

Сәулет, қала құрылысы және құрылыс
саласындағы мемлекеттік нормативтер
ҚР НОРМАТИВТІК-ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛЫ

Государственные нормативы в области
архитектуры, градостроительства и строительства
НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ РК

ІРГЕНІ ВЕРТИКАЛЬ АРМАТУРАЛАЙТЫН ЭЛЕМЕНТТЕРМЕН БЕКІТУДІ ЖОБАЛАУ ЖӘНЕ ОРНАТУ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И УСТРОЙСТВО УПРОЧНЕНИЯ ОСНОВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫМИ АРМИРУЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

ҚР НТҚ 07-01.3-2011
НТП РК 07-01.3-2011

Ресми басылым
Издание официальное

Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің
Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер
ресурстарын басқару комитеті

Комитет по делам строительства, жилищно-коммунального
хозяйства и управления земельными ресурсами
Министерства национальной экономики Республики Казахстан

Астана 2015

АЛҒЫ СӨЗ

1 ӘЗІРЛЕГЕН:

2 ҰСЫНҒАН:

**3 БЕКІТІЛІП,
ҚОЛДАНЫСҚА
ЕНГІЗІЛДІ:**

«ҚазҚСҒЗИ» АҚ, ҚР БҒМ «ҚарМТУ» РМҚК

Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитетінің Техникалық реттеу және нормалау басқармасы

Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитетінің 2014 жылғы 29-желтоқсандағы № 156-НҚ бұйрығымен 2015 жылғы 1-шілдеден бастап

ПРЕДИСЛОВИЕ

1 РАЗРАБОТАН:

2 ПРЕДСТАВЛЕН:

**3 ПРИНЯТ И ВВЕДЕН
В ДЕЙСТВИЕ:**

АО «КазНИИСА», РГКП «КарГТУ» МОН РК

Управлением технического регулирования и нормирования Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики Республики Казахстан

Приказом Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства Национальной экономики Республики Казахстан от 29.12.2014 № 156-НҚ с 1 июля 2015 года

Осы мемлекеттік нормативті Қазақстан Республикасының сәулет, қала құрылысы және құрылыс істері жөніндегі уәкілетті мемлекеттік органының рұқсатынсыз ресми басылым ретінде толық немесе ішінара қайта басуға, көбейтуге және таратуға болмайды

Настоящий государственный норматив не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения уполномоченного государственного органа по делам архитектуры, градостроительства и строительства Республики Казахстан

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	III
ВВЕДЕНИЕ	IV
1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ	1
2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	1
3 ОПРЕДЕЛЕНИЯ	2
4 ОБОЗНАЧЕНИЯ	5
5 УПРОЧНЕНИЯ ОСНОВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫМИ АРМИРУЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ	7
5.1 Общие положения	7
5.2 Классификационные схемы и область их применения.....	9
5.3 Основные принципы расчета	16
5.4 Общие положения по проектированию.....	24
6 БУРОНАБИВНЫЕ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ АРМИРУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К НИМ	27
6.1 Армирующие материалы и технические требования к ним.....	27
6.2 Технология устройства буронабивных вертикальных армирующих элементов	28
6.3 Контроль качества и приемка работ	30
7 БУРОИНЪЕКЦИОННЫЕ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ АРМИРУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К НИМ	34
7.1 Армирующие материалы и технические требования к ним.....	34
7.2 Технология устройства буроинъекционных вертикальных армирующих элементов	34
7.3 Контроль качества и приемка работ	36
8 ЦЕМЕНТОГРУНТОВЫЕ ВЕРТИКАЛЬНЫМИ АРМИРУЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К НИМ	38
8.1 Армирующие материалы и технические требования к ним.....	38
8.2 Особенности расчета основания упрочненного цементогрунтовыми вертикальными армирующими элементами.....	45
8.3 Технология устройства цементогрунтовых вертикальных армирующих элементов	52
9 АРМИРОВАНИЕ ОСНОВАНИЯ РАСКАТАННЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К НИМ	58
9.1 Виды раскатанных элементов и оборудование для них	58
9.2 Особенности расчета основания, упрочненного раскатанными элементами.....	60
9.4 Контроль качества и приемка работ	64
Приложение А (информационное)	67
Приложение Б (информационное)	75
Приложение В (информационное)	76

ВВЕДЕНИЕ

Главная направленность государственных нормативов – обеспечение охраняемых законом потребностей граждан и общества в создании благоприятной и экологически безопасной среды обитания и жизнедеятельности при осуществлении архитектурной, градостроительной и строительной деятельности, защита прав потребителей проектной и строительной продукции, обеспечение надежности и безопасности строительства, устойчивого функционирования построенных объектов при эксплуатации.

Настоящее нормативное пособие содержит основные положения по расчету и методам усиления оснований зданий и сооружений, возводимых на слабых, водонасыщенных и структурно-неустойчивых грунтах.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ НОРМАТИВТІК-ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛЫ
НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ІРГЕНІ ВЕРТИКАЛЬ АРМАТУРАЛАЙТЫН ЭЛЕМЕНТТЕРМЕН БЕКІТУДІ
ЖОБАЛАУ ЖӘНЕ ОРНАТУ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И УСТРОЙСТВО УПРОЧНЕНИЯ ОСНОВАНИЯ
ВЕРТИКАЛЬНЫМИ АРМИРУЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Дата введения - 2015-07-01

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящее Пособие распространяется на проектирование и устройство упрочненного основания зданий и сооружений вертикальными армирующими элементами на строящихся и реконструируемых объектах.

Пособие устанавливает технические требования к материалам, принципам расчета упрочненного основания, технологии устройства упрочненного основания, контроль качества и приемки работ, техника безопасности и охрана окружающей среды, как в грунтах природного сложения, так и в насыпных толщах, включая водонасыщенные, за исключением случаев наличия напорных подземных вод.

Положения настоящего Пособия не ограничивают разработку новых конструктивных и технологических решений или принципов армирования грунтов, а также совершенствование существующих.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем Пособии использованы ссылки на следующие документы:

СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011. Основы проектирования несущих конструкций.

СН РК EN 1997-1:2004/2011. Геотехническое проектирование. Часть 1. Общие правила.

СН РК EN 1997-2:2007/2011. Геотехническое проектирование. Часть 2. Исследования и испытания грунта.

ISO 14688-1-2009 Геотехническое исследования и испытания идентификация и классификация почв. Часть 1. Идентификация и описание.

EN 14199-2009 Микросваи. Проведение специальных геотехнических работ.

EN 12794-2009 Изделия железобетонные, сборные. Сваи для фундаментов зданий и сооружений.

EN 12063-2009 Производство специальных геотехнических работ. Шпунтовые стены.

НТП РК 07-01.3-2011

EN 1536-2009 Выполнение специальных геотехнических работ. Буровые сваи.

EN 1537-2009 Выполнение специальных геотехнических работ. Грунтовые анкеры.

СН РК 5.01-06-2002 Фундаменты в вытрамбованных котлованах. Расчет и проектирование.

СН РК 5.01-07-2002 Фундаменты в вытрамбованных котлованах. Правила производства и приемки работ.

СН РК 5.01-12-2003 Инструкция по технологии бездефектной забивки железобетонных вертикальных армирующих элементов в грунты.

РДС РК 5.01-09-2003 Оперативный контроль за плотностью грунтов в условиях строительной площадки при их уплотнении.

СН РК 5.01-12-2003 Инструкция по технологии бездефектной забивки железобетонных вертикальных армирующих элементов в грунты.

РДС РК 5.01-09-2003 Оперативный контроль за плотностью грунтов в условиях строительной площадки при их уплотнении.

РДС РК 5.01-10-2003 Методы расчета и правила проектирования фундаментов из забивных блоков.

РДС РК 5.01-17-2004 Контроль несущей способности фундаментов (ФВК) по результатам вытрамбовывания их котлованов.

РДС РК 5.01-19-2005 Пособие по проектированию и производству забивки железобетонных свай.

СН РК 1.02-18-2007 Инженерно-геологические изыскания для строительства. Технические требования к производству работ.

СН РК 1.02-02-2008. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила выполнения работ.

СН РК 1.02-16-2003. Инженерные изыскания для строительства. Сейсмическое микрорайонирование. Общие положения.

СП РК 1.02-21-2007. Правила разработки, согласования, утверждение и технико-экономических обоснований на строительство.

СН РК 1.03-05-2013 Охрана труда и техника безопасности в строительстве.

ПРИМЕЧАНИЕ При пользовании настоящим Пособием целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов по ежегодно издаваемому информационному указателю «Нормативные документы по стандартизации» по состоянию на текущий год и соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим Пособием следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем Пособии к строительным нормам применяют следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 Анизотропия: Отличие прочностных, упругих характеристик и физических свойств материала в различных структурных направлениях.

3.2 Анизотропный материал: Материал, механические свойства которого различны во всех направлениях, проходящих через точку тела.

3.3 Армирование: Усиление материала или конструкции элементами (арматурой) из другого, более прочного материала.

3.4 Армированный массив грунта: Естественный грунтовый массив, усиленный армирующими элементами.

3.5 Армирующий элемент: Составная часть армированного грунта, обеспечивающего восприятие повышенных сжимающих и растягивающих напряжений.

3.6 Берма: Уступ, устраиваемый на откосах земляных (каменных) насыпей, плотин, каналов, укрепленных берегов, карьеров, котлованов и т.п. или между подошвой насыпи (автомобильной или железной дороги) и резервом (водоотводной канавой).

3.7 Грунты: Продукты выветривания горных пород верхних слоев литосферы

3.8 Грунты связные: Продукты химического выветривания горных пород, обладающие сцеплением.

3.9 Грунты сыпэчие: Продукты механического выветривания горных пород.

3.10 Грунт просадочный: Грунт, который при замачивании водой претерпевает вертикальную деформацию (просадку).

3.11 Деформация: Изменение формы или размеров тела (части тела) под внешним воздействием (активные силы, температура, смещение опор и других факторов).

3.12 Деформация основания: Деформация, возникающая в результате передачи усилий от здания (сооружения) на основание или изменения физического состояния грунта основания в период строительства и эксплуатации здания (сооружения).

3.13 Закон Кулона: Зависимость предельного сопротивления сдвигу от нормального напряжения.

3.14 Испытание грунтов: Процесс определения физико-механических характеристик грунта.

3.15 Исследования инженерно-геологические: Комплексное изучение и оценка геологических и гидрогеологических факторов с целью принятия соответствующих проектных решений и определения наиболее благоприятных мест размещения зданий и сооружений.

3.16 Касательное напряжение: Напряжение, действующее по касательной к сечению.

3.17 Метод предельных состояний Метод расчета, основанный на требовании не допускать наступления предельных состояний при эксплуатации и возведении конструкций.

3.18 Модель упругого тела: Модель тела с линейной зависимостью между напряжениями и деформациями.

3.19 Модуль сдвига(модуль упругости второго рода): Физическая постоянная материала, характеризующая способность сопротивляться упругим деформациям сдвига.

3.20 Модуль упругости (модуль упругости первого рода): Физическая постоянная, характеризующая жесткость материала, т.е. его способность сопротивляться упругим деформациям при растяжении (сжатии).

3.21 Напряжение: Интенсивность внутренних усилий; (в геотехнике) – эффективная интенсивность внутренних сил, действующая в скелете грунта, определяемая как разность между полным напряжением в образце грунта и давлением в поровой жидкости.

3.22 Насыпной грунт: Грунт природного происхождения с нарушенной естественной структурой.

3.23 Нелинейные задачи механики: Задачи механики с геометрической или физической нелинейностью.

3.24 Нелинейно-упругое тело: Тело, в котором отсутствуют остаточные деформации и процесс загрузки и разгрузки совпадает.

3.25 Осадка грунта: Вертикальная деформация грунта, вследствие изменения объема пор.

3.26 Основание естественное: Грунты в природном состоянии, воспринимающие нагрузку от здания или сооружения.

3.27 Основание искусственное: Грунты с искусственными измененными свойствами за счет уплотнения, укрепления (закрепления) химическим, электрохимическим, термическим или другим способом, воспринимающие нагрузку от здания (сооружения).

3.28 Откос: Наклонные боковые поверхности выемок и насыпей.

3.29 Плоское напряженное состояние: Состояние, когда все напряжения внутри тела действуют только в одной плоскости и соответствующая задача становится двумерной.

3.30 Плотность грунта: Масса единицы объема грунта.

3.31 Подошва откоса или фундамента: Нижняя плоскость откоса или фундамента, передающая нагрузку на основание.

3.32 Ползучесть: Изменение деформации во времени при постоянном усилии.

3.33 Ползучесть грунта, бетона: Деформирование во времени бетона и минерального скелета грунта (главным образом глинистого) при неизменном давлении, действующим на него.

3.34 Пористость: Свойство грунта, имеющего в своем составе пустоты, заполненные газом, воздухом или водой.

3.35 Расчет по предельному состоянию: Метод расчета, основанный на требовании, чтобы не допустить предельного состояния при эксплуатации и возведении конструкций.

3.36 Релаксация: Постепенное изменение напряжений в материале при постоянстве деформации.

3.37 Реология: Учение о зависимости напряжений и деформации от времени.

3.38 Свая: Несущая подземная часть вертикальных армирующих элементов условного фундамента.

3.39 Сдвиг, срез: Вид деформации, вызванный действием касательных напряжений.

3.40 Скважина: Вертикальная геологическая выработка, предназначенная для изучения геологического строения и отбора проб грунта.

3.41 Сопротивление сдвигу: Характеристика прочности грунта, определяемая значением предельного касательного напряжения, при котором происходит разрушение (срез).

3.42 Сцепление: Физическое свойство глинистых грунтов, обеспечивающее их связность.

3.43 Усадка грунта: Вид деформации вследствие изменения состояния структурных связей.

3.44 Условие равновесия: Условие, при котором удовлетворяется равновесие системы в целом или ее части.

3.45 Угол внутреннего трения: Показатель трения в грунте, соответствующий углу наклона прямолинейного графика зависимости Кулона к оси абсцисс.

3.46 Щебень: Несвязный грунт, зерна которого имеют остроугольную (неокатанную) форму и шероховатую поверхность размером 10...200 мм.

4 ОБОЗНАЧЕНИЯ

- a_n - ширина призмы обрушения;
- α - коэффициент, характеризующий долю армирующих элементов в объеме усиливаемого грунта;
- β - коэффициент, учитывающий степень анизотропии армогрунта;
- b - ширина подошвы фундамента, ширина армирующих элементов;
- C_I, C_{II} - удельное сцепление для I и II групп предельных состояний соответственно;
- d - толщина армирующей полосы;
- d_1 - глубина залегания подошвы фундамента;
- γ_{gc} - коэффициент запаса, учитывающий возможность коррозии материала арматурной полосы;
- γ_i - расчётное значение удельного веса i -го слоя грунта обратной засыпки;
- γ_I, γ_{II} - расчетный удельный вес грунта засыпки для I и II групп предельных состояний соответственно;
- γ'_I, γ'_{II} - удельный вес грунта выше подошвы фундамента для I и II групп предельных состояний соответственно;
- γ_q - коэффициент надежности по грунту;
- γ_{gs} - коэффициент запаса, учитывающий возможные колебания значений коэффициента сцепления арматурных полос с грунтом;
- E, E_3 - модули деформаций, соответственно, для горизонтального и вертикального направления;
- $E_{тр}, E_{ар}$ - модули деформации, соответственно, грунта и армирующих элементов;
- $E_{3,i}$ - модуль деформации i -го слоя армогрунта в направлении, перпендикулярном поверхности грунта;
- F_d - несущая способность армирующих элементов (вертикальных армирующих элементов) по грунту (материалу);
- $f_{тр}$ - коэффициент трения между анкером и засыпкой;
- H - высота подпорной стенки;

h - высота слоя грунта, заменяющая действие сплошной нагрузки;
 h_{cs} - толщина армированной подушки;
 h_i - расчетная толщина i -го слоя грунта в пределах зоны сжатия;
 h_u - шаг расположения армирующих элементов по горизонтали;
 h_v - шаг расположения армирующих элементов по высоте;
 I_L - показатель текучести (консистенции) грунта;
 K_y - коэффициент уплотнения грунта;
 L - полная длина армирующих элементов;
 N_d - расчетная сжимающая сила;
 n - количество армирующих элементов (вертикальных армирующих элементов);
 количество слоев, на которое разбивается сжимаемая толща армированного грунта;
 ν, ν_3 - коэффициенты Пуассона соответственно для изотропной (горизонтальной) и трансверсальной (вертикальной) плоскостей;
 $\nu_{гр}, \nu_{ар}$ - коэффициенты поперечной деформации грунта и армирующих элементов;
 ξ_a - коэффициент активного давления грунта;
 P - среднее давление под подошвой фундамента;
 P_0 - дополнительное вертикальное давление на основание;
 q - интенсивность равномерно-распределенной сплошной нагрузки, приложенной к горизонтальной поверхности подпорной стенки;
 R - расчетное сопротивление под подошвой условного фундамента;
 R_s - расчетное сопротивление материала армирующего элемента растяжению;
 R_z - расчетное сопротивление грунта пониженной прочности на глубине (z);
 S - расчетная осадка основания и сооружения ;
 S_u - предельное значение совместной деформации основания и сооружения;
 σ_3 - значение активного распорного напряжения на глубине (z);
 σ_{zp} - дополнительные вертикальные напряжения на глубине (z) от подошвы фундамента по вертикали, проходящей через центр подошвы фундамента;
 $\sigma_{zp,i}$ - среднее значение дополнительного вертикального напряжения в i -ом армированном слое;
 $\sigma_{zg,0}$ - вертикальное напряжение от собственного веса грунта на уровне подошвы фундамента;
 $\sigma_{zp,c}$ - дополнительные вертикальные напряжения на глубине (z) от подошвы фундамента по вертикали, проходящей через угловую точку прямоугольного фундамента;
 $V_{ар}, V_{гр}$ - объемы армирующих элементов и грунта;
 φ_I, φ_{II} - расчетное значение угла внутреннего трения грунта засыпки для I и II групп предельных состояний соответственно;
 ψ_I - расчетное значение угла сдвига грунта по армирующим элементам;
 ψ_i - расчетное значение угла сдвига i -го слоя грунта по армирующим элементам;
 z - расстояние от поверхности подпорной стенки до рассматриваемого уровня армирующих элементов.

5 УПРОЧНЕНИЯ ОСНОВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫМИ АРМИРУЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

5.1 Общие положения

5.1.1 Армирование грунта является одним из методов преобразования свойств, когда в грунтовую среду вводятся элементы, обеспечивающие восприятие повышенных сжимающих и растягивающих напряжений. Его применение в основании или геомассиве должно быть обосновано технико-экономическими расчетами путем сравнения вариантов с другими традиционными решениями, применительно к конкретным инженерно-геологическим условиям.

5.1.2 Объем проектной документации для оснований и сооружений из армированного грунта следует назначать согласно положениям СН РК EN 1997-1:2004/2011. При этом к проекту должны быть предъявляются следующие требования.

(1)Р Для каждой геотехнической расчетной ситуации должно проверяться, что не превышает ни одно из предельных состояний, определенных в СН РК EN 1997-1:2004/2011.

(2) При определении расчетных ситуаций и предельных состояний следует учитывать следующие факторы:

- инженерно-геологические условия площадки в связи с общей устойчивостью и перемещениями основания;
- тип и размер сооружения и его элементов, включая особые требования, такие как проектный срок службы;
- ситуацию на окружающей территории (например: соседние сооружения, транспорт, инженерные коммуникации, растительность, опасные химикаты);
- грунтовые условия;
- подземные воды;
- региональная сейсмичность;
- влияние окружающей среды (гидрология, поверхностные воды, оседание грунта, сезонные изменения температуры и влаги).

(3) Предельные состояния могут возникнуть в грунтовом основании или в сооружении, либо может произойти совместное разрушение сооружения и основания.

(4) Предельные состояния следует проверять по одному из следующих пунктов в СН РК EN 1997-1:2004/2011 или по нескольким из них:

- использование расчетов в соответствии с 2.4;
- назначение предписывающих мероприятий согласно 2.5;
- экспериментальные модели и испытания нагрузкой в соответствии с 2.6;
- методы наблюдения в соответствии с 2.7.

(5) Практический опыт часто показывает, какой вид предельного состояния является определяющим для проекта, а возможность избежать других предельных состояний, можно определить с помощью контрольной проверки.

(6) Здания должны быть защищены от проникновения грунтовых вод или переноса паров или газов к ним внутрь.

(7) По возможности результаты расчета следует сравнить с сопоставимыми опытными данными.

(8)Р Чтобы установить минимальные требования к объему и содержанию геотехнических изысканий, расчетов и контрольных проверок при строительстве, необходимо определить сложность каждого геотехнического проекта и сопутствующие риски. В частности, следует делать различия между:

- легкими и простыми сооружениями и небольшими земляными сооружениями, для которых достаточно минимальных требований, основанных на опыте и геотехнических изысканиях, для качественных оценок при незначительном риске;
- другими геотехническими сооружениями.

ПРИМЕЧАНИЕ Способ, при помощи которого выполняются эти минимальные требования, может приводиться в национальном приложении

5.1.3 Содержание исходных данных для проектирования оснований и сооружений из армированного грунта следует назначать согласно положениям СН РК EN 1997-1:2004/2011

(1)Р Геотехнические изыскания исходных грунтовых условий проводятся перед тем, как выбран и реализован метод закрепления и армирования грунта.

(2)Р Закрепление грунта в конкретной ситуации проектируется с учетом следующих факторов:

- толщина и свойства грунтов или насыпного материала;
- величина порового давления воды в напластованиях грунта;
- характер, размер и положение сооружения, которое будет опираться на данное основание;
- предотвращение повреждений соседних сооружений и коммуникаций;
- временное или постоянное закрепление грунта;
- прогнозируемые деформации в зависимости от метода закрепления грунта и последовательности этапов строительства;
- воздействие на окружающую среду, включая загрязнение токсичными веществами или изменение уровня подземных вод;
- длительное ухудшение свойств материалов.

(3)Р Эффективность мероприятий по закреплению грунта проверяется на соответствие допустимым критериям с учетом изменений свойств грунта.

5.1.4 Основные требования к основаниям, упрочненным вертикальными армирующими элементами:

(1)Р Насыпные или дренированные, закрепленные или армированные грунты основания должны выдерживать воздействия, связанные с их функциями или вызванные их средой.

(2)Р Эти основные требования должны также выполняться для подстилающего насыпь грунта.

5.1.5 Основные требования к конструктивным элементам и используемым материалам для армирования оснований и сооружений, должны устанавливаться в соответствии с соответствующими положениями СН РК EN 1997-1:2004/2011, СН РК EN

1992-1-1:2004/2011 и других рассматривающих данное требование нормативными документами.

5.1.6 В проектной документации армируемых оснований и геомассивов и армоконструкций в составе сооружений должны быть указаны виды применяемой арматуры, ее размещение в плане и по вертикальным сечениям. Следует указывать расчетные характеристики армирующих элементов, допустимые воздействия на них, включая сведения о лабораторных или полевых испытаниях армированных конструкций.

Проектная документация должна также содержать технические указания по технологии производства работ по армированию грунтов.

5.1.7 В проектной документации по реконструкции сооружений с использованием армированных грунтов по аналогии с традиционными решениями должны предусматриваться инструментальные измерения деформации оснований и фундаментов по маркам и реперам.

Программа проведения наблюдений в период строительства и эксплуатации должна включаться в состав проектной документации, а их результаты — передаваться в установленном порядке заказчику после завершения работ.

5.1.8 Результаты всех проведенных на объекте или в лаборатории испытаний должны передаваться заказчику с подробными сведениями о методиках исследований, об испытанных конструкциях, характеристиках грунтов и армирующих материалов.

5.2 Классификационные схемы и область их применения

5.2.1 Армирование грунта подразделяется:

- по текстурным признакам - анизотропное и изотропное;
- по виду вертикальных армирующих элементов - набивными, буронабивными, забивными и грунтовыми вертикальными армирующими элементами; буроинъекционными, цементогрунтовыми вертикальными армирующими элементами; анкерами; металлическими стержнями;
- по характеру расположения армирующих элементов - вертикальное, наклонное в одном, двух и более направлениях;
- по способу производства работ - забивкой, задавливанием, вибропогружением; раскатыванием, устройством скважин инъектированием и применением струйной технологии.

5.2.2 Сооружения из армированного грунта следует рассматривать как искусственный грунтовый массив с улучшенными свойствами за счет наличия армирующих элементов. Их целесообразно применять в следующих случаях:

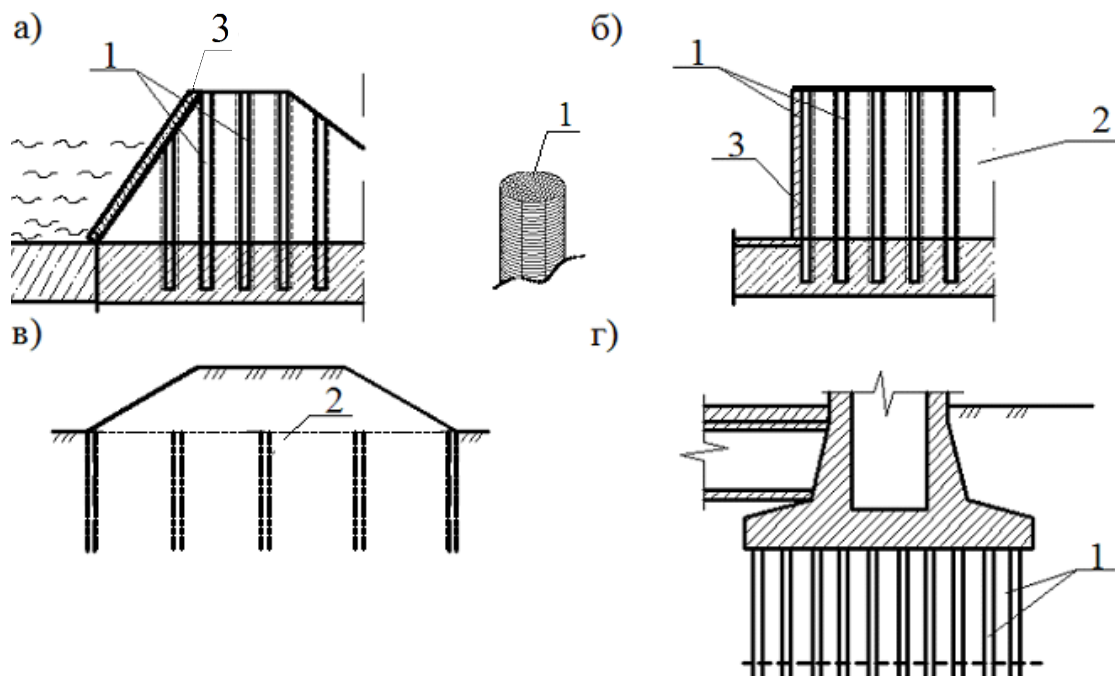
- при строительстве зданий и сооружений, а также отсыпке дорожных насыпей на слабых грунтах (рисунки 5.1д; 5.2в; 5.3а; 5.4а);
- при строительстве фундаментов и оснований под резервуары (рисунки 5.1б; 5.2а; 5.4б);
- при отсыпке подушек и вертикальной планировке в условиях городской застройки (рисунки 5.1в, г; 5.2б; 5.3в, г, д);

- при замене фундаментных конструкций, сопряженных с динамическим воздействием и шумом на окружающую среду;
- при возведении дамб и насыпей из экологически безопасных промышленных отходов (рисунок 5.1б).

5.2.3 Пространственное расположение армирующих элементов следует назначать в зависимости от вида усиливаемого грунтового массива по таблице 5.1.

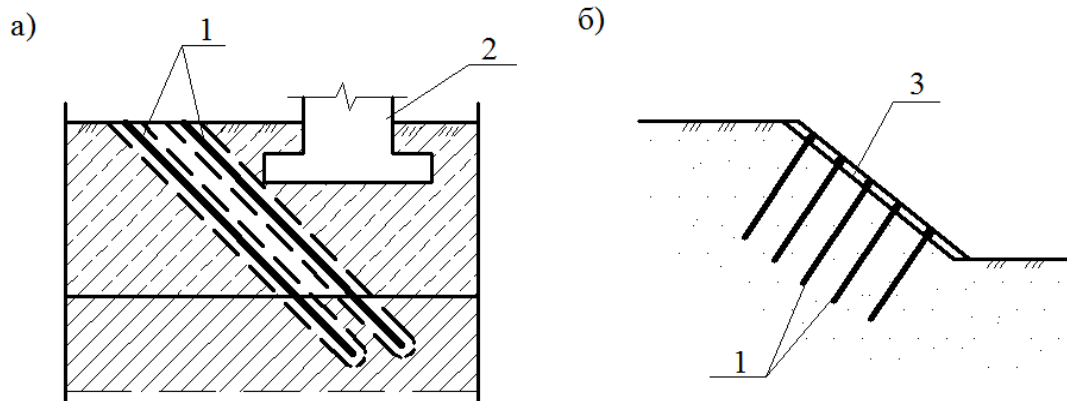
Таблица 5.1 - Область применения армирующих элементов в зависимости от их пространственного расположения

Классификация способов армирования оснований по характеру расположения армирующих элементов	Область применения способа
Вертикальное	Упрочнение оснований, повышение устойчивости оснований и склонов. Укрепление откосов котлованов. Отсечные конструкции
Наклонное в одном направлении	Повышение устойчивости склонов и откосов, армирование обратных засыпок и подпорных стен
Наклонное в двух и более направлениях	Повышение устойчивости склонов, повышение несущей способности оснований при геотехнических реконструкциях



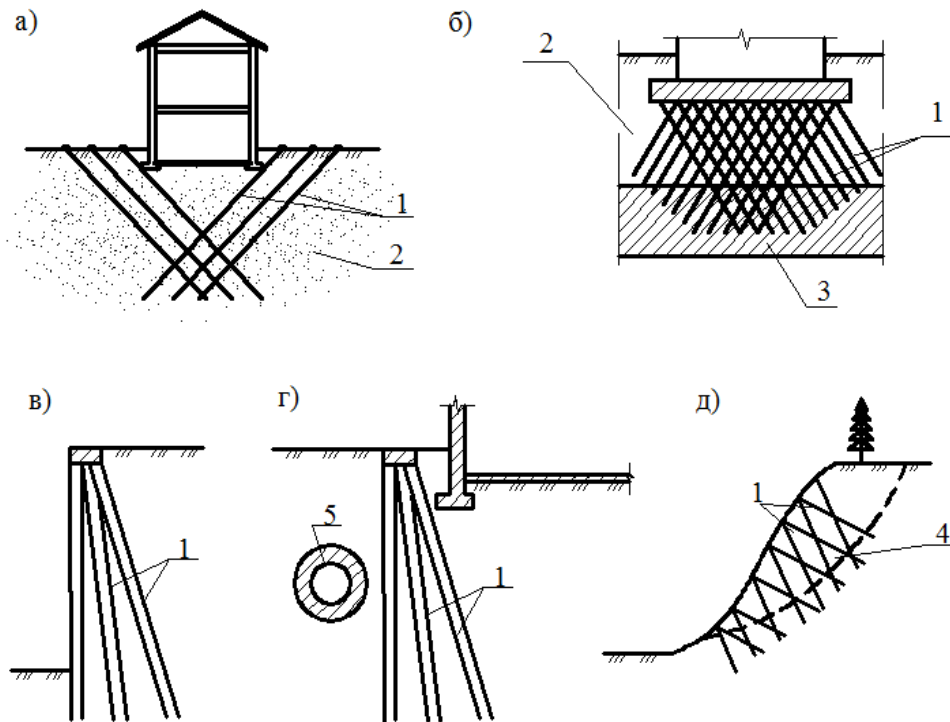
1 - армирующие элементы; 2 - грунт основания; 3 - облицовка

Рисунок 5.1- Схема усиления оснований вертикальными элементами: а -дамбы; б - вертикального откоса; в - дорожной насыпи; г - под фундаментом



1 - армирующие элементы; 2 - фундамент; 3 - облицовка

Рисунок 5.2- Схема усиления оснований наклонными элементами, расположенными в одной плоскости: а - под фундаментом здания; б - склона



1 - армирующие элементы; 2 - слабый грунт; 3 - прочный грунт;
4 - поверхность разрушения в грунте; 5 - выработки в грунте (пустоты)

Рисунок 5.3 - Схема усиления оснований наклонными элементами в двух плоскостях: а - под зданием; б - под памятником; в - в откосе; г - при устройстве выработки вблизи здания; д - в сползающем склоне

5.2.4 При устройстве глубоких котлованов в естественных грунтовых массивах в случае отсутствия или дренирования подземных вод для их ограждения и обеспечения устойчивости вертикальных бортов могут использоваться грунтовые армоконструкции с

их многорядным вертикальным и наклонным армированием до раскопки грунта (рисунок 5.4).

5.2.5 В качестве армирующих элементов в конструкциях таких ограждений могут служить буроинъекционные, буронабивные или забивные вертикальные армирующие элементы, работающие на растяжение и сжатие. При многорядном армировании этих ограждающих конструкций головы вертикальных армирующих элементов, как правило, должны объединяться ростверками.

5.2.6 При армировании естественных грунтов в основаниях зданий и сооружений в обоснованных случаях следует использовать цементогрунтовые, щебеночные, песчаные, известковые и другие виды вертикальных армирующих элементов (рисунок 5.4), за счет которых геомассив приобретает анизотропию механических и фильтрационных свойств и тем самым повышает несущую способность со снижением сжимаемости или изменением направления его деформаций либо ускорением консолидации в процессе уплотнения.

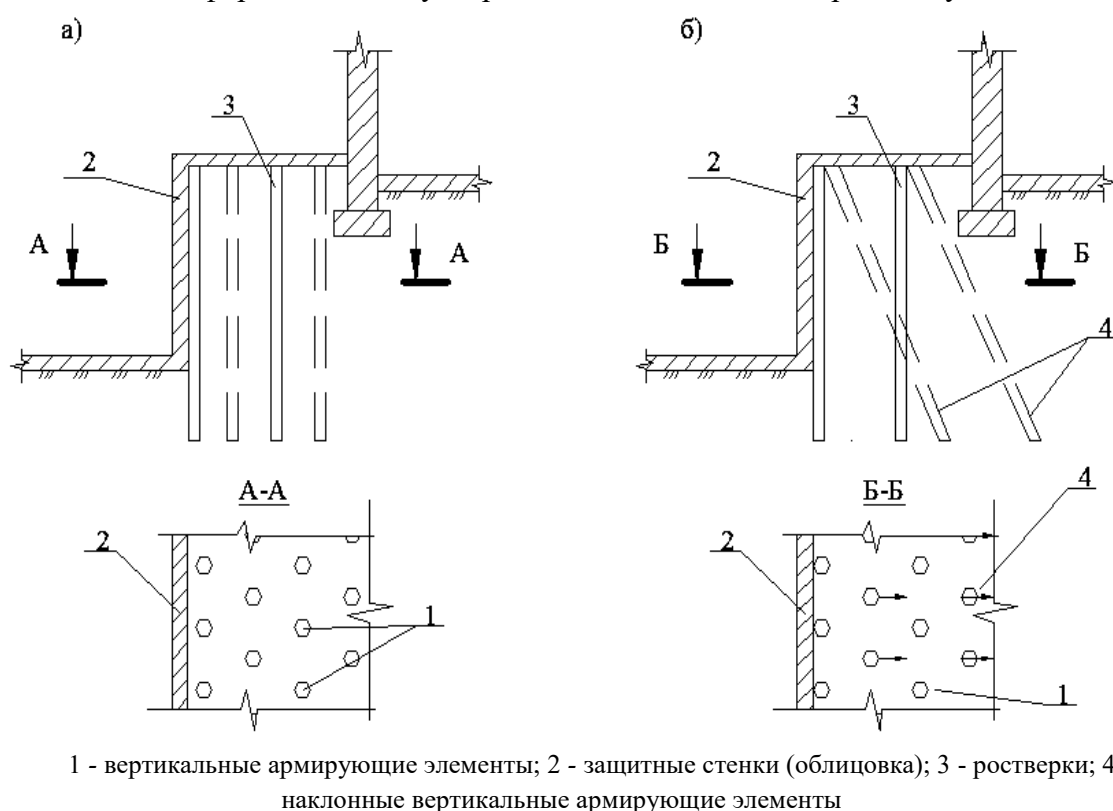


Рисунок 5.4-Схемы армирования бортов глубоких котлованов:

а - вертикальными армирующими элементами; б - вертикальными в сочетании с наклонными буро-инъекционными армирующими элементами

5.2.7 С помощью вышеперечисленных видов вертикальных армирующих элементов могут устраиваться «отсечные» конструкции, предназначенные для ограничения зон обрушения грунтовых массивов над подземными выработками или для локализации зон уплотнения с ограничением боковых деформаций от распора (рисунок 5.5а).

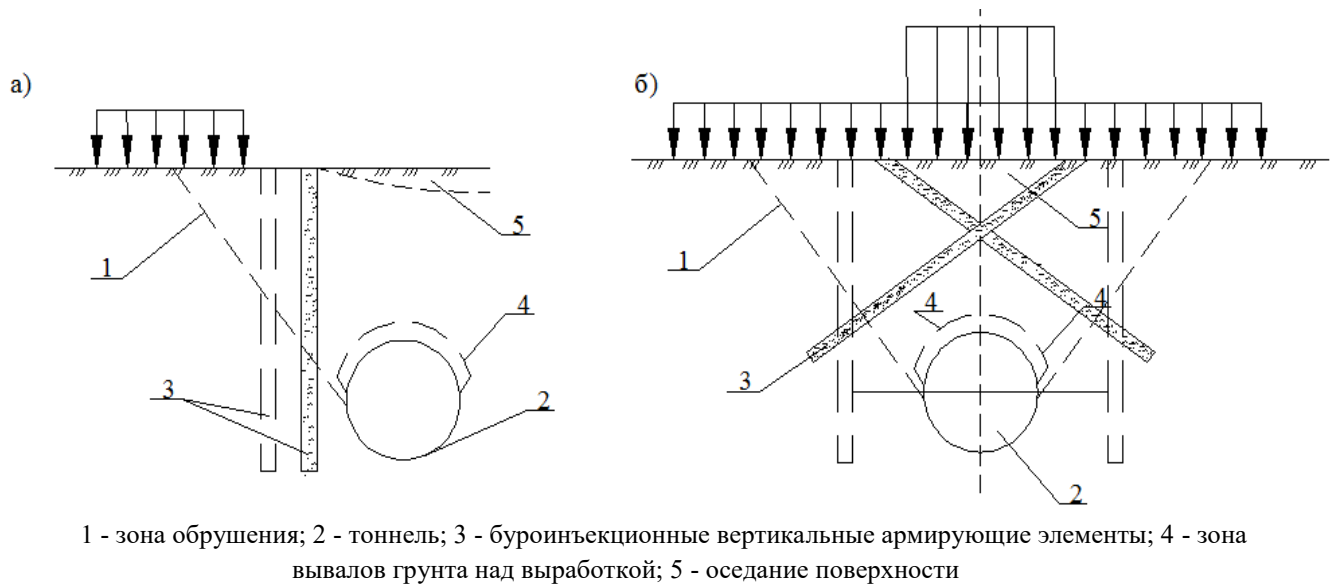


Рисунок 5.5 - Армирование грунтового массива буроинъекционными вертикальными армирующими элементами в зонах обрушения при устройстве:
а - отсечных конструкций; б - шатровых систем

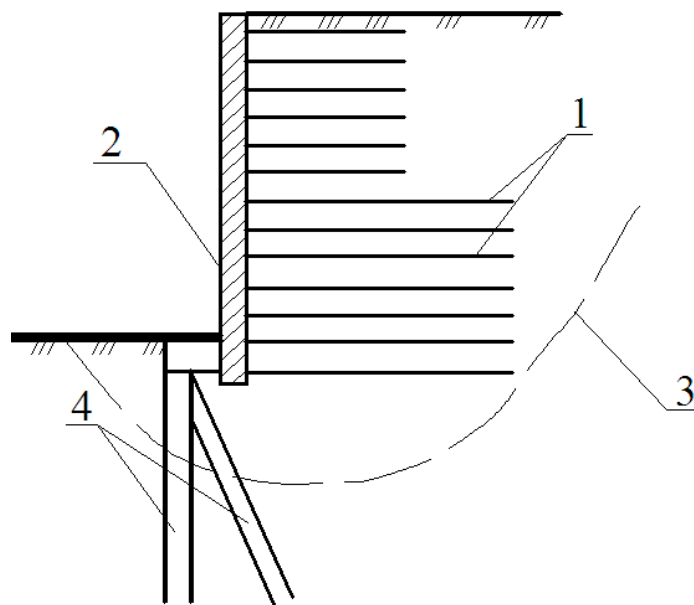


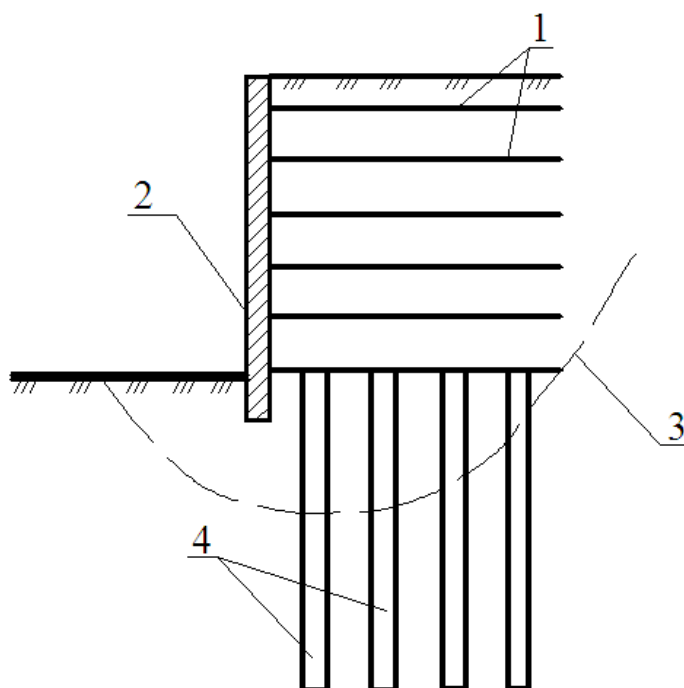
Рисунок 5.6 - Схема обеспечения устойчивости высокой подпорной стенки из армированного грунта при помощи буроинъекционных вертикальных армирующих элементов

5.2.8 В целях исключения передачи сжимающих напряжений на подземные выработки от расположенных или возводимых над ними зданий и сооружений следует находящийся над выработками грунтовой массив армировать при помощи вертикальных

и наклонных буроинъекционных вертикальных армирующих элементов или нагелей, которые должны создавать в этом массиве шатровую систему (рисунок 5.5 б).

5.2.9 При высоких подпорных и ограждающих конструкциях из армированного грунта с горизонтальным расположением армирующих элементов с обеспечением их устойчивости на опрокидывание, но недостаточной устойчивостью по схеме глубокого сдвига, следует устраивать впереди таких ограждений отсечные конструкции из буронабивных или буроинъекционных вертикальных армирующих элементов (рисунок 5.7).

5.2.10 Для ограждающих конструкций с недостаточной устойчивостью по схеме глубокого сдвига в случае армирования грунта при послойной его укладке целесообразно производить также армирование нижележащего грунтового массива при помощи вертикальных армирующих элементов с их заглублением ниже поверхности сдвига, соответствующей неустойчивому состоянию (рисунок 5.6).



1 - армирующие элементы стенки; 2 - облицовка; 3 - поверхность возможного глубинного сдвига в неустойчивом состоянии; 4 - буроинъекционные вертикальные армирующие элементы

Рисунок 5.7 - Схема обеспечения устойчивости подпорной стены из горизонтально армированного грунта при помощи армирования ее основания вертикальными армирующими элементами

5.2.11 Для разработки проектной документации основания, сооружения или геомассива с использованием армированного грунта, установления необходимого количества и размеров арматуры или армирующих элементов, целесообразного их размещения, прогнозирования несущей способности и деформируемости, обеспечения долговечности их эксплуатации, выбора оптимальных способов производства работ с

учетом требований экономичности, надежности и экологической безопасности принятого конструктивного решения необходимо уточнить следующие исходные данные:

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

5.2.12 Инженерные изыскания должны выполняться в соответствии с положениями СН РК 1.02-02-2008. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие правила выполнения работ, СН РК EN 1997-2:2007/2011 Геотехническое проектирование *Часть 2. Исследования и испытания грунта*. При этом следует учитывать особенности технологий выполнения армирования грунта естественного сложения или насыпного при строительстве объекта в стесненных условиях. Необходимо также принимать во внимание особенности размещения анкерующей арматуры в грунте за пределами строящегося сооружения, особенно под существующими зданиями, а также над и под подземными коммуникациями и конструкциями или между ними.

5.2.13 Топографическая съемка местности должна выполняться в масштабе 1:500 с горизонталями через 0,5 м и отражать существующие и перспективные изменения рельефа, застройки, сетей и коммуникаций в плане и по глубине, наличие водоемов.

5.2.14 Размещение инженерно-геологических выработок должно производиться вдоль ограждающих стен или ленточных фундаментов с армируемым грунтом соответственно за или под ними, а также по характерным сечениям в плане армируемых геомассивов.

5.2.15 Залегающие в разведываемой толще заторфованные грунты и торфы должны быть пройдены скважинами через всю их мощность с заглублением в минеральные грунты на глубину с учетом активной сжимаемой толщи или необходимой для заделки анкерующих арматурных элементов в несущих слоях.

5.2.16 При изысканиях в условиях городской застройки, особенно для реконструируемых сооружений, следует обращать особое внимание на наличие валунов, погребенных фундаментов, утерянных коммуникаций и других препятствий, а также рыхлых зон, насыпных толщ, подземных полостей в зоне проходки скважин. Сведения об этом должны отражаться в отчетных материалах по изысканиям.

5.2.17 Инженерно-геологические исследования должны выявлять режим подземных вод, фильтрационные и агрессивные свойства, а также особенности свойств грунтов с учетом влияния техногенных факторов.

5.2.18 Выбор способа проходки разведочных скважин должен увязываться с их глубиной, диаметрами бурения и сложностью инженерно-геологических условий.

5.2.19 При изысканиях на реконструируемых объектах следует производить шурфование для обследования фактических размеров и состояния существующих фундаментов и подземных конструкций. В отчетных материалах по изысканиям для таких объектов должны отражаться сведения об особенностях и истории возведения, составляемые по архивным материалам и опросу очевидцев бывлой застройки.

5.2.20 При инженерно-геологических изысканиях следует в качестве предпочтительных использовать методы статического зондирования, вращательного среза и прессиометрии в соответствии с СН РК EN 1997-2:2007/2011 Геотехническое проектирование. Часть 2. Исследования и испытания грунта.

5.2.21 При изучении сопротивляемости сдвигу следует учитывать в песчаных грунтах дилатанцию, а в глинистых ползучесть (консолидированный и неконсолидированный сдвиг, мгновенную и длительную прочность).

5.2.22 Исследования насыпных и содержащих органические остатки грунтов должны выполняться в том же объеме, как и для грунтов природного сложения и включать сведения о характере твердых включений и степени заторфованности или характере и составе органики.

5.2.23 При установлении физико-механических и фильтрационных характеристик грунтовых напластований следует оценивать их анизотропию.

5.2.24 В процессе составления проектной документации объектов с армированием грунтов в основаниях нагелями и вертикальными армирующими элементами в задании на инженерно-геологические изыскания необходимо предусматривать их пробные испытания в натурных условиях или на моделях.

5.3 Основные принципы расчета

5.3.1 (1)Р Расчеты в проектах выполняются в соответствии с основными требованиями СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 и с особыми правилами СН РК EN 1997-1:2004/2011. Расчеты в проектах включают:

- воздействия в виде приложенных нагрузок или заданных перемещений, например, вызванных перемещениями грунтов основания;
- свойства грунтов, горных пород или других материалов;
- геометрические данные;
- предельные величины деформаций, раскрытия трещин, вибраций и т. п.;
- расчетные модели.

(2) Следует учитывать, что знания грунтовых условий зависят от объема и качества геотехнических изысканий. Такие знания и контроль производства работ обычно важнее для выполнения фундаментальных требований, чем точность расчетных моделей и частных коэффициентов.

(3)Р Расчетная модель должна описывать принятое поведение основания для рассматриваемого предельного состояния.

(4)Р При отсутствии надежной расчетной модели для конкретного предельного состояния, надо провести расчет другого предельного состояния, используя такие коэффициенты, чтобы достижение этого конкретного предельного состояния было маловероятным. Другой подход - проектирование по предписаниям, с использованием экспериментальных моделей и испытаний нагрузкой или наблюдательного метода.

(5) Расчетная модель может быть:

- аналитической;
- полуэмпирической;
- численной.

(6)Р Любая расчетная модель должна быть или точной, или давать погрешность в сторону запаса надежности.

(7) Расчетная модель может включать упрощения.

(8) При необходимости можно изменять результаты, полученные при использовании модели так, чтобы проектный расчет был или точным, или давал погрешность в сторону запаса надежности.

(9) Если при модификации результатов используется коэффициент модели, то он должен учитывать следующее:

- диапазон неопределенности результатов, получаемых с помощью данного метода расчета;
- любые известные систематические погрешности, связанные с данным методом расчета.

(10)Р Если в расчете используется эмпирическая зависимость, то должно быть четко установлено, что она соответствует преобладающим грунтовым условиям.

(11) Предельные состояния грунтов с учетом их закономерностей, должны легко определяться с использованием расчетных схем. Для предельных состояний второй группы, деформации определяются расчетом или другими методами.

ПРИМЕЧАНИЕ Многие расчетные модели основаны на предположении о достаточной гибкости системы «основание-сооружение». Отсутствие гибкости может привести к предельному состоянию, которое можно охарактеризовать как мгновенное разрушение.

(12) Пригодны такие численные методы, в которых учитывается совместность деформаций или взаимодействие между сооружением и основанием в предельном состоянии.

(13) Следует учитывать совместность деформаций в предельном состоянии. Может потребоваться уточненный расчет с учетом относительной жесткости сооружения и основания в тех случаях, когда может произойти одновременное разрушение конструктивных элементов и основания. Примером могут служить фундаментные плиты, горизонтально нагруженные сваи и гибкие подпорные стены. Особое внимание следует уделить совместности деформаций для материалов хрупких или разупрочняющихся при деформациях.

5.3.2 (1)Р Воздействия определяются в соответствии с EN 1990:2002. При необходимости можно использовать величины воздействий согласно EN 1991.

(2)Р Необходимо принимать значения параметров геотехнических воздействий, если они известны до выполнения расчета, эти значения могут измениться при расчете.

ПРИМЕЧАНИЕ Значения параметров геотехнических воздействий могут измениться в процессе расчета. В таких случаях они вводятся как первое приближение с заданным начальным значением.

(3)Р При определении воздействий, принимаемых в проекте, необходимо учитывать все взаимодействия между сооружением и основанием.

5.3.3 Упрочненное основание следует рассматривать как трансверсально-изотропную среду и рассчитывать по двум группам предельных состояний: критические предельные состояния и предельные состояния по эксплуатационной пригодности.

5.3.4 Виды критических предельных состояний определены СН РК EN 1997-1:2004/2011.

(1)Р В случае необходимости производится проверка по следующим предельным состояниям:

- потеря равновесия сооружением и основанием, которые рассматриваются как жесткое тело, в котором прочность конструктивных материалов и грунтов основания недостаточны для обеспечения сопротивления (EQU);

- внутреннее разрушение или чрезмерные деформации сооружения или конструктивных элементов, включая, например, фундаменты, сваи, стены подвала и т. д., в которых прочность конструктивных материалов важна для обеспечения сопротивления (STR);

- разрушение или чрезмерные деформации основания, в котором прочность грунта или горной породы важна для обеспечения сопротивления (GEO);

- потеря равновесия сооружением или основанием из-за увеличения давления воды (взвешивание) или другими вертикальными воздействиями (UPL);

- гидравлический подъем в основании, внутренняя эрозия и образование усадочных раковин в грунте, вызванные наличием гидравлических градиентов (HYD).

ПРИМЕЧАНИЕ Предельное состояние GEO часто оказывается критическим при назначении размеров конструктивных элементов, связанных с фундаментами или подпорными сооружениям, а иногда с прочностью конструктивных элементов.

(2)Р Для длительных или временных ситуаций следует использовать частные коэффициенты, указанные в приложении А.

ПРИМЕЧАНИЕ Значения частных коэффициентов могут устанавливаться в национальном приложении. Значения даны в таблицах приложения А.

(3) Все значения частных коэффициентов для воздействий или последствий воздействий в аварийных ситуациях должны обычно приниматься равными 1,0. Все

значения частных коэффициентов для сопротивлений должны в этом случае выбираться в соответствии с конкретными обстоятельствами аварийной ситуации.

ПРИМЕЧАНИЕ Значения частных коэффициентов можно назначать в национальном приложении.

5.3.5 Из приведенных выше предельных состояний наиболее важным является разрушение или чрезмерные деформации основания (GEO).

(1)Р При рассмотрении предельного состояния по разрушению или чрезмерным деформациям конструктивного элемента или поперечного сечения или основания (STR и GEO) следует проверить, что:

$$E_d \leq R_d \quad (5.1)$$

где: E_d - расчетные результаты воздействий, которые определяются по формулам

$$E_d = E \left[\gamma_F F_{rep}; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right] \quad (5.1a)$$

или

$$E_d = E \gamma_E \left[F_{rep}; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right] \quad (5.1b)$$

Частные коэффициенты можно применять или к воздействиям F_{rep} , или к результатам этих воздействий E и определить из А.3.1(1)Р и А.3.2(1)Р СН РК EN 1997-1:2004/2011.

ПРИМЕЧАНИЕ Значения частных коэффициентов могут назначаться в национальном приложении. В таблицах А.3 и А.4 приведены их значения.

R_d - расчетные сопротивления, которые определяются по формулам

$$R_d = R \left[\gamma_F F_{rep}; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right] \quad (5.2a)$$

или

$$R_d = \frac{R \left[\gamma_F F_{rep}; X_k; a_d \right]}{\gamma_R} \quad (5.2b)$$

или

$$R_d = \frac{R \left[\gamma_F F_{rep}; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]}{\gamma_R} \quad (5.2c)$$

Частные коэффициенты можно применять или к параметрам грунта X , или к сопротивлениям R следующим образом:

ПРИМЕЧАНИЕ В проектных процедурах, в которых результаты воздействий корректируются коэффициентами, частный коэффициент на воздействия $\gamma_F = 1,0$ (также см. В.3(6)).

2(Р) Частные коэффициенты, определения которых даны в А.3.3.1(1)Р, А.3.3.4(1)Р, А.3.3.6(1)Р СН РК EN 1997-1:2004/2011, используются в формулах (5.2a,b и с).

ПРИМЕЧАНИЕ Значения частных коэффициентов могут устанавливаться в национальном приложении. В таблицах А.5 – А.8, А.12 – А.14 приведены их значения.

5.3.4 При упрочнении грунтового массива вертикальными армирующими элементами, способными воспринимать повышенные сжимающие напряжения, следует использовать железобетонные, бетонные, цементогрунтовые вертикальные армирующие элементы, а также колонны из песчаных грунтов и щебня (рисунок 5.1), длины которых должны назначаться в пределах сжимаемой толщи грунта.

5.3.5 Предварительное количество армирующих элементов и их длину следует определять по формуле:

$$\frac{N_d}{n} = \frac{F_d}{\gamma_q} \quad (5.3)$$

где N_d - расчетное воздействие, кН;

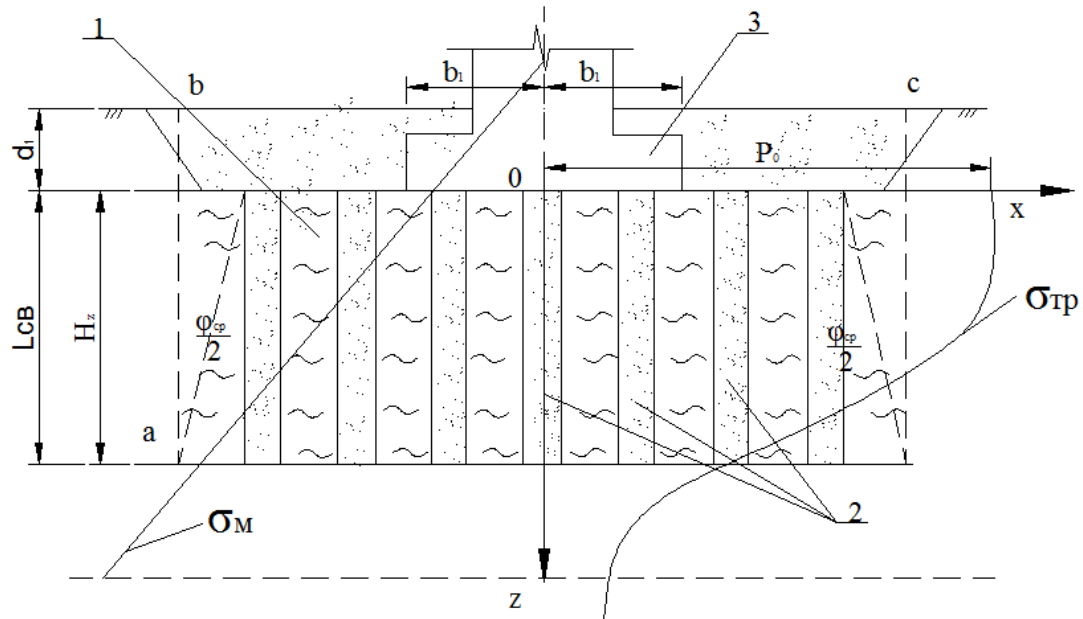
n - количество армирующих элементов (вертикальных армирующих элементов);

γ_q - коэффициент надежности по грунту;

F_d - несущая способность армирующих элементов (вертикальных армирующих элементов) по грунту (материалу), кН.

Несущую способность буроинъекционных и буронабивных вертикальных армирующих элементов с инъекционным упрочнением грунта под нижним концом следует определять по предписаниям пункта 7.5 в СН РК EN 1997-1:2004/2011, а для иных, включая грунтовые и цементогрунтовые, - по данным их статических испытаний.

5.3.6 Проверка условия 5.4 п.5.3.5 пособия на уровне нижних концов армирующих элементов производится также по методике нормативных документов. Проектирование и устройства оснований фундаментов зданий и сооружений в СН РК EN 1997-1:2004/2011. (где: (Р) - удельная нагрузка по подошве условного фундамента; (R) - расчетное сопротивление под подошвой условного фундамента).



1 - слабый грунт; 2 - армирующие элементы; 3 - фундамент

Рисунок 5.8- Схема к расчету основания, армированного вертикальными элементами

5.3.7 Расчет оснований выполняется по достижению предельного состояния по разрушению или чрезмерным деформациям конструктивного элемента или поперечного сечения или основания (GEO) из условия:

$$\alpha R_2 + (1 - \alpha) R_1 \geq P \quad (5.4)$$

$$S_{ap} \leq S_u \quad (5.5)$$

где $a = V_{ap} / V_{гр}$ - коэффициент, характеризующий долю армирующих элементов в объеме усиливаемого грунта (V_{ap} - объем армирующих элементов, $V_{гр}$ - объем грунта);
 R_1 - расчетное сопротивление неармированного грунта под подошвой фундамента, кПа;
 R_2 - расчетное сопротивление материала элементов усиления при условии замены естественного грунта армирующим, кПа;
 P - среднее давление под подошвой фундамента, кПа;
 S_{ap} - осадка армированной части основания;
 S_u - предельное значение совместной деформации основания и сооружения.

5.3.8 Осадка армированной части основания (S_{ap}) вычисляется методом послойного суммирования по формуле:

$$S_{ap} = \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zp,i} * h_i}{E_3} \quad (5.6)$$

где h_i - расчетная толщина i -го слоя грунта в пределах зоны сжатия армированного основания, принимается из условия $h_i = 0.2b$ (где b) - ширина фундамента), м;

n - количество слоев, на которое разбивается сжимаемая толща армированного грунта;

$\sigma_{zp,i}$ - среднее значение дополнительного вертикального напряжения в i -ом армированном слое, равное полусумме указанных напряжений на верхней (Z_{i-1}) и нижней (Z_i) границах слоя по вертикали, проходящей через центр подошвы фундамента, кПа;

E_3 - модуль деформации армогрунта в направлении, перпендикулярном поверхности грунта, кПа.

5.3.9 Дополнительные вертикальные напряжения (σ_{zp}) под подошвой прямоугольного фундамента определяются по формуле: (12) или по приложению В (таблицы В.2-В.5)

$$\sigma_{zp} = \frac{P_0}{2\pi(1-\sqrt{B})} \left[\arctg \frac{(y-\ell_1)(x-b_1)}{z\sqrt{(y-\ell_1)^2 + (y-b_1)^2 + z^2}} - \arctg \frac{(y+\ell_1)(x-b_1)}{z\sqrt{(y+\ell_1)^2 + (y-b_1)^2 + z^2}} + \arctg \frac{(y+\ell_1)(x+b_1)}{z\sqrt{(y+\ell_1)^2 + (y+b_1)^2 + z^2}} \right] \quad (5.7)$$

где $P_0 = P - \sigma_{zg,o}$ - дополнительное вертикальное давление на основание (для фундаментов шириной $b \geq 10$ м принимается $P_0 = P$), кПа;

$\sigma_{zg,o}$ - вертикальное напряжение от собственного веса грунта на уровне подошвы фундамента, кПа;

β - коэффициент, учитывающий степень анизотропии армогрунта

$$\beta = \frac{E_3}{E} \quad (5.8)$$

где E - модуль деформации для горизонтального направления, кПа.

5.3.10 Деформативные характеристики (E , E_3) следует определять экспериментально, а при отсутствии опытных данных - по приближенным формулам:

$$E_3 = \alpha * E_{ap} + (1 - \alpha)E_{zp} \quad (5.9)$$

$$\frac{1}{E} = \frac{\alpha}{E_{sp}} + \frac{1 - \alpha}{E_{zp}} \quad (5.10)$$

где $E_{гр}$, E_{ap} -модули деформации соответственно грунта и армирующих элементов, кПа.

5.3.11 Проверку армирующих элементов на разрыв и сопротивление сдвигу (трению), а также корректировку длины армирующих элементов следует производить по формулам:

$$\frac{T_1(2)}{A_1} \leq R_s \quad (5.11)$$

$$T_1 = 2dtg\varphi_i \left(\sigma_{zg} N + \int_0^N \sigma_{zp} dx \right) \quad (5.12)$$

$$T_2 = 2dtg\varphi_i \left(\sigma_{zg} M + \int_0^M \sigma_{zp} dx \right) \quad (5.13)$$

где $N = 0,5L_1$; $M = 0,5L_2$;

T_1, T_2 - растягивающие усилия в продольных и поперечных армирующих элементах, кН, определяются либо по формулам (5.12), (5.13) либо по приложению В (таблицы В.7, В.8);

A_1 - площадь поперечного сечения армирующего элемента, m^2 ;

R_s - расчетное сопротивление армирующих элементов растяжению, кПа;

σ_{zg} - вертикальные напряжения от собственного веса грунта, приходящиеся на рассматриваемый уровень армирующих элементов, кПа, определяемые по формуле:

$$\sigma_{zg} = \gamma' d + \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i \quad (5.14)$$

где d - глубина залегания подошвы фундамента, м;

γ' - удельный вес грунта выше подошвы фундамента, kH/m^3 ;

γ_i - удельный вес i -го слоя армированного грунта, kH/m^3 ;

h_i - расчётная толщина i -го слоя армированного грунта, м.

5.3.12 Ограждающие грунтовые армированные конструкции при многорядном расположении вертикальных и наклонных вертикальных армирующих элементов (рисунок 5.3) с объединением их голов ростверками при расчете устойчивости на опрокидывание следует рассматривать как свободностоящие стенки, подверженные воздействию соответствующих боковых давлений грунта со стороны насыпи и ниже дна котлована. В данном случае может определяться традиционными методами требуемая глубина заделки вертикальных армирующих элементов ниже дна котлована исходя из равновесия опрокидывающего момента за счет бокового давления грунта со стороны насыпи и удерживающего момента с противоположной, т.е. ниже дна котлована.

В составе армоконструкции вертикальные армирующие элементы в рядах со стороны котлована работают на вдавливание, а со стороны насыпи - на выдергивание. Для определения соответствующих вдавливающих и выдергивающих усилий на вертикальные армирующие элементы расчет можно производить по аналогии вертикальных армирующих элементов с повышенными ростверками, подверженными в общем случае воздействию вертикальных (N_d) и моментных нагрузок (M_x) в уровне защемления ниже дна котлована. Соответствующие усилия (P) на вертикальные армирующие элементы могут вычисляться в уровне максимального момента (M_x) по глубине ограждающей армированной конструкции согласно зависимости:

$$P = \frac{N_d}{n} \pm \frac{M_x y}{\sum_{i=1}^n y_i^2} \quad (5.15)$$

где n - число вертикальных армирующих элементов в ростверке вдоль погонного метра ограждающей армоконструкции;

y - расстояние от главной оси вдоль армоконструкции до оси каждого вертикального армирующего элемента, в которой определяется расчетная нагрузка, м;

y_i - расстояние от главной оси вдоль армоконструкции до оси каждого вертикального армирующего элемента, м.

Исходя из полученных величин усилий должны определяться длины вертикальных армирующих элементов ниже дна котлована, обеспечивающие достижение требуемых значений несущих способностей.

5.3.13 Армируемые вертикальными армирующими элементами грунтовые массивы в составе отсечных конструкций (рисунок 5.4а) при одинаковых уровнях грунта не требуют расчета устойчивости на воздействие бокового давления грунта в силу его уравнивания с двух сторон. При разных уровнях грунта с двух сторон подобной армоконструкции, должна производиться проверка работы вертикальных армирующих элементов на горизонтальные усилия от неуравновешенного бокового давления грунта.

5.3.14 В составе шатровых систем (рисунок 5.4б) должны определяться соответствующие составляющие (продольные и поперечные) воздействующих на наклонные вертикальные армирующие элементы усилий от вышерасположенных сооружений. Расчет вертикальных армирующих элементов в данном случае может производиться на вдавливание и поперечные нагрузки традиционными методами. Для исключения передачи нагрузки на расположенные ниже вертикальных армирующих элементов конструкции целесообразно иметь между вертикальными армирующими элементами и такими конструкциями расстояние не менее четырех диаметров вертикальных армирующих элементов.

5.4 Общие положения по проектированию

5.4.1 Проектирование оснований фундаментов и подземных конструкций с упрочнением грунтов посредством их армирования горизонтальными, наклонными или вертикальными элементами в ненарушенных массивах природного сложения или в насыпных толщах при их послойной укладке включает следующие этапы:

- анализ инженерно-геологических условий строительной площадки и выбор расчетных схем сооружения;
- определение средних и краевых сжимающих и распорных давлений грунта под подошвами фундаментов и по глубине, установление границ сжимаемой толщи как для однородной, так и для анизотропной сред;
- оценка свойств грунтов с учетом наличия в них арматурных элементов, в том числе за счет их опрессовки при устройстве буроинъекционных анкерующих элементов;
- предварительное распределение армирующих элементов с назначением расстояний между ними и длин по глубине основания и в плане для соответствующих участков исходя из имеющихся опытных данных или расчетных показателей прочностных и деформативных свойств при заданном проценте армирования или эффекта опрессовки грунта;
- вычисление расчетных давлений на армированные грунты и подбор требуемых размеров фундаментов в плане, определение осадок фундаментов с учетом анизотропии соответственно прочностных и деформативных характеристик грунтового массива;
- выбор конструкций и материалов для растягиваемых или срезаемых элементов при армировании грунта, назначение их длин, поперечных сечений и наклона к горизонту в пределах соответствующих участков по высоте и в плане на основе расчета их прочности

на растяжение и сжатие, сопротивляемости на выдергивание и вдавливание исходя из условия восприятия передаваемых на каждый из элементов усилий;

- разработка мер по дренированию грунтовой толщи и защите от коррозии арматуры;
- уточнение принятых параметров армирующих элементов на основе испытаний на моделях или в реальных условиях.

5.4.2 Размещение армирующих элементов с их минимальным количеством по поверхности многоанкерной ограждающей системы должно обеспечивать:

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

5.4.3 В случае проектирования многорядных вертикальных армирующих элементов в составе подпорных и ограждающих армированных конструкций, их также следует размещать в плане в шахматном порядке. При этом, во внешнем со стороны котлована ряду расстояние между вертикальными армирующими элементами должно обеспечивать удержание грунта от высыпания или обрушения при их обнажении в процессе раскопки котлована. В песчаных грунтах такое условие обеспечивается за счет арочного эффекта и капиллярных сил с учетом высоты ограждения и диаметра вертикальных армирующих элементов при расстояниях от 60 до 80 см, а в глинистых - благодаря сцеплению при расстояниях до 150 см. Расстояния между внутренними рядами армирующих элементов, между ними в рядах и количество их рядов должны определяться расчетами устойчивости армируемого массива.

5.4.4 Диаметры скважин для армирующих грунт нагелей следует назначать с учетом их поперечных сечений, необходимых защитных слоев цементного камня при замоноличивании раствором, а также рабочего органа буровой установки.

5.4.5 Мероприятия по защите арматуры от коррозии должны увязываться с долговечностью сооружений и степенью агрессивности грунтовой среды, а также со свойствами материалов для арматуры.

5.4.6 При выборе материалов для армирования грунта следует учитывать их прочностные свойства, возможности получения подрядными организациями и преимущества от использования в соответствующих геологических и гидрогеологических условиях или для принятого конструктивного и технологического решения, а также вид сооружения, для которого используется армированный грунт.

5.4.7 Целесообразность применения армированного грунта в основаниях и сооружениях, насыщенных агрессивными водами, устанавливается проектной организацией с обязательной разработкой мероприятий по защите армирующих материалов от коррозии.

5.4.8 Армирующие материалы должны обладать необходимой прочностью, низкой ползучестью, долговечностью, высоким коэффициентом трения и малой сжимаемостью.

5.4.9 Коэффициент трения или связность между арматурой и грунтом ($f_{тр}$) должен определяться с помощью испытаний на срезных приборах, а при отсутствии опытных данных его минимальное значение необходимо принимать по таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Минимальное значение коэффициента трения ($f_{тр}$) между анкером и засыпкой

Грунт засыпки	$f_{тр}$	$\varphi_{тр}$, град
Мелкий песок маловлажный	0,62	32
Мелкий песок влажный	0,58	30
Крупный песок маловлажный	0,53	28
Крупный песок влажный	0,51	27
Гравий	0,42	23
Песчаная смесь	0,40	22
ПРИМЕЧАНИЕ Для шероховатой поверхности анкера значения ($f_{тр}$) могут быть увеличены на 10 %.		

5.4.10 Арматура должна быть долговечной и сохранять свою целостность в течение всего срока эксплуатации сооружения. При длительном сроке эксплуатации сооружения необходимо предусматривать соответствующий запас толщины металлических компонентов (таблица 5.3).

-

- Таблица 5.3 - Величина запаса на коррозию для металлических изделий в различных средах

Материал арматуры	Запас по толщине, который предусматривается для каждой поверхности, подвергаемой коррозии, мм			
	в атмосфере		в засыпке	
	Условия: городские, промышленные, прибрежные промназначения	Прочие	Сыпучая засыпка	Связная засыпка с трением
Алюминиевый сплав	—	—	0,15	0,30
Медь	—	—	0,15	0,30
Оцинкованная сталь	0,85	0,30	0,75	1,25
Нержавеющая сталь	0,00	0,00	0,10	0,20

5.4.11 Во избежание нарушения армирующих материалов в строительный период должны приниматься надлежащие меры предосторожности. Нельзя допускать движения оборудования на колесном или гусеничном ходу непосредственно по верху арматуры. При использовании указанных механизмов необходимо предварительно укладывать на арматуру слой засыпки толщиной от 150 до 200 мм. Арматура должна складироваться в безопасном сухом помещении, а неметаллические материалы и конструкции предохраняться от прямого воздействия ультрафиолетовых лучей.

5.4.12 Все металлические компоненты, используемые для сооружений из армированного грунта, а именно армирующие элементы, крепления и облицовка из металла должны быть совместимыми в электролитическом отношении. В противном случае должны быть приняты меры по обеспечению электроизоляции.

6 БУРОНАБИВНЫЕ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ АРМИРУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К НИМ

6.1 Армирующие материалы и технические требования к ним

6.1.1 Грунт-заполнитель должен соответствовать следующим требованиям:

- содержание частиц мельче 0,05 мм не более 15 % (от общей массы) и отсутствие частиц крупнее 120 мм;
- угол внутреннего трения должен быть не менее 25° (в уплотненном состоянии);
- отсутствие органических включений;
- среда не должна быть агрессивна к бетону и стали, в противном случае необходимо предусмотреть дополнительные меры по защите анкеров и лицевых конструкций от коррозии;
- не должен менять свои свойства во времени, например, стойкость против выветривания и др.
- коэффициент однородности грунта должен удовлетворять условию $C_u \geq 5$.

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

Таблица 6.1 – Нормативные сопротивление крупнообломочных грунтов

Наименование грунта	Нормативное сопротивление (R), т/м ²
Щебенистый (галечниковый) с песчаным заполнением пор	90
Дресвяный (гравийный) из обломков кристаллических пород	75
Дресвяный (гравийный) из обломков осадочных пород	45

Таблица 6.2 – Нормативное сопротивление песчаных грунтов

Наименование грунта	Нормативные сопротивления R^H , т/м ²			
	плотных		средней плотности	
	маловлажные	влажные	маловлажные	влажные
Пески крупные	70	70	50	50
Пески средней крупности	55	55	40	40
Пески мелкие	45	37	30	25
Пески пылеватые	40	30	30	20

6.1.3 Для сооружений из армированного грунта следует использовать обычные уплотняющие механизмы (таблица 6.3), причем выбор наиболее подходящих типов зависит от свойств материала засыпки. Во избежание повреждений армирующих элементов или искривлений облицовки должны быть приняты меры предосторожности сверх ограничений, указанных в 6.3.

6.1.4 Равномерность уплотнения достигается при укладке засыпки слоями толщиной от 250 до 400 мм и уплотнении материала соответствующими механизмами, перемещающимися параллельно облицовочной грани или бровке сооружения.

6.1.5 Так как качество уплотнения грунта прямо влияет на величину трения по анкерам, степень уплотнения засыпки при производстве работ необходимо контролировать одним из возможных экспресс-методов, например, пенетрометрами, прессиометрией, зондированием, отбором проб и др.

6.1.6 Полоса грунта, примыкающая к ограждаемой стенке шириной не менее 1 м, должна уплотняться ручными катками или виброплитами. В таблице 6.4 приведены дополнительные максимальные горизонтальные нагрузки на ограждающую стенку от различных типов уплотняющих машин.

6.2 Технология устройства буронабивных вертикальных армирующих элементов

6.2.1 Изготовление свай в буровых скважинах с уплотненным забоем и вытрамбованной уширенной пятой производится в технологической последовательности, указанной в ППР.

6.2.2 Бурение скважин для свай производится с использованием лопастных или шнековых буров. В качестве трамбовки могут использоваться любые конструкции трамбовок как из металла и железобетона, так и комбинированные (металлические с железобетонным заполнителем). Диаметр трамбовки должен быть на 80–120 мм меньше диаметра обсадной трубы (нижний предел соответствует трубам диаметром 600–800 мм, верхний - трубам диаметром более 800 мм).

6.2.3 Для установки трамбовки и обсадной трубы в скважину, уплотнения забоя или вытрамбовывания пяты используются краны, экскаваторы, оборудованные фрикционными лебедками, и тракторы со специальным навесным оборудованием.

6.2.4 Уплотнение грунта в основании скважины и вытрамбовывание пяты осуществляются ударами трамбовки, свободно сбрасываемой с определенной высоты. Высота сбрасывания трамбовки, количество ударов и отказ определяются проектом производства работ и должны быть не менее контрольных значений, установленных в процессе опытного изготовления свай.

6.2.5 Вытрамбовывание пяты производится с применением песчано-гравийной (щебеночной), жесткой бетонной или товарной бетонной смеси (для свай-анкеров), которая порциями загружается в обсадную трубу. Величину порции следует назначать таким образом, чтобы высота песчано-гравийной (щебеночной) смеси (пробки) в трубе составила 200–400 мм.

Таблица 6.3 - Основные технические показатели работы грунтоуплотняющих механизмов

Механизмы	Глубина уплотнения в грунтах, м		Число проходов при коэффициенте уплотнения грунта (K_y)			
	песчаных	глинистых	0,92	0,95	0,98	1,00
Пневмокатки весом, кН: 250 400						
- Виброкатки весом, кН: 20 50	0,50 0,70	0,50 0,60	6 6	10 10	12 12	15 15
- Груженные автомашины:						
- КраАЗ	0,50 0,40	0,20 0,25	6 6	10 10	12 12	15 15
- МАЗ	0,25	—	2	3	4	6
Трамбовки электрические ИЭ-4052 ИЭ-4504	0,35	—	2	3	4	6

ПРИМЕЧАНИЯ

1 Значения глубин уплотнения и число проходов даны для насыпных грунтов, уплотняемых при оптимальной влажности.

2 При уплотнении грунтов влажностью в 1,2 раза больше или меньше оптимальной, глубина уплотнения снижается на 20 %.

3 Значения глубин уплотнения и число проходов естественной структуры назначаются опытным уплотнением в полевых условиях

Таблица 6.4 - Максимальное горизонтальное давление на облицовку от вблизи работающих уплотняющих машин

Тип уплотняющей машины	Максимальное горизонтальное давление, создаваемое в несвязном грунте, вблизи вертикальной конструкции, кН/м^2
Вибрационная плита массой 120 кг	11,5
Вибрационная плита массой 400 кг	16,0
Вибрационный каток массой 1,4 т	12,5
Вибрационный каток массой 3,3 т	19,0
Статический трехвальцовый каток массой 10,0 т	20,0
Вибрационный каток массой 5,0 т	20,0
Вибрационный каток массой 10,0 т	27,0

6.2.6 Соотношение между фракциями песок : гравий (щебень) в смеси для вытрамбовывания пяты, как правило, должно быть 1:1 - при наибольшей крупности заполнителя (НКЗ) менее 40 мм и 2:1 - при НКЗ более 40 мм. Засыпка песчано-гравийной (щебеночной) смеси в скважину производится с использованием дозаторов (засыпка бульдозером и самосвалами не допускается). В качестве дозаторов следует, как правило, использовать автопогрузчики или экскаваторы «Беларусь» с ковшами вместимостью 0,25 м³, а также бадьи.

6.2.7 Трамбование каждой порции следует производить до тех пор, пока высота пробки в трубе не уменьшится до 50 мм. Цикл работ повторяется до получения проектного размера уширения пяты, определяемого количеством втрамбованного в основание материала.

6.3 Контроль качества и приемка работ

6.3.1 В процессе возведения подпорных и ограждающих конструкций и устройства упрочненных оснований из армированного грунта должен осуществляться контроль за качеством производства работ и соответствием используемых материалов, конструктивных решений и технологий, принятых в проекте.

6.3.2 При оценке качества возведения армируемых подпорных и ограждающих конструкций, геомассивов или оснований фундаментов следует контролировать:

- изготовление всех изделий и составных элементов;
- соединение отдельных арматурных элементов;
- бурение скважин для армирующих грунт элементов;
- укладку или погружение арматуры в скважины;
- замоноличивание арматуры в скважинах;
- требуемые свойства грунта при его послойной отсыпке и уплотнении;
- крепление изделий лицевых поверхностей подпорных и ограждающих конструкций к армирующим грунтовую среду элементам.

6.3.3 Контроль качества должен осуществляться для каждого вида работ в соответствии с требованиями нормативных документов. Порядок контроля и ответственные за его выполнение лица должны быть указаны в проекте производства работ (ППР).

6.3.4 При проходке скважин для нагелей и анкерующих элементов в виде вертикальных армирующих элементов необходимо контролировать их расположение, глубину и наклон, соответствие проходимых напластований грунтов и уровней подземных вод результатам инженерно-геологических изысканий. Все отличия должны фиксироваться в журнале производства работ.

6.3.5 При бурении нужно проверять прямолинейность обсадных труб или шнеков, качество стыковых соединений и резьб, соосность звеньев и наконечников.

6.3.6 При контроле качества бурения скважин, устройства в них вертикальных армирующих элементов и нагелей при заполнении скважин бетоном или цементным раствором - показателей свойств этих смесей, - следует руководствоваться предписаниями требований нормативных документов.

6.3.7 Качество бетона или цементного камня в теле формуемых анкерующих элементов и других конструкциях подземного сооружения следует оценивать по результатам испытаний их в натуре или контрольных образцов в соответствии с требованиями нормативных документов. Контрольные образцы перед испытаниями следует помещать в грунтовую среду, идентичную с условиями на объекте.

6.3.8 Стальные сварные элементы, закладные детали и соединения звеньев арматуры или нагелей для армирования грунтов должны проверяться и приниматься техническим контролем изготовителя. Эти изделия должны соответствовать рабочим чертежам и требованиям нормативных документов.

6.3.9 Потребитель сварных арматурных изделий имеет право производить контрольную проверку их качества. Ее результаты регистрируются в журнале производства работ с указанием номера рабочего чертежа, отступлений от требований проектной документации и необходимых обоснований и согласований допустимых отклонений или замены на другие материалы для таких изделий.

6.3.10 Во избежание образования глинистой корки на арматуре, ее установку в скважину с глинистой суспензией следует производить не более чем за 18 ч до заполнения цементным раствором или бетоном.

6.3.11 Приемка установленной арматуры должна оформляться актом на скрытые работы с указанием номера рабочих чертежей, отступлений от требований проектной документации, оценкой качества арматурных работ и заключением о возможности бетонирования или инъектирования.

6.3.12 Режим нагнетания инъекционных смесей в скважины должен контролироваться по количеству ходов поршня и объему подаваемого раствора на каждом уровне инъекции, а также по наступлению отказа в поглощении раствора.

6.3.13 Для оценки пригодности в инженерно-геологических условиях объекта должны выполняться пробные статические испытания опытных анкерующих элементов в виде вертикальных армирующих элементов или нагелей. Для приемки рабочих элементов в составе армированной конструкции осуществляются их контрольные испытания в соответствии с указаниями проектной документации.

6.3.14 При послойной укладке грунта в составе армируемого геомассива следует для каждого слоя контролировать качество его уплотнения полевыми или лабораторными методами.

6.3.15 Приемка оснований и сооружений из армированного грунта или с его использованием должна производиться на основании:

- проектной документации основания или сооружения из армированного грунта;
- актов приемки материалов;
- актов лабораторных испытаний контрольных образцов из выполняемых на объекте элементов армоконструкций, а также грунтов с оценкой соответствия проектной документации их вида и качества послойного уплотнения;
- сводной ведомости устройства анкерующих или армирующих элементов в составе сооружения;
- исполнительной схемы расположения выполненных или уложенных арматурных элементов с изменениями и согласованиями корректив;

- актов на скрытые работы;
- актов и заключений научно-исследовательских организаций о пригодности анкерующих элементов из нагелей или вертикальных армирующих элементов в составе армируемых геомассивов по результатам проведенных пробных или приемочных испытаний на моделях или в натуре.

6.3.16 При недостаточной прочности отдельных элементов подпорной или ограждающей конструкций из армированного грунта, их усиление и ввод в эксплуатацию должны определяться проектной организацией с согласия заказчика.

6.3.17 Для каждого сооружения с использованием при армировании грунта природного сложения нагелей или вертикальных армирующих элементов следует выполнять не менее трех пробных или контрольных испытаний каждого из них на выдергивание, а также трех работающих на вдавливание вертикальных армирующих элементов. При укладке в насыпную армируемую грунтовую толщу анкерующих полос или стержней, их следует подвергать в составе сооружения контрольным испытаниям на выдергивание в количестве не менее трех. В случае различных длин анкерующих элементов по высоте насыпи, их испытывать следует не менее чем по одному на каждом из ярусов с соответствующей длиной анкерования.

6.3.18 Для подпорных и ограждающих конструкций из армированного грунта должны предусматриваться и осуществляться геодезические измерения горизонтальных смещений лицевых поверхностей в процессе возведения и последующей эксплуатации. Последовательность и методика проведения измерительных работ должны назначаться научным подразделением по согласованию с заказчиком.

6.3.19 Затраты на проведение испытаний и измерительных работ с анализом их результатов должны увязываться со стоимостью сооружения и включаться в смету расходов за счет средств заказчика. Результаты опытных работ в виде отчета о проведенных исследованиях должны находиться у заказчика, проектной, подрядной и научной организаций.

6.3.20 Отклонения от проектных размеров не должны превышать:

- длин анкерующих элементов и армирующих грунтовую толщу вертикальных армирующих элементов - ± 50 мм;
- диаметров скважин для нагелей и вертикальных армирующих элементов - ± 20 мм;
- направлений наклона скважин вертикальных - $\pm 2^\circ$, то же наклонных - $\pm 4^\circ$;
- размещений арматуры нагелей по сечениям скважин - ± 10 мм;
- расположений горизонтальной арматуры по высоте и в плане геомассива - ± 20 мм;
- отметок голов вертикальных армирующих элементов и верхних плоскостей ростверков - ± 20 мм.

Иные значения отклонений исходя из особенностей производства работ, инженерно-геологических и других условий должны быть обоснованы и согласованы с проектной организацией и заказчиком.

6.4 Техника безопасности и охрана окружающей среды

6.4.1 Для обеспечения безаварийного и безопасного производства работ по устройству оснований и сооружений из армированного грунта, их следует вести только по утвержденному ППР с соблюдением требований СН РК «Охрана труда и техника безопасности в строительстве», а также положений настоящего Пособия.

6.4.2 Производство работ по устройству оснований и сооружений из армированного грунта в зоне расположения подземных коммуникаций допускается только с письменного разрешения организации, ответственной за их эксплуатацию. К разрешению должен быть приложен план (схема) с указанием размещения и глубины заложения коммуникаций с соответствующими согласованиями.

6.4.3 При устройстве оснований и сооружений из армированного грунта запрещается пребывание в радиусе действия крана или погрузчика для монтажа и укладки армирующих элементов, а также ближе пяти метров от стрелы буровой установки.

6.4.4 Безопасность людей, работающих в глубоком строительном котловане или внутри возводимых и реконструируемых сооружений, должна быть обеспечена за счет специального ограждения, предохраняющего от случайного падения предметов сверху. При этом также должны быть предусмотрены меры, исключающие обрушение бортов котлована при нахождении у его бровки механизмов или от подтопления водой при случайном прорыве воды из-за аварии в близлежащих подземных сетях.

6.4.5 Безопасность персонала, работающего при послойной укладке и уплотнении грунта в армируемой откосной насыпи, должна обеспечиваться за счет ограничения нахождения механизмов на этой насыпи в пределах защитной полосы, оговариваемой в ППР исходя из расчета ее устойчивости, либо посредством устройства надежного временного крепления перед нею.

6.4.6 На объекте должен быть список с телефонами дежурных служб предприятий и организаций, в ведении которых находятся объекты и коммуникации в зоне производства работ. Необходимо также иметь схему коммуникаций с обозначением мест перекрытия напорных трубопроводов или отключения электросетей.

6.4.7 При обнаружении во время производства работ подземных коммуникаций или других объектов необходимо вызвать представителей организаций, в ведении которых они находятся, и решить вопрос о продолжении работ.

6.4.8 Укладываемые в грунт полимерные армирующие элементы не должны разлагаться от взаимодействия с грунтом или подземными водами. Пленочные материалы при этом не должны создавать в дренирующих грунтах противифльтрационных преград для струйных потоков подземных вод.

6.4.9 Используемые промышленные отходы в качестве обратных засыпок и дренажных элементов не должны быть агрессивными по отношению к подземным водам и армирующим элементам, а также не должны разлагаться в процессе эксплуатации сооружений и не приносить вред окружающей среде.

6.4.10 При армировании грунтов следует решать вопросы охраны окружающей среды.

7 БУРОИНЪЕКЦИОННЫЕ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ АРМИРУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К НИМ

7.1 Армирующие материалы и технические требования к ним

7.1.1 Особенности проектирования и устройства буроинъекционных вертикальных армирующих элементов в слабых глинистых грунтах обуславливаются специфическими свойствами этих грунтов, а именно:

- при сохранении природной структуры слабые глинистые грунты работают как твердое тело; в этом случае грунт характеризуется неконсолидированно-недренированными параметрами прочности и недренированным (разгрузочным) модулем деформации;

- при нарушении природной структуры слабые глинистые грунты приобретают свойства вязкой жидкости; в этом случае грунт характеризуется мгновенными (проявляющимися в строительный период) неконсолидированно-недренированными характеристиками прочности перемятого грунта (пасты) и недренированным (разгрузочным) модулем деформации;

- под длительно действующей нагрузкой слабые глинистые грунты претерпевают сдвиговую ползучесть; в зоне нарушения структурных связей возможно развитие во времени процессов фильтрационной консолидации.

7.1.2 Буроинъекционные вертикальные армирующие элементы устраиваются для усиления грунтов основания и фундаментов реконструируемых и реставрируемых зданий и сооружений, деформации которых обусловлены развитием неравномерных осадок, либо для превентивного усиления грунтов основания и фундаментов зданий и сооружений, оказывающихся в зоне влияния строительных работ на соседних участках.

7.1.3 При устройстве буроинъекционных вертикальных армирующих элементов в слабых грунтах следует соблюдать щадящие технологические режимы. Применение пневмопробойников, разрядно-импульсной и ударно-вращательной технологий и других технологий, оказывающих интенсивное динамическое воздействие на грунты вокруг скважины, не допускается.

7.2 Технология устройства буроинъекционных вертикальных армирующих элементов

7.2.1 Технологический цикл инъекционного укрепления несущих конструкций включает бурение в усиливаемом элементе конструкции инъекционных шпуров и скважин, армирование их в случае необходимости, заполнение скважин инъекционным раствором, опрессовку.

7.2.2 Бурение инъекционных шпуров выполняется ручными пневматическими или электрическими перфораторами с продувкой воздухом, диаметром 30-50 мм. Бурение скважин под анкеры выполняется специальными буровыми станками колонкового или пневмоударного бурения. Диаметры скважин назначаются в зависимости от условий

работы анкера в конструкции, состояния кладки усиливаемого элемента и обычно не превышают 112 мм.

При разбурировании шпуров в лицевых кладках начальное бурение, на длину 100-150 мм, ведется с использованием кольцевых коронок, позволяющих сохранить kern разбуриваемого материала и использовать его по окончании инъекционных работ для восстановления лицевой поверхности кладки.

При разбурировании шпуров, входящих в кладку усиливаемого элемента конструкции под определенным углом наклона, необходимо применение специальных шаблонов, обеспечивающих минимальные отклонения шпуров от проектных положений и фиксирующих буровой инструмент в конкретной точке бурения. По окончании бурения шпуров или скважин они должны быть тщательно очищены от бурового шлама продувкой сжатым воздухом или, в отдельных случаях, определяемых проектом, промывкой водой или специальными растворами.

Инъекционные шпуры и скважины выполняются сквозными или глухими. В последнем случае недобур, как правило, составляет 50-100 мм.

По окончании бурения и очистки шпура, он заполняется через инъекционной трубкой твердеющим раствором от забоя до излива раствора из устья, в случае необходимости армируется. При этом арматурный стержень должен быть втоплен в кладку усиливаемой конструкции не менее чем на 50 мм. Затем в устье шпура устанавливается обтюратор и шпур опрессовывается под давлением 0,1-0,15 МПа. За отказ нагнетания принимается расход инъекционного раствора равный 1 л/мин в течение 10 мин при соответствующем давлении нагнетания.

7.2.3 При устройстве фиксирующих анкеров после очистки скважины в нее устанавливается арматурный каркас, втопленный в кладку не менее чем на 100 мм, инъекционная трубка и производится заполнение скважины твердеющим раствором от забоя до выхода раствора из скважины. После заполнения скважины раствором в ее устье устанавливается обтюратор и производится опрессовка скважины. Давление опрессовки не более 0,2 МПа. За отказ нагнетания принимается расход инъекционного раствора равный 1л/мин в течение 10 мин при соответствующем давлении нагнетания.

7.2.4 При усилении конструкций, имеющих лицевые поверхности, после опрессовки в устье шпура или скважины, для восстановления первоначальной поверхности, устанавливается на растворе выбуренный ранее kern материала кладки.

7.2.5 При устройстве натяжных анкеров после очистки скважины в нее устанавливается манжетная колонна с пакером и через нее в скважину подается раствор для формирования корня анкера. После твердения раствора производится натяжение анкера с помощью гидродомкрата или натяжной гайки на проектное усилие и затем свободный объем скважины заполняется раствором. Давление, создаваемое при формировании корня анкера должно соответствовать прочности материала усиливаемого элемента конструкции.

7.2.6 Технологическая последовательность производства работ по инъекционному укреплению несущих конструкций должна быть отражена в проекте производства работ (ППР).

Проект производства работ должен включать:

- схему расположения узла для приготовления инъекционных растворов на строительной площадке;
- схему технологических трубопроводов для подачи раствора к месту производства работ;
- технологические карты на выполнение всех видов работ;
- мероприятия по технике безопасности со схемами перемещения оборудования, установки лесов и, в случае необходимости, временного крепления усиливаемых конструкций.

7.2.7 Работы по инъекционному укреплению несущих конструкций допускается производить только при положительных среднесуточных температурах наружного воздуха или при гарантированном обеспечении положительных температур в зоне производства работ на все время их проведения, включая сроки твердения инъекционных растворов.

7.3 Контроль качества и приемка работ

7.3.1 Приемка выполненных работ по цементации и изготовлению буроинъекционных вертикальных армирующих элементов должна производиться на отдельных захватках (зонах) объекта по очередям выполнения по мере завершения работ до срубki голов и заделки вертикальных армирующих элементов в ростверк.

7.3.2 Приемка выполненных работ должна производиться на основании следующих документов:

- проекта вертикальных армирующих элементов;
- актов приемки материалов;
- актов лабораторных испытаний контрольных бетонных образцов (кубиков), изготовленных на площадке строительства;
- акта и заключения по проведенным статическим испытаниям опытных вертикальных армирующих элементов (если такие испытания предусмотрены проектом);
- плана фактического расположения вертикальных армирующих элементов с привязкой к разбивочным осям;
- исполнительной схемы расположения осей выполненных буроинъекционных вертикальных армирующих элементов с указанием отклонений от проектного положения в плане, фактических углов наклона и результатов нивелировки голов вертикальных армирующих элементов;
- актов на скрытые работы;
- журналов цементации и изготовления буроинъекционных вертикальных армирующих элементов.

При приемке изготовленных буроинъекционных вертикальных армирующих элементов должно проверяться соответствие выполненных работ требованиям проекта, нормативных документов, указаниям авторского надзора.

7.3.3 Приемка оформляется актом, в котором должны быть отмечены все выявленные дефекты и предусмотрены способы их устранения. При производстве работ по цементации, устройству буроинъекционных вертикальных армирующих элементов и анкеров, а также выполнению инъекционных работ должны соблюдаться общие правила

по технике безопасности для работы на буровых, компрессорных, гидравлических и электрических установках, для общестроительных и горных работ, включая работы, производимые с лесов, предусмотренные нормативными документами и соблюдением требований СН РК «Охрана труда и техника безопасности в строительстве».

7.3.4 К производству работ допускаются рабочие, прошедшие обязательное медицинское освидетельствование, обученные профессиям буровиков и такелажников, прошедшие курсы по технике безопасности работ, сдавшие экзамены квалификационной комиссии и имеющие соответствующие удостоверения.

7.3.5 При работе бурового станка зона, ограниченная полуокружностью, радиус которой равен полной длине используемых буровых штанг плюс 2 м, считается опасной зоной. Площадки для складирования материалов, армокаркасов и приготовления растворов также относятся к опасным зонам. Границы опасных зон должны быть обозначены хорошо видимыми предупредительными знаками и надписями.

7.3.6 В опасной зоне запрещается:

- выполнять работы, не имеющие непосредственного отношения к проводимому технологическому процессу;
- находиться лицам, не имеющим отношения к выполняемым работам.

7.3.7 Перед началом производства работ ответственный за их выполнение (прораб, мастер) должен проверить состояние площадки (электроосвещение, расположение коммуникаций, электросиловых линий и т.п.) и установить соответствие их состояния проекту производства работ. О всех случаях несоответствия следует составить акт и поставить в известность начальника участка или главного инженера генподрядной организации.

7.3.8 Освещение площадки (рабочих мест) при производстве работ должно быть равномерным и не менее 50 лк (30 в на 1 м²).

7.3.9 Для обеспечения безопасной работы на передвижных компрессорах и с пневматическими перфораторами должны соблюдаться следующие требования:

- воздушные компрессоры на обоих ступенях сжатия необходимо оборудовать манометрами и предохранительными клапанами, на которых должны быть установлены пломбы;

- не допускать работу компрессора при давлении, превышающем предельное для данного типа компрессора;

- запрещается во время работы натягивать и перегибать рукава пневмоинструмента.

7.3.10 Металлические части буровых станков и механизмов с электроприводом должны быть заземлены. В нерабочее время электропривод бурового станка - отключен от электросети.

При замеченных неисправностях какого-либо агрегата бурового станка, последний должен быть немедленно остановлен и приняты меры по устранению неисправностей. Чистка, смазка и ремонт механизмов бурового станка во время его работы запрещается.

7.3.11 Во время работы буровых станков запрещается:

- переключать скорости лебедки и вращателя, а также переключать вращение с лебедки на вращатель и обратно до полной их остановки;

- заклинивать рукоятки управления машин и механизмов;

- пользоваться патронами шпинделя с выступающими головками зажимных болтов;

- производить замер вращающейся штанги или ведущей трубы.

7.3.12 Во время спуско-подъемных операций запрещается:

- работать на лебедке с неисправным тормозом;
- спускать буровые штанги с недовернутыми резьбовыми соединениями;
- производить посадку кондукторов в скважину забивкой без деревянной прокладки.

При кратковременных остановках бурения необходимо поднять буровой став на высоту, исключающую возможность их прихвата.

7.3.13 Удлинение рукояток трубных ключей может быть произведено путем плотного надевания на них бесшовных патрубков, не имеющих каких-либо повреждений. Длина сопряжений должна быть не менее 0,2 м. Общая длина плеча не должна превышать 2 м.

7.3.14 Перед заполнение скважин твердеющим раствором при цементации, устройстве буроинъекционных вертикальных армирующих элементов, анкеров и инъекции должна быть проверена исправность предохранительных клапанов и манометров, а вся система (насосы, трубопроводы, шланги, обтюраторы и т.п.) опрессована на полуторное расчетное максимальное давление, необходимое при производстве работ, но не выше максимального рабочего давления, предусмотренного техническим паспортом оборудования.

7.3.15 Во время грозы и при ветре более 6 баллов буровые работы на лесах запрещаются. Для защиты людей от электрических разрядов во время грозы леса должны иметь молниеприемники и надежное заземление.

8 ЦЕМЕНТОГРУНТОВЫЕ ВЕРТИКАЛЬНЫМИ АРМИРУЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К НИМ.

8.1 Армирующие материалы и технические требования к ним

8.1.1 Упрочнение грунта основания связывающими растворами основано на нагнетании специальных растворов, которые, проникая в поры грунта, придают ей прочность и водонепроницаемость. Для упрочнения грунтов применяют различные способы: цементацию (нагнетание цементного раствора), глинизацию (нагнетание тампонажного глинистого раствора с различными добавками) и т.д .

8.1.2 Цементацию грунтов применяют при усилении оснований фундаментов существующих зданий, для водоподавления и создания защитной цементной оболочки в породном массиве вокруг обделки сооруженного тоннеля и т.д.

8.1.3 Наиболее распространенным и эффективным методом цементации является метод является гидроструйной цементации (ГСЦ).

8.1.4 Принципиально, технология ГСЦ грунтов заключается в использовании кинетической энергии высокоскоростной суспензионной водноцементной струи, направляемой на разрушение и перемешивание грунтом в массиве без создания в нем избыточного давления. На первом этапе (см. рис. 8.1) специально оборудованной под ГСЦ буровой установкой бурится пилотная скважина диаметром 73 -120 мм. Бурение

производится до расчетной глубины, определяемой проектом, с предварительной промывкой цементным или глинистым раствором под давлением, обычно не превышающим 5 МПа. Промывочная жидкость подается непосредственно на породоразрушающий инструмент. На следующем этапе насосной установкой высокого давления подается водоцементный раствор под давлением 45 -50 МПа. Подачей высокого давления автоматически перекрывается канал орошения, и открывается канал питания струеформирующей насадки (или насадок, если их несколько) диаметром 0,8 -3 мм. Причем насадка ориентирована таким образом, чтобы истекающая струя была направлена перпендикулярно оси буровой колонны. Включается вращение буровой колонны (с частотой 10 - 25 об/мин) и. начинается подъем буровой колонны, происходит резание и перемешивание грунта за счет высокой кинетической энергией струи.

Таким образом, формуется массив закрепленной грунтом цилиндрической формы состоящий из нового материала – грунтобетона.

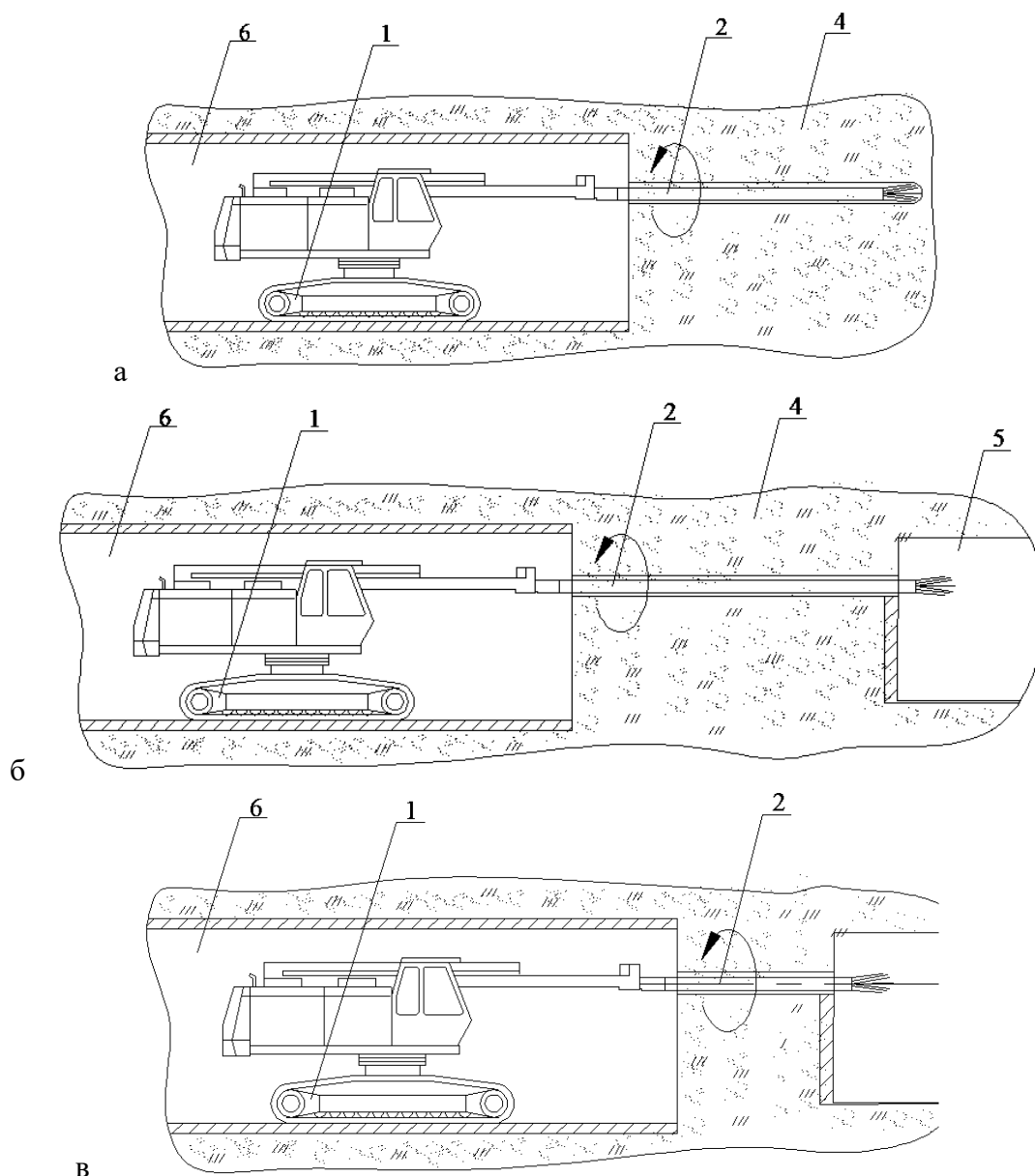
8.1.5 Струйная цементация позволяет улучшить прочностные и деформационные свойства любых сжимаемых дисперсных грунтов как природного, так и техногенного происхождения. Натурные испытания грунтобетонных массивов, проведенные на различных объектах подземной строительства, показали, что в зависимости от инженерно-геологических условий несущая способность отдельного цилиндрического элемента массива (вертикальные армирующие элементы), выполненных методом струйной цементации, составляет 30-50 т.

Ниже (см. табл. 8.1) приведены средние значения предела прочности на одноосное сжатие породного массива, закрепленного методом ГСЦ. в зависимости от исходного грунта.

Таблица 8.1 Прочность грунтобетонного массива

№ п/п	Исходный вид грунта	Характеристика закрепленного массива $\sigma_{сж}$, МПа
1	торф	0,5-2
2	глина	3 - 7
3	суглинок	3 - 10
4	супесь	5 - 14
5	песок	15-20
6	гравий	20-30

8.1.6 Технология ГСЦ грунтов является современной перспективной технологией задания массивам неустойчивых пород регламентированных физико-механических свойств.



а - бурение пилотной скважины; б - разрушение и перемешивание грунтом водоцементной суспензионной струей; в - извлечение буровой колонны из закрепленного массива: 1 - базовая буровая установка; 2 - буровой став; 3 - буровой инструмент; 4 - породный массив неустойчивых грунтов; 5 - закрепленный походный массив

Рисунок 8.1 - Технологическая последовательность получения закрепленного массива способом ГСЦ

8.1.7 Из обширного списка практических приложений технологии ГСЦ можно привести основные:

- крепление стенок и дна котлованов при строительстве подземных сооружений в обводненных и неустойчивых грунтах;
- устройство грунтобетонных вертикальных армирующих элементов в основании проектируемых фундаментов плитного, ленточного или столбчатого типа (устройство

ленточных фундаментов и сплошных фундаментных плит осуществляется взаимно пересекающимися грунтобетонными массивами;

- устройство грунтобетонных конструкций с армированием железобетонным сердечником или стальным каркасом;

- сплошное укрепление массива неустойчивых грунтов путем создания взаимно пересекающихся закрепленных элементов массива для последующего проведения проходческих работ по устойчивой породе (грунтобетону) с регламентированными физико-механическими свойствами;

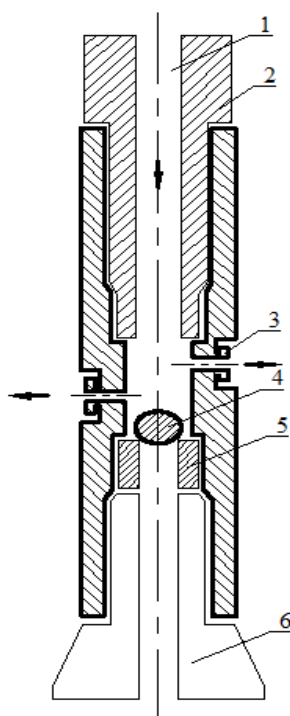
- устройство противofiltrационных завес способом «стена в массиве» для защиты водоносных горизонтов и предотвращения фfiltrационных деформаций берегов рек, гидротехнических сооружений;

- проведение противооползневых мероприятий путем сооружения подпорных стен для повышения устойчивости склонов и откосов.

На сегодняшний день существует три разновидности ГСЦ грунтов, которые различаются диаметром закрепляемого массива:

8.1.8 Однокомпонентная технология (JET 1)

В этой технологии используются два компонента: вода и цемент (рис 8.2). Технология относительно проста и требует лишь специализированную технологическую линию с применением насоса высокого давления для перекачки цементного раствора. Диаметры закрепленных массивов в среднем составляют 0,5-0,8 м .

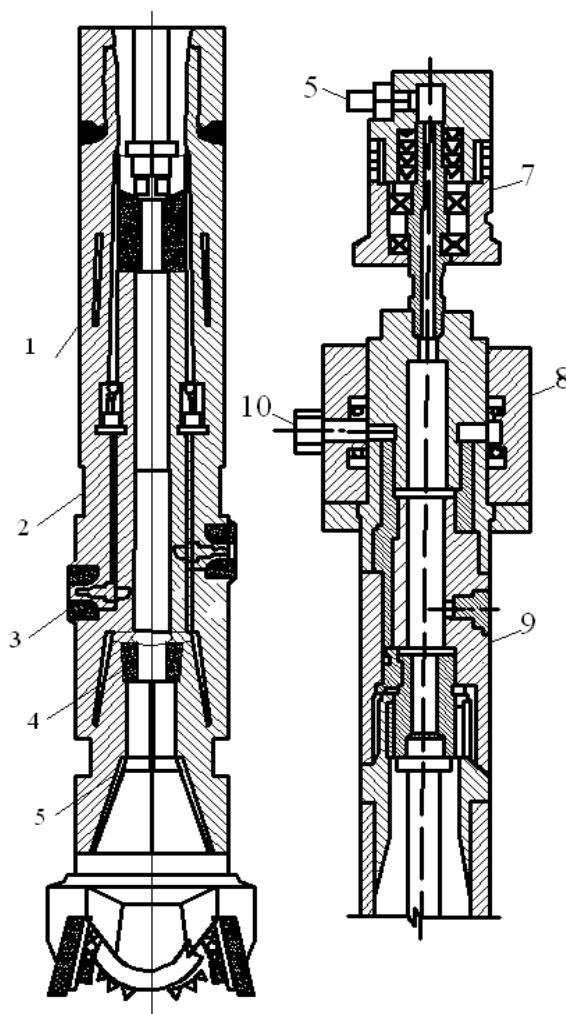


1 - цементный раствор; 2 - буровая штанга; 3 - струйная насадка; 4- шарик; 5 - гнездо клапана; 6 - буровой снаряд

Рисунок 8.2-Конструкция однокомпонентного монитора итальянской компании «Родио».

8.1.9 Двухкомпонентная технология (JET 2)

Для этой технологии необходим буровой инструмент, имеющий два независимых канала (рис. 8.3) для подачи по одному из них водоцементного раствора, аналогично как при реализации однокомпонентной технологии, а по второму - воздушной струи под давлением 0,6 - 1,2 МПа. На забое происходит сложение двух кинетических энергий: водоцементного раствора и воздушной струи. При этом воздушная струя создает в грунте дополнительную кавитацию, что способствует лучшему перемешиванию раствора и разрушению породы. Диаметры закрепленных массивов в данном случае может достигать 0,8-1,5 м.

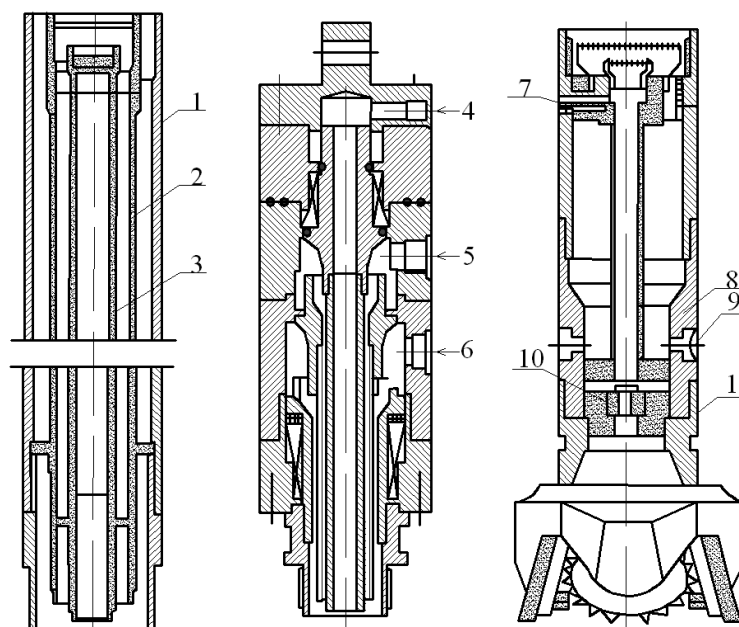


1- соединительная секция с воздушным клапаном одностороннего действия; 2- головка струйного монитора; 3 - концентричные растворная и воздушная насадки; 4 - автоматический или шариковый клапан; 5 - буровой снаряд; 6-раствор; 7- вертлюг для раствора; 8 - вертлюг для сжатого воздуха; 9-соединительная секция; 10-сжатый воздух.

Рисунок 8.3 - Конструкция двухкомпонентного струйного монитора итальянской компании «Казагранде». Головка монитора и двухкомпонентный вертлюг

8.1.10 Трехкомпонентная технология (JET 3)

При данной технологии необходимо иметь буровой инструмент с тремя независимыми каналами (рис. 8.4) В этом случае в грунт массив грунтом помимо вышеуказанных струй по двухструйной технологии дополнительно подается третья струя, состоящая из воды, под давлением 20-30 МПа. Как и в двухкомпонентной технологии, происходит сложение всех трех кинетических энергий. В этом случае диаметры закрепленных массивов могут достигать до 1,2 -2,5 м . На рис.8,4 и рис.8,5 представлены конструкций трехкомпонентного струйного монитора итальянской компании «Казагранде» и трехкомпонентного струйного монитор НИИОСП для сооружения плоских конструкций



1 - труба для раствора; 2 - труба для сжатого воздуха; 5 - труба для воды; 4 - вода; 5 - сжатый воздух; 6 - раствор; 7- концентричные водяная и воздушная струйные насадки; 8 - растворная секция монитора; 9 - растворная насадка; 10 -автоматический клапан; 11 - буровой снаряд

Рисунок 8.4 -Конструкция трехкомпонентного струйного монитора итальянской компании «Казагранде». Головка монитора, трехкомпонентный вертлюг и секция концентричных труб для подвода рабочих компонентов

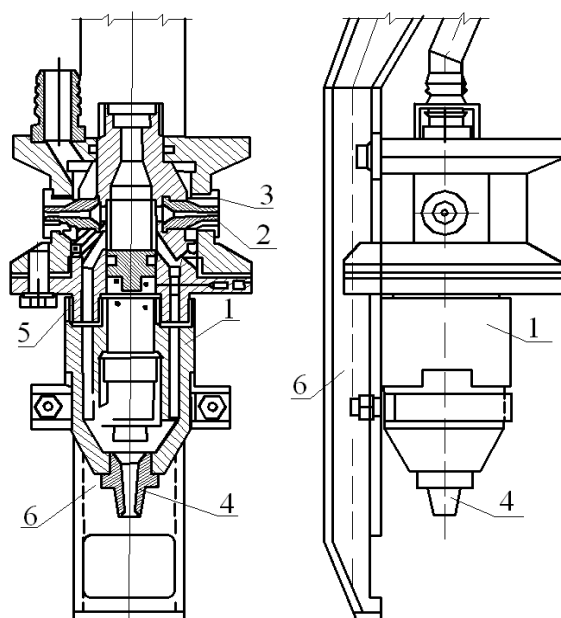
Возможности формирования закрепленных породных массивов при использовании различных технологий представлены в табл. 8.2.

Таблица 8.2-Ориентировочные параметры различных технологий ГСЦ грунтов

№ п/п	Наименование параметра	Однокомпонентная технология		Двухкомпонентная технология		Трехкомпонентная технология	
		min	max	min	max	min	max
1	Давление водоцементной струи (МПа)	20	60	30	60	3	

Таблица 8.2 (продолжение)

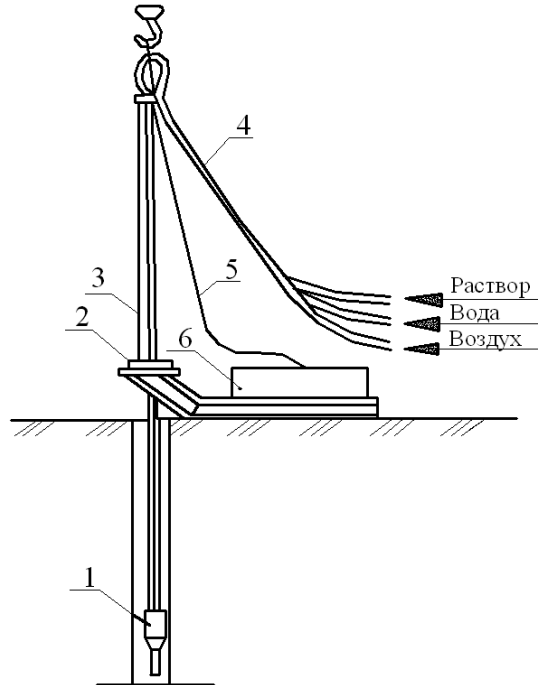
2	Расход водоцементной струи (л/мин)	40	120	70	150	70	150
3	Давление воздушной струи (МПа)	-	-	0,6	1,2	0,6	1,2
4	Расход воздушной струи (л/мин)	-	-	2000	6000	2000	6000
5	Давление водяной струи (МПа)	-	-	-	-	20	50
6	Расход водяной струи (л/мин)	-	-	-	-	70	150
7	Диаметр водоцементной насадки (м)	0,0015	0,003	0,0015	0,003	0,004	0,008
8	Диаметр водяной насадки (м)		-	-	-	0,0015	0,003
9	Диаметр воздушной насадки (м)	-	-	0,001	0,002	0,001	0,002
10	Скорость вращения буровой колонны (с ⁻¹)	0,167	0,417	0,083	0,167	0,083	0,167
11	Скорость подъема буровой колонны (м/с)	0,0017	0,0083	0,0012	0,005	0,0008	0,0050
12	Расход водоцементной струи (л/мин)	40	120	70	150	70	150



1-корпус; 2- водяная насадка; 3-воздушная насадка; 4-торцевая насадка для гидробурения; 5-подпружиненный золотниковый клапан; 6-труба для раствора

Рисунок 8.5 - Трехкомпонентный струйный монитор для сооружения плоских конструкций НИИОСП

8.1.11 Основным достоинством данной технологии является существенное упрощение оборудования для перемещения ГСЦ инструмента (в ряде случаев для этого применялся автокран) см. рис. 8.6.



1 - струйный монитор; 2 - параллельные подводящие трубы; 3 - роликовая направляющая; 4 - гибкие рукава для подвода рабочих компонентов; 5 - трос; 6 - противовес; 7 - стрела крана

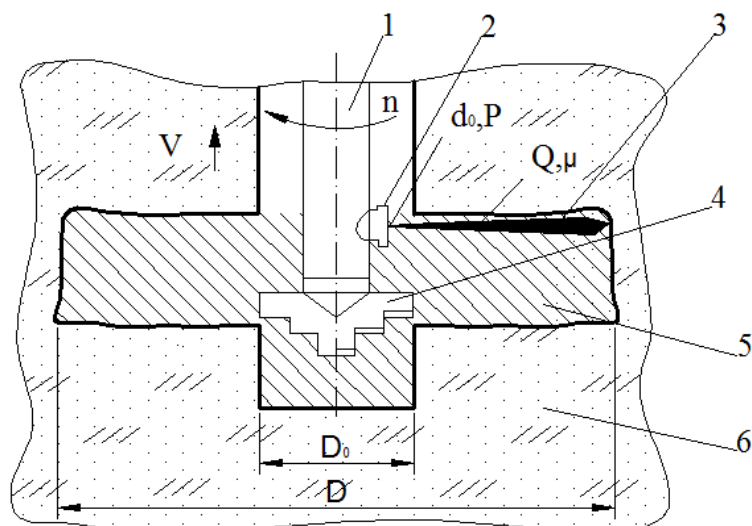
Рисунок 8.6 - Струйная установка «Струя-12» конструкции Гидроспецпроекта

Закрепленные по методу ГСЦ массивы грунтов обладают высокими прочностными характеристиками. Эти характеристики сильно зависят от исходного породного массива, в котором проводятся работы. Наивысшие результаты по прочности грунтобетона могут быть получены в гравийных или песчано-гравийных породах.

8.2 Особенности расчета основания упрочненного цементогрунтовыми вертикальными армирующими элементами

8.2.1 Основные факторы для расчета процесса ГСЦ (рис.8.7.) можно разделить на следующие группы:

- конструктивные: диаметр пилотной скважины D_0 , коэффициент расхода водоцементной суспензии через струеформирующую насадку μ , диаметр отверстия струеформирующей насадки d_0 ;
- режимные: плотность водоцементной суспензии ρ , скорость перемещения буровой колонны V , частота вращения буровой колонны n , давление водоцементной суспензии P ;
- физико-технические свойства грунтов.



1 - буровая колонна; 2 - струеформирующая насадка; 3 - водоцементная суспензионная струя; 4 - механический буровой инструмент; 5 - грунтобетон; 6 - закрепляемый исходный массив; D_0 - диаметр пилотной скважины, м; D - диаметр закрепляемого массива, м; ρ - плотность водоцементной суспензии, кг/м³; μ - коэффициент расхода через струеформирующую насадку; d_0 - диаметр струеформирующей насадки, м; P - давление цементного раствора, МПа; V - скорость перемещения буровой колонны, м/с; n - частота вращения буровой колонны, с⁻¹; C - коэффициент сцепления горной породы, МПа.

Рисунок 8.7- Схема ГСЦ грунтов

8.2.2 В качестве основных критериев оценки эффективности процесса ГСЦ грунтов были приняты следующие показатели: диаметр закрепляемого породного массива D , скорость приращения объема закрепляемого породного массива G_0 (производительность) и удельная энергоёмкость процесса ГСЦ грунтов E_0 .

Скорость приращения объема закрепляемого массива G_0 (м³/с) определялась по формуле:

$$G_0 = \frac{\rho D^2}{4} v \quad (8.1)$$

где D - диаметр закрепляемого массива, м; V - скорость перемещения буровой колонны, м/с.

Удельная энергоёмкость процесса ГСЦ грунтов E_0 (МДж/м³) определяется по формуле:

$$E_0 = \frac{N}{G_0} \quad (8.2)$$

где N - потребляемая гидравлическая мощность насосной установки, МВт;

В свою очередь, потребляемая гидравлическая мощность определяется по формуле:

$$N = 1.11 P d^2 \mu \sqrt{\frac{P}{C}} \quad (8.3)$$

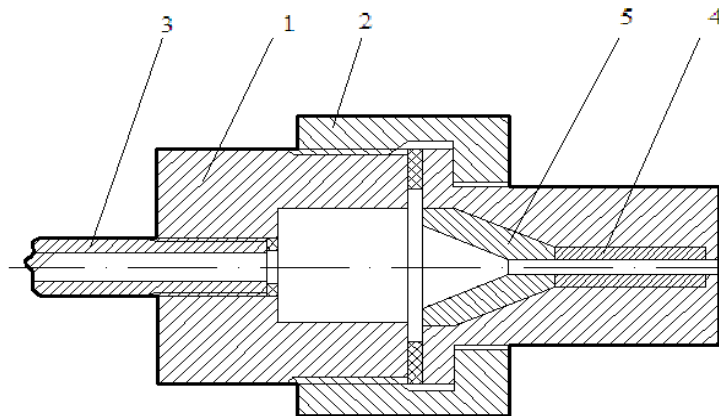
где P - давление цементного раствора перед насадкой, МПа; d_0 - диаметр струеформирующей насадки, м; μ - коэффициент расхода через насадку (в нашем случае $\mu = 0,75$); g - ускорение свободного падения, м/с²; ρ - плотность водоцементной суспензии, кг/м³ (в нашем случае $\rho = 2000$ кг/м³).

После подстановки постоянных величин и преобразования получим зависимость

$$N = 0.019 d_0^2 p^{1.5} \quad (8.4)$$

8.2.3 ГСЦ инструмент

ГСЦ инструмент (рис. 8.8) состоит из несущего корпуса 1, к которому через штуцер 3 подведен трубопровод подачи водоцементной суспензии. В корпусе 1 при помощи центральной гайки 2 закреплены конфузор 5 и струеформирующая насадка 4. Эти детали подвергаются интенсивному износу, поэтому они выполнены из твердого сплава ВК8, а конструкция ГСЦ инструмента позволяет их быстро заменять в ходе проведения работ на стендовой установке.



1 - корпус; 2 - гайка; 3 - штуцер подвода водоцементной суспензии; 4 - струеформирующая насадка; 5 - конфузор

Рисунок 8.8 - ГСЦ инструмент

Для всех насадок используемых в ходе проведения исследований коэффициент расхода составил $\mu=0,75$ (определялся экспериментально, на стадии подготовки основного эксперимента, путем прямого замера объема истекшей за фиксированный отрезок времени жидкости при заданном уровне давления). Диаметр струеформирующих насадок составлял 0,0020, 0,0025 и 0,0030 м.

8.2.4 Влияние давления водоцементной суспензии на диаметр закрепляемого массива

При исследовании влияния давления водоцементной суспензии на диаметр закрепляемого массива выявлялось, как изменится диаметр закрепляемого массива D при изменении давления водоцементной суспензии P .

Формирование закрепленного массива осуществлялось при диаметре отверстия струеформирующей насадки $d_0 = 0,0025$ м, частоте вращения буровой колонны $n = 0,33$ с⁻¹ и скорости перемещения буровой колонны $V = 0,005$ м/с.

Диапазон изменения давления водоцементной суспензии P (МПа) и полученные в результате экспериментов соответствующие им значения $D(m)$ приведены в табл. 8.3

Таблица 8.3- Влияние давления водоцементной суспензии на диаметр закрепляемого массива

Р, МПа	D, м				
	40	45	50	55	60
Глина	0,50	0,63	0,70	0,76	0,80
Суглинок	0,61	0,75	0,82	0,95	1,01
Супесь	0,72	0,88	1,05	1,12	1,28
Гравий	0,90	1,04	1,13	1,24	1,32
Песок	1,00	1,23	1,30	1,43	1,51

Анализ данных представленных в табл. 8.3 показывает, что диаметр закрепляемого массива возрастает с увеличением давления водоцементной суспензии. Например, при ГСЦ супеси увеличение давления водоцементной суспензии с 40 до 60 МПа вызывает рост диаметра закрепляемого массива почти в 1,8 раза.

Данный эффект можно объяснить тем, что при больших значениях давления водоцементная струя обладает большей скоростью истечения (большей кинетической энергией), что и приводит к повышению глубины прикиновения струи в породный массив, а следовательно, диаметра закрепляемого массива.

8.2.5 Влияние скорости перемещения буровой колонны на диаметр закрепляемого массива

Формирование закрепленного массива осуществлялось при диаметре отверстия струеформирующей насадки $d_0 = 0,0025$ м, частоте вращения буровой колонны $n = 0,33$ с⁻¹ и давлении водоцементного суспензии $P = 50$ МПа.

Диапазон изменения скорости перемещения буровой колонны V (м/с) и полученные в результате экспериментов соответствующие им значения $D(m)$ приведены в табл. 8.4.

Таблица 8.4-Влияние скорости подъема буровой колонны на диаметр закрепленного массива

V, м/с	D (m)				
	0,0017	0,0033	0,0050	0,0067	0,0083
Глина	0,81	0,76	0,70	0,63	0,52
Суглинок	1,00	0,95	0,82	0,75	0,60
Супесь	1,28	1,12	1,05	0,88	0,67
Гравий	1,31	1,24	1,13	1,04	0,92
Песок	1,52	1,43	1,30	1,23	1,08

Анализ данных, представленных в табл. 8.4 показал, что диаметр закрепляемого массива возрастает с уменьшением скорости перемещения буровой колонны. Например, при ГСЦ песка уменьшение скорости перемещения буровой колонны с 0,0083 до 0,0017 м/с вызывает рост диаметра закрепляемого массива почти в 1,4 раза.

Подобное явление можно объяснить тем, что при уменьшении скорости перемещения буровой колонны время воздействия водоцементной струи на единицу объема грунта становится больше, и как следствие, увеличивается глубина проникновения струи и, соответственно, диаметр закрепляемого массива.

8.2.6 Влияние диаметра струеформирующей насадки на диаметр закрепляемого массива

Формирование закрепленного массива осуществлялось при частоте вращения буровой колонны $n = 0,33 \text{ с}^{-1}$, скорости перемещения буровой колонны $V = 0,005 \text{ м/с}$ и давлении водоцементной суспензии $P = 50 \text{ МПа}$.

В ходе экспериментов изменялись диаметры струеформирующей насадки. Диапазон изменения диаметра струеформирующей насадки d_0 (м) и полученные в результате соответствующие им значения D (м) приведены в табл. 8.5.

Анализ экспериментальных данных представленных в табл. 8.5 показывает, что диаметр закрепленного массива возрастает с увеличением диаметра струеформирующей насадки. Например, при ГСЦ глины увеличение диаметра струеформирующей насадки от 0,002 до 0,003 м вызывает рост диаметра закрепляемого массива почти в 1,6.

Таблица 8.5- Влияние диаметра струеформирующей насадки на диаметр закрепленного массива

$d_0, \text{м}$	$D, \text{м}$		
	0,0020	0,0025	0,0030
Глина	0,50	0,70	0,81
Суглинок	0,58	0,82	1,11
Супесь	0,72	1,05	1,20
Гравий	0,89	1,13	1,32
Песок	1,01	1,30	1,54

Подобное явление можно объяснить тем, что при увеличении диаметра насадки увеличивается длина активного участка струи, что вызывает увеличение глубины обработки грунта; кроме того, увеличивается расход водоцементной суспензии, следовательно, увеличивается объем разрушаемой и перемешиваемой породы, и, следовательно, диаметр закрепленного массива.

8.2.7 Влияние частоты вращения буровой колонны на диаметр закрепляемого массива. Формирование закрепленного массива осуществлялось при скорости перемещения буровой колонны $V = 0,005 \text{ м/с}$, диаметре струеформирующей насадки $d_0 = 0,0025 \text{ м}$ и давлении водоцементной суспензии $P = 50 \text{ МПа}$.

Диапазон изменения частоты вращения буровой колонны n (с^{-1}) и полученные в результате соответствующие им значения D (м) приведены в табл. 8.6.

Таблица 8.6-Влияние частоты вращения буровой колонны на диаметр закрепляемого массива

n, с ⁻¹	D, м				
	0,167	0,250	0,330	0,417	0,500
Глина	0,82	0,76	0,70	0,63	0,51
Суглинок	1,00	0,95	0,82	0,75	0,62
Супесь	1,29	1,12	1,05	0,88	0,70
Гравий	1,37	1,24	1,13	1,04	0,89
Песок	1,51	1,43	1,30	1,23	1,01

Анализ данных, представленных в табл. 8.6 показал, что диаметр закрепляемого массива уменьшается с увеличением частоты вращения буровой колонны. Например, при ГСЦ суглинка увеличение частоты вращения буровой колонны с 0,167 до 0,500 с⁻¹ вызывает снижение диаметра закрепляемого массива более чем в 1,6 раза.

Подобное явление можно объяснить тем, что при увеличении частоты вращения буровой колонны время воздействия водоцементной струи на единицу объема грунта становится меньше, и как следствие, уменьшается глубина проникновения струи, и соответственно, диаметр закрепляемого массива.

8.2.8 Влияние параметров ГСЦ грунтов на скорость приращения объема закрепляемого массива и удельную энергоёмкость процесса

Эксперименты по установлению влияния параметров ГСЦ грунтов на скорость приращения объема закрепляемого массива проводились на образцах грунтов, представленных в табл. 8.6. Формирование закрепленного массива осуществлялось при частоте вращения буровой колонны $n=0,33$ с⁻¹ и давлении водоцементной суспензии $P = 50$ МПа. В ходе экспериментов изменялась скорость перемещения буровой колонны и диаметр струеформирующей насадки.

Диапазон изменения скорости перемещения буровой колонны V (м/с), диаметра струеформирующей насадки d_0 (м) и полученные в результате соответствующие им значения D (м) приведены в табл. 8.7.

По результатам экспериментов были построены графики зависимости диаметра закрепляемого массива D (м) от скорости перемещения буровой колонны V (м/с) для различных значений диаметра струеформирующей насадки d_0 (м).

Анализ данных, представленных в табл. 8.7 показывает, что с ростом скорости перемещения буровой колонны для всех значений диаметра струеформирующей насадки диаметр закрепляемого массива уменьшается. Так, например, при диаметре струеформирующей насадки 0,003 м рост скорости подъема буровой колонны с 0,0017 до 0,0083 м/с вызывает уменьшение диаметра закрепляемого массива более чем в 1,5 раза.

8.2.9 Установлено, что с увеличением давления водоцементной суспензии диаметр закрепляемого массива увеличивается. Например, при ГСЦ супеси увеличение давления водоцементной суспензии с 40 до 60 МПа вызывает рост диаметра закрепляемого массива почти в 1,8 раза.

Таблица 8.7-Влияние скорости перемещения буровой колонны и диаметра струеформирующей насадки на диаметр закрепленного массива

d ₀ , м	V, м/с	D, м				
		0,0017	0,0033	0,0050	0,0067	0,0083
0,0020	Глина	0,66	0,54	0,50	0,37	0,25
	Суглинок	0,75	0,63	0,58	0,42	0,31
	Супесь	0,96	0,81	0,72	0,53	0,39
	Гравий	1,18	1,02	0,89	0,65	0,49
	Песок	1,58	1,27	1,01	0,75	0,57
0,0025	Глина	0,81	0,76	0,70	0,63	0,43
	Суглинок	1,00	0,95	0,82	0,73	0,54
	Супесь	1,28	1,12	1,05	0,88	0,67
	Гравий	1,31	1,24	1,13	0,95	0,75
	Песок	1,52	1,43	1,30	1,05	0,83
0,0030	Глина	1,02	0,96	0,81	0,76	0,59
	Суглинок	1,41	1,31	1,11	0,91	0,79
	Супесь	1,52	1,39	1,20	1,02	0,87
	Гравий	1,60	1,48	1,32	1,14	0,93
	Песок	1,71	1,61	1,54	1,25	1,07

8.2.10 Установлено, что с увеличением скорости перемещения буровой колонны диаметр закрепляемого массива уменьшается. Например, при ГСЦ песка уменьшение скорости перемещения буровой колонны с 0,0083 до 0,0017 м/с вызывает рост диаметра закрепляемого массива почти в 1,4 раза.

8.2.11 Установлено, что с увеличением диаметра струеформирующей насадки диаметр закрепляемого массива увеличивается. Например, при ГСЦ глины увеличение диаметра струеформирующей насадки от 0,002 до 0,003 м вызывает рост диаметра закрепляемого массива почти в 1,6.

8.2.12 Установлено что с увеличением частоты вращения буровой колонны диаметр закрепляемого массива уменьшается. Например, при ГСЦ суглинка увеличение частоты вращения буровой колонны с 0,167 до 0,500 с⁻¹ вызывает снижение диаметра закрепляемого массива более чем в 1,6 раза.

8.2.13 Установлено, что с увеличением скорости перемещения буровой колонны скорость приращения объема закрепляемого массива изменяется по зависимости, близкой к параболической с наличием точки максимума (точки минимальной удельной

энергоемкости процесса ГСЦ грунтов), соответствующей рациональной скорости подъема буровой колонны.

8.2.14 Получена зависимость для определения рациональной скорости перемещения буровой колонны. Так например, для супеси при частоте вращения буровой колонны $n=0,167 \text{ с}^{-1}$ и диаметра струеформирующей насадки $d_0=0,0020 \text{ м}$ рациональная скорость перемещения буровой колонны, для получения максимальной скорости приращения объема грунта, составляет $V_{\text{рац}}=0,00442 \text{ м/с}$.

8.2.15 Получена обобщенная зависимость для определения диаметра закрепляемого массива с учетом факторов процесса ГСЦ грунтов.

8.3 Технология устройства цементогрунтовых вертикальных армирующих элементов

8.3.1 Буросмесительное струйная цементация закрепление грунтов ведется по зонам захватками, с применением поточной технологии одним или несколькими комплектами машин.

8.3.2 Для производства работ по закреплению грунтов буросмесительным способом применяются станки вращательного бурения.

При выборе буровой установки следует пользоваться следующими рекомендациями:

а) привод установки должен обеспечивать (при отсутствии труднопроходимых перекрывающих или слоев) вращающий момент не менее $2,5 \text{ кН}\cdot\text{м}$ при изготовлении свай (опор) диаметром до $0,7 \text{ м}$ и глубине заложения до $10,0 \text{ м}$; не менее $5,0 \text{ кН}\cdot\text{м}$ при диаметре свай до $1,0 \text{ м}$ и глубине заложения до $10,0 \text{ м}$ и не менее $7,0 \text{ кН}\cdot\text{м}$ при диаметре свай свыше $1,0 \text{ м}$ и глубине заложения более $10,0 \text{ м}$;

б) установка должна обеспечивать регулируемую частоту вращения буросмесителя в пределах $30\text{-}150 \text{ об/мин}$, при этом предпочтительнее станки с бесступенчатым регулированием частоты вращения в процессе бурения;

в) максимальный принудительный (желательно фиксированный) ход подачи буросмесителя должен соответствовать длине изготавливаемой сваи, что соответствует наиболее оптимальному технологическому варианту, при котором обеспечивается изготовление илцементной сваи (опоры) непрерывным движением буросмесителя;

г) допустимо применение буровых установок с ходом подачи, меньшим длины сваи, при этом должна обеспечиваться оперативная стыковка расстыковка буровых труб, достаточная механическая прочность буровых соединений на осевые усилия и вращающие моменты любого знака, а также их герметичность при давлении раствора до 2 МПа ;

д) шаг подачи буросмесителя регулируемый (желательно фиксированный) и в целях обеспечения высокого качества перемешивания не должен превышать 20 мм/об ;

е) конструкция установки должна обеспечивать возможность применения буросмесителя большого (до 1 м) диаметра, в том числе при холостом вращении над поверхностью земли;

ж) предпочтительнее установки колонкового бурения, система промывки забоя которых используется для нагнетания цементного раствора.

8.3.3 Для приготовления водоцементного раствора допускается использование любых выпускаемых промышленностью растворосмесителей при условии обеспечения ими однородности закрепляющего раствора. Предпочтительнее использовать высокооборотные турбинные растворосмесители (типа РМ-750), обеспечивающие более высокую степень гидратации цементных зерен.

8.3.4 Для нагнетания в грунт водоцементного раствора могут применяться строительные диафрагменные растворонасосы, буровые (грязевые) плунжерные, развивающие давление не менее 0,5-0,7 МПа.

Регулировка производительности диафрагменных растворонасосов типа СО-50 осуществляется либо введением в напорную систему перепускного трехходового вентиля, либо регулированием частоты вращения вала привода растворонасоса, например заменой электрического привода на гидродвигатель. В этой связи более целесообразно использование насосов с регулируемой производительностью (типа НБЗ 120/40).

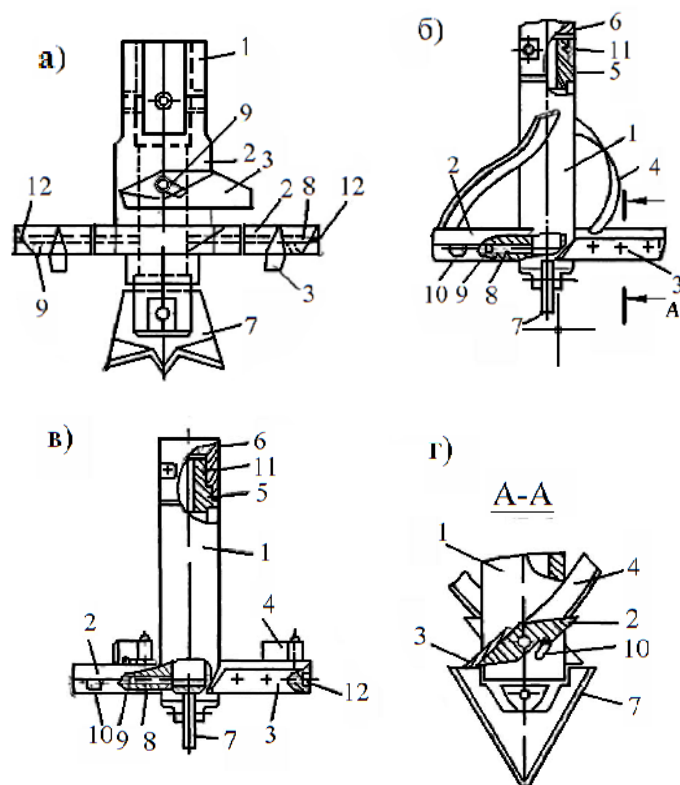
8.3.5 Изготовление цементогрунтовых армирующих элементов (опор) рекомендуется производить буросмесителем конструкции НИИОСП-ЛИВТ с периферийным выпуском цементного раствора в грунт через сверления в лопастях. Такая подача вяжущего обеспечивает его повышенную концентрацию, более высокую прочность и коррозионную стойкость илоцемента в наиболее ответственных периферийных зонах поперечного сечения сваи. Очертание лопастей буросмесителя в поперечном сечении таково, что обеспечивает отказ от левого вращения при выглублении и тем самым более высокое качество перемешивания цементного раствора с грунтом. Схематический чертеж буросмесителя НИИОСП-ЛИВТ приведен на рис.8.9в. При наличии плотных перекрывающих илы слоев могут быть рекомендованы буросмесители конструкции ВНИИстройдормаш с винтовыми перемешивающими лопатками (рис. 8.9, а) и поворотными перемешивающими лопатками (рис. 8.9, б).

8.3.6 В качестве напорного трубопровода для подачи раствора вяжущего от растворонасоса к сальнику-вертлюгу буровой установки рекомендуется применять напорные резиновые шланги без промежуточных соединений. При невозможности соблюдения этого требования следует применять соединения шлангов, обеспечивающие минимальное гидравлическое сопротивление. Минимальный внутренний диаметр шлангов 38-40 мм.

8.3.7 Производство работ по закреплению илов буросмесительным способом состоит из двух основных операций:

- приготовления закрепляющего водоцементного раствора;
- собственно закрепления путем нагнетания цементного раствора в грунт и перемешивания его с последним с помощью буросмесителя.

8.3.8 В зависимости от инженерно-геологических условий, закрепляемости грунтов, их температуры и глубины закрепления проектом может быть предусмотрен один из трех технологических вариантов: нагнетание цементного раствора при погружении буросмесителя, при его извлечении или в процессе всего технологического цикла перемешивания грунта, т.е. как при погружении, так и при извлечении рабочего органа.



а- с винтовыми перемешивающими лопатками и плоским забурником; *б*- с поворотными перемешивающими лопатками и плоским забурником; *в*- с периферийным выпуском раствора вяжущего; *г* - разрез А-А; 1- корпус; 2- режущая лопасть; 3- нож; 4- перемешивающая лопатка; 5- соединительная муфта; 6- буровая штанга; 7- плоский забурник; 8- радиальный канал; 9- выходное отверстие; 10- клапан; 11- соединительный палец; 12- заглушка

Рисунок 8.9 - Схемы бурсмесителей

8.3.9 Технологический вариант нагнетания цементного раствора «сверху вниз» рекомендуется:

- при производстве работ без промежуточных стыковок бурильных труб;
- при относительно небольшой глубине закрепления (до 10 м);
- при низкой активности грунта (начало схватывания цементогрунтовой массы более двух часов).

8.3.10 Нагнетание цементного раствора «снизу вверх» рекомендуется:

- при значительной глубине закрепления (более 10 м) и большом числе стыковок бурильных труб;
- при высокой активностигрунта (начало схватывания цементогрунтовой массы менее двух часов).

8.3.11 Нагнетание цементного раствора в процессе всего технологического цикла можно рекомендовать:

- при наличии труднопроходимых линз и прослоек грунта;

-для уменьшения вероятности засорения грунтом выходных отверстий бурсмесителя;

-при работе с растворомасосом низкой производительности.

8.3.12 При пересечении стволом илоцементной сваи грунтов разной закрепляемости прочность закрепления выравнивается увеличением дозировки вяжущего в пределах слоев с меньшей закрепляемостью и перекрытием на соседние слои не менее чем на 0,3 м. Дозировка вяжущего для слоев разной закрепляемости уточняется экспериментальным путем.

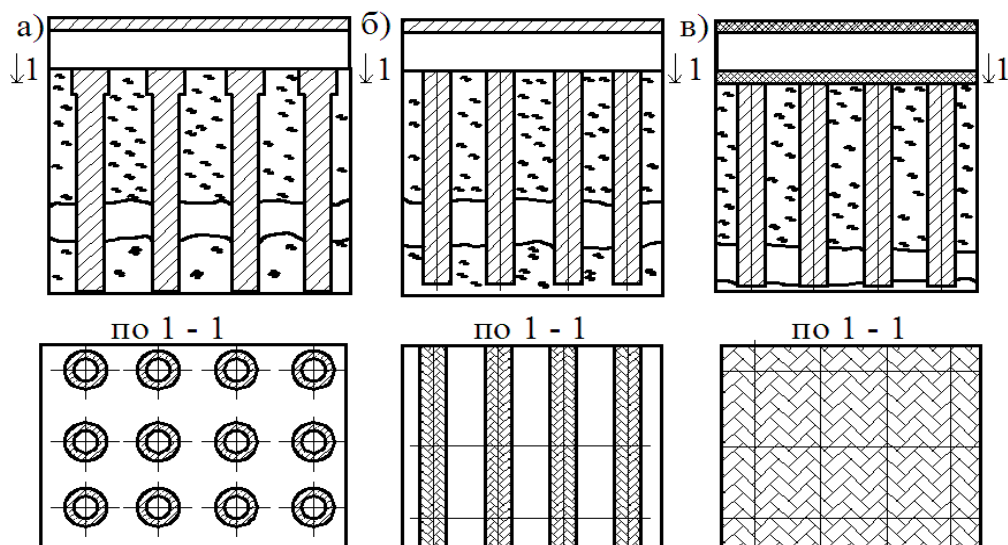
8.3.13 Для более равномерного распределения цемента в грунте рекомендуется дополнительное перемешивание илоцементной массы без нагнетания раствора вяжущего путем погружения-извлечения бурсмесителя (с вращением) либо сразу на всю глубину закрепления, либо последовательными захватками.

8.3.14 Оптимальное соотношение цемента с грунтом, состав закрепляющего раствора, частота вращения и линейная скорость перемещения бурсмесителя, технологический вариант нагнетания закрепляющего раствора, производительность растворонасоса, количество дополнительных (перемешивающих) проходов бурсмесителя назначаются проектом по результатам опытных работ.

8.3.15 Расчетная производительность растворонасоса в зависимости от скорости осевого перемещения бурсмесителя, диаметра сваи, дозировки вяжущего и водоцементного отношения определяется по формуле:

$$П = 60 \left(\frac{\pi d^2}{4} \right) V M_{ц} \left(m + \frac{1}{\rho_{ц}} \right) \quad (8.5)$$

где $П$ -производительность насоса, м³/ч; d -диаметр сваи, м; V -скорость осевого перемещения бурсмесителя, м/мин; $M_{ц}$ -дозировка цемента в тоннах на 1 м³ закрепляемого грунта; m - водоцементное отношение; $\rho_{ц}$ - плотность частиц цемента ($\rho_{ц} = 3,1 \text{ т/м}^3$).



a - капителей; $б$ - балок; $в$ - плиты

Рисунок 8.10 - Схемы устройства оголовков илцементных свай в виде:

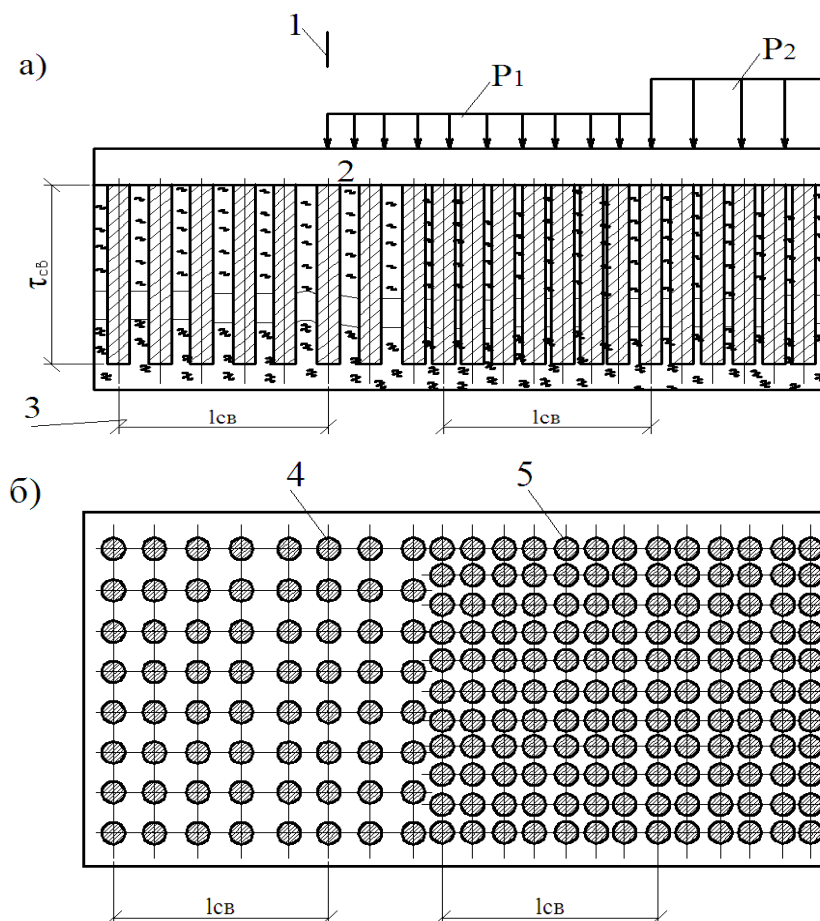
8.3.16 Перевод дозировки цемента в процентах от массы грунта естественной влажности (n) к дозировке относительно геометрического объема закрепляемого массива производится по формуле:

$$M_y = 0,01n\rho_c \quad (8.6)$$

где ρ_r - плотность грунта естественной влажности.

8.3.17 Распределение избытка цементогрунта, объем которого ориентировочно составляет 50-80 % объема нагнетаемого в грунт цементного раствора, в виде капителей-уширений (рис. 8.10, а), балок (рис. 8.10, б) или сплошных плит (8.10, в) производится в соответствии с проектом. Форма оголовка уточняется в зависимости от способа проходки перекрывающего ил слоя, инженерно-геологических условий и т.п.

8.3.18 При укреплении основания с различными расчетными нагрузками P_1 и P_2 (рис. 8.11) границы зон закрепляемого основания с большими нагрузками смещаются в пределы зон меньших нагрузок на расстояние, равное длине цементогрунтовой колонки $L_{св}$.



а-поперечный разрез; б-план; 1- внешняя граница грузовой площадки; 2 - распределительный слой; 3 - ось внешнего ряда свай; 4 и 5 - границы зон расчетных нагрузок

Рисунок 8.11 - Относительное расположение границ зон действующих нагрузок и свайных полей с различной несущей способностью

8.4 Контроль качества и приемка работ

8.4.1 Обеспечение качества закрепления илов буросмесительным способом достигается контролем:

- соответствия вида и марки цемента предусмотренным в проекте;
- точности соблюдения проектного состава закрепляющего раствора;
- режима работы растворонасоса;
- параметров работы буросмесителя (частоты вращения и скорости линейного перемещения);
- качества илоцементной массы и несущей способности свай.

8.4.2 Для предварительного контроля качества перемешивания вяжущего с илом тотчас после изготовления свай, но не позднее начала схватывания илоцементной массы, на всю глубину закрепления через каждый метр производят отбор проб илоцементной смеси грунтоносами типа ОВГУ конструкции Гидропроекта.

8.4.3 Смесь без трамбовки укладывают в формы. Через определенный интервал времени, устанавливаемый опытным путем, образцы извлекают из форм.

8.4.4 Контроль качества материала проводят также путем испытания кернов на одноосное сжатие, выбуренных из тела свай не ранее, чем через 28 суток после ее изготовления.

8.4.5 Испытание илоцементных свай осевой сжимающей нагрузкой производится в соответствии с действующими нормативными документами.

8.4.6 Количество и расположение свай, намеченных для испытаний, назначается проектной организацией, но не менее двух на каждые сто свай.

8.4.7 Контроль качества производства работ обеспечивается также обязательным ведением журнала, в котором указывается:

- дата, время начала и окончания работы на скважине;
- диаметр буросмесителя и глубина закрепления (длина илоцементной свай);
- расход цемента (кг/м^3 на сваю);
- водоцементное отношение по массе;
- линейная скорость погружения и подъема буросмесителя (м/мин);
- частота вращения буросмесителя при погружении и подъеме (об/мин);
- кратность перемешивания;
- производительность растворонасоса при погружении и подъеме буросмесителя (л/мин);
- порядок нагнетания раствора цемента (при погружении или подъеме).

8.4.8 Для безопасного производства работ по буросмесительному закреплению илов, кроме соблюдения общих правил техники безопасности, должны выполняться также некоторые дополнительные требования:

- а) запрещается выполнять работы при скорости ветра 10-12 м/с (6 баллов);
- б) недопустимо удерживать руками во время работы буровой установки напорный шланг от закручивания или раскачивания, который должен фиксироваться специальными креплениями;

в) категорически запрещается брать через горловину растворомешалок пробы закрепляющего раствора; пуск растворонасоса при закрытых задвижках; продавливать растворонасосом пробки, образовавшиеся в напорном шланге;

г) тотчас по окончании работ на данной точке илоцементная свая (опора) в течение двух недель должна быть надежно укрыта для обеспечения прохода машин по участку и безопасности людей.

8.4.9 Приемка работ по закреплению грунтов буросмесительным способом проводится в соответствии с требованиями СНиП.

9 АРМИРОВАНИЕ ОСНОВАНИЯ РАСКАТАННЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К НИМ.

9.1 Виды раскатанных элементов и оборудование для них

9.1.1 Раскатанные элементы (РС) являются видом вертикальных армирующих элементов, которые сочетают в себе преимущества буро-набивных и забивных свайных вертикальных армирующих элементов, обладают малой энергоёмкостью и материалоемкостью на единицу несущей способности вертикальные армирующие элементы, характеризуются отсутствием вибрационного воздействия на близрасположенные здания и сооружения и разнообразием конструктивных решений при устройстве в различных инженерно-геологических и построечных условиях.

9.1.2 Данные нормы распространяются на проектирование и устройство бетонных, железобетонных, грунтовых и комбинированных НРС диаметром от 150 до 300 мм длиной ≤ 6 м в следующих видах грунтов:

- просадочные, лёссовые грунты I типа по просадочности при плотности сухого фунта в естественном состоянии $\rho_d \leq 1.6 \text{ т/м}^3$;
- глинистые грунты с показателем консистенции $0 < I_L \leq 1$ $c\rho_d \leq 1.65 \text{ т/м}^3$;
- песчаные грунты средней крупности, мелкие и пылеватые с $\rho_d \leq 1.6 \text{ т/м}^3$;
- насыпные грунты $c\rho_d \leq 1.6 \text{ т/м}^3$ при наличии крупных включений диаметром до 1/3 диаметра раскатываемой скважины не более 5% по массе.

ПРИМЕЧАНИЕ Возможность раскатки скважин диаметром более 300 мм и длиной более 6 м, а также в других видах фунтов должна быть подтверждена опытными работами, включающими подробные инженерно-геологические исследования площадки, подбор при необходимости диаметра и глубины лидерной буровой скважины, отработку технологического режима раскатки скважины, бетонирования или заполнения скважины другими материалами и охлаждения раскатчика скважины, определение несущей способности НРС статическими испытаниями.

9.1.3 Раскатка скважин - непрерывный процесс образования цилиндрическо-конической полости в фунте путем его вытеснения в сторону и уплотнения, который осуществляется специальным навесным спиралевидным снарядом-раскатчиком скважин (РС).

9.1.4 РС представляет собой ряд установленных друг за другом на общем валу катков (цилиндров и усеченных конусов) и острия. Оси вращения катков смещены относительно оси вала, в результате чего образуется спиралевидная поверхность. Катки

посажены на вал с помощью подшипников, которые защищены от попадания в них частиц фунта специальными прокладками и уплотнительными кольцами. При передаче валу вращения и продольного усилия катки начинают постепенно обкатывать грунт по своим забоям и формировать скважину.

9.1.5 Конструкции РС могут быть упрощенными, сплошными (литыми, витыми из стальной полосы и др.). Общей конструктивной особенностью упрощенных РС является спиральная образующая поверхность. Конструкция острия РС может быть в виде конуса, сверла и т.п.

9.1.6 В связи с тем, что при раскатке скважин раскатывающие катки и, особенно, острие нагреваются до 500°C и более, материал раскатчика должен обладать высокой степенью сопротивления истиранию и нагреву. На рисунке 9.1 показаны различные конструктивные схемы раскатчиков.

Раскатчик пилотный Ø 80 «РП80»



Раскатчик-расширитель Ø 370 «РР370»



Раскатчик-расширитель Ø 200 «РР200»

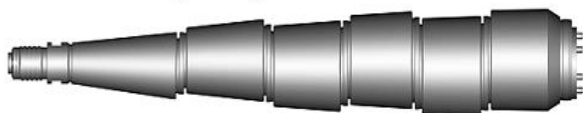


Рисунок 9.1 - Типовые конструктивные схемы РС

Таблица 9.1 - Технические данные и характеристики раскатчиков

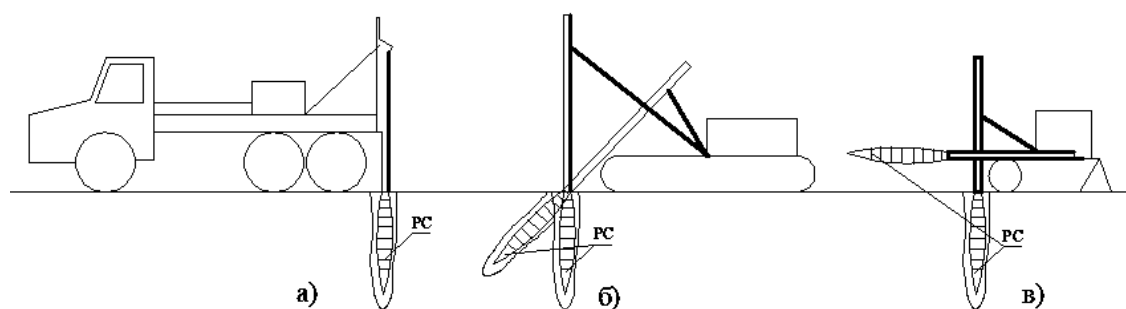
№ п/п	Наименование раскатчика	РП 80	РР200	РР370
1	Диаметр расширенной скважины, мм	80	200	370
2	Диаметр пилотной скважины, мм	0	80	180
3	Длина раскатчика, мм	1093	1234	2074
4	Длина рабочей части, мм	998	1137	2053
5	Расчетный шаг, мм/об.	3	7	10
6	Мах. крутящий момент на валу, кгс х м	50	450	450
7	Ном. крутящий момент на валу, кгс х м	6	45	250
8	Мах. осевая нагрузка на вал, кгс х м	2	8	8
9	Ном. осевая нагрузка на вал, кгс х м	0,5	1	4
10	Мах. частота вращения вала, об/мин	190	100	60
11	Ном. частота вращения вала, об/мин	120	60	40

9.1.7 Для уменьшения трения катков о грунт и снижения степени нагрева острия при раскатке скважин применяется вода. Расход воды определяется опытным путем непосредственно на строительной площадке в зависимости от вида и состояния раскатываемого фунта и составляет 1.3 – 2 л на 1 п. м. раскатанной скважины.

9.1.8 Длина РС, как правило, должна соответствовать длине стандартных (типовых) буровых штанг и составляет 1.8 – 2 м. Диаметр РС определяется по диаметру формирующего катка. Например, РС-250 - раскатчик скважины диаметром 250 мм.

9.1.9 В качестве базовых машин для навески РС применяются (рис.9.2):

- серийно выпускаемые буровые установки (типа ПБУ, СБУ и др.);
- ямобуры, переоборудованные под раскатку скважин;
- специальные установки для раскатки скважин в стеснённых условиях, в том числе в подвалах.



а) ПБУ-1; б) СБУ-100ГА; в) специальная установка

Рисунок 9.2 - Схемы установок для устройства НРС

9.1.10 Специальные установки конструируются как правило с электрическим приводом. Мощность электродвигателя определяется в зависимости от конструкции и диаметра РС, а также от фунтовых условий и должна быть не менее 3 кВт для $РС < 200\text{ мм}$ и 5 кВт для $200\text{ мм} < РС < 300\text{ мм}$.

Установка типа ПБУ предназначена для навески $РС < 300\text{ мм}$ и раскатки вертикальных скважин глубиной до 9 м.

Установка типа СБУ-100ГА – для навески $РС < 250\text{ мм}$ и раскатки вертикальных, наклонных и горизонтальных скважин глубиной до 6м при ограничении по высоте для устройства вертикальных НРС до 5 м.

9.1.11 Специальные установки применяются для раскатки вертикальных и наклонных скважин РС диаметром менее 150 мм глубиной до 4.5 м в стеснённых условиях при ограничении по высоте до 2.2 м.

9.2 Особенности расчета основания, упрочненного раскатанными элементами

9.2.1 В процессе раскатки скважин формируется уплотнённая зона, возникает отказ, вызванный условным равновесием полного осевого усилия и вращательного момента, передаваемого на РС и сопротивления грунта погружению раскатчика, образуется выпор грунта и возникают радиальные трещины (рис.9.3).

9.2.2 Возможно возникновение преждевременного отказа с образованием выпора и радиальных трещин. Это связано с состоянием и физико-механическими характеристиками раскатываемого грунта, наличием не учтенных проектом прослоек грунта с отличающимися от основного грунта более высокими прочностными характеристиками, несоответствием диаметра РС плотности раскатываемого грунта или коэффициенту пористости (e), неправильно выбранным технологическим режимом раскатки и т.п.

9.2.3 Отсутствие проектного отказа свидетельствует об ошибочном назначении глубины раскатки скважин. Ошибка устраняется увеличением глубины раскатки скважин или вкатыванием в забой порций грунта (щебня).

9.2.4 Формирование и границы уплотненной зоны зависят от начального состояния структуры раскатываемого грунта, плотности сухого грунта, влажности, диаметра РС, объема вытесняемого раскатчиком грунта за пределы скважины.

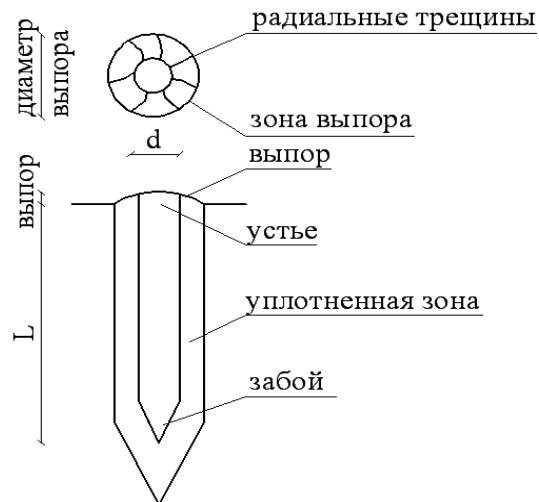


Рисунок 9.3 - Основные параметры раскатанной скважины

9.2.5 Для предварительных расчетов диаметр уплотненной зоны (d_s), который может быть получен после раскатки, определяется по формуле:

$$d_s = \gamma_c d \sqrt{\rho_{ds} / (\rho_{ds} - \rho_d)} \quad (9.1)$$

где d – диаметр РС, м;

ρ_{ds} – плотность сухого уплотненного грунта, т/м³;

ρ_d – плотность сухого грунта естественного сложения, т/м³;

γ_c – коэффициент условий работы грунта, принимаемый > 1 .

Коэффициент условий работы грунта γ_c уточняется экспериментальным путем для конкретных грунтовых условий.

9.2.6 При ограниченной мощности приводных механизмов вначале может выполняться скважина меньшего диаметра, а затем эта скважина расширяется спиралевидным снарядом большего диаметра.

9.2.7 Диаметр уплотненного столба грунта при глубинном уплотнении определяют по выражению

$$D_c = \sqrt{\frac{N(1-e_y)(1-e)}{(e-e_y)(1+e_s)}} \quad (9.2)$$

где D_c - диаметр скважины; N - число проходов снаряда по первичной скважине; e , e_y , e_s - соответственно коэффициенты пористости грунта в естественном состоянии, уплотненного грунта и грунта, засыпаемого в скважину.

9.2.8 Задаваясь диаметром уплотненного столба, можно заранее определить требуемое число проходов снаряда

$$N = \frac{D_c(\rho_{ds} - \rho)}{d^2 \rho_s} \quad (9.3)$$

где ρ , ρ_{ds} , ρ_s - соответственно плотности грунта в естественном и уплотненном состояниях, а также грунта, засыпаемого в скважину.

9.2.9 С увеличением числа проходов снаряда возрастает диаметр уплотненной зоны, при этом на его величину влияют диаметр скважины и плотность грунта.

Потребный объем грунта для уплотнения определяют по выражению

$$V_z = \frac{Fh_{ck}(e-e_y)(1-e_s)}{(1+e_y)(1+e)} \quad (9.4)$$

где F - площадь основания, подлежащая уплотнению; h_{ck} - глубина скважины.

9.2.10 Расстояние между скважинами определяют исходя из условий обеспечения совместной работы грунта в массиве, а также необходимой несущей способности уплотняемого основания.

Расстояние между центрами скважин определяют по формуле:

$$i_{ck} = 0,95d \sqrt{\frac{\rho_{dc}}{(\rho_{dc} - \rho_d)}} \quad (9.5)$$

где ρ_d - плотность сухого грунта природного сложения, т/м³; ρ_{ds} - средняя плотность сухого грунта в уплотненном массиве, т/м³.

9.2.11 Глубинное уплотнение может быть выполнено как в виде вертикальных, так и наклонных скважин, что зависит от особенностей площадки реконструируемого здания. Может быть принято комбинированное расположение скважин.

9.3 Технология устройства основания, усиленного раскатанными вертикальными армирующими элементами

9.3.1 Уплотнение грунта производится в горизонтальном направлении при помощи специального раскатчика диаметром 150-250 мм. Раскатка скважин – непрерывный процесс образования цилиндрическо-конической полости в грунте путем его вытеснения в сторону и уплотнения, который осуществляется специальным навесным спиралевидным снарядом – раскатчиком скважин.

9.3.2 Расстояние между осями и рядами скважин подбирается по расчету.

9.3.3 Очередность устройства раскатанных скважин, схема движения механизма с раскатчиком назначаются с таким расчетом, чтобы бетонирование скважин производилось не позднее чем через 1-3 суток после окончания раскатки. При этом расстояние между раскатываемой и бетонируемой скважинами должно быть таким, чтобы обеспечивались условия для нормального твердения бетона.

9.3.4 Раскатка скважин начинается с установки острия раскатчика по центру осей будущей скважины по проекту. Допускается отклонение скважины от проектного положения в плане не более чем на $0,2 \cdot d$ – диаметра скважины. Отклонения по длине скважин не должны превышать ± 10 см проектных величин. Отклонение от заданного угла бурения (вертикали) не должно превышать $\pm 2^\circ$.

9.3.5 Раскатка скважин на каждой стоянке механизма должна производиться, как правило, на всю глубину. При наличии в верхней зоне слабого водонасыщенного слоя грунта рекомендуется раскатку выполнить в два этапа: первоначально выполнить раскатку на глубину слабого слоя, вытащить обратно раскатывающий снаряд, засыпать скважину галечниковым грунтом или крупным песком и повторить раскатку по засыпанному грунту и утопить в слабый водонасыщенный грунт. При наличии в верхней зоне сухого (прочного) грунта рекомендуется раскатку выполнить с замачиванием грунта водой. Расход воды определяется опытным путем непосредственно на строительной площадке и ориентировочно составляет 1,5-2,0 литра на 1 п.м. раскатываемой скважины.

9.3.6 Раскатанные скважины должны быть закрыты крышками, а в зимнее время – матами. Раскатка скважин в зимнее время выполняется отдельными захватками с размерами в плане обеспечивающими талое состояние грунта в основании. Поэтому после отрытия котлована и планировки дна котлована поверхность необходимо утеплить специальными матами. Перед устройством скважин раскатками в котловане не должно быть наличие снега и льда. При снегопадах поверхность дна котлована должна закрываться брезентами и удаляться снег за пределы котлована. Раскатка скважин в зимнее время должна производиться при талом состоянии грунта. При промерзании грунта на глубину до 20 см применяется лидерное бурение мерзлого слоя, а при промерзании более 20 см обязательно производится его оттаивание. Метод, режим и сроки оттаивания мерзлого грунта принимаются в соответствии с проектом или технологическими картами производства работ. Раскатка скважин при отрицательной температуре воздуха производится, как правило, производится при его естественной влажности без дополнительного увлажнения.

9.3.7 Вкатывание жесткого материала (галечника, крупного песка) в стенки скважин в зимнее время должно производиться только при талом состоянии грунта в стенках скважин и жесткого материала. Разрыв между раскаткой скважины и вкатыванием жесткого материала не должен быть более 4-5 часов.

После раскатки скважин до проектной отметки и вкатывания в забой жесткого материала, скважины должны закрываться утепленными матами. Талое состояние грунта на дне и стенках скважин должно сохраняться до их бетонирования.

9.3.8 В отличие от обычных грунтовых вертикальных армирующих элементов в проекте предложено заполнить раскатанные скважины тощим бетоном класса В7,5 для предотвращения возможного замачивания лессовидного суглинка через материал заполнителя скважины и повышения производительности работ. Бетон изготовить из обычного портландцемента марки М400 (грунтовые условия по материалам изысканий не агрессивные к обычному портландцементу).

9.3.9 Перед бетонированием скважин проверяется состояние стенок и устья скважин, отсутствие в забое комьев мерзлого или талого грунта. Бетонирование скважин выполняется товарным бетоном класса В7,5 с осадкой конуса 18-20 см (марка П4). Температура бетона должна быть не менее +5 °С. В зимнее время рекомендуется использовать бетонные смеси с противоморозными добавками. После бетонирования скважины должны быть закрыты утепленными матами. Грунт вокруг скважины должен быть в талом состоянии до кристаллизации структуры бетона. При низких температурах до -20°С следует применять электропрогрев. Режим прогрева бетона на период его твердения, а также его контроль при прогреве определяются проектом производства работ. Верхний буферный слой грунта уплотнить ручной трамбовкой при оптимальной влажности грунта.

9.4 Контроль качества и приемка работ

9.4.1 В процессе устройства скважин раскаткой ведется журнал производства работ. Дополнительные правила производства работ по изготовлению раскатанных элементов как для скважин приведены в МСП 5.01-101-2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов».

9.4.2 Приемка выполненных работ по глубинному уплотнению основания грунтовыми вертикальными армирующими элементами производится на основании следующих документов:

- проекта глубинного уплотнения основания грунтовыми вертикальными армирующими элементами;
- актов приемки материалов для уплотнения основания; (соответствия примененного бетона проектным данным);
- актов на скрытые работы (приемки раскатанных скважин);
- актов лабораторных испытаний контрольных образцов бетона;
- исполнительной схемы раскатанных скважин;
- журнала производства работ по глубинному уплотнению основания грунтовыми вертикальными армирующими элементами.

9.5 Техника безопасности и охрана окружающей среды

9.5.1 При производстве работ по глубинному уплотнению основания грунтовыми вертикальными армирующими элементами должны соблюдаться общие правила по технике безопасности для работы на буровых, компрессорных, гидравлических и электрических установках, для общестроительных и горных работ, включая работы, производимые с лесов.

9.5.2 Работы должны осуществляться под руководством производителя работ или мастера.

9.5.3К производству работ допускаются рабочие, прошедшие обязательное медицинское освидетельствование, обученные профессиям буровиков и такелажников, прошедшие курсы по технике безопасности работ, сдавшие экзамены квалификационной комиссии и имеющие соответствующие удостоверения.

9.5.4 При работе бурового станка зона, ограниченная полуокружностью, радиус которой равен полной длине используемых буровых штанг плюс 2 м, считается опасной зоной. Площадки для складирования материалов, армокаркасов и приготовления растворов также относятся к опасным зонам. Границы опасных зон должны быть обозначены хорошо видимыми предупредительными знаками и надписями.

9.5.5 В опасной зоне запрещается:

- выполнять работы, не имеющие непосредственного отношения к проводимому технологическому процессу;
- находиться лицам, не имеющим отношения к выполняемым работам.

9.5.6 Перед началом производства работ ответственный за их выполнение (прораб, мастер) должен проверить состояние площадки (электроосвещение, расположение коммуникаций, электросиловых линий и т.п.) и установить соответствие их состояния проекту производства работ. О всех случаях несоответствия следует составить акт и поставить в известность начальника участка или главного инженера генподрядной организации.

9.5.7 Освещение площадки (рабочих мест) при производстве работ должно быть равномерным и не менее 50 лк (30 в на 1 м²).

9.5.8 Для обеспечения безопасной работы на передвижных компрессорах и с пневматическими перфораторами должны соблюдаться следующие требования:

- воздушные компрессоры на обоих ступенях сжатия необходимо оборудовать манометрами и предохранительными клапанами, на которых должны быть установлены пломбы;
- не допускать работу компрессора при давлении, превышающем предельное для данного типа компрессора;
- запрещается во время работы натягивать и перегибать рукава пневмоинструмента.

9.5.9 Металлические части буровых станков и механизмов с электроприводом должны быть заземлены. В нерабочее время электропривод бурового станка - отключен от электросети.

9.5.10 При замеченных неисправностях какого-либо агрегата бурового станка, последний должен быть немедленно остановлен и приняты меры по устранению

неисправностей. Чистка, смазка и ремонт механизмов бурового станка во время его работы запрещается.

9.5.11 Во время работы установок для устройства раскатанных скважин запрещается:

- переключать скорости лебедки и вращателя, а также переключать вращение с лебедки на вращатель и обратно до полной их остановки;
- заклинивать рукоятки управления машин и механизмов;
- пользоваться патронами шпинделя с выступающими головками зажимных болтов;
- производить замер вращающейся штанги или ведущей трубы.

9.5.12 При кратковременных остановках установок необходимо поднять снаряд на высоту, исключающую возможность их прихвата.

9.5.13 Перед заполнение скважин твердеющим раствором при цементации вертикальных армирующих элементов должна быть проверена исправность предохранительных клапанов и манометров, а вся система (насосы, трубопроводы, шланги, обтюраторы и т.п.) опрессована на полуторное расчетное максимальное давление, необходимое при производстве работ, но не выше максимального рабочего давления, предусмотренного техническим паспортом оборудования.

9.5.14 При производстве работ с лесов, конструкция последних должна предусматривать возможность выполнения работ на них соответствующим буровым оборудованием. Леса должны быть надежно закреплены к стенам реконструируемого или реставрируемого здания (сооружения) по всей высоте. Произвольное снятие креплений лесов не допускается.

9.5.15 При совпадении мест крепления лесов с проемами леса следует крепить накладными устройствами через проем. Если по условиям реставрации крепление лесов к стенам памятника невозможно, то устойчивость лесов обеспечивается постановкой контрфорсов, дополнительных горизонтальных и вертикальных связей.

9.5.16 Во время грозы и при ветре более 6 баллов буровые работы на лесах запрещаются.

9.5.17 Для защиты людей от электрических разрядов во время грозы леса должны иметь молниеприемники и надежное заземление.

9.5.18 Запрещаются работы на лесах, не очищенных от снега.

9.5.19 Для обеспечения пожарной безопасности деревянные элементы лесов (щиты, бортовые доски) должны быть антипирированы установленными составами.

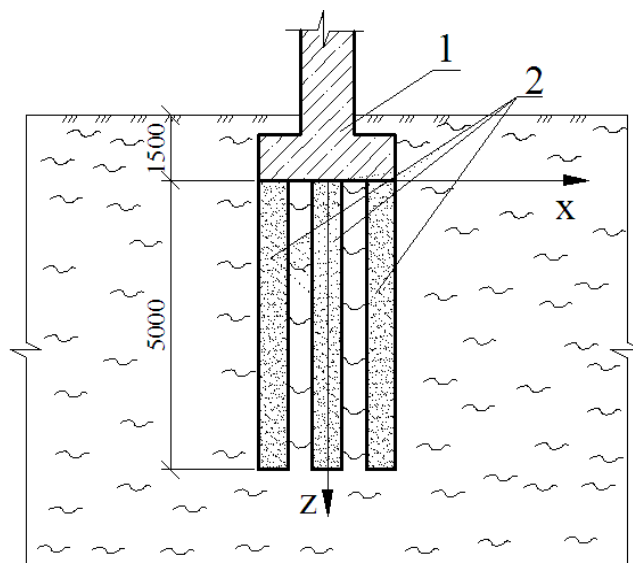
Приложение А (информационное)

ПРИМЕР А.1

Выполнить проверочные расчеты для основания, упрочненного вертикальными грунтовыми вертикальными армирующими элементами (рисунок А.1).

Исходные данные

Здание каркасное с гибкой конструктивной схемой. Нагрузка $N_d = 800$ кН от колонны передается на грунт через отдельный фундамент с размерами подошвы $b = l = 2$ м и глубиной заложения подошвы фундамента $d_1 = 1,5$ м. Грунтовые условия на строительной площадке представлены мягкопластичным суглинком со следующими характеристиками: $\gamma_{II} = 19$ кН/м³; $I_L = 0,61$; $E = 7$ МПа; $\varphi_{II} = 16^\circ$; $c_{II} = 15$ кПа; $\gamma'_{II} = 17$ кН/м³.



1 - фундамент; 2 - вертикальные армирующие элементы

Рисунок А.1 - Схема усиления основания грунтовыми вертикальными армирующими элементами

Решение

Определяем расчетное сопротивление грунта под подошвой фундамента (R_1), кПа, по формуле:

$$R = \frac{1.1 \cdot 1}{1.0} (0.36 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 19 + 2.43 \cdot 1.5 \cdot 17 + 4.99 \cdot 15) = 165$$

Давление под подошвой фундамента (P_0), кПа,

$$P_0 = \frac{800}{4} = 200$$

Сравнивая расчетное сопротивление (R_1) и давление (P_0) под подошвой, приходим к выводу о необходимости в качестве одного из вариантов принять усиление основания грунтовыми вертикальными армирующими элементами. Назначаем длину вертикальных

армирующих элементов 5 м, а их диаметры - 0,5 м. Материалом вертикальные армирующие элементы является гравелистый песок с физико-механическими характеристиками: $\gamma_{II} = 20 \text{ кН/м}^3$; $\varphi_{II} = 35^\circ$; $E = 28 \text{ МПа}$; по данным статических испытаний $F_d = 196 \text{ кН}$.

По формуле: (7.8) определяем необходимое количество вертикальных армирующих элементов (n), шт., под подошвой фундамента:

$$h = \frac{800 * 1.2}{196} = 5$$

Для армированного грунта проверяем условие (5.4) при следующих значениях параметров (R_1) и (R_2), кПа :

$$R_1 = 165; R_2 = \frac{1.4 * 1}{1} (1.68 * 2 * 20 + 7.71 * 1.5 * 17) = 369$$

$$0,245 \times 369 + (1 - 0,245) \times 165 \geq 200$$

или $215 \geq 200$, условие выполняется.

Осадку армированного основания (S_{ap}) определяли по формуле: (5.6) для напряжений, приведенных в таблице А1.

Активная зона сжатия ограничивалась условием $\sigma_{zp} = 0,2 \cdot \sigma_{zg}$.

Для $h_i = 0,2 \cdot 2 = 0,4 \text{ м}$ по формуле: (5.6) находим (S_{ap}), м

$$S_{ap} = \frac{0.4}{12145} * (196.65 + 180.05 + 148.55 + 115.15 + 87.8 + 67.45 + 52.7 + 41.95 + 34 + 28.05 + 23.5) = \frac{0.4}{12145} * 976.05 = 0.032$$

Таблица А.1 - Распределение напряжений в армированном грунте по глубине под центром загружаемой площадки

z, м	ξ	P_o , кПа	σ_{zp} , кПа	σ_{zg} , кПа	$0,2\sigma_{zg}$, кПа	E_3 , кПа
0,0	0,0	200	200,0	28,5	5,70	12145
0,4	0,4		193,7	36,1	7,22	
0,8	0,8		166,4	43,7	8,74	
1,2	1,2		130,7	51,3	10,26	
1,6	1,6		99,6	58,9	11,78	
2,0	2,0		76,0	66,5	13,30	
2,4	2,4		58,9	74,5	14,82	
2,8	2,8		46,5	81,7	16,34	
3,2	3,2		37,4	89,3	17,85	
3,6	3,6		30,6	96,9	19,38	
4,0	4,0		25,5	104,5	20,90	
4,4	4,4		21,5	112,1	22,42	

При расчете осадок модули деформации (E_3) и (E), МПа, определяли по формулам (5.9) и (5.10):

$$E_3 = 0,245 \times 28 + 0,755 \times 7 = 12,145,$$

$$\frac{1}{E} = \frac{0,245}{28} + \frac{0,755}{7} = 0,117 \text{ или } E = 8,58.$$

ПРИМЕР А.2

Усиление основания ленточного фундамента

Определить необходимое количество буроинъекционных вертикальных армирующих элементов для усиления ленточного фундамента в связи с увеличением нагрузки на него при реконструкции двухэтажного кирпичного здания.

Исходные данные

Глубина заложения фундамента $d_1 = 1,2$ м, ширина $b = 0,6$ м. Погонная нагрузка в уровне подошвы фундамента до надстройки $N = 210$ кН, после надстройки $N = 380$ кН. Грунт обратной засыпки имеет удельный вес $\gamma = 16,2$ кН/м³, под фундаментом на глубину 2,5 м залегает песок средней крупности и плотности: $\gamma = 17,5$ кН/м³; $\varphi = 38^\circ$; $c = 2,0$ кПа. Песок подстилается суглинком моренным прочным: $\gamma = 20,3$ кН/м³; $\varphi = 28^\circ$; $c = 35$ кПа. Расчетное сопротивление под подошвой фундамента $R = 367$ кПа.

Решение

Дополнительная нагрузка на фундамент составляет 170 кН. Принимаем конструктивное решение усиления фундамента при помощи располагаемых в шахматном порядке с двух его сторон наклонных вертикальных армирующих элементов (отклонение от вертикали 15—20°) по схеме согласно рисунку 5.2.4б при их шаге в 1 м. При диаметрах стволов вертикальных армирующих элементов $d = 0,15$ м их длины назначаем по 4,0 м из условия заглубления в моренный суглинок.

Инъекционную опрессовку производим через короткие трубки под подошвы фундаментов, а в длинные — под нижние концы вертикальных армирующих элементов исходя из создания уширений стволов в среднем 0,3 м на метровых отрезках (под нижним концом на контакте с моренным суглинком $D = 0,35$ м). Расход цементного раствора с $B/C = 0,45$, согласно таблице 4.4 Пособия 1-93 к СНиП 2.02.03, для заливки ствола вертикальные армирующие элементы длиной 4 м составит 120 л, на создание двух уширений общей длиной 2 м потребуется примерно 160 л, т.е. всего на одну вертикальный армирующий элемент 280 л (цемента — 365 кг).

Определим несущую способность каждой из вертикальных армирующих элементов в соответствии с данными Пособия 1-93 к СНиП 2.02.03 и Пособия 2-95 к СНиП 2.02.03. Согласно первому из них устанавливаем коэффициенты $\gamma_c = \gamma_{cf} = \gamma_{cR} = 1,0$, $R_{fp} = 138$ кПа (с учетом инъекционной опрессовки). При том же условии, согласно таблице 7.3 Пособия 2-95 к СНиП 2.02.03, определяем значение $R_c = 2700$ кПа.

В этом случае несущая способность вертикального армирующего элемента (F_b) будет равна

$$F_b = 1,0(138 \cdot 3,14 \cdot 0,15 \cdot 1,0 + 2700 \cdot 0,096 \cdot 1,0) = 65 + 257 = 322 \text{ кН}$$

Расчетное проектное усилие на один вертикальный армирующий элемент составит

$$N = \frac{322}{1.4} = 230 \text{ кН}$$

В данном случае исходим из условия, что горизонтальные составляющие на вертикальные армирующие элементы от вертикальной нагрузки на фундамент взаимно уравниваются, а продольные в вертикальных армирующих элементах будут равны

$$\frac{170}{\cos 20^\circ} = \frac{170}{0.94} = 181 \text{ кН} \text{ что менее чем } 230 \text{ кН.}$$

ПРИМЕР А.3

Усиление основания столбчатого фундамента

Определить необходимую зону инъекционного упрочнения грунта под подошвой столбчатого фундамента в связи с увеличением нагрузки на него при реконструкции с надстройкой здания.

Исходные данные

Глубина заложения фундамента $d_1 = 1,0$ м, размеры фундамента в плане $2,1 \times 2,1$ м. Вертикальная нагрузка в уровне подошвы фундамента до надстройки $N = 1450$ кН, после надстройки $N = 3300$ кН. Грунт обратной засыпки имеет удельный вес $\gamma = 16,2$ кН/м³, под фундаментом на глубину свыше 7,0 м залегает песок средней крупности и плотности: $\gamma = 17,5$ кН/м³; $\varphi = 38^\circ$; $c = 2,0$ кПа. Расчетное сопротивление под подошвой фундамента, согласно СНБ 5.01.01, $R = 329$ кПа.

Решение

Дополнительная нагрузка на фундамент составляет 1850 кН. Принимаем решение усиления фундамента за счет инъекционного упрочнения грунта под подошвой при закачке раствора через наклонные скважины по наружному контуру и в его теле, согласно приведенной на рисунке 5.2.3а. Наклонные вертикальные армирующие элементы снаружи (по две с каждой стороны) располагаем из условия их прохождения от граней на удалении порядка 10—15 см с отклонениями от вертикали $15—20^\circ$ с глубиной погружения на 2,0 м ниже подошвы. В теле фундамента через его уступы высверливаем по одному наклонному (под углом примерно $40—45^\circ$) отверстию для инъекционных трубок с их погружением замывом в песок на глубины до 1,0 м ниже подошвы.

При этом, исходя из закачки раствора сначала через короткие трубки, а затем через длинные, произведем инъекционную опрессовку песка в грунтовом массиве, который создаст условный фундамент примерно с теми же размерами в плане и глубиной заложения около 3,0 м. Необходимый объем закачанного раствора с $B/C = 0,45$ примем с учетом коэффициента водопотерь 0,66 (см. Пособие 1-93 к СНиП 2.02.03, таблица 4.3). Объем грунта в пределах условного фундамента составляет $2,1 \times 2,1 \times 2 = 8,82$ м³, а пустоты в нем, при коэффициенте пористости грунта $e = 0,55$, порядка 3 м³. Исходя из заполнения примерно 0,8 от объема пустот при опрессовке грунта, потребуется закачать раствора $2,4 \text{ м}^3 / 0,66 = 3,64 \text{ м}^3$. На это количество раствора расход цемента будет равен 4,7 т (см. таблицу 7.1 Пособия 1-93 к СНиП 2.02.03). При общем количестве скважин 12, в каждую потребуется закачивать в среднем по 300 л цементного раствора (по 220 л в короткие и по 350 л в длинные).

Для полученной глубины условного фундамента 3,0 м расчетное сопротивление песка под подошвой фундамента будет равно 749 кПа. Нагрузку при этом можно допустить $749 \times 2,1 \times 2,1 = 3303$ кН, что и требовалось по условию решаемой задачи.

ПРИМЕР А4

Расчет коротких буронабивных вертикальных армирующих элементов

Рассчитать фундамент из коротких буронабивных вертикальных армирующих элементов под здание с центрально приложенной вертикальной расчетной нагрузкой $N^p = 5,5$ т/пог. м.

Исходные данные: Грунтовые условия, по данным инженерно-геологических изысканий, приведенных в табл. 5, представлены суглинками, залегающими с поверхности земли до глубины 3 м; причем, до глубины 2 м- суглинками тугопластичными, с 2 до 3 м- суглинками полутвердыми. Далее, до глубины 9,2 м- пески крупные, плотные влажные; грунтовые воды находятся на глубине 9,2 м от поверхности.

Решение: Принимаем размеры вертикальных армирующих элементов: диаметр $d = 0,5$ м; длина $l = 3,0$ м. Шаг вертикальных армирующих элементов $L = 3$ м.

Тогда нагрузка, приходящаяся на одну вертикальный армирующий элемент, $N = hN^p = 3 \times 5,5 = 16,5$ т. Для вертикальных армирующих элементов применяется бетон марки 100.

Решение. Расчет набивных вертикальных армирующих элементов по первому предельному состоянию производят с учетом совместной работы вертикальных армирующих элементов и грунта, окружающего и подстилающего вертикальный армирующий элемент по формуле: (1) приложения 1.

Несущая способность набивных вертикальных армирующих элементов, воспринимающих вертикальную сжимающую нагрузку, определяется исходя из сопротивления материала фундамента и сопротивления грунта основания, принимая меньшее из двух значений.

Несущую способность набивных вертикальных армирующих элементов по материалу рассчитывают по формуле: (3) приложения 1.

$$m = 0,6; F = 0,196 \text{ м}^2; R = 400 \text{ т/м}^2;$$

$$P_m = 0,6 \times 0,196 \times 400 = 47,0 \text{ т.}$$

Определяем несущую способность вишечей вертикальные армирующие элементы из грунтовых условий по формуле: (4) приложения 1.

В плоскости нижних концов вертикальных армирующих элементов залегает крупный песок, плотный влажный, для которого (по табл. 4) $R^H = 70 \text{ т/м}^2$; площадь

$$\text{сечения } F = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \times 0,25}{4} 0,196 \text{ м}^2$$

Периметр вертикальных армирующих элементов $u = (\pi D = 3,14 \times 0,5 = 1,57 \text{ м};$
дополнительный коэффициент условий работы $m_f = 0,8$;

нормативное сопротивление грунта на боковой поверхности ствола, принимаемое по табл. 6, составит: $h_{cp1} = \frac{0+2}{2} = 1 \text{ м}$

$$B = 0,3, \text{ тогда } f_1^H = 2,3 \text{ т/м}^2$$

для второго слоя $h_{cp2} = \frac{2+1}{2} = 1.5 \text{ м}$

значение f_2^H находим интерполированием:

при $h_1 = 1,0 \text{ м}$; $B = 0,14$; $f_1^H = 3,5 \text{ м} / \text{м}^2$

при $h_2 = 2,0 \text{ м}$; $B = 0,14$; $f_1^H = 4,2 \text{ м} / \text{м}^2$

при $h_3 = 1,5 \text{ м}$; $B = 0,14$;

$$f_3^H = f_1^H + \frac{(f_2^H - f_1^H)(h_3 - h_1)}{h_2 - h_1} = 3,5 + \frac{(4,2 - 3,5) * (1,5 - 1,0)}{2,0 - 1,0} = 3,85 \text{ м} / \text{м}^2$$

При значениях $B < 0,2$ значения f_i^H берутся как для $B = 0,2$.

$l_1 = 2,0 \text{ м}$; $l_2 = 1,0 \text{ м}$.

Несущая способность вертикальных армирующих элементов по грунту будет равна:

$$P = 0,7(1[70(0,196 + 1,57(0,8(2,3(2 + 3,85(1))]) = 17,0 \text{ т.}$$

Так как несущая способность вертикальные армирующие элементы по материалу $P_m = 47,0 \text{ т.}$, а по грунту $P = 17,0 \text{ т.}$, то принимаем меньшее из двух значений. Несущая способность вертикальные армирующие элементы $P = 17,0 \text{ т.}$ Проверяем условие (1) приложения 1.

$$16,5 \text{ т} < 17,0 \text{ т.}$$

Значит, выбранные размеры (диаметр, длина) вертикальных армирующих элементов и их шаг удовлетворяют условию (1). В случае неудовлетворения условию (1) необходимо задаться другими размерами или шагом вертикальных армирующих элементов.

Пример А.5

Расчет требуемого количества раскатанных вертикальных армирующих элементов

Рассчитать усиление основания, а именно шаг расстановки раскатанных вертикальных армирующих элементов под здание. Глубина заложения подошвы фундамента 1,4 м.

Исходные данные: Грунтовые условия, по данным инженерно-геологических изысканий, приведенных в табл. А.5.1, представлены суглинками, залегающими с поверхности земли до глубины 10 м; причем, до глубины 7 м- суглинками макропористыми, просадочными, с 7 до 10 м- суглинками непросадочными. Далее, до глубины 12 м- валуногалечниковые грунты; грунтовые воды на площадке не вскрыты.

Решение: Принимаем размеры вертикальных армирующих элементов: диаметр снаряда раскатки $d = 0,25 \text{ м}$; длина раскатанных свай в просадочном грунте $l = 7 - 1,4 - 0,1 = 5,5 \text{ м}$. Здесь 0,1 м толщина подготовки из тощего бетона.

Для предварительных расчетов диаметр уплотненной зоны (d_s), который может быть получен после раскатки, определяется по формуле (9.1):

$$d_s = \gamma_c d \sqrt{\rho_{ds} / (\rho_{ds} - \rho_d)} = 1,2 * 0,25 \sqrt{\frac{1,66}{(1,66 - 1,25)}} = 0,6 \text{ м}$$

где d – диаметр РС, м;

ρ_{ds} – плотность сухого уплотненного грунта, т/м³;

ρ_d – плотность сухого грунта естественного сложения, т/м³;

γ_c – коэффициент условий работы грунта, принимаемый > 1 .

Таблица А.5.1

Наименование слоев	Толщина слоя, м	Плотность частиц (ρ_s), т/м ³	Плотность грунта, (ρ), т/м ³	Природная влажность (W), %	Плотность сухого грунта (ρ_d), т/м ³	Предел текучести (W_L), %	Предел раскатывания (W_p), %	Показатель консистенции, (B)	Коэффициент пористости, (I)	Степень влажности, (G)
Суглинок светло-коричневый макропористый, просадочный	7	2,71	1,43	14,4	1,25	27,1	18,1	-0,4	1,17	0,33
Уплотненные суглинки (экспериментальные данные)		2,71	1,94	17,0	1,66				0,63	
Суглинок коричнево-красный непросадочный	3	2,71	1,94	18,3	1,64	30	18,7	-0,04	0,65	0,76
Валуногалечник	2	2,67	2,09	17	1,79	-	-	-	0,49	0,93

Коэффициент условий работы грунта γ_c уточняется экспериментальным путем для конкретных грунтовых условий.

Диаметр уплотненного столба грунта при глубинном уплотнении определяют по выражению (9.2)

$$D_c = \sqrt{\frac{N(1-e_y)(1-e)}{(e-e_y)(1+e_s)}} = \sqrt{\frac{1*(1-0,63)*(1-1,17)}{(1,17-0,63)*(1+0,63)}} = 0,27 \text{ м}$$

где D_c – диаметр скважины; N – число проходок снаряда по первичной скважине;

e , e_y , e_s – соответственно коэффициенты пористости грунта в естественном состоянии, уплотненного грунта и грунта, засыпаемого в скважину.

При $N=2$ диаметр уплотненного столба грунта равен 0,378 м.

При $N=3$ диаметр уплотненного столба грунта равен 0,463 м.

Задаваясь диаметром уплотненного столба, можно заранее определить требуемое число проходов снаряда

$$N = \frac{D_c(\rho_{ds} - \rho)}{d^2 \rho_s}$$

где ρ , ρ_{ds} , ρ_s - соответственно плотности грунта в естественном и уплотненном состояниях, а также грунта, засыпаемого в скважину.

С увеличением числа проходов снаряда возрастает диаметр уплотненной зоны, при этом на его величину влияют диаметр скважины и плотность грунта.

Потребный объем грунта для уплотнения определяют по выражению:

$$V_z = \frac{F h_{ck} (e - e_y)(1 - e_z)}{(1 + e_y)(1 + e)}$$

где F - площадь основания, подлежащая уплотнению; h_{ck} - глубина скважины.

Расстояние между скважинами определяют исходя из условий обеспечения совместной работы грунта в массиве, а также необходимой несущей способности уплотняемого основания.

Расстояние между центрами скважин определяют по формуле:

$$i_{ck} = 0,95d \sqrt{\frac{\rho_{dc}}{(\rho_{dc} - \rho_d)}} = 0,95 * 0,6 \sqrt{\frac{1,66}{(1,66 - 1,25)}} = 1,15 \text{ м}$$

где ρ - плотность сухого грунта природного сложения, т/м³; ρ_{ds} - средняя плотность сухого грунта в уплотненном массиве, т/м³.

Приложение Б
(информационное)

Таблица Б.1 -Технологические параметры струйной установки

Основные технологические параметры	Значения
Давление воды (раствора), МПа	От 10,0 До 40,0
Расход воды (раствора) на одно сопло диаметром 2 мм, л/мин	20,0 “ 35,0
То же, при диаметре сопла 5 мм, л/мин	“ 120,0 “ 200,0
То же, при диаметре сопла 7 мм, л/мин	“ 250,0 “ 400,0
Давление сжатого воздуха, МПа	“ 0,4 “ 0,5
Расход воздуха на одно сопло, м ³ /мин	“ 2,0 “ 4,0
- Давление раствора-заполнителя, подаваемого отдельно от размывающей струи, МПа	“ 0,1 “ 0,4
Расход раствора-заполнителя, л/мин	“ 50,0 “ 300,0
Скорость подъема монитора без вращения, м/мин	“ 0,3 “ 0,6
Скорость подъема монитора с вращением, м/мин	“ 0,1 “ 0,5
Скорость вращения монитора, об/мин	“ 4,0 “ 10,0

Приложение В
(информационное)

Основные характеристики для расчета сооружений и оснований из армированного грунта

Таблица В.1 - Напряжения (σ_{zp}), выраженные в долях от интенсивности равномерно-распределенной нагрузки (P_0) при $\beta = E_3/E = 5$

$\xi = 2z/b$	Для фундаментов				
	прямоугольных с соотношением сторон $\eta = l/b$, равным				ленточных $\eta \geq 10$
	1,0	1,8	3,2	5,0	
0,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,4	0,985	0,990	0,991	0,991	0,991
0,8	0,913	0,943	0,949	0,949	0,949
1,2	0,805	0,866	0,880	0,882	0,882
1,6	0,691	0,778	0,803	0,806	0,807
2,0	0,586	0,690	0,726	0,733	0,735
4,0	0,264	0,372	0,441	0,463	0,472
6,0	0,139	0,216	0,286	0,318	0,335
10,0	0,055	0,094	0,141	0,175	0,203
12,0	0,039	0,067	0,106	0,136	0,167

Таблица В.2 - Напряжения (σ_{zp}), выраженные в долях от интенсивности равномерно-распределенной нагрузки (P_0) при $\beta = E_3/E = 10$

$\xi = 2z/b$	Для фундаментов				
	прямоугольных с соотношением сторон $\eta = l/b$, равным				ленточных $\eta \geq 10$
	1,0	1,8	3,2	5,0	
0,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,4	0,989	0,994	0,994	0,994	0,994
0,8	0,941	0,962	0,965	0,949	0,949
1,2	0,864	0,908	0,917	0,918	0,919
1,6	0,778	0,843	0,860	0,863	0,863
2,0	0,693	0,775	0,800	0,805	0,806
4,0	0,377	0,488	0,545	0,562	0,567
6,0	0,218	0,314	0,382	0,408	0,420
10,0	0,094	0,151	0,210	0,243	0,265
12,0	0,068	0,112	0,163	0,196	0,221

Таблица В.3 - Напряжения (σ_{zp}), выраженные в долях от интенсивности равномерно-распределенной нагрузки (P_0) при $\beta = E_3/E = 0,2$

$\xi = 2z/b$	Для фундаментов				
	прямоугольных с соотношением сторон $\eta = l/b$, равным				ленточных $\eta \geq 10$
	1,0	1,8	3,2	5,0	
0,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,4	0,894	0,931	0,937	0,938	0,938
0,8	0,617	0,725	0,756	0,761	0,762
1,2	0,401	0,529	0,587	0,599	0,602
1,6	0,269	0,386	0,459	0,480	0,487
2,0	0,189	0,287	0,365	0,393	0,404
4,0	0,054	0,092	0,143	0,179	0,208
6,0	0,025	0,043	0,072	0,099	0,132
10,0	0,009	0,016	0,028	0,041	0,066
12,0	0,006	0,011	0,020	0,029	0,050

Таблица В.4 - Напряжения (σ_{zp}), выраженные в долях от интенсивности равномерно-распределенной нагрузки (P_0) при $\beta = E_3/E = 0,1$

$\xi = 2z/b$	Для фундаментов				
	прямоугольных с соотношением сторон $\eta = l/b$, равным				ленточных $\eta \geq 10$
	1,0	1,8	3,2	5,0	
0,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,4	0,859	0,906	0,915	0,916	0,917
0,8	0,567	0,678	0,716	0,722	0,724
1,2	0,364	0,485	0,546	0,562	0,566
1,6	0,243	0,351	0,423	0,447	0,455
2,0	0,170	0,260	0,334	0,364	0,377
4,0	0,049	0,083	0,129	0,163	0,192
6,0	0,022	0,039	0,065	0,089	0,121
10,0	0,008	0,015	0,025	0,037	0,060
12,0	0,006	0,010	0,018	0,027	0,045

Таблица В.5 - Напряжения (σ_{zp}), выраженные в долях от интенсивности равномерно-распределенной нагрузки (P_0) при $\beta = E_3/E = 0,99$

$\xi = 2z/b_z$	Для фундаментов				
	прямоугольных с соотношением сторон $\eta = l_z/b_z$, равным				ленточных $\eta \geq 10$
	1,0	1,8	3,2	5,0	
0,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,4	0,960	0,975	0,977	0,977	0,977
0,8	0,800	0,866	0,879	0,881	0,881
1,2	0,606	0,717	0,749	0,754	0,755
1,6	0,449	0,578	0,629	0,639	0,642
2,0	0,336	0,463	0,530	0,545	0,550
4,0	0,108	0,176	0,248	0,285	0,306
6,0	0,051	0,087	0,136	0,173	0,208
10,0	0,019	0,033	0,056	0,079	0,126
12,0	0,013	0,023	0,040	0,058	0,106

Таблица В.6 - Значения интеграла $J = \int_0^N \sigma_{zp} dx / Pb$ при $l/b = 1$

z/b	Значения интеграла (J) при N/b, равном				
	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0
0,0	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
0,3	0,460	0,470	0,470	0,470	0,470
0,6	0,353	0,370	0,373	0,375	0,375
0,9	0,255	0,282	0,289	0,293	0,294
1,2	0,186	0,216	0,228	0,234	0,236

Таблица В.7 - Значения интеграла $J = \int_0^N \sigma_{zp} dx / Pb$ при $l/b = 5$

z/b	Значения интеграла (J) при N/b, равном				
	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0
0,0	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
0,3	0,491	0,498	0,499	0,500	0,500
0,6	0,455	0,484	0,492	0,496	0,497
0,9	0,406	0,458	0,477	0,487	0,491
1,2	0,356	0,423	0,453	0,473	0,480

УДК [69+624.154.5.001.63](476)(083.74)

МКС 93.020

Ключевые слова: нормы строительные, грунт армированный, элементы конструктивные, несущая способность, деформация, требования геотехнические, грунт насыпной, анкерные элементы, нагели, откосы, склоны, котлованы, вертикальные армирующие элементы, буронабивные, буроинъекционные, цементогрунтовые, упрочненное основания, раскатанные элементы, техника безопасности, охрана окружающей среды.

ҚР НТҚ 07-01.3-2011
НТП РК 07-01.3-2011

Ресми басылым

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҰЛТТЫҚ ЭКОНОМИКА МИНИСТРЛІГІНІҢ
ҚҰРЫЛЫС, ТҰРҒЫН ҮЙ-КОММУНАЛДЫҚ ШАРУАШЫЛЫҚ ІСТЕРІ ЖӘНЕ
ЖЕР РЕСУРСТАРЫН БАСҚАРУ КОМИТЕТІ**

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ
НОРМАТИВТІК-ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛЫ**

**ҚР НТҚ 07-01.3-2011
ІРГЕНІ ВЕРТИКАЛЬ АРМАТУРАЛАЙТЫН ЭЛЕМЕНТТЕРМЕН БЕКІТУДІ
ЖОБАЛАУ ЖӘНЕ ОРНАТУ**

Басылымға жауаптылар: «ҚазҚСҒЗИ» АҚ

050046, Алматы қаласы, Солодовников көшесі, 21
Тел./факс: +7 (727) 392-76-16 – қабылдау бөлмесі

Издание официальное

**КОМИТЕТ ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА, ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО
ХОЗЯЙСТВА И УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ МИНИСТЕРСТВА
НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**НТП РК 07-01.3-2011
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И УСТРОЙСТВО УПРОЧНЕНИЯ
ОСНОВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫМИ АРМИРУЮЩИМИ
ЭЛЕМЕНТАМИ**

Ответственные за выпуск: АО «КазНИИСА»

050046, г. Алматы, ул. Солодовникова, 21
Тел./факс: +7 (727) 392-76-16 – приемная