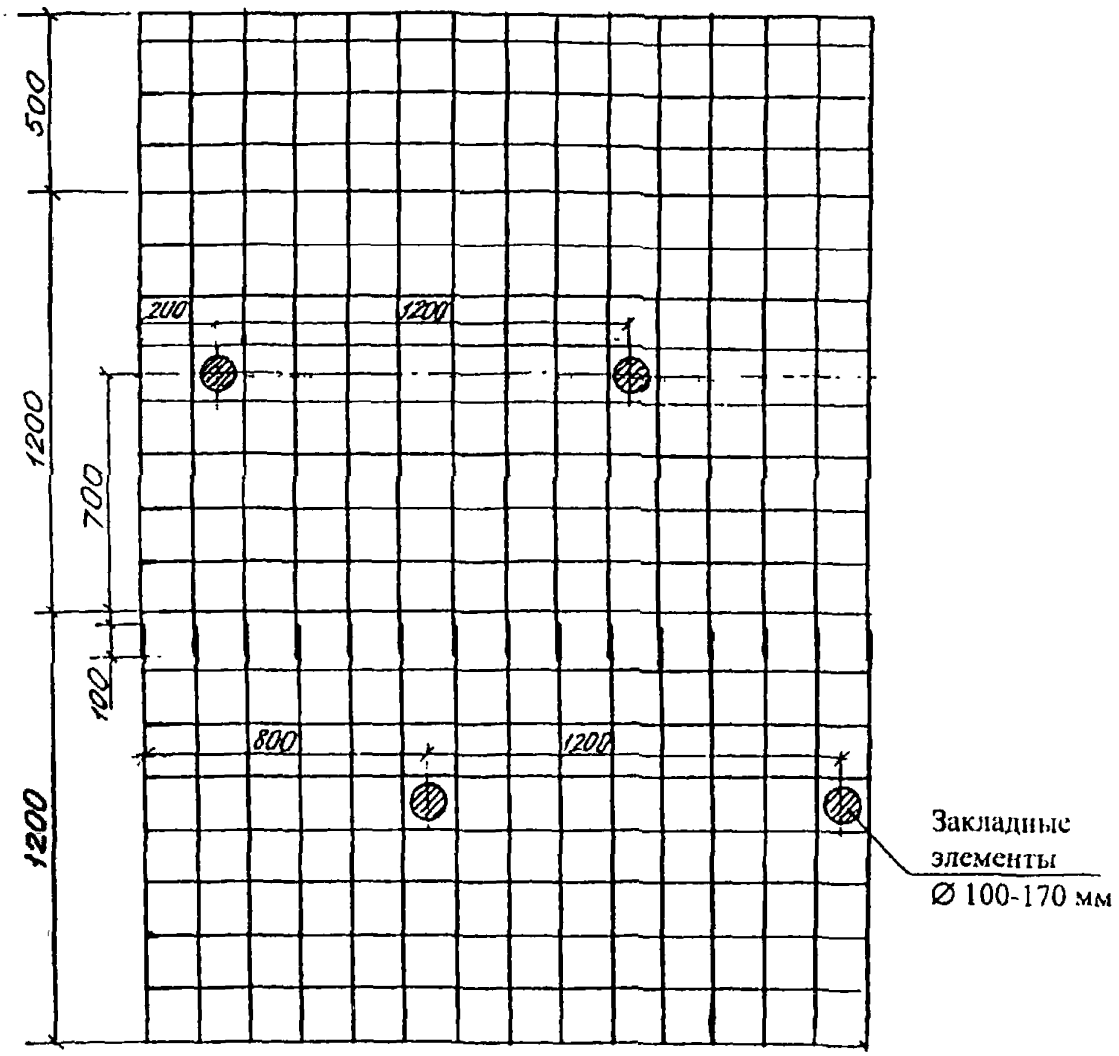



Рисунок 11 – Конструкция армокаркаса с закладными элементами

8 3 Нанесение набрызгбетонного покрытия

8 3 1 Крепление откоса набрызгбетоном следует производить в соответствии с требованиями и рекомендациями ВСН 126-90. Допускается применения «сухого» или «мокрого» способа набрызгбетонирования.

8.3.2 При «сухом» способе исходная сухая смесь при помощи набрызгбетономашины должна подаваться в воздушную струю, транспортирующую ее к соплу Необходимая скорость воздуха, обеспечивающая перемещение смеси в трубопроводе (шланге), должна быть не менее 60-65 м/с при скорости смеси на выходе из сопла 40-45 м/с Вода для затворения смеси должна вводиться непосредственно в сопле или за несколько метров до него. Толщина наносимого за один проход слоя составляет 7-10 см

8.3.3 При «мокром» способе готовую бетонную смесь (заранее затворенную требуемым количеством воды) при помощи насоса по трубопроводу или шлангу подводится к месту нанесения покрытия. В распылительном сопле в подаваемый состав должен нагнетаться сжатый воздух, посредством которого происходит набрызгивание на поверхность откоса. Скорость материала на выходе из сопла 5-7 м/с. Толщина наносимого за один проход слоя равна 2-3 см.

8 3 4 Для приготовления сухой смеси следует применять цемент, соответствующий ГОСТ 30515-97 и ГОСТ 10178-85*. Расход цемента М 400 – не менее 300 кг на 1 м$^3$ набрызгбетона. В качестве заполнителей следует, как правило, применять песок с модулем крупности $M_к$ не ниже 2,0, без примеси глинистых частиц и соответствующий ГОСТ 26633-91*, щебень крупностью до 15 мм, соответствующий ГОСТ 8267-93*. Вода для затворения «сухой» смеси должна отвечать требованиям ГОСТ 23732-79.

Состав «сухой» смеси должен подбираться с учетом конкретных условий строительства. Ориентировочный состав смеси приведен в приложении Е.

8.3.5 Для ведения набрызгбетонных работ при низких положительных и отрицательных температурах в составе смеси следует вводить в воду затворения специальные добавки, например, углекислый калий (поташ) в количестве, зависящем от массы цемента и значения температуры воздуха.

8.3.6 Режим укладки набрызгбетона должен выбираться в зависимости от грунтов, слагающих стенку котлована или откос. При производстве набрызга на слой глины и длине шланга до 60 м давление воздуха в набрызгбетономашине следует поддерживать равным, как правило, 0,6 МПа. При ведении набрызга на слой песка и длине шланга до 60 м для предотвращения выдувания песка необходимо снизить давление воздуха в машине до 0,3-0,35 МПа. При длине шланга более 60 м режим укладки выбирается по месту.

8 3.7 Расстояние от сопла до поверхности стенки котлована или откоса следует выбирать по минимальному отскоку крупного заполнителя. Как правило, это расстояние составляет 0,8-1,1 м.

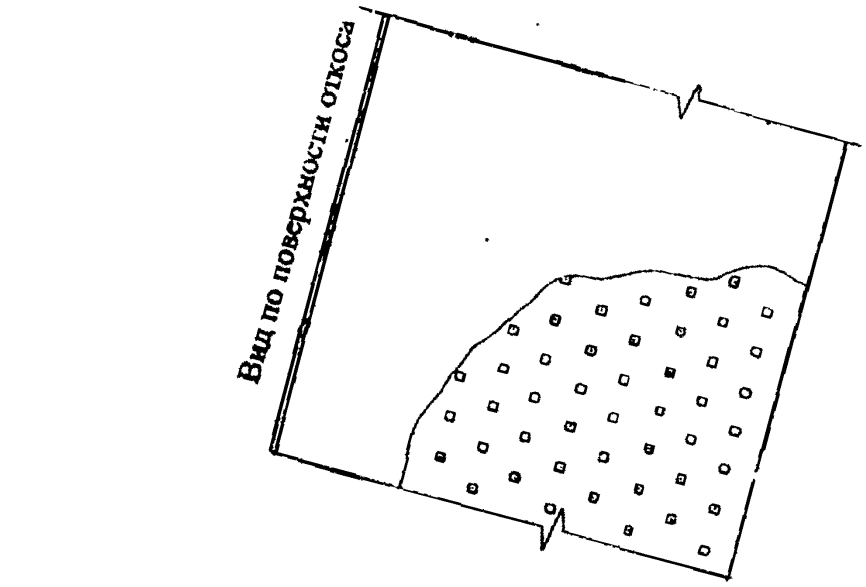
8.3.8 В процессе производства работ необходимо контролировать режим набрызга по давлению, расходу воздуха и воды, а также по плотности и составу смеси.

8.4 Нагельное крепление со сборной защитной стенкой

8 4.1 Приведенная далее схема нагельного крепления – один из частных случаев возможного применения сборной защитной стенки.

8.4.2 Нагельное крепление со сборной защитной стенкой допускается применять в устойчивых связных грунтах (глины, суглинки, супеси) в качестве как временного, так и постоянного для котлованов и выемок глубиной до 15 м.

8.4.3 Конструкция крепления представляет собой соединение возводимых поярусно стен из ограждающих рам и грунтовых буроинъекционных нагелей (рисунок 13*)*. Стенка включает несущие вертикальные стойки, объединенные горизонтальными балками продольных поясов, и оградительные щиты, притянутые к укрепляемому грунту, как правило, буроинъекционными нагелями В горизонтальных балках продольных поясов должны быть специальные отверстия, снабженные кондукторами для устройства вертикальных стоек в виде трубчатых свай или двутавровых балок. Положение оградительных щитов показано на рисунке 8.




*1 – нагель; 2 – стержень; 3 – армокаркас; 4 – упорная пластина; 5 – защитный козырек (размеры для справок)*

**Рисунок 12 – Конструкция крепления нагеля в набрызгбетонном 20 см защитном покрытии**

8.4.4 В качестве оградительных щитов используются в основном тонкостенные слабоармированные железобетонные плиты толщиной 60-80 мм. При соответствующем обосновании допускается использование металлических или пластмассовых щитов. Техническая характеристика крепления приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Техническая характеристика нагельного крепления со сборной защитной стенкой

| Конструктивный параметр | Значение |
|---|---|
| Высота стенки, м | 5-15 |
| Длина нагелей, м | 4-12 |
| Диаметр стержней, мм | 12-32 кл AII - AVI |
| Шаг нагелей, м | 1-1,5 |
| Угол наклона нагелей, град. | 0-30 |
| Диаметр вертикальных стоек, мм | 80-160 |
| Длина вертикальных стоек, м | 2,9-3,9 |
| Размер оградительного щита, м | от 1×2 до 1,5×3 |
| Глубина разработки яруса котлована, м | до 3,0 |
| Время закрытия обнаженного грунта борта котлована защитными щитами, ч | не позже 8-24 |
| Диапазон рабочих температур, град. | от минус 10 до плюс 40 |

8.4.5 В состав работ по устройству нагельного крепления со сборной защитной стенкой должны входить следующие технологические операции.

- установка верхней горизонтальной балки продольного пояса первого яруса и прикрепление ее к грунту наклонными нагелями;
- бурение вертикальных скважин через кондукторы продольного пояса, погружение несущих элементов стоек и омоноличивание;
- механизированная разработка грунта первого яруса,
- ручная доработка и зачистка грунта у стены котлована, установка оградительных щитов в проектное положение и заполнение зазоров между щитами и грунтом,
- устройство промежуточного ряда нагелей с фиксацией на оградительных щитах;
- установка нижней балки первого яруса встык с вертикальными стойками и со смещением относительно верхней балки;
- прикрепление нижней балки к грунту наклонными нагелями;
- повторение предыдущих операций в строго установленном порядке до достижения проектного дна котлована.

8.4.6 Заглубление вертикальных стоек в грунт должно составлять не менее 1/3 высоты разработки яруса грунта. Отклонение продольной осей скважин под стойки от проектного положения допускается не более 1° В качестве стоек могут быть использованы буронабивные сваи с опускным пространственным армокаркасом или вертикальные сваи «Титан».

8.4.7 Стойки и нагели следует устанавливать через один в шахматном порядке Каждый ограждающий щит после установки в проектное положение должен быть притянут к грунту нагелем.

8.4.8 При использовании крепления в качестве временного допускается демонтаж и повторное использование элементов защитной стенки (продольных балок и щитов затяжки) при обратной засыпке котлована.

Разборку стенки следует производить поярусно снизу вверх, в следующей очередности:

- срезка головок нагелей нижнего яруса;
- демонтаж продольной балки;
- снятие оградительных плит;
- обратная засыпка пазух на высоту нижнего яруса захватками по 10 м, с уплотнением

насыпного грунта;

- повторение операций для следующего яруса.

Если в проекте предусмотрено использование крепления в качестве элемента шумовиброзащиты при эксплуатации метрополитена, то разборка стенки не производится.

8.4.9 Наряду с описанной может использоваться и другая конструкция нагельного крепления со сборной защитной стенкой, схема которой приведена на рисунке 14.

### 8 5 Нагельное крепление с синтетическим покрытием

88.5.1 Нагельное крепление с синтетическим покрытием следует применять, как правило, в качестве временного в связных грунтах (супеси, суглинки, глины) для котлованов и выемок глубиной до 10 м.

8.5 2 Конструкция крепи включает систему погружных арматурных стержней и защитное покрытие откоса из нетканых текстильных синтетических материалов. Поверх синтетического покрытия должна быть уложена и закреплена на выпусках нагелей прижимная арматурная сетка по ГОСТ 8478-81* или армокаркас, а также водоотталкивающий материал (например, полиэтиленовая пленка по ГОСТ 10354-82* для защиты покрытия от атмосферных осадков). Техническая характеристика конструкции приведена в таблице 4.

8.5.3 В качестве синтетического покрытия следует использовать стеклоткань по ГОСТ 10727-91, иглопробивные нетканые материалы из поликапроамида или полиэтилена и аналогичные материалы.

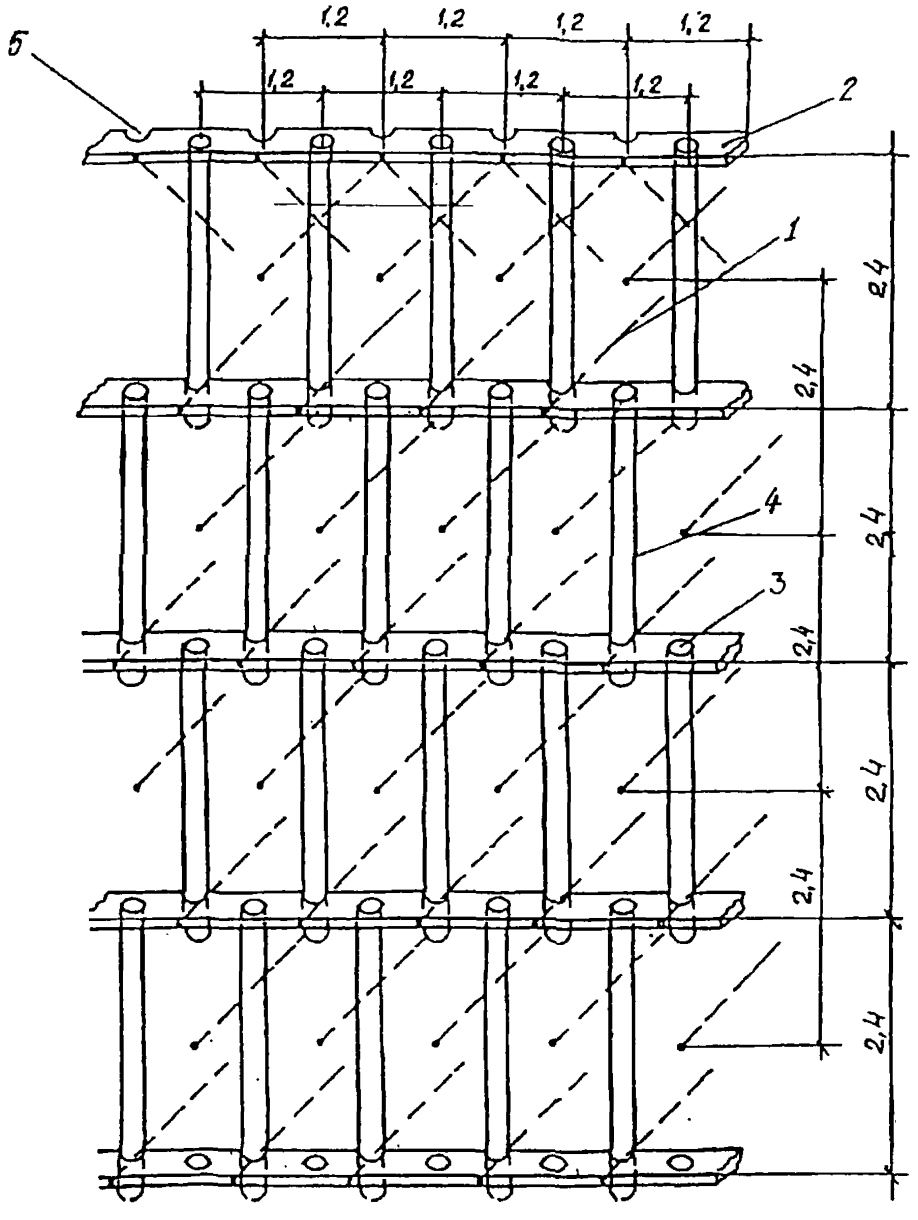
Таблица 4 – Техническая характеристика нагельной крепи с синтетическим покрытием

| Конструктивный параметр | Значение |
|---|---|
| Высота закрепляемых откосов, м | 3-8 |
| Крутизна, град. | 60-80 |
| Длина нагелей, м | 2-7 |
| Шаг нагелей, м | 0,6-1,0 |
| Угол наклона нагелей, град. | 0-30 |
| Диаметр погружных арматурных стержней, мм | 12-32 кл АП - AVI, |
| Арматурная сетка размерами, мм | 100×100×5 Вр 1 |
| Покрытие | синтетический материал |

8.5.4 При погружении армирующих стержней непосредственно в грунт, в состав работ по устройству нагельного крепления с синтетическим покрытием входят следующие технологические операции:

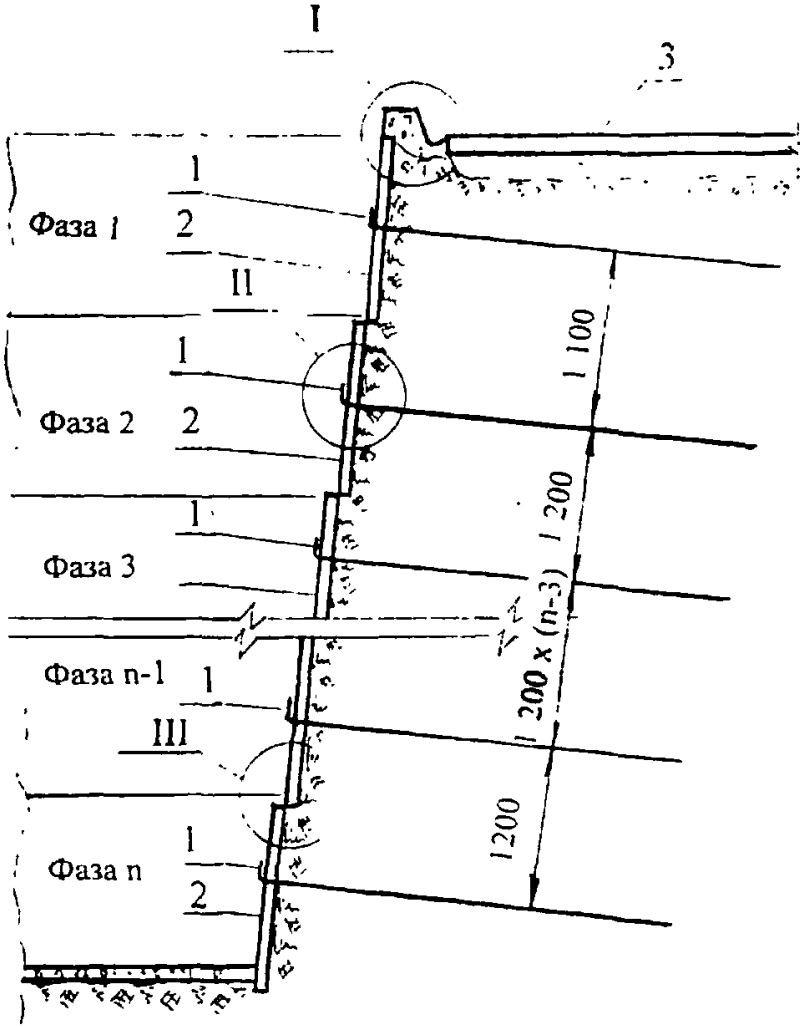
- механизированная разработка грунта на глубину одного или двух ярусов (0,6 - 2 м),
- доработка и планировка откоса вручную до проектной крутизны;
- погружение в грунтовый откос армирующих стержней,
- натяжение на откосе синтетического покрытия,
- навешивание на выпусках стержней прижимных арматурных сеток и закрепление их с натягом на поверхности грунта,
- закрепление на выпусках стержней защитной пленки;
- повторение цикла для следующих захватки и яруса.

8.5.5 Закрепление нагелей на покрытии и прижим арматурной сетки к откосу следует осуществлять при помощи опорных шайб и резьбовых гаек, навинчиваемых на выпусках стержня. Для этого нагельный стержень необходимо выполнять из арматуры винтового профиля по ТУ-14-2-686-86 и ТУ 14-1-5492-2004 или оснащать хвостовиком с резьбой, приваренным контактным способом и равнопрочным по резьбовому сечению с арматурным стержнем



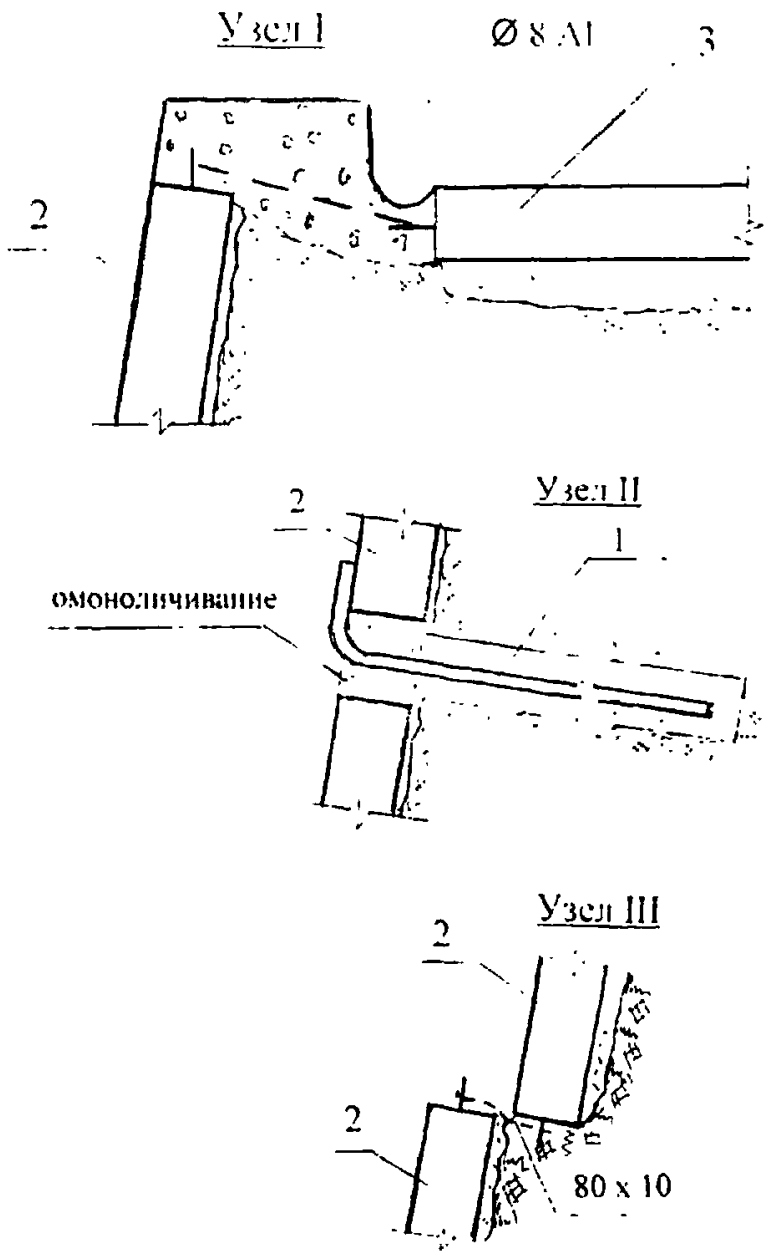

*1* – грунтовый нагель; *2* – горизонтальная балка продольного пояса;
*3* – кондуктор для устройства стойки; *4* – вертикальная стойка;
*5* – стыковочный паз

Рисунок 13 – Пример несущей конструкции нагельного крепления




*1* – нагели с шагом 1100 × 1100, *2* – сборные железобетонные плиты 1600 × 1100 × 100, *3* – дорожные плиты

**Рисунок 14** – Крепление котлована нагелями с использованием сборных железобетонных плит



8.5.6 По верху котлована должна быть забетонирована защитная берма с водоотводным лотком. На заключительном этапе при достижении проектной глубины котлована у основания откоса также бетонируют водосборный лоток.

## 9 Контроль качества и приемка работ

### 9.1 Общие требования

Качество устройства крепления должно соответствовать проекту, контролироваться и оцениваться согласно требованиям СНиП 12-01-2004, ГОСТ 16504-81* и настоящего СТО. При этом надлежит выполнять все виды производственного контроля: входной, операционный, приемочный и инспекционный. Результаты контроля фиксируются в журналах работ, актах на скрытые работы, актах и протоколах испытаний, актах освидетельствования и приемки конструкций и других соответствующих документах.

### 9.2 Входной контроль

9.2.1 Входной контроль комплектующих изделий и материалов должен вестись в соответствии с ГОСТ 24297-87 и включать приемку от поставщиков комплектующих конструкций, цемента, добавок и контрольные испытания образцов комплектующих.

Входной контроль возлагается на службу производственно-технологической комплектации организации-производителя работ по устройству крепления.

9.2.2 Несущие элементы грунтовых нагелей должны поставляться комплектно, отдельными партиями, состоящими из арматурных стержней или ТВШ, соединительных элементов, буровых коронок одного типоразмера. Размер партии устанавливается соответствующим контрактом.

9.2.3 При приемке комплектующих нагелей следует производить их визуальный осмотр и проверку качества наружного винтового рифления, а также замеры геометрических характеристик. Диаметр ТВШ следует замерять на расстоянии не менее 150 мм от конца штанги.

9.2.4 Поставляемый цемент должен соответствовать требованиям пунктов 6.10 и 8.20 настоящего СТО и иметь сертификат соответствия ГОСТ 10178-85*. Используемые добавки к цементному раствору или смеси набрызгбетонирования должны иметь сертификаты соответствия ТУ.

9.2.5 Из каждой поставляемой на стройплощадку партии комплектующих несущих элементов грунтовых нагелей, следует для контроля стабильности прочностных характеристик отбирать контрольные образцы в объеме не менее 2% от объема партии, но не менее 5 штук, для которых проводят следующие виды испытаний:

- на растяжение образцов арматуры или ТВШ;
- на растяжение муфтового соединения винтовой арматуры или ТВШ;
- на срез фиксирующей гайки.

9.2.6 Порядок отбора и испытаний образцов должен соответствовать ГОСТ 7564-97 и ГОСТ 1497-84*. При неудовлетворительных результатах контрольных испытаний проводятся повторные испытания.

9.2.7 При сдаче законченного участка организация-производитель работ должна включать в состав исполнительной документации сертификат соответствия и акты контрольных испытаний образцов комплектующих для установленного объема нагелей.

### 9.3 Операционный контроль

9.3.1 Технический операционный контроль за производством работ по устройству нагельного крепления приводится инженерно-техническими работниками организации-исполнителя под руководством главного инженера, авторский надзор – силами проектной организации на основании соответствующего договора. Ответственность за последовательность, качество и технику безопасности ведения работ в течение смены несет прораб – сменный мастер.

9.3.2 ТВШ перед позвенным забуриванием в грунт должны быть подготовлены и освидетельствованы на соответствие проектным и регламентным требованиям При этом на каждую составляющую штангу должны быть вручную до отказа навинчены соединительные муфты, оснащенные внутренней кольцевой прокладкой-фиксатором, а на выпуск последней штанги на всю резьбу навинчивается фиксирующая гайка.

9.3.3 При предварительной сборке, а также в процессе забуривания и стыкования штанг следует контролировать равномерность муфтового соединения и отсутствие люфтов. Концы соединяемых штанг должны доходить до резиновой прокладки в центре муфты, при этом $L=l_1+l_2$,

где $L$ – общая длина резьбового участка муфты;

$l_1+l_2$ – длины резьбового участка муфты, установленной на стыкуемые тяги;

$l_1 = l_2$

9.3.4 Муфты, не обеспечивающие качество соединения штанг в соответствии с требованиями пунктами 9.3.2 и 9 3.3, должны выбраковываться и в дальнейшем не применяться

9 3 5 В процессе устройства буроинъекционных нагелей следует контролировать правильность установки бурового станка по проектным осям и наклону стрелы, режим бурения, глубину проходки и соответствие фактического напластования извлекаемых грунтов проектному (по материалам инженерно-геологических изысканий).

9.3 6 При значительном отличии грунтов, встреченных при проходке скважин, от указанных в проекте, бурение следует приостановить и вызвать представителей проектной организации, организации, ведущей научно-техническое сопровождение строительства, и принять решение о дальнейшем способе производства работ. Данные по бурению заносят в сводную ведомость производства работ (приложение Д).

### 9.4 Контроль за приготовлением, нагнетанием и набором прочности цементных растворов при устройстве буроинъекционных нагелей

9 4 1 Объемная плотность цементного раствора определяется при подборе состава плотномером ВРП-1 или рычажными весами и затем контролируется для каждого замеса непосредственно при изготовлении раствора.

9.4.2 Условная вязкость цементного раствора определяется с помощью вискозиметра ВБР-1 при подборе состава раствора и затем контролируется при производстве работ не реже одного раза в смену.

9.4.3 Начало и конец схватывания цементного раствора определяются при предварительном подборе состава и затем для каждой новой партии цементного вяжущего в соответствии с методикой по ГОСТ 310 3-76*.

9.4.4 Отбор проб цементного раствора следует осуществлять только у места введения его в скважины, не останавливая смеситель инъекционной установки. Отбор проб из смесителя запрещается

9.4.5 Для определения прочности цементного камня и допускаемых сроков испытаний нагелей строительная лаборатория должна отбирать пробы нагнетаемого цементного раствора в количестве, необходимом для изготовления не менее чем девяти образцов-кубиков с длиной ребра 70,7 мм, которые испытываются по ГОСТ 5802-86 в возрасте 3,7 и 10 суток (не менее, чем по 3 кубика в серии).

9.4.6 Отбор проб и испытания образцов должны производиться в начале работ по устройству нагелей для отработки состава цементного раствора и далее в процессе проведения работ не реже чем через каждые 20 нагелей, а также для каждой новой партии цемента и при изменении состава раствора.

9.4.7 При подаче бурового и опрессовывающего цементных растворов необходимо контролировать их расход и давление нагнетания в соответствии с указаниями пунктов 6.2.3.1-6.2.3.6 настоящего СТО В сводной ведомости устройства нагелей (приложение Д) для каждой фазы инъекции должны быть показаны: состав цементного раствора, давление нагнетания, объем поданного раствора.

9.4.8 Сводная ведомость устройства нагелей, содержащая все данные по конструкции и технологии устройства каждого нагеля, представляется организацией-производителем работ при сдаче законченного участка.

### 9.5 Приемочный контроль

9.5.1 Приемочный контроль осуществляется путем проведения выборочных натурных статических испытаний на выдергивающую нагрузку не менее 5% (но не менее 5 штук) установленных нагелей в соответствии с указаниями раздела 7 настоящего СТО.

9 5.2 Приемочные испытания нагелей выполняются инженерно-техническими сотрудниками организации-производителя работ (служба главного инженера, прораб, сменный мастер). К проведению контрольных и пробных испытаний привлекаются представителей проектной организации, генподрядчика, заказчика и организации, ведущей научно-техническое сопровождение строительства. Результаты комиссионных пробных испытаний оформляются актом, данные по приемочным испытания нагелей заносятся в сводную ведомость (приложение Д).

9.5 3 В процессе производства работ по устройству набрызгбетонного покрытия необходимо осуществлять контроль режима набрызга по давлению, расходу воздуха и воды, а также по плотности и составу смеси Толщину набрызгбетонного покрытия следует контролировать с помощью специальных маяков из цементного теста или металлических штырей, а также маркшейдерскими замерами.

9.5 4 Контроль за качеством набрызгбетонного покрытия должен производиться силами технадзора строительной организации и заказчика как при производстве работ, так и при приемке следующими методами.

- отбор и испытания образцов-кубов, твердеющих в условиях, аналогичных реальным;
- визуальный осмотр сплошности покрытия;
- устройство выломки для осмотра контакта набрызгбетона с грунтом;
- определения набора прочности склерометром;
- установка плит-марок с их последующим извлечением и проведением испытаний по методике ВСН 126-90.

9.5.5 Приемка сооруженных участков нагельного крепления производится комиссией в составе ответственных представителей: организации-производителя работ, проектной организации, генподрядчика, заказчика, организации, осуществляющей научно-техническое сопровождение, если она привлечена к выполнению работ. По результатам приемки должен быть составлен соответствующий акт освидетельствования и приемки.

9.5.6 Приемка производится на основании следующих материалов

- проектная документация;
- технологический регламент производства работ;
- акты приемки, сертификаты, технические паспорта материалов и изделий;
- акты пробных испытаний нагелей;
- журналы производства и контроля качества работ,
- акты или журналы испытаний контрольных образцов-кубов растворов и смесей;
- акты на скрытые работы;
- исполнительная съемка сооруженного участка нагельного крепления

9.5.7 При первом применении нагельного крепления в конкретных инженерно-геологических условиях, а также по решению проектной организации в зависимости от сложности и высоты закрепляемого откоса следует проводить испытания несущей и деформационной способности опытных участков крепи Программа и методика испытаний разрабатывается специализированной организацией, выполняющей научно-техническое сопровождение.

9.5.8 Указанные в п. 9.5.7 испытания должны проводиться на натурном опытном участке крепления площадью не менее 50 м$^2$ с целью определения его несущей и деформативной способности способом статического нагружения. Схема приложения испытательной нагрузки должна соответствовать расчетной. Нагружение должно производиться ступенями величиной не

более 10% от максимальной испытательной нагрузки, соответствующей расчетной эксплуатационной

9.5.9 На каждой испытательной ступени крепь должна выдерживаться под нагрузкой вплоть до затухания деформаций, но не менее 60 мин. Загружение и снятие нагрузки должны производиться без динамических воздействий.

9.5.10 На каждой испытательной ступени замеряют горизонтальные и вертикальные смещения по контрольным точкам (деформационным маркам) при помощи измерительных приборов (прогибомеров) или геодезическими методами. Деформационные марки по высоте откоса следует размещать на уровне каждого яруса нагелей. До начала загружения снимаются начальные отсчеты. После достижения последней ступени и соответствующей выдержки конструкцию разгружают, берут последние отсчеты и определяют значения остаточных деформаций.

## 10 Техника безопасности при производстве работ

10 1 Производство работ по устройству нагельного крепления следует выполнять с учетом требований СНиП 12-03-2001, СНиП 12-04-2002, ПБ 03-428-02, ПБ 01-03, «Правил эксплуатации машин, установок, приборов, которыми пользуются при устройстве и испытаниях анкеров (свай)», «Правил подготовки и производства земляных работ, обустройства и содержания строительных площадок в г. Москве».

10.2 К работам по устройству крепления допускаются лица, сдавшие экзамен техминимума по *производству работ и технике безопасности*.

10.3 До начала производства работ со всеми рабочими и ИТР должен быть проведен конкретный инструктаж по порядку выполнения и безопасному ведению СМР, с записью под расписку в Журнале регистрации инструктажа на рабочем месте.

10.4 К началу производства работ все механизмы, стропы, оборудование и инвентарь должны быть освидетельствованы и приняты по акту. В процессе выполнения работ за их состоянием и исправностью следует вести постоянный контроль

10 5 Подключение электрических инструментов и оборудования к источнику питания должно выполняться аттестованным электриком.

10 6 Эксплуатацию, монтаж-демонтаж, испытания и перемещения бурового агрегата следует выполнять в соответствии с требованиями действующей Инструкции по его использованию и эксплуатации Перед *началом работы с буровым агрегатом необходимо убедиться в отсутствии в* зоне работы механизма линий электропередачи, связи и других городских коммуникаций

10 7 Опасная зона работы оборудования и механизмов устанавливается согласно нормам СНиП и снабжается щитами и надписями установленного образца Присутствие посторонних лиц в опасной зоне производства работ не допускается.

10 8 При производстве работ все рабочие и ИТР снабжаются защитными касками и спецодеждой. Лица, занятые на инъекционных работах, обязаны носить защитные очки.

10 9 Во время испытаний нагелей стоять по оси прикладываемого усилия за домкратом запрещается

10 10 В темное время суток рабочая площадка должна иметь освещенность достаточную для ведения работ.

10.11 *Во время выполнения работ должен вестись постоянный контроль за исправностью* защитных ограждений с записью в соответствующий журнал производства работ.

10 12 Работы по устройству набрызгбетонного покрытия следует вести с соблюдением требований по технике безопасности в соответствии с ВСН 126-90.

10.13 При работе с химическими добавками, применяемыми при набрызгбетонировании, следует соблюдать следующие меры предосторожности.

- работы осуществлять в резиновых перчатках или рукавицах;
- не допускать попадания растворов на кожу и глаза; при попадании промыть большим количеством воды

10.14 Работы по набрызгбетонированию необходимо вести в респираторах и сетчатых масках во избежание попадания в дыхательные пути отскока и пылевых частиц смеси.

10.15 Трубопроводы и шланги для подачи растворов и смесей перед началом работ и далее в соответствии с инструкцией по эксплуатации необходимо подвергать гидравлическим испытаниям под давлением, в 1,5 раза превышающим расчетное.

10.16 Безопасность людей, работающих в котловане, должна быть обеспечена устройством специального ограждения, предохраняющего их от падения случайных предметов в котлован.

10.17 При проведении испытаний конструкции крепления статическим нагружением из опасной зоны котлована должны быть удалены люди и приостановлены работы. По борту котлована в пределах измерительных сечений должна быть устроена лестница с ограждением для возможности безопасного подхода к деформационным маркам.

## 11 Охрана окружающей среды

11.1 При производстве работ по устройству нагельного крепления следует предусматривать и осуществлять необходимые мероприятия, предотвращающие нарушения окружающей городской застройки, загрязнение территории, воздушного бассейна, поверхностных и подземных вод.

11.2 Технология устройства крепления, включая проходку скважин под нагели, должна исключать недопустимые осадки и смещения прилегающего к откосу (стене) грунтового массива, расположенных поблизости зданий, их фундаментов и инженерных коммуникаций.

11.3 Уровни шума и вибрации от работающего оборудования при креплении не должны превышать допустимые значения, установленные ГОСТ 12.1.003-83*.

11.4. Для предотвращения загрязнения водотоков или водоемов следует обеспечить раздельное отведение со строительной площадки нормативно чистых грунтовых или поверхностных вод и загрязненных производственных сточных вод.

11.5. Грунтовые и поверхностные воды могут сбрасываться в городскую ливневую канализацию без предварительной очистки только в том случае, если концентрация в них нетоксичных взвесей, масляных и нефтяных веществ не превышает допустимых норм.

11.6 Производственные сточные воды, содержащие глинистый и цементный раствор, бензин, масла и тому подобное, должны быть пропущены через грязеотстойники, бензоуловители и биофильтры с целью очистки от вредных примесей.

11.7 Выезды со строительной площадки должны быть оборудованы пунктами мойки колес автотранспорта (с организованным сливом воды).

**Приложение А**
(справочное)

**Пример расчета**
**ППП «КРЕПЬ»**

**Статический расчет, определение экономических показателей и оптимизация параметров нагельной крепи котлованов**

ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Наименование объекта: Ст. Х А ПК 31 + 80

Геометрия котлована:

| | |
|---|---|
| глубина | 12,00 м |
| угол наклона дневной поверхности | 0,00 град. |
| ширина горизонтальной бермы | 0,00 м |
| координата конца откоса | 0,00 м |
| уровень грунтовых вод | 0,00 м |

Таблица А.1 – Характеристика грунта

| Номер слоя | Толщина слоя, м | Объемный вес, кН/м$^3$ | Угол внутреннего трения, град. | Удельное сцепление, кН/м$^2$ | Объемный вес с учетом воды, кН/м$^3$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3,60 | 15,20 | 25,50 | 11,20 | 15,20 |
| 2 | 2,40 | 16,10 | 27,00 | 6,30 | 16,10 |
| 3 | 6,00 | 17,40 | 26,38 | 16,20 | 17,40 |
| 4 | 999,00 | 17,30 | 25,17 | 9,70 | 17,30 |

| | |
|---|---|
| Коэффициент устойчивости | 1,400 |
| Модуль упругости нижнего слоя грунта | 11700 кН/м$^2$ |
| Несущая способность нагеля по грунту | 120,0 кН |

Таблица А.2 – Нагрузки

| Номер нагрузки | Начало, м | Конец, м | Интенсивность, кН/м$^2$ | Высота приложения, м |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,00 | 999,00 | 20,00 | 0,00 |
| 2 | 8,30 | 12,50 | 45,00 | 0,00 |

Таблица А.3 – Данные технологии

| | |
|---|---|
| Диаметр скважины | 0,110 м |
| Расчетное сопротивление покрытия | 1600 кН/м$^2$ |
| Класс арматуры | А Ш |
| Модуль упругости материала арматуры | 210000000 кН/м$^2$ |
| ВТ | 0 |
| Тип технологии | монолитное покрытие из набрызгбетона |
| Диапазон изменения угла наклона нагеля | от 10,0 до 15,0 град. с интервалом 5,0 град. |

Заданное число оптимальных вариантов равно 5

Результаты расчета

Число допустимых вариантов равно 22

Таблица А 4 – Упорядоченные значения критериев оптимизации

| Номер варианта | Стоимость, руб | Шаг нагелей, м | Диаметр арматуры, мм | Толщина покрытия, см | Угол наклона нагелей, град |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 8,129 | 1,320 | 22,000 | 5,378 | 10,000 |
| 2 | 8,288 | 1,317 | 22,000 | 5,358 | 15,000 |
| 3 | 8,535 | 1,320 | 22,000 | 5,378 | 10,000 |
| 4 | 8,702 | 1,317 | 22,000 | 5,358 | 15,000 |
| 5 | 8,940 | 1,320 | 22,000 | 5,378 | 10,000 |

Таблица А.5 – Значения параметров в оптимальных вариантах

| Номер варианта | Длина нагеля, м | Шаг нагеля, м | Диаметр арматуры, мм | Толщина покрытия, см | Угол наклона нагелей, град. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 8,129 | 1,320 | 22,000 | 5,378 | 10,000 |
| 2 | 8,288 | 1,317 | 22,000 | 5,358 | 15,000 |
| 3 | 8,535 | 1,320 | 22,000 | 5,378 | 10,000 |
| 4 | 8,702 | 1,317 | 22,000 | 5,358 | 15,000 |
| 5 | 8,940 | 1,320 | 22,000 | 5,378 | 10,000 |

Расчет закончен

**Приложение Б**
(справочное)

Таблица Б.1 – Данные по арматурным нагельным стержням

| Класс арматуры | A-II | | | | | | | A-III | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Диаметр стержня, мм | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 25 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 25 | 28 |
| Площадь поперечного сечения, $10^{-6}$ | 13.1 | 154 | 201 | 254 | 314 | 380 | 491 | 78,5 | 113.1 | 154 | 201 | 254 | 314 | 380 | 491 | 616 |
| Масса 1 м стержня | 0.888 | 1.21 | 1,58 | 2,0 | 2.47 | 2,98 | 3,85 | 0,617 | 0.888 | 1.21 | 1,58 | 2,0 | 2,47 | 2.98 | 3,85 | 4,83 |
| Предельная несущая способность стержня $Ф_a$. кН | 31 | 42 | 54 | 69 | 85 | 103 | 133 | 27 | 38 | 52 | 68 | 86 | 107 | 129 | 167 | 210 |

**Приложение В**
(справочное)

**Типоразмеры, геометрические и механические характеристики ТВШ производства фирмы «Jschebeck GmbH» по ТУ-5264-001-56705770-2004**

Таблица В.1 – Типоразмеры штанг для нагелей «Титан»

| Диаметр | Ед изм | Тип трубчатой штанги | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 30/16* | 30/11 | 40/20 | 40/16 | 52/26 | 73/45 | 73/53 |
| наружный | мм | 30 | 30 | 40 | 40 | 52 | 73 | 73 |
| расчетный | мм | 27,2 | 26,2 | 36,4 | 37,1 | 48,8 | 70,0 | 69,9 |
| внутренний | мм | 16 | 11 | 20 | 16 | 26 | 45 | 53 |

Таблица В.2 – Геометрические и механические характеристики штанг для нагелей «Титан»

| Характеристика | Ед. изм | Тип трубчатой штанги | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 30/16 | 30/11 | 40/20 | 40/16 | 52/26 | 73/45 | 73/53 |
| Наименьшее сечение | $мм^2$ | 382 | 446 | 726 | 879 | 1337 | 2260 | 1631 |
| Масса 1 м штанги | кг/м | 3,0 | 3,5 | 5,6 | 6,9 | 10,5 | 17,8 | 12,8 |
| Момент сопротивления | $см^3$ | 1,79 | 1,71 | 4,31 | 4,84 | 10,5 | 27,9 | 22,4 |
| Момент инерции | $см^4$ | 2,37 | 2,24 | 7,82 | 8,98 | 25,6 | 97,6 | 78,5 |
| Напряжения предела текучести | $Н/мм^2$ | 470 | 580 | 590 | 590 | 550 | 610 | 590 |
| Усилие, соответствующее пределу текучести | кН | 180 | 260 | 430 | 525 | 730 | 1180 | 970 |
| Разрушающая нагрузка | кН | 220 | 320 | 539 | 660 | 929 | 1630 | 1160 |
| Допускаемый крутящий момент (при коэффициенте надежности $K_н$=2 к предельному) | Н×м | 487 | 649 | 1506 | 1784 | 3216 | 8449 | 8202 |
| Направление вращения | - | Левое | левое | левое | левое | правое | правое | правое |

* В обозначении типов штанг: в числителе – наружный диаметр штанги, мм;
в знаменателе – диаметр внутреннего отверстия штанги, мм.

**Приложение Г**
(справочное)

**Геометрические и механические характеристики ТВШ по ТУ 0932-002-56543451-2006**

Таблица Г.1 – Геометрические характеристики трубчатых винтовых штанг (ТВА 600)

| Наименование параметров сечением 60/32 | Значение параметров |
|---|---|
| Площадь поперечного сечения, $F_s$, мм$^2$ | 1661±5% |
| Масса 1 м длины анкера, кг | 13,04±5% |
| Наружный диаметр $d_1$, мм | 60 |
| Внутренний диаметр $d_2$, мм | 32 |

Таблица Г 2 – Механические характеристики ТВШ (ТВА 600)

| Наименование показателя | Значение показателя |
|---|---|
| Предел текучести $s_m$ ($s_{0,2}$), Н/мм$^2$, не менее | 600 |
| Усилие предела текучести, $P_m$ ($P_{0,2}$), кН, не менее | 997 |
| Временное сопротивление $s_в$, Н/мм$^2$, не менее | 800 |
| Разрывное усилие $P_в$, кН, не менее | 1329 |
| Относительное удлинение $d_5$, % не менее | 8,0 |

Таблица Г 3 – Размеры соединительных элементов для ТВШ (ТВА 600)

| Тип соединительных элементов | Размеры, мм | |
|---|---|---|
| | Длина | Диаметр |
| Соединительная муфта МС60 | 200±1 | 80±0,5 |
| Анкерная гайка ГА 60 | 90±1 | 80±0,5 |

## Приложение Д
(рекомендуемое)

## Сводная ведомость устройства и приемочных испытаний буроинъекционных нагелей

**Объект** _____

**Пикетаж** _____

| № нагеля | Тип нагеля | Дата изготовления | Дата испытания | Отметка устья скважины (ярус) | Глубина скважины | Диаметр, мм | Угол наклона к горизонту | Группа по длине нагеля | Длина нагеля, м | Тип нагеля, диаметр, мм | Инъекция | | | | | | | | | Расчетная нагрузка, кН | Испытательная нагрузка, кН | Ступени нагружения, кН | | | | | | Время выдержки, мин | Общее смещение, мм | Упругое смещение, мм | Остаточное смещение, мм | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | Фазы | | | | | | | | | | | Перемещение, мм | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | Первая | | | Вторая | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | В/Ц | Объем, м³ | Давление, МПа | В/Ц | Объем, м³ | Давление, МПа | Всего закачано, м³ | Марка цемента | Добавка | | | $A_p$ | 0.4 $A_p$ | 0.8 $A_u$ | 1.2 $A_p$ | 1.5 $A_p$ | $A_p$ | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

**Приложение Е**
(справочное)

## Ориентировочный состав смеси для набрызгбетонных работ

1. Состав исходных материалов на 1 $м^3$ сухой бетонной смеси:

| | |
|---|---|
| цемент (не ниже М400) | – 320 кг |
| песок ( $М_к$ = 2,0) | – 830 кг |
| щебень (до 15 мм) | – 450 кг |

2. Составы добавок для ведения набрызгбетонных работ в условиях пониженных температур.

Добавки углекислого калия (поташ) в процентах от массы цемента.

| | | |
|---|---|---|
| Температура: | от плюс 10 до плюс 6 °С | – 1 |
| | от плюс 5 до плюс 1 °С | – 3 |
| | от 0 до минус 5 °С | – 5 |
| | от минус 6 до минус 10 °С | – 6 |
| | от минус 11 до минус 15 °С | – 8 |
| | от минус 16 до минус 20 °С | – 10 |
| | от минус 21 до минус 25 °С | – 12 |

УДК 624.134.625.42

**Ключевые слова**: арматура, армирование, бурение, грунт, забивка, закрепление, инъекция, крепление, материал, нагель, набрызгбетон, нагрузка, откос, оборудование, покрытие, нагружение, разработка, раствор, стержень, цемент.

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

*Нагельное крепление котлованов и откосов в транспортном строительстве*

*Редактор В.В. Космин*

**Тираж 100 экз.**

gost.e-ecolog.ru

ООО «Центр Трансстройиздат», 107217, Москва, Садовая-Спасская, 21