

The book cover features a collage of architectural and construction-related images. At the top left, a dome structure is partially visible. To its right is a modern building with a complex, angular facade. The central part of the cover is a black rectangle containing the title and authors' names. Below this, the collage continues with a tall building under construction on the left, a modern building with a dark, textured facade in the center, and a large, curved, ribbed structure on the right. At the bottom, there are images of concrete blocks, a technical drawing of a building's structural frame, and a logo in the bottom right corner.

**строительство
и архитектура**

Г. М. Бадьин, С. А. Сычев

современные технологии
СТРОИТЕЛЬСТВА
И РЕКОНСТРУКЦИИ
ЗДАНИЙ

bhv®

Строительство и архитектура

Сергей Сычев

**Современные технологии
строительства и
реконструкции зданий**

«БХВ-Петербург»

2013

Сычев С. А.

Современные технологии строительства и реконструкции зданий
/ С. А. Сычев — «БХВ-Петербург», 2013 — (Строительство и архитектура)

В книге описываются строительные технологические системы, современное строительство дорог, работы нулевого цикла, методы устройства свай и фундаментов, защита и усиление сооружений, новые технологии строительства малоэтажных зданий с применением тонкостенных стальных профилей, энергосберегающие и энергоэффективные технологии строительства, инновационные технологии разноэтажного строительства, строительство в сложных климатических и геологических условиях, зарубежный опыт инновационного строительства.

© Сычев С. А., 2013
© БХВ-Петербург, 2013

Содержание

Введение	7
Глава 1. Строительные технологические системы	8
Прогресс техники и науки в строительстве в XXI веке	8
Нанотехнологии в строительстве	17
Усиление металлических и каменных конструкций углеволокном	18
Приготовление легкого бетона на древесном заполнителе	19
Усиление деревянных конструкций углехолстами	20
Прозрачные наногели (аэрогели) и термопена для теплоизоляции стен и крыш зданий	21
Жидкая резина – гидроизоляция будущего	23
Вакуумная теплоизоляция строительных конструкций	25
Инновационная стеклопластиковая арматура в технологии строительных работ	26
Стеклопластиковая арматура и ее виды	26
Внешнее стеклопластиковое армирование	27
Стеклопластиковая арматура: коррозионная стойкость	27
Стеклопластиковая арматура: применение при ремонте железобетонных конструкций	28
Энергосберегающая технология утепления наружных стен зданий базальтофибробетоном	29
Глава 2. Современное строительство дорог, работы нулевого цикла	35
Новые способы устройства дорожного покрытия	36
Щебеночно-мастичный асфальтобетон	36
Применение модифицированных битумов в дорожном строительстве	37
Устройство асфальтобетонных покрытий методом высокотемпературной запрессовки	39
Цементобетонное покрытие дорог	41
Современные методы прокладки инженерных сетей	43
Бестраншейные технологии подземного строительства	43
Подземная прокладка коммуникаций	43
Этап I	43
Этап II	44
Этап III	45
Бестраншейные методы в России	45
Глава 3. Методы устройства свай и фундаментов	46
Устройство фундаментов методом вибропогружения	46
«Стена в грунте»	47
Технология «полого шнека» (CFA)	48
Технология «непрерывного шнека» (CFA) для сооружения свайных фундаментов	49
Способ возведения свайного фундамента под большие нагрузки	50
Технология подземного строительства top-down (Бельгия)	52
Погружение шпунтовых свай	55
Инновационные решения для свайного фундаментостроения	56

Способ устройства буронабивных свай по технологии Гидропесчестрой (микросвай)	58
Стальные трубчатые сваи, открытые снизу	63
Способ сооружения пакета буронабивных свай	64
Способ устройства инъекционной сваи	65
Сваи вдавливания	68
Буронабивные сваи	70
Глава 4. Защита и усиление сооружений	73
Укрепление оснований и фундаментов	74
Метод восстановления трубопроводов	74
Способ защиты свайного фундамента от морозного пучения	75
Способ выравнивания сооружений	75
Способ исправления положения здания, сооружения, подвергшегося неравномерному морозному пучению	76
Способ усиления фундамента здания	77
Грунтовые анкеры	77
Противофильтрационные завесы	78
Способы закрепления слабых грунтов	80
Закрепление грунта совместным затвердеванием грунтоцементной и буронабивной свай	80
Способ глубинного компенсационного уплотнения грунта	81
Способ закрепления переувлажненных глинистых и просадочных грунтов	82
Устройство малозаглубленных фундаментов на пучинистых грунтах	83
Укрепление грунтов методом «Геокомпозит»	84
Конец ознакомительного фрагмента.	85

Сергей Сычев, Геннадий Бадьин

Современные технологии

строительства и реконструкции зданий

© Бадьин Г. М., Сычев С. А., 2013

© Оформление, издательство «БХВ-Петербург», 2013

Все права защищены. Никакая часть электронной версии этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, включая размещение в сети Интернет и в корпоративных сетях, для частного и публичного использования без письменного разрешения владельца авторских прав.

Введение

В переводе с греческого слово «*techné*» определяется как искусство, мастерство, умение. Технология – это совокупность приемов и способов обработки и переработки различных сред. Ушедший век стал поворотным в технологическом плане. Если в XX веке думали, *что* сделать, то теперь надо думать, *как* сделать. Раньше при строительстве старались получить максимальную скорость и наивысшую производительность, стремились к большим, рекордным мощностям, новым машинам, приборам и устройствам. Вся потерянная масса – рассеянное тепло, несгоревшие ресурсы – уходила в атмосферу, порождая экологические проблемы. Гигантские силы, деньги, сырье в этом случае уходят «в стужку».

В разработке новых технологий все очень непросто. Ряд авторов отмечает факт кризиса фундаментальных инноваций абсолютно во всем мире, причем во многих областях. Например, в технологиях преобразования материалов и энергии – в конечном продукте потребляется не более 7 % добытого природного сырья, остальное уходит в отвал или используется напрасно.

Сложившаяся ситуация привела к новым тенденциям развития строительных производственных технологий:

- ♦ переход от дискретных (циклических) технологий к непрерывным (поточным) производственным процессам, как наиболее эффективным и экономичным;
- ♦ внедрение безотходных технологических циклов в составе производства, как наиболее экологически целесообразных;
- ♦ повышение наукоемкости «высоких» технологий, как наиболее приоритетных в строительстве.

Данная книга предназначена показать практически используемые технологии, направленные на повышение энергоэффективности процессов строительства зданий и сооружений, а также рассказать читателю о возможностях совершенствования традиционных строительных технологий.

Глава 1. Строительные технологические системы

Прогресс техники и науки в строительстве в XXI веке

Начало XXI века ознаменовано интенсивным развитием строительно-технологических систем и внедрением эффективных инновационных технологий при строительстве и реконструкции зданий и сооружений. Под *строительной технологической системой* следует понимать совокупность взаимосвязанных элементов инженерной системы, объединенных единым конструктивно-технологическим решением, направленным на повышение качества, надежности, долговечности и эффективности строительства.

В современных условиях *технология* (techno – искусство, мастерство, logos – мысль, слово) есть способ взаимодействия функционирующих систем, образующих простые и комплексные процессы, определяющим фактором которых является степень потенциала инженерного интеллекта, интеллектуального уровня развития строительной отрасли, наличие инновационных технологий и элементов нанотехнологий.

Концепция развития и самосовершенствования технологии строительного производства состоит в комплексном единстве составляющих элементов системы: *строительные материалы, строительные конструкции, методы и способы производства работ, организация, планирование и управление производством, контроль качества СМР*, которые тесным образом взаимосвязаны между собой. При возведении здания или сооружения реализуются наиболее оптимальные технологии, образуя саморегулируемые (эргатические) системы, которые непрерывно развиваются.

Таким образом, *функциональные системы* состоят из элементов (структурных блоков, *n*), таких как: строительные материалы, конструкции, машины и оборудования, методы организации работ. Строительно-технологическая система может иметь несколько уровней развития. Переход на более высокий уровень технологии может происходить при инновационном прорыве в одном или нескольких факторах технологической цепочки, когда количество переходит в новое качество. Тогда появляется новая, более развитая система нового уровня. Динамичное развитие и появление новых инженерных идей, модернизация строительства, внедрение инноваций и нанотехнологий способствует прогрессу в области строительства и совершенствованию качества во всех элементах и звеньях технологической цепи.

Схематическое изображение «концептуального моста» между системным уровнем технологии строительного производства и элементами строительно-технологических систем по методике академика Анохина А. П. изображено на рис. 1.1.

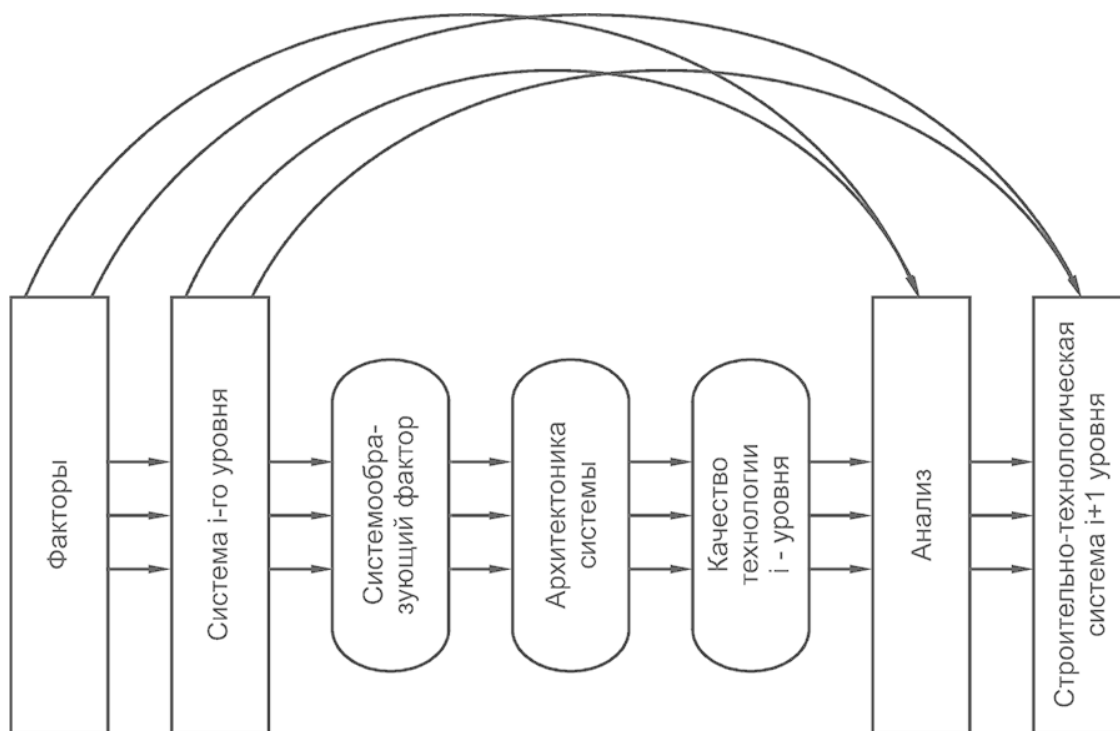


Рис. 1.1. Структура системного изображения различных уровней технологии строительного производства и элементов строительно-технологических систем

Из рис. 1.1 видно, что при динамическом развитии строительного производства оно из одного состояния качества переходит на новый более высокий интеллектуально развитый уровень качества.

Логистическое развитие функциональной системы предполагает соответствующую систему качества на каждом этапе жизненного цикла и дифференциальный критерий оценки качества строительно-монтажных работ.

О качестве технологии можно судить по критериям и значениям различных групп показателей: экологических, экономических, социальных, конструктивнотехнологических.

При этом строительная система постоянно изменяется, она может деградировать при определенных условиях и стремительно развиваться высокими темпами. При этом необходима диагностика качества технологии. Оценка «ЦЕНА = КАЧЕСТВО» помогает выявить уровень интеллектуального потенциала и прогнозировать необходимые и достаточные условия дальнейшего развития строительной системы.

Ввод в 1986 году в Японии строительного завода-автомата доказал, что не интенсивный труд рабочих, а потенциал интеллекта специалистов, реализованный в инновационные технологии, является главным источником научно-технического прогресса. Именно с этого этапа начинается в мире технологический бум, а практические науки востребованы сейчас, как никогда. Особенное внимание привлекают инновационные технологии будущего.

Новые технологические идеи, воплощенные в прогрессивные строительные системы, уже качественно отличаются от прежних тем, что они ориентированы, наконец, на человека, на создание комфортных условий работы и проживания в новостройках. Технолог-строитель активно участвует в создании нанотехнологий и нововведений нового поколения строительной продукции. Появились признаки оздоровления строительной отрасли после введения системы саморегулирования.

Приоритетными направлениями в строительстве остаются: снижение тяжелых трудоемких операций, механизация, комплексная механизация и автоматизация строительного производства, контроль качества СМР, жизнеобеспечение, экологические вопросы.

Ресурсосбережение есть основополагающая идея формирования новых технологий. Но эта экономия ресурсов не должна идти в ущерб надежности, качеству, долговечности конструкций.

Анализ современных технологических задач позволил сформулировать два принципа функционирования строительных технологических систем.

♦ Любая технология строительного производства есть материализованный потенциал интеллектуального развития отрасли и для каждой технологии строительства характерен свой способ перехода в новое качественное состояние.

♦ Каждая технология имеет свой жизненный цикл функционирования, определяемый величиной интеллектуального развития строительной отрасли.

При общей постановке вопроса все строительные процессы можно классифицировать по 4 классам строительных технологий (табл. 1.1).

Таблица 1.1. Классы строительных технологий

Класс	Строительные операции	
Класс I — процессы, приводящие к уменьшению массы или разрушению строительного материала	1) монтаж, демонтаж (разборка)	12) выдувание
	2) резание, рыхление	13) выщелачивание
	3) откачка, водопонижение	14) распыление
	4) извлечение (очистка, удаление)	15) вакуумирование
	5) бурение	16) испарение
	6) взрывание	17) извержение
	7) выжигание	18) излучение
	8) износ	19) уплотнение
	9) размыв	20) разрыхление
	10) суффозия	21) адгезия и когезия
	11) вытеснение	

Класс	Строительные операции	
Класс II — процессы, приводящие к нарастанию массы материала	1) монтаж, сборка конструкций 2) отсыпка грунта 3) намыв грунта 4) забивка свай 5) нагнетание раствора 6) инъекция 7) погружение 8) втапливание 9) кольматаж 10) напыление 11) поглощение 12) кристаллизация 13) сварка	14) конденсация 15) склеивание 16) наклейка 17) окраска 18) утепление 19) замораживание 20) электрообработка 21) инъецирование 22) торкретирование 23) тампонирование 24) флюатирование 25) силикатизация
Класс III — процессы, связанные с изменением формы или свойств материала	1) уплотнение 2) рыхление (вспашка) 3) дробление 4) замораживание 5) оттаивание (обжиг, плавление) 6) перемешивание 7) прессование 8) разделение	9) растворение 10) трамбование 11) разжижение, расслабление 12) напряжение, сгущение 13) облучение, обработка электромагнитными, УВЧ, СВЧ и другими физическими полями
Класс IV — транспортные процессы	1) погрузка 2) разгрузка (крановая, бескрановая) 3) транспортирование грузов (автотранспортом, водным, воздушным путем, пневмотранспортом)	

Технология является процессом и протекает во времени. Она содержит большое множество элементарных технологических процессов, из которых складываются сложные процессы и комбинированные технологические системы, включающие новые инновационные преобразования (механические, физические, химические, биологические, плазменные, лазерные и др.).

Рассмотрим на различных примерах инновационные преобразования технологий строительного производства.

Пример 1. Влияние +магнитной обработки воды на свойства цементных растворов и бетонов.

Вода является активным участником большинства технологических процессов, в том числе при изготовлении различных искусственных камневидных материалов.

Известно, что электромагнитная обработка воды ускоряет процесс твердения бетонной смеси и повышает прочность бетона и других строительных материалов. Изменение струк-

туры и свойств воды достигается с помощью механических воздействий, электрическим током, нагревом в автоклаве, высокочастотным полем, ультразвуком и т. д. В процессе многочисленных исследований обнаружено, что наиболее эффективные и структурные изменения воды происходят под воздействием электромагнитного поля. Магнитная обработка воды предусматривает протекание ее через одно или несколько магнитных полей. На неподвижную воду магнитные поля действуют гораздо слабее, поскольку обрабатываемая вода всегда обладает некоторой электропроводностью, при ее перемещении в магнитных полях возбуждается небольшой электрический ток. То есть имеет место не магнитная, а электромагнитная обработка водной системы. Это очень важный момент с точки зрения направленного регулирования свойств воды, в том числе повышения активных (реакционных) ее свойств и стабилизации этого эффекта.

Положительного эффекта можно добиться путем введения некоторых поверхностно активных добавок в воду до ее омагничивания. Магнитная обработка воды затворения цементных смесей приводит к положительным результатам по многим свойствам: увеличивает прочность, плотность, морозостойкость, снижает пористость, водопоглощение, повышает удобоукладываемость бетонной смеси и т. д.

Магнитную обработку воды можно проводить магнитами постоянного поля и электромагнитами. Напряженность поля в различных условиях может изменяться от $40 \cdot 10^3$ до $70 \cdot 10^3$ А/м, при этом определяющим фактором является химический состав воды и цемента.

Твердение цементных смесей различного состава значительно ускоряется в первые 7 дней и продолжает интенсивно нарастать в дальнейшие сроки при нормальных условиях и при пропаривании смеси с введением добавок-стабилизаторов эффекта (ЗШ (зольный шлам) и СДБ (сульфитно-дрожже-бражка)) до ее магнитной обработки, в результате чего наблюдалось постоянное увеличение прочности, повышение плотности, водонепроницаемости и морозостойкости бетона. Данные лаборатории говорят о том, что введение в воду до ее омагничивания добавок СДБ и ЗШ приводит к повышению прочности бетона при естественном твердении на 17–29 % и имеется возможность получения бетона марки 500 с расходом цемента до 500 кг/м³ бетона.

Схема аппарата омагничивания воды для лабораторных и производственных условий представлена на рис. 1.2. Он состоит из наружного стального магнитопровода, изготовленного из трубы толщиной 2–2,5 мм, и снабжен тремя фланцами. Два фланца служат для присоединения корпуса к питательному трубопроводу, а третий фланец – для крепления с фланцем кожуха, изготовленного из немагнитного материала. Кожухом 2 является медная труба, закрытая приваренным доньшком. Три небольших скошенных ребра служат для центрирования внутреннего кожуха в стальном магнитопроводе 1. Внутри кожуха 2 вставляется железный сердечник 3 с намотанными катушками 5 на впадинах сердечника. Соединение катушек производится через шлицы в полюсных наконечниках 4.

Схема технологического процесса омагничивания воды с добавкой-стабилизатором эффекта с подключенным магнитным аппаратом представлена на рис. 1.3. Рассмотренный способ позволяет не только улучшить свойства бетона для железобетонных труб (прочность, водонепроницаемость, структура и др.), но и экономить цемент, как минимум, 50 кг на куб. метр бетона.

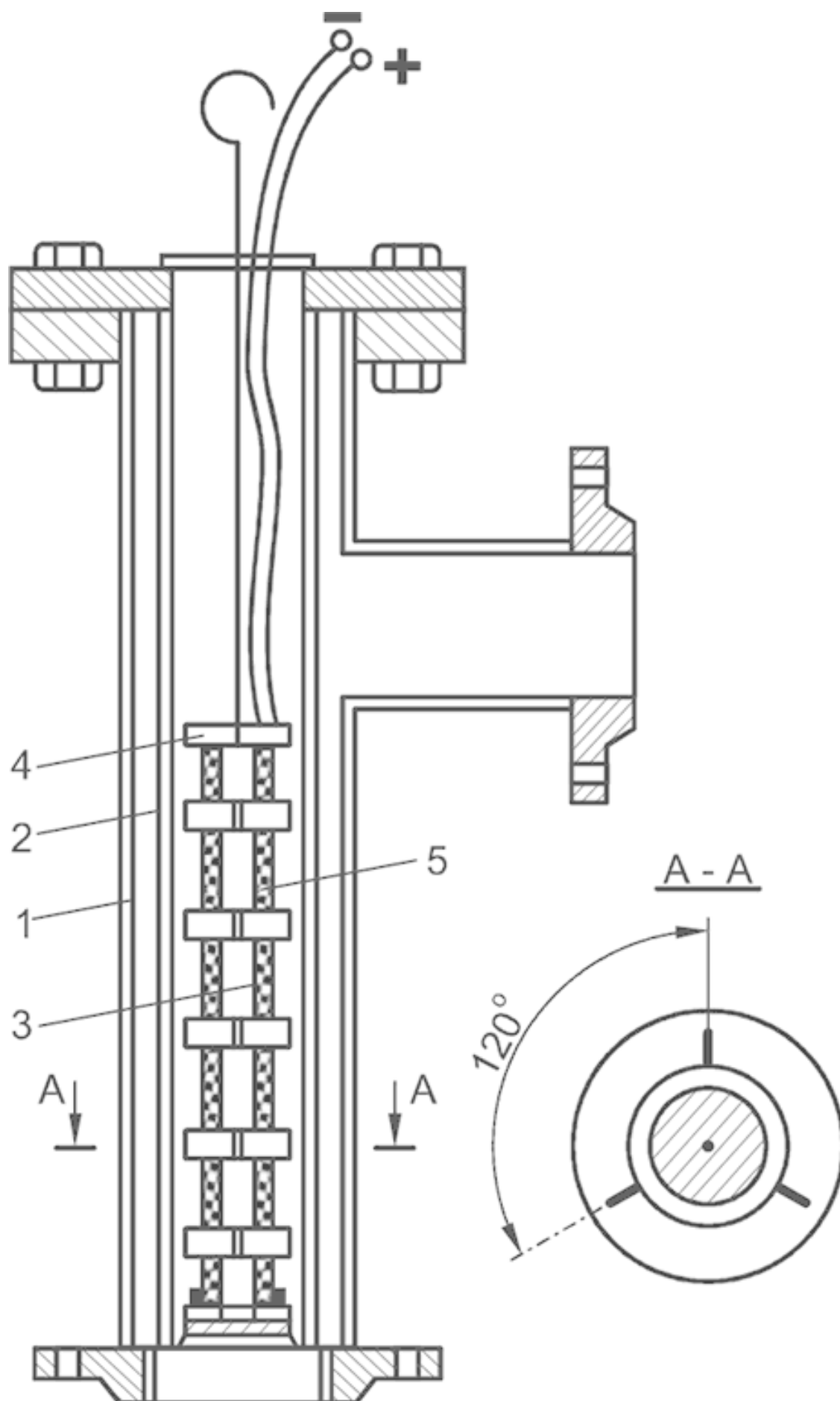


Рис. 1.2. Схема 6-катушечного электромагнитного аппарата: 1 – стальной магнитопровод; 2 – кожух; 3 – железный сердечник; 4 – полюсный наконечник; 5 – катушка

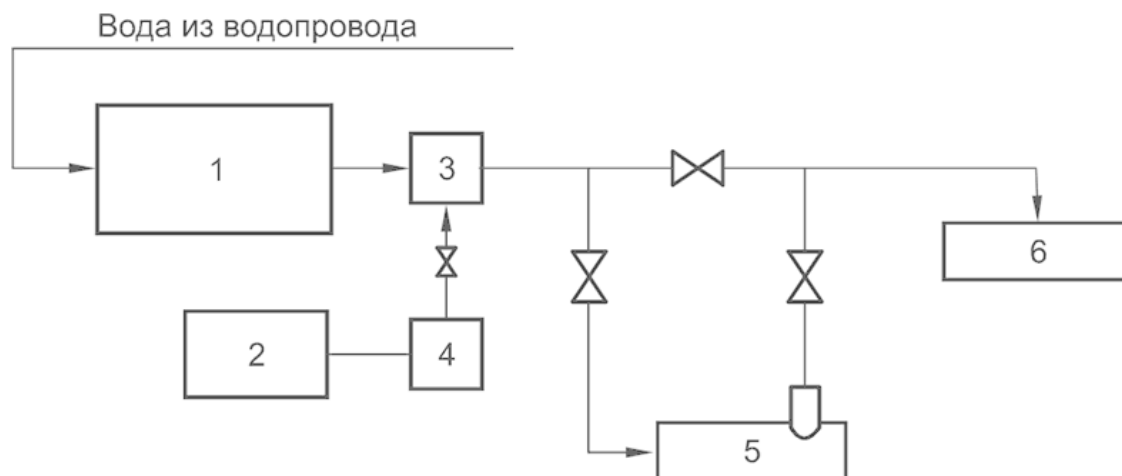


Рис. 1.3. Технологическая схема приготовления бетонной смеси на омагниченной воде с добавкой-стабилизатором: 1 – расходная емкость воды; 2 – расходная емкость добавки; 3 – дозатор воды; 4 – дозатор добавки; 5 – магнитный аппарат; 6 – бетоносмеситель

Пример 2. Приготовление бетонной смеси на воде затворения, предварительно обработанной электрическим полем.

Технология приготовления строительных смесей (цементной, растворной и бетонной) с использованием воды затворения, предварительно обработанной электрическим полем, позволяет повысить интенсивность технологического процесса приготовления смесей и получения бетонов и растворов с улучшенными свойствами (повышение качества и прочности, подвижности смеси, морозостойкости, снижения сроков распалубки конструкций и др.).

Активация воды затворения электрическим полем растворимых электродов позволяет автоматизировать весь процесс приготовления бетонной смеси.

Включенная в технологическую схему приготовления бетонной смеси (рис. 1.4) установка по электрообработке воды затворения 8 снабжена микропроцессором, который регулирует параметры напряженности электрического поля и продолжительность обработки воды в зависимости от параметров бетонной смеси на выходе бетонно-смесительного узла, позволяет получать бетонную смесь улучшенных качеств. Установка по обработке воды является компактной (что важно в построечных условиях монолитного строительства, где отсутствуют свободные строительные объемы), отличается высокой эксплуатационной пригодностью, в том числе ремонтпригодностью, удобна в управлении и обслуживании. Процесс обработки воды легко автоматизируется, а сама установка является экологически безопасной, т. к. не требует применения реагентов.

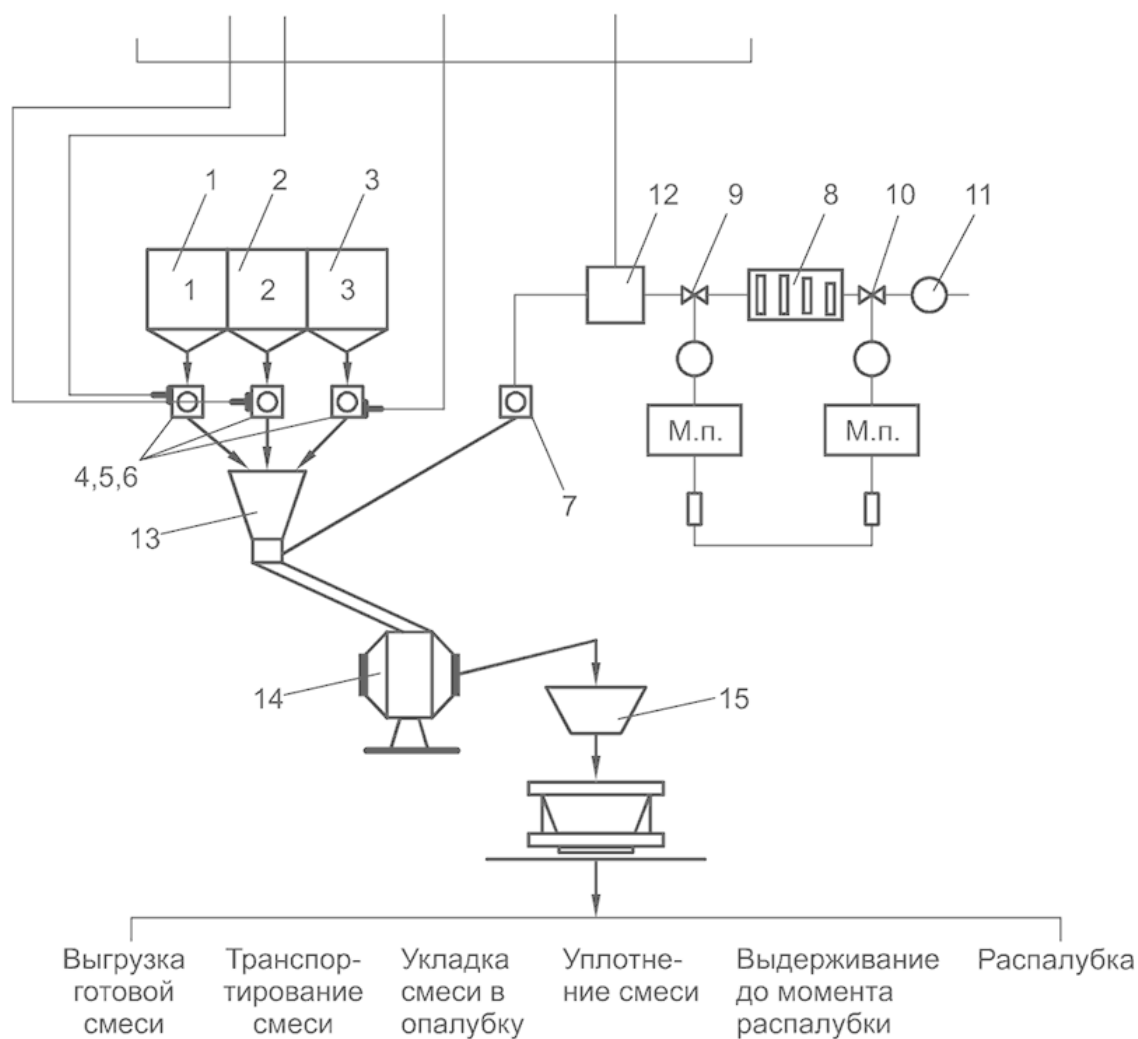


Рис. 1.4. Технологическая схема приготовления бетонной смеси на электрообработанной воде затворения: (автор А. Ф. Юдина, профессор СПбГАСУ): 1, 2, 3 – заполнители и цемент; 4, 5, 6 и 7 – дозаторы цемента, заполнителей и воды; 8 – установка для обработки воды; 9, 10 – задвижки; 11 – насос; 12 – накопитель воды; 13 – сборная воронка; 14 – бетоносмеситель; 15 – раздаточный бункер; М.п. – микропроцессор

Производственные испытания подтвердили эффективность использования обработки воды затворения электрическим полем растворимых электродов с последующим приготовлением на ней строительных смесей.

Пример 3. Электродный прогрев бетона.

Электродный прогрев бетона бывает нескольких видов. Для прохождения тока используют пластинчатые полосовые или стержневые электроды.

Чаще всего бетон подогревают металлическими стержневыми электродами, которые закладывают в него параллельными рядами. Соседние или противостоящие электроды соединяют с проводами разных фаз переменного электротока пониженного или повышенного (120–220 В) напряжения. При этом между электродами образуется электрическое поле, где электрическая энергия превращается в тепловую, прогревающую бетон.

Электроток включают через 1,5–2 ч после укладки бетона, имеющего температуру не ниже 5 °С. Повышение или понижение температуры прогреваемого бетона регулируют изменением напряжения тока или отключением части электродов. Предварительный электроразогрев готовой бетонной смеси проводят в бункерах или в специальных устройствах при значительных затратах электроэнергии (40–60 кВт • ч/м) до требуемой температуры 60–80 °С за 5—

20 мин. Горячую бетонную смесь быстро укладывают, а затем выдерживают термосным способом. Без дальнейшего дополнительного обогрева бетон приобретает прочность около 50 % марочной.

Бетонирование горячими смесями сокращает продолжительность тепловой обработки конструкций или изделий за счет предварительной гидратации и повышенного тепловыделения цемента после его электрообработки.

Один из серьезных недостатков применения горячих смесей в технологии бетона – это образование мелких пузырьков воздуха и водяных паров в бетоне, уменьшения которых можно добиться, уплотняя укладываемую горячую смесь вибраторами, которые способствуют удалению из нее расширяющихся пузырьков воздуха и пара. Ликвидировать появление трещин в бетоне при укладке горячей смеси очень трудно, вследствие различных коэффициентов линейного теплового расширения отдельных неоднородных компонентов смеси (цемента, песка, щебня, гравия, воды, воздуха и добавок).

Термоэлектрические маты (ТЭМ) используют на стройплощадках и полигонах для прогрева бетона, каменной кладки, мерзлого грунта, укрытия, а также обогрева на открытых площадках материалов, механизмов, грузовых контейнеров и другого оборудования в зимних условиях. Кроме того, с помощью ТЭМ можно предварительно отогревать опалубку, арматуру, промерзший грунт и другие места перед укладкой строительных растворов и бетонов. Подлежащие обогреву конструкции и изделия или оборудование укрывают ТЭМ и в изолированном таким образом от внешней среды пространстве поддерживают заданный температурный режим.

Термоэлектрический мат – гибкое обогревательное устройство в виде греющего одеяла, состоящее из внешней оболочки, теплоизоляционного слоя и нагревательного элемента. Внешнюю оболочку ТЭМ выполняют из синтетических пленок (полиамидной, фторопластовой), резины или спецтканей (ткань-500, авиационный повинол на стеклоткани, ткань АХКР и др.). В большей степени основным требованиям отвечает прорезиненная ткань АХКР с двусторонней пропиткой ($0,5 \text{ кг/м}^2$), температуростойкостью от -70 до 120°C .

Теплоизоляционный слой выполняют из трех чередующихся слоев капронированного волокна ВТ-4С-25 и двух слоев алюминиевой фольги. В качестве тепловой изоляции в ТЭМ могут быть использованы маты типа АСИМ, АТИМС, минеральный утеплитель АТМ 1-20, хлопчатобумажный ватин, пропитанный огнезащитным составом, и др.

Нагревательный элемент изготавливают из асбестовой ткани, пронизанной нихромовой проволокой (10 нагревателей из проволоки диаметром 0,8 мм длиной 11 м каждая).

Нанотехнологии в строительстве

Нанобетон – прогрессивное направление в технологии строительства.

Российские ученые создали новый супербетон: сверхлегкий, особо прочный и стойкий к перепадам температур. Механическая прочность нанобетона на 150 % выше прочности обычного, морозостойкость выше на 50 %, а вероятность появления трещин в три раза ниже. Вес конструкции, изготовленной из такого бетона, меньше в шесть раз.

Наноструктурами (НС) называют объекты (тела), у которых хотя бы один из размеров в любом направлении имеет величину от одного до ста нанометров (нм). 1 нм равен 10^{-9} м.

Использование планетарных мельниц домола портландцемента до наночастиц можно считать первым способом получения нанобетона. Второй способ – введение в цементные смеси так называемых наномодификаторов используется в строительстве уже в заметных объемах.

Наиболее широко применяется наномодификатор – *микрокремнезем (МК)*. Одним из направлений использования такой смеси является сооружение высотных зданий. В МК есть заметное количество наноразмерных частиц, хотя в основном это продукт с частицами, размер которых лежит в коллоидном диапазоне (10^{-5} ... 10^{-7} м). На второе место по объемам использования для производства нанобетонов можно поставить фуллерены и фуллероиды.

Фуллероиды – фуллереноподобные вещества, значительно более дешевые, чем фуллерены, применяются уже достаточно широко. Учитывая это, было организовано производство модифицированной базальтовой микрофибры. В России активно исследуют способы повышения качества арматуры из базальтовых волокон.

Знаменитый минерал шунгит, который стали называть национальным камнем России, содержит в своем составе фуллерен. Это побуждает исследователей изучать его в качестве наномодификаторов бетона. Наряду с этим, шунгит проявляет себя как сильный бактерицид, так что изделия, изготовленные из материалов, содержащих этот минерал, стойки против биопоражений. Будучи электропроводным, шунгит препятствует возникновению электростатических зарядов.

Профессор П. Г. Комохов разработал рецептуру и технологию нанобетоноконсерванта с использованием шунгита, предназначенного для изготовления емкостей, в которых радиоактивные отходы должны храниться не менее 30 лет. Особым требованием к стенкам емкостей из такого бетона является проницаемость для газообразных продуктов, образующихся при радиоллизе воды, находящейся в этих отходах, в сочетании с абсолютной водонепроницаемостью. Наряду с этим, бетон должен иметь в своей структуре центры сорбции, способные захватывать и удерживать радионуклиды. Для повышения пластичности этой бетонной смеси, а также вовлечения в нее наноразмерных пузырьков воздуха проф. П. Г. Комоховым была использована смола древесная омыленная, представляющая собой эмульсию полимерных наночастиц в воде.

Усиление металлических и каменных конструкций углеволокном

Нетрадиционный способ усиления строительных конструкций появился благодаря такому высокотехнологичному изобретению, как *искусственное углеродное волокно (углеволокно)*.

Это высокопрочный, высокомодульный, линейно упругий материал. Он применяется в виде холстов (wraps), а также лент или ламинатов (laminats). Усиление углепластиком относят к внешнему армированию, поскольку материалы крепятся на конструкции с помощью монтажного клея (эпоксидного, эпоксиполиуретанового или полимерцементного). Они эффективно реагируют на приращение деформаций конструкции, в них возникают большие приращения усилий.

Монтажу холста или ленты из углеволокна обычно предшествует очистка поверхности металлоконструкции (например, пескоструйная обработка) и нанесение адгезионного слоя – монтажного эпоксидного клея. Холсты или ленты из углеволокна устанавливаются симметрично относительно центра тяжести сечения, однако возможно их несимметричное расположение при восстановлении сечения, поврежденного коррозией.

Внешнее армирование из углеволоконных материалов гораздо эффективнее традиционных способов усиления каменных столбов, пилонов, простенков с помощью стальных обоев. Элементы внешнего армирования из углеволокна дают возможность в широких пределах регулировать усилия в каменной конструкции и при этом сводить к минимуму нарушения ее целостности. Современный способ усиления стен с помощью углеволоконных холстов и лент позволяет избежать установки точечных анкеров, вовлечь больший объем материала в работу отдельного элемента, реализовать имеющиеся резервы конструкции, при этом бережно относиться к неповрежденным участкам.

Приготовление легкого бетона на древесном заполнителе

Суть способа приготовления легкого бетона на древесном заполнителе (рис. 1.5) заключается в последовательности введения компонентов в бетонную смесь. Все компоненты вводятся в процессе перемешивания смеси. Вначале древесный заполнитель из щепы смешанных пород смачивают 1/4 частью приготовленного раствора хлорида железа ($\rho = 1,06 \text{ г/см}^3$), после чего вводят тонкомолотый порошок известняка и половину приготовленного раствора хлорида железа, а затем добавляют цемент и оставшуюся часть раствора хлорида железа. Технический результат: предлагаемый способ позволяет увеличить прочность легкого бетона по сравнению с прототипом в возрасте 1 и 28 суток соответственно в 3,7 и 1,3 раза без привлечения внешних энергетических источников и упрощает технологию изготовления бетона (табл. 1.2).

Таблица 1.2. Сравнительный анализ бетонов

Вид бетона	Класс прочности	Водо-поглощение, %	Теплопроводность в эксплуатац. режиме влажности	Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па)	Стоимость 1 м ³ , руб.
Пенобетон	B2—2,5	10—20	0,16—0,19	0,15—0,17	2800—3000
Газобетон	B2,5—3,5	До 40	0,15—0,17	0,16—0,20	3500—3700
Полистирол-бетон	B2—2,5	1—2	0,14—0,16	0,06—0,08	3100—3300
Арболит	B2—2,5	40—80	0,15—0,17	0,24—0,28	~ 4000



Рис. 1.5. Легкий бетон на древесном заполнителе

Усиление деревянных конструкций углехолстами

Углехолсты эффективны на участках, где действуют главные растягивающие напряжения и имеется опасность раскалывания вдоль волокон. Также целесообразно их приклеивание на гибкие фанерные стенки в зоне действия поперечной силы.

Эти элементы внешнего армирования обычно либо приклеиваются к поверхности, либо вклеиваются в предварительно подготовленные пропилы. Второй вариант предпочтителен, когда необходимо сохранить первоначальный вид балок и сделать незаметным само усиление. Незаметность наряду с технологической простотой и высокой скоростью монтажа относят к основным преимуществам армирования деревянных конструкций углеволоконными элементами.

Прозрачные наногели (аэрогели) и термопена для теплоизоляции стен и крыш зданий

Наногель (или *наноаэрогель*) – это новаторское решение для теплоизоляции стен и крыш зданий, дающее беспрецедентную естественную инсоляцию помещений с рассеивающим световым эффектом и высококачественными теплоизоляционными, а также акустическими свойствами.

Достоинства наногеля состоят в его энергосберегающих свойствах и абсолютной безвредности для человека и окружающей среды.

Наногель является светопроницаемым теплоизоляционным материалом нового поколения, который обладает комплексом полезных функций.

Уникальность пористых гранул, из которых состоит наногель, заключается в том, что они способны регулировать теплопотери, обеспечивать естественную инсоляцию зданий. В конечном итоге, все это влияет на расход электричества, а значит, и на снижение объема выбросов CO₂, создает защиту от внешних шумов. Светопроводящие частицы аэрогеля пропускают свет и в то же время являются высокоэффективным теплоизоляционным материалом.

Материал можно применять при создании или реконструкции зданий: школы и музеи, музыкальные холлы, театры, частные дома, спортивные центры и бассейны, вокзалы, станции, аэропорты. Это могут быть световые окна-крыши и стены объектов, таких как склады, производственные комплексы, теплицы, фасады зданий.

Пористая структура материала существенно замедляет скорость звука в пространстве, тем самым существенно (в 2–3,5 раза) снижает шум.

Размер частиц наногеля в среднем от 0,5 до 4 мм; диаметр пор – 20 нм; пористость составляет более 90 %; высокая теплопроводность – 0,018 Вт/мК; светопроводимость более 80 % на 1 см²; малый вес материала, 60–80 кг/м³.

Материал водоотталкивающий: высокая сопротивляемость конденсату сводит на нет развитие грибка в закрытой полости между стеклами.

Наногель позволяет существенно снизить затраты на потребление энергии на отопление, вентиляцию, кондиционирование воздуха.

Если сравнить теплоизоляционную панель толщиной 25 мм, наполненную наногелем, с другими материалами такой же толщины, то она будет эффективнее изолировать тепло, чем минеральная вата той же толщины в 1,5 раза, стекловата, роквул, перлит – в 2 раза.

Термопена – превосходный теплоизоляционный материал из пеноизола. Для получения *пеноизола* могут использоваться различные карбамидные смолы, пенообразователи и кислоты. Эти компоненты при помощи специальной установки перемешиваются, превращаясь в густую пену, которой и заполняются полости и пустоты зданий, сооружений.

Теплая, белая, негорючая гелеобразная масса выходит из заливочного рукава установки в готовом объеме, которой на 100 % заполняется воздушный зазор конструкции. Термопена останавливает конвекцию воздуха, но при этом позволяет стене «дышать», не накапливая при этом влагу. Что делает абсолютно безопасным использование пеноизола не только в кирпичных, но и деревянных конструкциях.

Теплоизоляционная эффективность *заливочного пенопласта* (рис. 1.6) выше, чем при использовании готовых плит, т. к. сокращаются тепловые потери через многочисленные мостики холода (пустоты, раковины, воздушные прослойки, возникающие, например, из-за неплотного прилегания плит друг к другу и к несущему каркасу).



Рис. 1.6. Использование заливочного пенопласта

Более того, если суммировать все расходы на покупку, транспортировку, погрузку, складирование, монтаж, то заполнение воздушного зазора пеноизолом обойдется в 2 раза дешевле. Помимо того позволит сэкономить время, избежать многих хлопот и получить качественную теплоизоляцию с гарантией на 25 лет.

Эта технология применима и к старым домам, где ранее заложенный утеплитель уже сгнил, осыпался и превратился в труху. Технология заливки пеноизола в этом случае удобна еще и тем, что не приходится разрушать кирпичную кладку, при этом благодаря низкой плотности материала дополнительная нагрузка на обветшалые несущие конструкции старых зданий минимальна.

Для заполнения таких пустот в наружной кирпичной стене, в швах кладки, так, чтобы не повредить сами кирпичи, в шахматном порядке высверливаются отверстия. Затем пеномасса подается через нижние отверстия, поднимаясь выше. Заполнив весь объем внизу, термопена появляется в отверстиях второго ряда. После этого начинается заливка уже со следующего яруса. Если заказчик сомневается, не осталось ли пустот, то после завершения работы в нескольких местах аккуратно выбиваются кирпичи, чтобы убедиться, что пеноизол заполнил все пространство.

Работы проводятся быстро, утепление двухэтажного дома средних размеров занимает, как правило, 1 день. При этом не остается никаких следов на фасаде.

Пеноизол является одним из полимерных теплоизоляционных материалов, который не способен самостоятельно гореть, плиты сертифицируются по группе горючести Г2, пеноизол, залитый в полость, рассматривается как элемент конструкции и относится к Г1. Для сравнения пенополистирол (пенопласт) – это материал уже горючей группы Г4.

Структура материала способна обеспечивать высокие звукоизоляционные свойства. Также пеноизол не допускает распространение насекомых и грызунов. Стена с пеноизолом – прекрасная защита от сырости, т. к. этот материал «дышит», он не накапливает в себе влагу, а легко ее отдает в атмосферу.

Жидкая резина – гидроизоляция будущего

Жидкая резина является новым материалом, который используется при гидроизоляции различных поверхностей и служит для выравнивания поверхностей и заполнения пустот при герметизации швов и стыков. Материал может герметизировать и заполнить повреждения любого размера (рис. 1.7). Жидкая резина – это защитный материал, имеющий неограниченный срок службы, который сопоставим со сроком эксплуатации поверхности. Данный материал представляет собой жидкий однокомпонентный полиуретан без запаха, отвердевающий однородно по всему объему поверхности в течение приблизительно 4 часов, независимо от применяемой толщины покрытия. Жидкая резина в твердом состоянии является очень прочным материалом с постоянной эластичной упругостью.



Рис. 1.7. Напыление жидкой резины

Наносится жидкая резина вручную или при помощи специальных механических приспособлений на слой П-Флекса и им же покрывается сверху. Отвердевание материала при холодной погоде и высокой влажности происходит за ночь, во всех остальных случаях – за 4 часа. По окончании отвердевания жидкая резина похожа на промышленную краску.

Материал отличается великолепной эластичностью и одновременно высоким пределом прочности, что позволяет предотвратить его отслаивание от поверхности в результате неблагоприятных воздействий давления воды, циклических изменений температуры, резких ударов и вибрации. С течением времени становится тверже, сохраняя при этом свою эластичность.

Важные особенности жидкой резины:

- ◆ устойчивость к саморазрушению под воздействием УФ-лучей;
- ◆ отсутствие растворителей и запаха;
- ◆ низкое содержание органических летучих соединений и веществ;
- ◆ простота использования;
- ◆ материал не трескается, не вздувается, не расслаивается и не шелушится даже при регулярном нахождении под водой. Это же можно отметить о его поведении в условиях пониженной температуры (-43°C) или повышенной ($+100^{\circ}\text{C}$);

◆ способность не растворяться в воде, отвердевать и быстро связываться при нанесении каждого последующего слоя поверх предыдущего (старого).

Область применения жидкой резины:

- ◆ в местах расходящихся стыков;
- ◆ в качестве водоотталкивающей пленки под черепицей;
- ◆ для заделки трещин и щелей;
- ◆ для покрытия полов на автостоянках и в гаражах;
- ◆ в качестве облицовки поверхностей люков;
- ◆ как долговечное покрытие плоских стен;
- ◆ для долговечной защиты изнутри подполий и подвалов;
- ◆ для коммерческого использования крыш (корты, висячие сады и др.).

Вакуумная теплоизоляция строительных конструкций

Вакуумная изоляционная плита (ВИП) обладает хорошей теплоизоляцией, применяется при промышленных методах теплоизоляционных работ. Сборные плиты ВИП широко применяются в холодильной промышленности и в строительной отрасли. ВИП состоит из заполнителя, диафрагмы и газопоглотителя. Вакуумная теплоизоляционная плита обладает следующими преимуществами: малой массой, повышенной надежностью, огнестойкостью, экологичностью, длительным сроком службы.

Инновационная стеклопластиковая арматура в технологии строительных работ

Стеклопластиковая арматура занимает все более прочные позиции в современном строительстве. Это обусловлено, с одной стороны, ее высокой удельной прочностью (отношением прочности к удельной массе), с другой стороны, высокой коррозионной стойкостью, морозостойкостью, низкой теплопроводностью.

Конструкции, где используется стеклопластиковая арматура, неэлектропроводны, что очень важно для исключения блуждающих токов и электроосмоса. В связи с более высокой стоимостью по сравнению со стальной арматурой, стеклопластиковая арматура используется, главным образом, в ответственных конструкциях, к которым предъявляются особые требования. К таким конструкциям относятся морские сооружения, которые находятся в зоне переменного уровня воды.

Возможность изготовления долговечных свай для морских сооружений заложена в применении поверхностного стеклопластикового армирования. Такие конструкции по коррозионной стойкости и морозостойкости не уступают конструкциям, выполненным полностью из полимерных материалов, а по прочности, жесткости и устойчивости их превосходят.

Долговечность конструкций с внешним стеклопластиковым армированием определяется коррозионной стойкостью стеклопластика.

Стеклопластиковая арматура и ее виды

Наиболее простым видом стеклопластиковой арматуры являются стержни нужной длины, которые применяются взамен стальных. Не уступая стали по прочности, стеклопластиковые стержни значительно превосходят их по коррозионной стойкости и поэтому используются в конструкциях, в которых существует опасность коррозии арматуры. Скреплять стеклопластиковые стержни в каркасы можно с помощью самозащелкивающихся пластмассовых элементов или связыванием.



Рис. 1.8. Стеклопластиковая арматура

Арматура может выпускаться периодического профиля в виде винтовой линии (рис. 1.8), в виде «елочки» или улучшенного с насечками, что способствует повышению ее сцепления с окружающим бетоном.

Стекловолоконная арматура принадлежит к классу волоконных композитных материалов. Новейшие технологии позволяют изменять свойства путем выбора конкретных волокон, регулирования ориентации волокон и применением различных связующих материалов.

Внешнее стеклопластиковое армирование

В случае агрессивности среды к бетону эффективной защитой является внешнее армирование. При этом внешняя листовая арматура может выполнять одновременно три функции: силовую, защитную и функцию опалубки при бетонировании.

Если внешнего армирования недостаточно для восприятия механических нагрузок, применяется дополнительная внутренняя арматура, которая может быть как стеклопластиковой, так и металлической.

Внешнее армирование разделяется на сплошное и дискретное. Сплошное представляет собой листовую конструкцию, полностью покрывающую поверхность бетона, дискретное – элементы сетчатого типа или отдельные полосы. Наиболее часто осуществляется одностороннее армирование растянутой грани балки или поверхности плиты.

Основная идея конструкций с внешним армированием состоит в том, что герметичная стеклопластиковая оболочка надежно защищает бетонный элемент от воздействий внешней среды и, одновременно, выполняет функции арматуры, воспринимая механические нагрузки.

Возможны два пути получения бетонных конструкций в стеклопластиковых оболочках. Первый включает изготовление бетонных элементов, их сушку, а затем заключение в стеклопластиковую оболочку, путем многослойной обмотки стекломатериалом (стеклотканью, стеклолентой) с послойной пропиткой смолой. После полимеризации связующего обмотка превращается в сплошную стеклопластиковую оболочку, а весь элемент – в трубобетонную конструкцию.

Второй путь основан на предварительном изготовлении стеклопластиковой оболочки и последующем заполнении ее бетонной смесью.

Стеклопластиковая арматура: коррозионная стойкость

Стойкость стеклопластиков к воздействию агрессивных сред в основном зависит от вида полимерного связующего и волокна. При внутреннем армировании бетонных элементов стойкость стеклопластиковой арматуры должна оцениваться не только по отношению к внешней среде, но и по отношению к жидкой фазе в бетоне, так как твердеющий бетон является щелочной средой, в которой обычно применяемое алюмоборосиликатное волокно разрушается. Испытания показали, что стеклопластиковая арматура имеет стойкость в кислой среде более чем в 10 раз, а в растворах солей более чем в 5 раз выше стойкости стальной арматуры. Наиболее агрессивной для стеклопластиковой арматуры является щелочная среда. Снижение прочности стеклопластиковой арматуры в щелочной среде происходит в результате проникновения жидкой фазы к стекловолокну через открытые дефекты в связующем, а также посредством диффузии через связующее.

Стеклопластиковая арматура: применение при ремонте железобетонных конструкций

Традиционные способы усиления и восстановления железобетонных конструкций достаточно трудоемки и часто требуют продолжительной остановки производства. В случае агрессивной среды после ремонта требуется создать защиту сооружения от коррозии. Высокая технологичность, малые сроки твердения полимерного связующего, высокая прочность и коррозионная стойкость внешнего стеклопластикового армирования предопределили целесообразность его использования для усиления и восстановления несущих элементов сооружений. Применяемые для этих целей способы зависят от конструктивных особенностей ремонтируемых элементов.

Капиталовложения на возведение конструкций, где используется стеклопластиковая арматура, значительно больше, чем железобетонных. Однако через 5 лет они окупаются, а через 20 лет экономический эффект достигает стоимости возведения конструкций.

Энергосберегающая технология утепления наружных стен зданий базальтофибробетоном

Новая технология утепления наружных стен жилых крупнопанельных зданий с базальтофибробетонной облицовкой разработана Седип С. А. в СПбГАСУ и внедрена в Тыве (г. Кызыл).

Анализ существующих систем наружного утепления стен панельных зданий (табл. 1.3) выявил достоинства и недостатки этих систем. Откуда следует, что наиболее рациональным является навесная невентилируемая система в связи с незначительной трудоемкостью и стоимостью работ. При этом облицовочные элементы не растрескиваются, хорошо противостоят ударным воздействиям, теплоизоляционные работы выполняются в любое время года.

Таблица 1.3. Анализ существующих систем утепления зданий

Системы наружного утепления стен зданий		Достоинства	Недостатки
Штукатурные	Теплый дом, Шуба плюс, Тепло-Авангард, КРЕПС, Термошуба, Ceresit, Dryvit, Tex-Color	- применение для зданий со сложной архитектурой	- невозможность производства работ круглогодично в связи с мокрыми процессами

Системы наружного утепления стен зданий			Достоинства	Недостатки
Навесные	вентилируемые	Волна, ИСМ-фасад, КАПТЕХНОСТРОЙ, КРАСПАН, Металлофасад, ПРОФИСТ	- создает современный архитектурный облик; - возможность производства работ круглогодично	- дороговизна; - трудоемкость возведения каркаса; - неремонтопригодность металлических конструкций
	невентилируемые	Gebrik, проект утепления, разработанный НИИСФ РААСН	- круглогодичное производство работ; - низкая трудоемкость и стоимость	- недостаток легких эффективных облицовочных материалов применительно к этим системам

На основе анализа существующих систем наружного утепления стен зданий были предложены три варианта конструкции навесной невентилируемой системы (рис. 1.9.), имеющие

лучшие технико-экономические показатели (табл. 1.4): I вариант – приклеивание утеплителя с облицовкой из базальтофибробетона, которая крепится к стене шпонками из базальтофибробетона, армированными полимерными анкерами; II – установка и приклеивание утеплителя между деревянными рейками, монтаж облицовки из волокнисто-цементных плит на анкерах; III – монтаж утеплителя и облицовки на металлических анкерах.

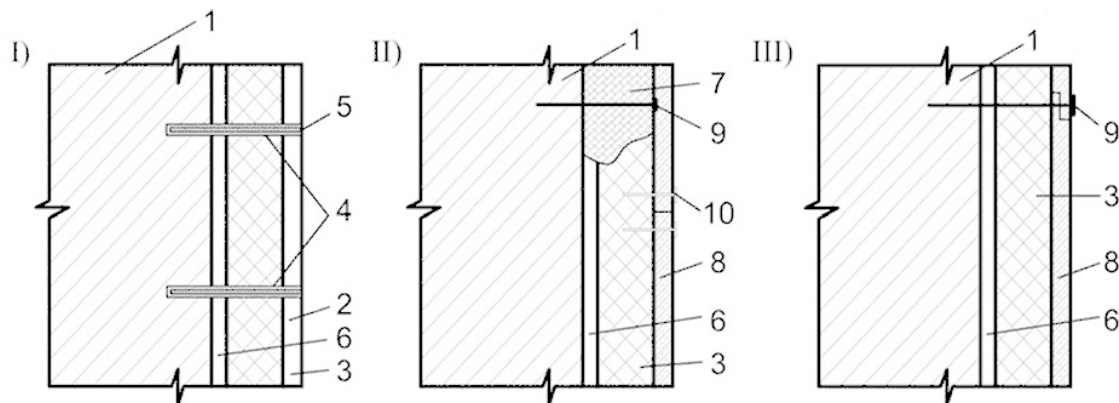


Рис. 1.9. Три варианта конструкций утепления наружных стен крупнопанельных зданий: 1 – существующая стена; 2 – базальтофибробетонная стяжка; 3 – утеплитель; 4 – шпонки из базальтофибробетона; 5 – анкер из полимерной арматуры; 6 – клеевой слой; 7 – деревянная рейка; 8 – волокнисто-цементные плиты; 9 – металлический анкер; 10 – шуруп-саморез

Таблица 1.4. Технико-экономические показатели различных конструкций навесных вентилируемых систем утепления наружных стен зданий

ТЭП	Ед. изм.	Виды конструкций утепления наружных стен зданий		
		Варианты		
		I	II	III
Толщина утепляющей конструкции	мм	132	128	128
Расчетное сопротивление теплопередаче	$\frac{\text{м}^2 \times ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}$	4,71	4,59	4,63
Общий коэффициент теплопередачи здания	$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times ^\circ\text{C}}$	3,951	3,954	3,956
Теплопотери 1 м ² стены	МДж	2841,9	2844,0	2845,5
Трудоемкость на 100 м ²	чел./час	64,3	87,7	74,5
Стоимость монтажа на 1 м ²	руб.	577,6	827,22	784,89
Количество рабочих в звене	чел.	6	8	6



Рис. 1.10. Конструктивная схема утепления наружных стен жилых панельных зданий жесткими пенополистиролбетонными плитами с базальтофибробетонной облицовкой

Конструкция наружного утепления, состоящая из жесткого плитного утеплителя из пенополистиролбетона с базальтофибробетонной облицовкой показана на рис. 1.10. Физико-технические свойства используемых материалов при утеплении наружных стен жилых крупнопанельных зданий по предложенной технологии приведены в табл. 1.5

Таблица 1.5. Физико-технические свойства используемых материалов

Материал	Плотность, кг/м ³	Теплопроводность, Вт/м·°С	Прочность на сжатие, МПа	Паропроницаемость, м·ч·Па	Огнестойкость	Морозостойкость, цикл
Базальтофибробетон	2100	0,126	38,6	0,008	НГ	300—400
Пенополистиролбетон	250	0,07	0,5	0,11	Г1	120—150

Суть предложенной технологии утепления наружных стен состоит в том, что на поверхность жестких плит из пенополистиролбетона заводского изготовления с одной стороны методом торкретирования наносится базальтофибробетонная стяжка толщиной 5—10 мм с последующим выравниванием и затиркой, а с другой — слой клея типа «КРЕПС» (2—4 мм). Затем плита устанавливается в проектное положение таким образом, чтобы перекрыть мостики холода в наружных стенах здания, крепится клеем и шпонками из базальтофибробетона армированными полимерными анкерами. Для анкеровки плит в стене здания просверливают отверстия, в которые затем инъектируется базальтофибробетонный раствор и вставляется полимерный анкер (при твердении раствора образуется анкерное крепление в виде шпонки). Предпочтение отдается полимерному анкеру, т. к. металлический подвергается коррозии. Надежность крепления панелей к стене гарантируется результатами испытаний анкеров, кото-

рые выдерживают усилие на вырывание: 4–4,8 МПа при твердении в течение 1 часа; 10–12 МПа при твердении через 1 сутки.

Отличительной особенностью данной технологии утепления является применение в качестве защитного слоя базальтофибробетонной стяжки и в качестве крепежа шпонок из базальтофибробетона, армированных полимерными анкерами.

Последовательность выполнения технологических операций по утеплению наружных стен жилых крупнопанельных зданий по разработанной технологии в виде технологических схем показана на рис. 1.11—1.13.

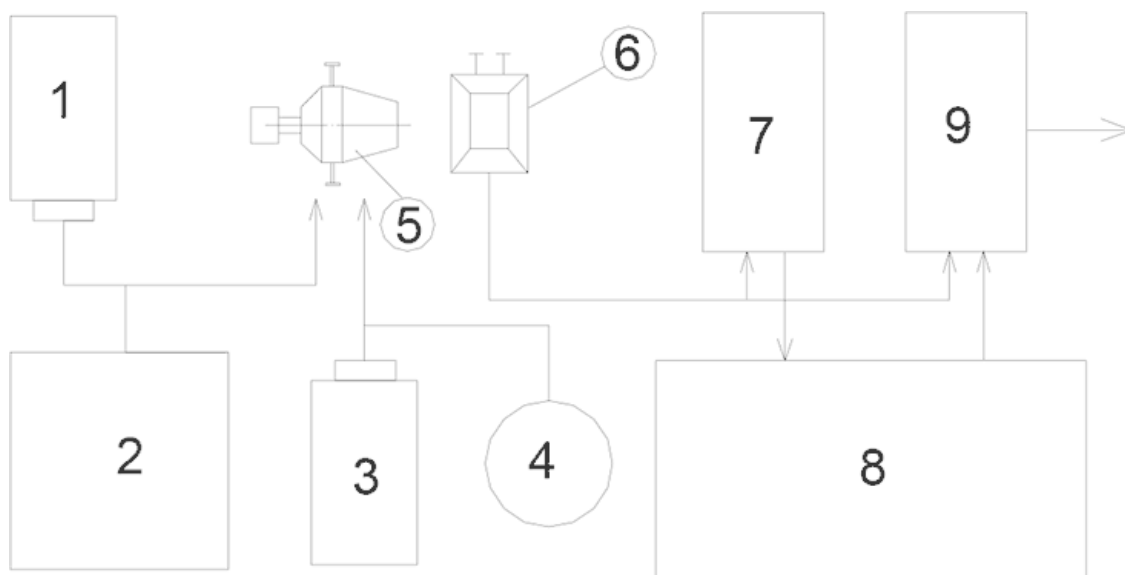


Рис. 1.11. Технологическая схема нанесения на пенополистиролбетонные плиты базальтофибробетонной стяжки в полигонных условиях: 1 – бункер для хранения цемента; 2 – склад песка; 3 – бункер для хранения тонкодисперсного базальтового волокна; 4 – бак для воды; 5 – растворосмеситель; 6 – емкость для раствора; 7 – стенд для нанесения, выравнивания базальтофибробетонной стяжки и затирки поверхности; 8 – склад готовой продукции; 9 – стенд для нанесения клея-раствора из базальтофибробетона

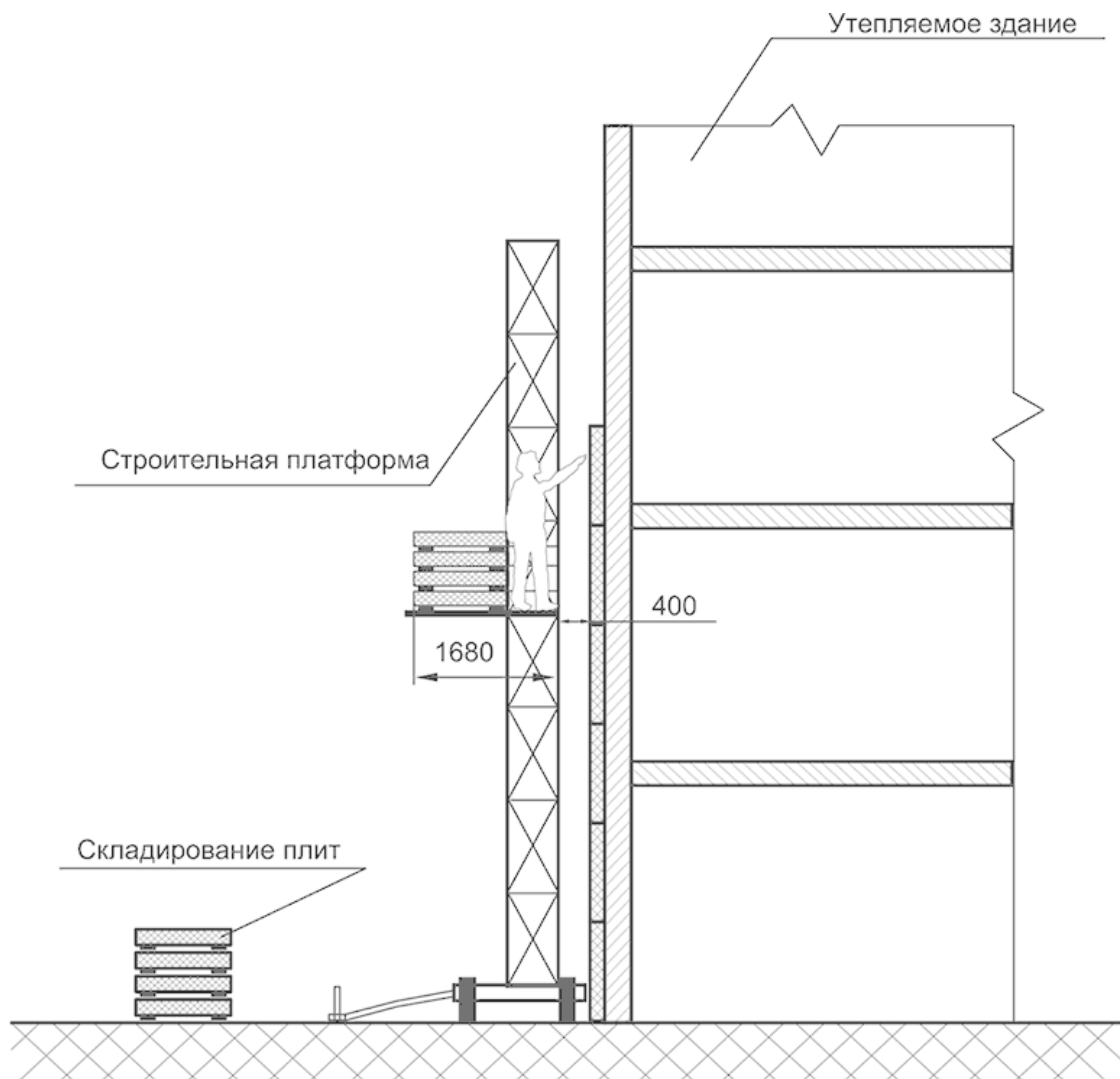


Рис. 1.12. Технологическая схема устройства утепления наружных стен

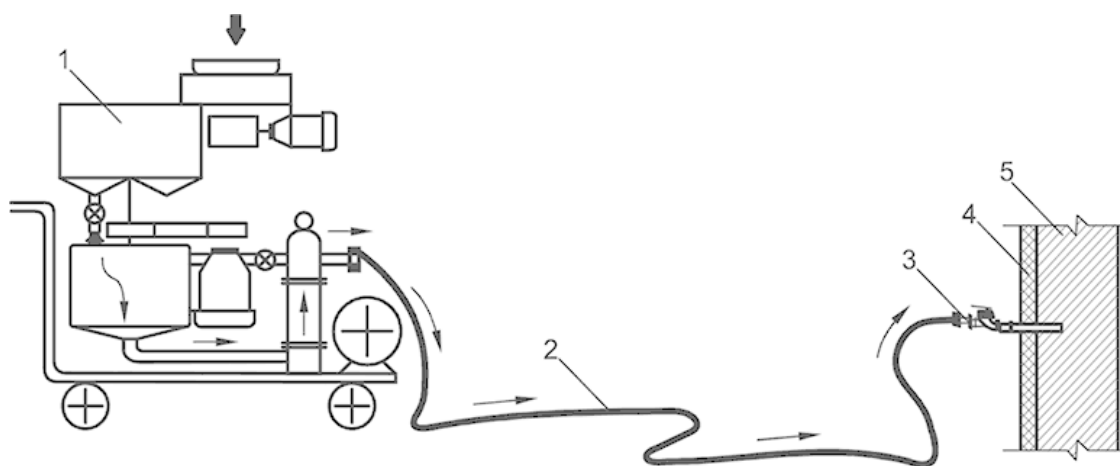


Рис. 1.13. Схема инъектирования отверстий при анкеровке плит к наружным стенам (стрелками указано направление движения раствора): 1 – инъекционный агрегат; 2 – шланг; 3 – инъектор; 4 – пенополистиролбетонные плиты; 5 – наружная стена

Используемое оборудование, машины, оснастка: растворосмеситель, газорезка, установка для торкретирования, ручная затирочная машина, пескоструйный аппарат, перфورا-

торы, миксер, инъекционный агрегат, подвижная строительная платформа, подъемник, механизированный инструмент. Качество работ по утеплению наружных стен жилых зданий с базальтофибробетонной облицовкой контролируется следующими инструментами и приборами: отвес, рейка, уровень, измерители прочности сцепления (адгезии) ПСО-МГ4, ультразвуковой измеритель УКВ-1Т, влагомер МГ4У, теплограф ИТП-МГ4, лазерный нивелир.

В 2006 году в г. Кызыле было утеплено крупнопанельное здание с использованием пенополистирольных плит с базальтофибробетонной облицовкой: 4-секционный 5-этажный 80-квартирный жилой крупнопанельный дом серии III-72-4 с/1, с общей площадью 2958 м²; с самонесущими продольными стенами из однослойных керамзитобетонных панелей толщиной 450 мм. Применение разработанной технологии позволило уменьшить продолжительность и снизить трудоемкость работ по сравнению с традиционными способами на 27 %. Комплексная механизация с использованием строительных передвижных мачтовых платформ дополнительно повышает производительность работ на 8—10 % по сравнению с применением традиционных строительных лесов, т. к. материалы и необходимое оборудование поднимается вместе с рабочими.

Как показал опыт утепления 5-этажного жилого крупнопанельного дома, разработанную технологию целесообразно применять для утепления зданий разной этажности с наружными однослойными панельными стенами.

Глава 2. Современное строительство дорог, работы нулевого цикла

Возведение зданий и сооружений в общем случае состоит из нескольких циклов, каждый из которых включает определенный комплекс строительных работ. Выполнение этих работ осуществляется в определенной технологической последовательности: подготовительные работы; устройство нулевого цикла (подземной части здания); возведение надземной части; отделочные работы; благоустройство территории.

Свайные работы – важнейшие работы нулевого цикла. Технология свайных работ определяется конструктивными особенностями свайного фундамента и выбранными для производства работ методами, механизмами и оборудованием.

Надежность работы зданий обеспечивается совместной работой системы «основание, фундамент – подземные конструкции». Дефекты в работе сооружений – следствие полного или частичного нарушения надежного взаимодействия элементов этой системы.

При реконструкции фундаментов и конструкций отсутствует возможность применения типовых схем усиления. Схемы усиления должны применяться в каждом конкретном случае в зависимости от нагрузок на фундаменты, конструктивных особенностей здания (наличие подвала и других подземных сооружений), инженерно-геологических и гидрогеологических условий и др.

При этом применяемые методы усиления оснований и фундаментов должны обеспечивать их совместную работу с существующими фундаментами.

Строительство дорог в нашей стране требует повышенных мер по предотвращению износа и укреплению дорожного полотна. Климатические, геологические трудности, значительные нагрузки могут очень быстро нанести повреждения поверхности, и внедрение в строительство дорог новых технологий укрепления полотна – наиболее верный путь развития отрасли. Инновационные технологии укрепления грунтов и строительство асфальтобетонных покрытий сегодня все шире входят в практику транспортного и гражданского строительства. Укрепление слабых оснований земляного полотна, усиление дорожной одежды, возведение насыпей с откосами повышенной крутизны (укрепление насыпей), строительство армогрунтовых подпорных стен, укрепление асфальтобетонных покрытий – все эти задачи легко решаются при помощи современных армирующих материалов.

Новые способы устройства дорожного покрытия

Щебеночно-мастичный асфальтобетон

Применение *щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА)* является прогрессивным методом восстановления асфальтобетонного покрытия, придуманного в Германии (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Устройство дорог из нового щебеночно-мастичного асфальтобетона

Основное его отличие от обычных асфальтобетонов заключается в жесткой каркасной структуре, которая обеспечивает передачу нагрузки с поверхности в нижележащие слои при устройстве верхних слоев дорожных покрытий. Зарубежные стандарты предусматривают более 10 марок горячих смесей ЩМА – в зависимости от максимальной крупности применяемого щебня, которые приготавливаются на основе щебня крупностью до 10, 15 и 20 мм. Данные смеси предназначены для устройства верхних слоев покрытия толщиной от 3 до 6 см.

Транспортирование смесей ЩМА к месту укладки осуществляется большегрузными автосамосвалами, оборудованными тентами для предотвращения остывания смесей. Термоизоляции смеси придается важное значение, так как ее температура в момент выгрузки в бункер асфальтоукладчика должна быть не ниже 150 °С.

Подготовительные работы перед укладкой верхнего слоя покрытия состоят из набора операций: выравнивания, очистки и подгрунтовки поверхности нижележащего слоя. Особое внимание уделяется обеспечению сцепления между слоями. В связи с повышенным содержанием битума в ЩМА перерасход битума в связующем слое недопустим. Битумная эмульсия наносится на подготовленную поверхность нижнего слоя покрытия автогудронатором с нормой расхода 0,2–0,3 л/м². При нанесении эмульсии на отфрезерованную поверхность ее норма увеличивалась в 1,5 раза.

Технология укладки и уплотнения смесей из щебеночно-мастичного асфальто-бетона выполняется стандартным оборудованием – асфальтоукладчиками и катками, но вместе с тем имеет свои специфические особенности. Укладка верхнего слоя покрытия из ЩМА на автодороге осуществляется сразу на всю ширину (13,6 м).

Предварительное уплотнение осуществляется трамбующим брусом с частотой 800—1000 ударов/мин и амплитудой 4 мм. После прохода асфальтоукладчика поверхность покрытия имеет требуемую фактуру с равномерно распределенным каменным материалом без раковин, трещин, разрывов сплошности и других дефектов.

Затем уплотнение ЩМА осуществляется гладковальцовыми катками массой 9—11 т в статическом режиме работы.

Во избежание раздавливания крупных зерен каменного материала использование вибрации на катках недопустимо. Также из-за высокого содержания вяжущего для уплотнения покрытия из ЩМА нельзя использовать катки на пневмошинах. Уплотнение верхнего слоя ЩМА толщиной 5 см производится отрядом из 6 катков – по два каждым асфальтоукладчиком. Каждый из катков совершает по шесть проходов по одному следу на скорости 5–6 км/час. Учитывая ускоренное остывание слоя ЩМА, уплотнение осуществляется при наибольшей температуре смеси, при максимально возможном в процессе укатки приближении катков к асфальтоукладчикам короткими захватками по 50–60 м. В связи с тем, что смеси ЩМА более липкие, чем обычные смеси из плотного асфальтобетона по ГОСТ 9128-97, необходимо обеспечить хорошее орошение вальцов катков водой. Применение щебеночно-мастичного асфальтобетона является прогрессивным методом ремонта асфальтобетонного покрытия дорог. Зарубежные стандарты предусматривают более 10 марок горячих смесей ЩМА – в зависимости от максимальной крупности применяемого щебня.

Применение модифицированных битумов в дорожном строительстве

Асфальтобетонное покрытие должно обеспечивать максимальное сопротивление усталостным разрушениям, обладать устойчивостью к воздействию суточных и сезонных температурных циклов. Одним из перспективных направлений, позволяющих решить данную задачу, является применение битумов, модифицированных полимерами (рис. 2.2).

Практика эксплуатации автомобильных дорог показывает, что одним из многочисленных факторов, влияющих на снижение долговечности асфальтобетонных покрытий, является применение в асфальтобетонных смесях битума низкого качества. *Полимерно-битумное вяжущее (ПБВ)* на основе термоэластопластов является качественно новым материалом, позволяющим повысить срок службы дорожного покрытия. По сравнению с нефтяными дорожными битумами полимерно-битумные вяжущие обладают новым комплексом свойств, существенно отличающихся от свойств исходных битумов: эластичностью, трещиностойкостью, широким интервалом пластичности (ИП), повышением прочности при растяжении. Поэтому для приготовления ПБВ (рис. 2.3) следует использовать менее вязкие битумы. Можно искусственно уменьшить вязкость битума и ввести дополнительно ароматические соединения, компаундируя битум с различными разжижителями (гудроном, индустриальным маслом).

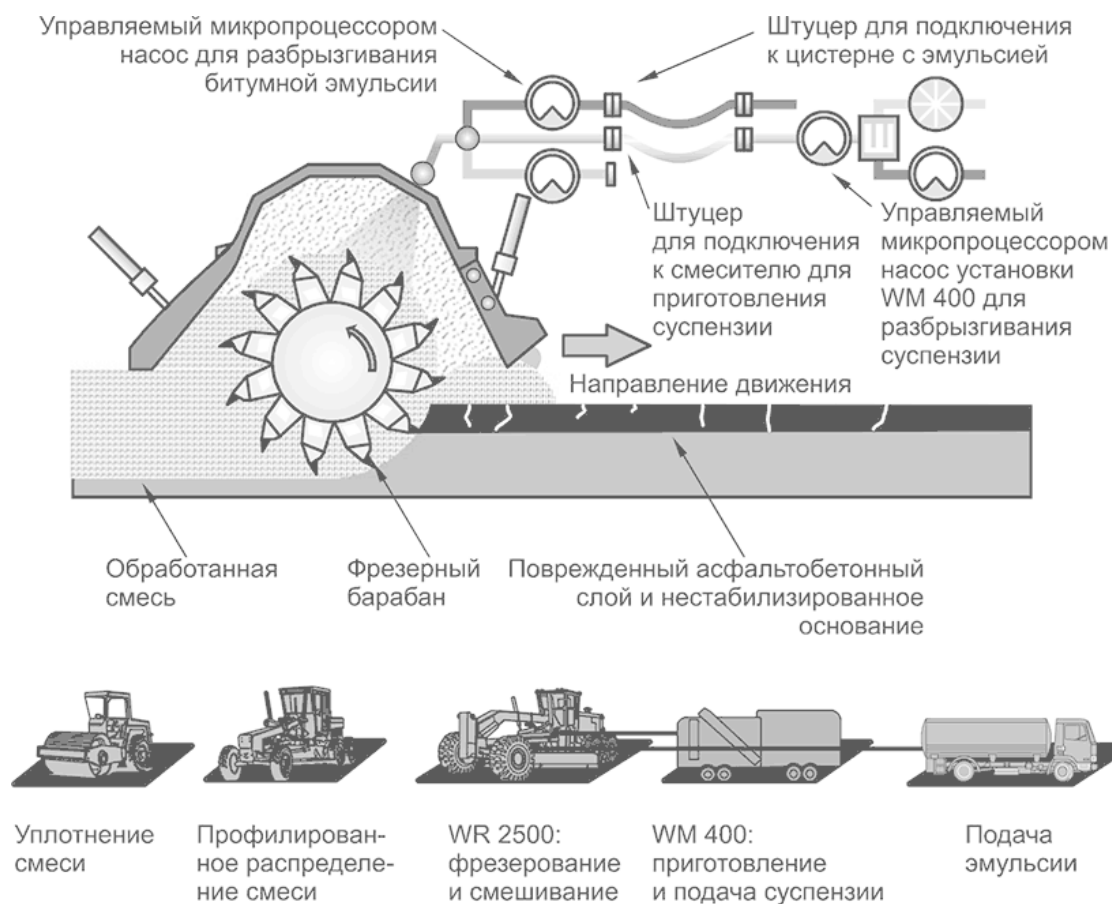


Рис. 2.2. Асфальтобетонное покрытие с модифицированным битумом (США, Скандинавия)



Рис. 2.3. Установка для получения модифицированного битума

Устройство асфальтобетонных покрытий методом высокотемпературной запрессовки

Проблема повышения устойчивости асфальтобетонных покрытий к образованию трещин, колеи, коррозии и износа может быть успешно реализована только при совместном решении конструкторских, материаловедческих и технологических задач.

Теория и практика показывают, что при строительстве и реконструкции автомобильных дорог верхний несущий слой основания необходимо устраивать с применением эластичных материалов, обладающих высокой прочностью на изгиб и сравнительно небольшим модулем упругости. Указанным требованиям отвечает крупнозернистый литой асфальтобетон, полученный методом вибролитья, – тип III по ТУ.



Рис. 2.4. Асфальтобетонное покрытие методом высокотемпературной запрессовки

Этот конгломерат (рис. 2.4) за счет высокой гибкости имеет прочность на изгиб при 0 °С примерно в 1,5 раза выше и модуль упругости на этот же порядок ниже, чем любой известный асфальтобетон. Он же обладает и наиболее высокими усталостными характеристиками.

Смесь укладывают по уплотненному щебеночному основанию, как правило, толщиной не более 10–12 см и уплотняют вибробрусом, а при его отсутствии на укладчике – средним катком за 5–6 проходов по одному следу.

В результате формируется прочный эластичный, плотный и водонепроницаемый несущий слой, после выравнивания и перекрытия которого одно– или двухслойным покрытием дорога готова к интенсивной эксплуатации.

Большим преимуществом такой конструкции является ее низкая материалоемкость, долговечность и, как следствие, высокая экономичность.

Для капитального ремонта высококатегорийных городских дорог можно рекомендовать еще менее затратный метод – применение комбинированного покрытия общей толщиной 8–9 см, состоящего из литого и высокощебенистого асфальтобетонных.

Технология не требует применения особых техники и исходных материалов и характеризуется использованием двух асфальтобетонных смесей с очень высокой температурой, а также уплотняющих органов асфальтоукладчика, обеспечивающих виброуплотнение, и катков для запрессовки одной смеси в другую. Зарубежных аналогов таким покрытиям пока нет.

Смеси, разные по структуре, свойствам и назначению, запрессовывают друг в друга в один асфальтобетонный слой в процессе устройства. В нижний слой покрытия укладывают вибролитую смесь (II тип по ТУ), сверху – высокощебенистую смесь. В результате получают экономичное, прочное, ровное, шероховатое плотное дорожное покрытие, устойчивое к колее и трещинам, рассчитанное на самые тяжелые условия движения и имеющее большой срок службы.

Приготовление литой асфальтобетонной смеси из новых материалов в термосе-миксере обходится дороже, чем в заводской смесительной установке, на 15–20 %.

Вибролитые и литые технологии строительства и ремонта асфальтобетонных покрытий открывают новые широкие возможности повышения транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильных дорог. В асфальтовом покрытии в качестве вяжущего материала смеси используется битум, в бетонном – цемент. В некоторых вариантах может применяться композитный материал, когда на бетон кладут асфальт, обеспечивая таким образом

качественный нижний слой на многие десятилетия, и меняют каждые лет пять-семь верхний асфальтобетонный, что позволяет создать долговечную и прочную дорогу.

Цементобетонное покрытие дорог

Покрывтия из цементобетона устраивают на дорогах I, II и III категорий при большой интенсивности движения (более 3000 автомобилей в сутки). Преимуществами цементобетонных покрытий являются высокая прочность, ровность и в то же время достаточная шероховатость, обеспечивающая хорошее сцепление автомобильных шин с поверхностью дороги.

Цементобетонные покрытия находят все большее применение ввиду своей экономичности и простоты эксплуатации. Производство работ по устройству цементобетонных покрытий почти полностью механизировано.

Цементобетонное покрытие представляет собой плиту из бетона, уложенную на прочное и устойчивое основание. В качестве оснований под бетонные покрытия применяют слои грунта, укрепленные вяжущими, крупнозернистый или среднезернистый песок, щебень, гравий или гравийно-песчаную смесь.

Для предохранения плиты от образования трещин при температурных изменениях устраивают температурные швы. Швы расширения (поперечные), обеспечивающие удлинение плиты, имеют зазор 2,5–3 см и устраиваются через 20–80 м.

Фактически наши дороги требуют ремонта уже через три года после ввода в эксплуатацию, а затем – ежегодно так называемый ямочный ремонт. А на Западе дороги без ремонта работают десятилетиями!

По статистике, бетонное покрытие, показанное на рис. 2.5, дорожке асфальтового в 1,5–2 раза, т. е. примерно на 70–80 %. Асфальтовое требует ухода и ремонта уже через 3–4 года после ввода дороги в эксплуатацию (на примере МКАД и КАД СПб): заливки трещин, засыпки ям и т. п. Бетонное покрытие первые 10–12 лет эксплуатации практически ничего не требует.



Рис. 2.5. Цементобетонные покрытия

На территории России главным образом строят асфальтовые дороги, а на Западе – бетонные. Бетонные дороги служат 50 лет. По статистике, их в США – 60 %, в Германии – 38 %, в Австрии – 46 %, в то время как в России – всего 3 %. Примечательно, что вытеснение строительства бетонных дорог в нашей стране происходило из-за дефицита требуемых марок цемента, малой производительности работ и высокой стоимости.

Современные методы прокладки инженерных сетей

Бестраншейные технологии подземного строительства

Бестраншейные технологии представляют собой вариант выполнения работ по подземному строительству без вскрытия грунта. При использовании бестраншейных технологий более 90 % всех работ проводится под землей, что исключает:

- ◆ необходимость восстановления дорожного покрытия;
- ◆ нарушение существующих коммуникаций;
- ◆ перекрытие транспортных магистралей;
- ◆ нарушение привычного ритма жизни города;
- ◆ уничтожение зеленых насаждений;
- ◆ снос элементов благоустройства;
- ◆ нарушение земляного покрытия и т. д.

Бестраншейные технологии являются экономически более выгодными (в 2,5–3 раза) по сравнению с традиционным методом, это объясняется экономией средств, которые при открытом способе прокладки коммуникаций шли на обустройство траншей, восстановление вскрытых дорог и т. д. Кроме того, бестраншейные методы прокладки коммуникаций сокращают время производства работ и количество рабочего персонала, значительно повышают уровень безопасности работ (отсутствие траншей и механизмов на трассе прокладки), а также не наносят ущерба окружающей среде.

Можно выделить три традиционных метода бестраншейной прокладки трубопроводов: продавливание, горизонтальное бурение и прокалывание. При продавливании прокладываемая труба вдавливается в грунт открытым концом, снабженным ножевым устройством. Поступающий в полость трубы грунт разрабатывается и удаляется из забоя вручную или механизированным способом.

В настоящее время появляются новые технологии бестраншейной прокладки трубопроводов методом прокола. Существуют установки для бестраншейной прокладки трубопроводов с реверсивным ходом собранного из штанг штока. В данной установке используется принцип постепенного расширения прокалываемого канала путем последовательного увеличения диаметра оконечных конусов (при каждом следующем проходе канала). Главное преимущество данной технологии: не требуется единовременное создание значительного толкающего усилия. Теоретически, именно благодаря пошаговому увеличению сечения канала в грунте с помощью весьма малогабаритной и мобильной установки можно подготовить канал для труб довольно больших диаметров.

Подземная прокладка коммуникаций

Этап I

Горизонтально направленное бурение (рис. 2.6) осуществляется с помощью породоразрушающего инструмента – буровой головки со скосом в передней части со встроенным излучателем. Контроль за местоположением буровой головки производится с помощью приемного устройства локатора, который принимает и обрабатывает сигналы встроенного в корпус буровой головки передатчика. На мониторе локатора отображается визуальная информация о местоположении, уклоне, азимуте буровой головки. Также эта информация отображается

на дисплее оператора буровой головки. Эти данные являются определяющими для контроля соответствия траектории строящегося трубопровода проектной и минимизируют риски излома рабочей нити.

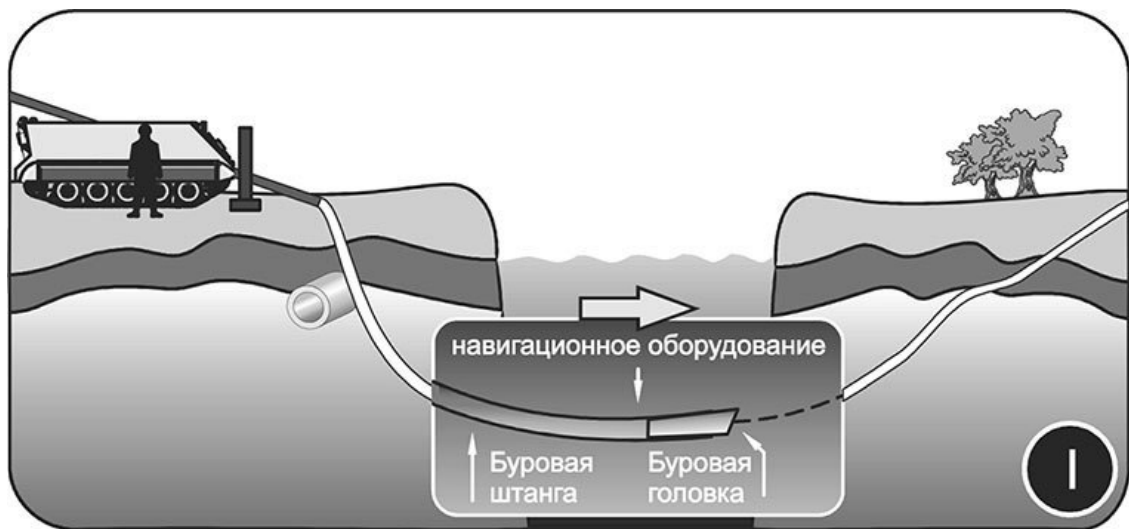


Рис. 2.6. Строительство пилотной скважины

Этап II

Расширение (рис. 2.7) осуществляется после завершения пилотного бурения. При этом буровая головка отсоединяется от буровых штанг и вместо нее присоединяется расширитель обратного действия. Приложением тягового усилия с одновременным вращением расширитель протягивается через створ скважины в направлении буровой установки, расширяя пилотную скважину до необходимого для протаскивания трубопровода диаметра. Для обеспечения беспрепятственного протягивания трубопровода через расширенную скважину ее диаметр должен на 20–30 % превышать диаметр трубопровода.

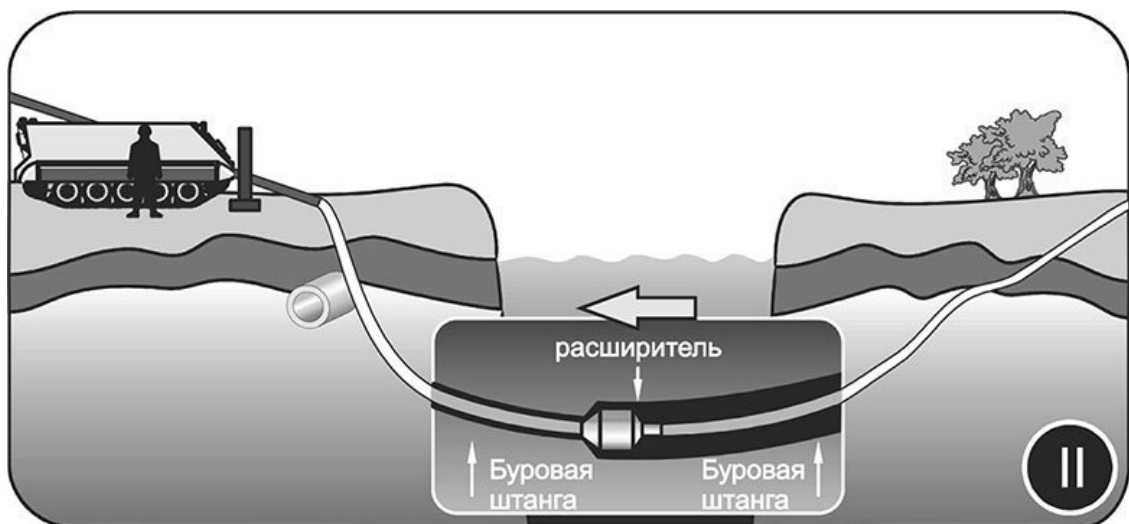


Рис. 2.7. Предварительное расширение

Этап III

На противоположной от буровой установки стороне скважины располагается готовая к протягиванию плеть трубопровода (рис. 2.8). К переднему концу плети крепится оголовок с воспринимающим тяговое усилие шарниром (вертлюгом) и расширителем. Шарнир позволяет вращаться буровой колонне и расширителю и в то же время не передает вращательное движение на затягиваемый трубопровод. Таким образом, буровая установка затягивает в скважину плеть трубопровода до проектных отметок.

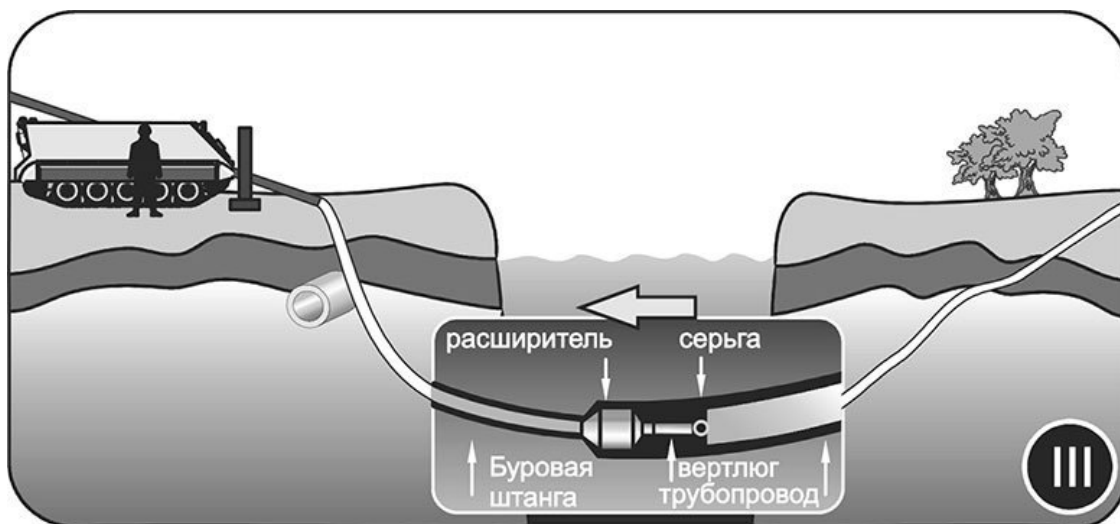


Рис. 2.8. Протягивание трубопровода

Бестраншейные методы в России

Бестраншейные методы восстановления и прокладки новых подземных коммуникаций используются в наши дни все чаще.

Основные бестраншейные методы, которые получили наибольшее распространение в России за последнее десятилетие, следующие:

- ◆ горизонтальное направленное бурение;
- ◆ продавливание и микротоннелирование;
- ◆ управляемый прокол;
- ◆ безлюдная инспекция внутренней поверхности трубопроводов с помощью телекамер;
- ◆ восстановление трубопроводов методами CIPP и Sliplining;
- ◆ местный ремонт трубопроводов с помощью робототехники, включая установку бандажей;
- ◆ перекладка трубопроводов методом «взламывания» (технология Pipe Bursting);
- ◆ безлюдная очистка и зачистка трубопроводов путем нанесения на их внутренние поверхности покрытия из специальных растворов.

Для экономичного использования технологии бестраншейной прокладки трубопроводов решающее значение имеет детальное изучение свойств и состава грунта. Геофизические исследования позволяют провести послойное вертикальное или горизонтальное изучение грунтов на предмет выявления «препятствий», таких как трубопроводы, трубы, шахты и т. д.

Глава 3. Методы устройства свай и фундаментов

Устройство фундаментов методом вибропогружения

Для погружения свай используют вибропогружатели низкочастотные с частотой примерно 800 колебаний в минуту, но с большой амплитудой колебаний. Для погружения стальных свай и шпунта применяют высокочастотные вибропогружатели, совершающие более 1000 колебаний в минуту. Вибрационное извлечение шпунта происходит при скорости примерно 3 м/мин в песчаных и 1 м/мин в глинистых грунтах.



Рис. 3.1. Шпунтовое ограждение

Шпунтовое ограждение – это сплошная шпунтовая стенка (рис. 3.1), образованная стальными сваями (шпунт типа «Ларсен», плоский шпунт, Z-образный профиль) методом вибропогружения, забивки или вдавливания. Шпунтовое ограждение служит водонепроницаемой преградой и удерживает грунт от обрушения при возведении конструкций.

Ударный метод погружения шпунтовых свай (Junttan PM25) применяется в различных грунтах, но существуют ограничения при работе в условиях плотной городской застройки.

«Стена в грунте»

«Стена в грунте» – сплошное бетонное ограждение по периметру котлована, исключающее доступ грунтовых вод и сползание в котлован окружающих зданий.

Гидравлическая фреза способна разрабатывать все типы мягких и твердых грунтов, при этом обеспечивается высокая геометрическая точность до 1 см в плане, а поверхность «стены в грунте» после откопки котлована остается довольно ровной и готовой под облицовку.

Комплекс гидрофрезерного оборудования позволяет выполнять «стену в грунте» из монолитного железобетона глубиной до 35 м, шириной 0,6–0,8 м.

Технология «стена в грунте» надежно зарекомендовала себя при строительстве подземных сооружений (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Шпунтовое ограждение

Технология «полого шнека» (CFA)

Метод «полого шнека» (CFA) диаметром 600/450 мм глубиной до 28 м.

Буронабивные сваи технологии «полого шнека» (рис. 3.3) получили очень широкое распространение в связи с их высокой несущей способностью, технологичностью и надежностью. Метод незаменим на площадках с неравномерным напластованием грунтов с песчаными или глинистыми прослоями.



Рис. 3.3. Метод «полого шнека»

По технологии CFA сваи изготавливаются с помощью единого проходного шнека. После погружения шнековой колонны на проектную глубину по внутренней трубе шнека бетононасосом подается бетон при одновременном извлечении шнековой колонны из скважины. После заполнения скважины бетоном, при помощи вибратора, погружают пространственный каркас, определенный проектом.

Технология «непрерывного шнека» (CFA) для сооружения свайных фундаментов

Буровая установка «Casagrande CFA 425» предназначена для устройства буронабивных свай диаметром 450/550 мм и глубиной до 28 м (рис. 3.4).

Свайные фундаменты, сооруженные по технологии «непрерывного шнека», совмещают в себе преимущества забивных и буронабивных свай без извлечения грунта. Этот способ бурения позволяет выполнять работы в различных грунтах сухих и болотистых, рыхлых и плотных, а также проходить через мягкие горные породы.



Рис. 3.4. Погружение армокаркаса производится при помощи буровой установки

При бурении скважин практически отсутствует шум, удары, колебания, вибрация – этот факт позволяет применять метод CFA для строительства в стесненных городских условиях.

Комплекс работ по устройству буронабивных свай при создании свайных фундаментов включает в себя подготовительные работы, работы по бурению скважин, заполнению бетонной смесью скважин, установке арматурных каркасов, уход за уложенным бетоном и контроль качества работ.

Когда шнек достигает заданной глубины, производится подача бетона при помощи бетононасоса. Давление, создаваемое бетононасосом при прохождении бетона через полую часть шнека, выдавливает специальную заглушку, и бетон попадает внутрь скважины, при этом шнек поднимается, с вращением или без, освобождая пространство в скважине. Плотность заполнения скважины контролируется с помощью специального прибора, отображающего на дисплее форму сваи в графическом виде, или с помощью манометра, по которому контролируется давление бетона.

Способ возведения свайного фундамента под большие нагрузки

Способ возведения свайного фундамента под большие нагрузки (рис. 3.5) включает:

- ◆ погружение обсадной металлической трубы, формирование кондуктора путем закрепления системы извлекаемых горизонтальных и вертикальных центрирующих гидродомкратов на обсадной металлической трубе;
- ◆ формирование скважины под защитой бентонитового раствора с заглублением в слабо-трещиноватые известняки, замену загрязненного бентонитового раствора на свежеприготовленный с удалением бурового шлама со дна скважины;
- ◆ формирование трубно-арматурного каркаса в виде соединения трубной и арматурной частей, установление зонтика-ограничителя уровня заполнения скважины бетонной смесью примерно на границе перехода арматурного каркаса в трубный;
- ◆ вывешивание трубно-арматурного каркаса над кондуктором арматурной частью вниз, вертикальное центрирование и монтаж трубно-арматурного каркаса в скважине с компенсацией эксцентриситета и фиксацией зазоров от стенок и дна скважины с помощью кондуктора;
- ◆ установку внутри каркаса бетонолитной трубы и непрерывное бетонирование трубно-арматурного каркаса и ствола скважины снизу вверх под высоким начальным давлением подачи бетонной смеси, с понижением давления при достижении бетонной смесью зонтика-ограничителя;
- ◆ последующее бетонирование с пониженным давлением подачи бетонной смеси и прекращением подачи бетонной смеси при достижении верхнего уровня трубной части трубно-арматурного каркаса;
- ◆ извлечение бетонолитной трубы из скважины, засыпку полости между кондуктором и трубной частью каркаса крупным заполнителем, временную выдержку бетонного монолита и демонтаж кондуктора.

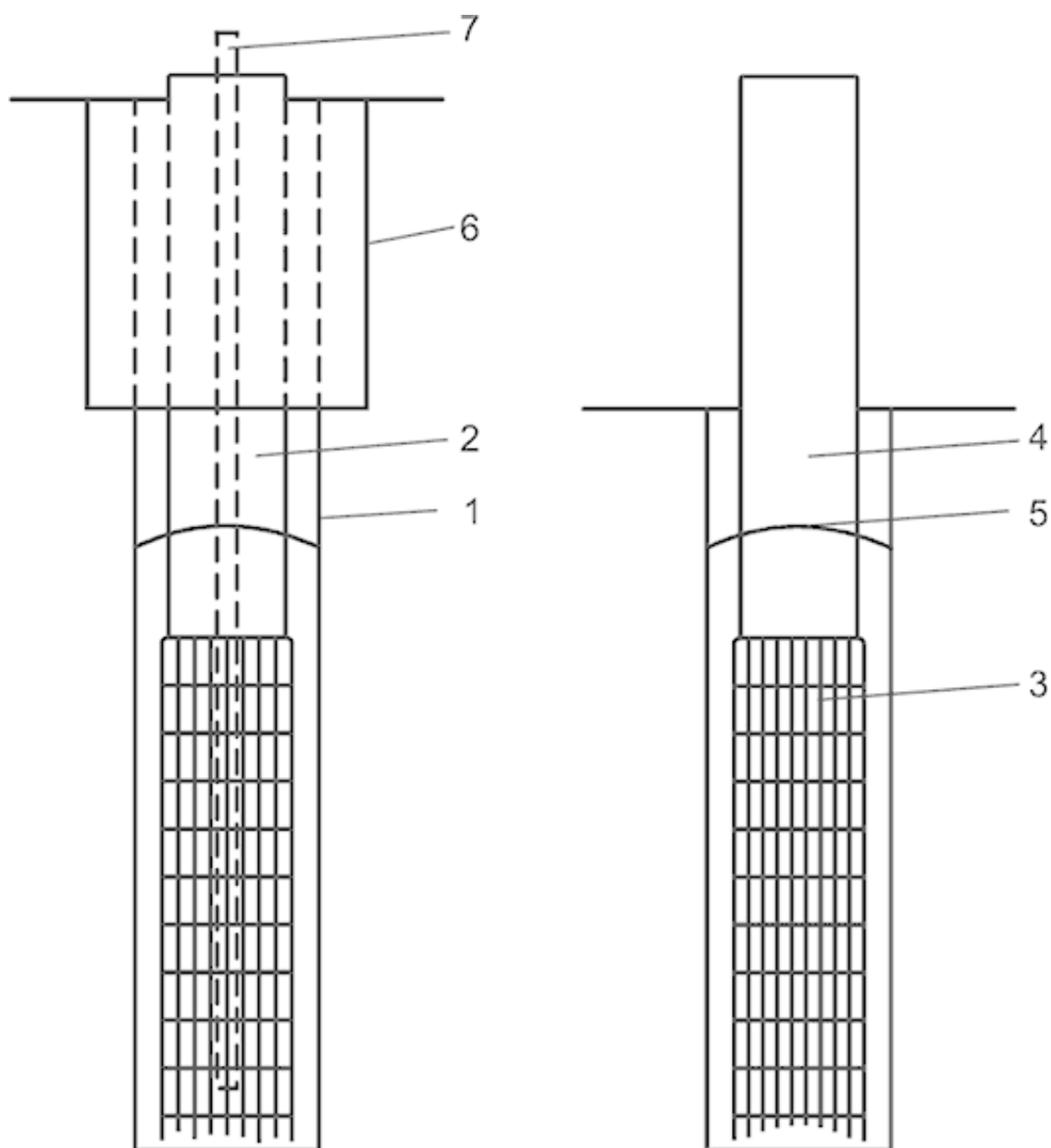


Рис. 3.5. Пример выполнения опоры, где указаны скважина 1, трубно-арматурный каркас 2 с арматурной частью 3 и трубной частью 4, ограничитель 5 уровня заполнения скважины бетонной смесью, кондуктор 6, бетонолитная труба 7

Технология подземного строительства top-down (Бельгия)

При строительстве торгового центра «Стокманн» впервые в Петербурге применена передовая технология подземной проходки top-down, суть которой состоит в том, что «стена в грунте» сдерживает давление воды и подземные этажи растут не «снизу вверх» со дна котлована, а наоборот, от уровня поверхности «сверху вниз» на глубину 15 м. Используя бельгийскую современную технологию top-down, петербургские инженеры и строители приобрели неоценимый опыт подземного строительства, который оказался эффективным методом. Мониторинг уровня грунтовых вод при производстве работ показывал, что их уровень не изменялся, и в котловане было сухо. *Top-down* – это заглубляемое сооружение, жесткая железобетонная по периметру конструкция, позволяющая свести к минимуму осадки грунта, что гарантирует сохранность всех зданий и сооружений, находящихся в непосредственной близости от места ведения работ, а также имеется возможность использования «стены в грунте» в качестве как ограждающей, так и несущей конструкции.

Технология работ следующая. Стены сооружения возводятся в узких и глубоких траншеях, извлеченный грунт замещается бентонитовым раствором. Раствор создает гидростатическое давление на стенки траншеи, удерживает их от обрушений. Затем в вырытую траншею опускается арматурный каркас, который заполняется высокомарочным бетоном или железобетонными элементами, которые вытесняют бентонитовый раствор. Это предохраняет от осадок и деформаций здания, расположенные в непосредственной близости от места строительства.

При применении технологии top-down в тело сваи заводятся прочные стальные сердечники, а шпунт погружается в грунт при помощи мощнейшего импортного вибратора.



Рис. 3.6. Примеры устройства монолитной стены в грунте вблизи существующих зданий

Современные западные геотехнологии ограждения котлованов адаптированы к инженерно-геологическим условиям Санкт-Петербурга. На рис. 3.6 показаны примеры устройства монолитной стены в грунте вблизи существующих зданий. «Стена в грунте» для самого большого подземного сооружения в центральной части Санкт-Петербурга на острове Новая Голландия показана на рис. 3.7.



Рис. 3.7. «Стена в грунте», на острове Новая Голландия



Рис. 3.8. Реконструкция Каменноостровского театра

При реконструкции Каменноостровского театра (рис. 3.8) выполнялись работы по реставрации исторического здания и устройству подземного пространства глубиной 6,5 м. Эта работа уникальна для мировой геотехнической практики (реставрационный вариант технологии top-down, когда вверх идет реставрация, а вниз – подземное строительство).

В Киеве башни «Sky Towers» у Центрального ЗАГСа взметнутся на 47 этажей вверх и уйдут на восемь вниз. Впервые для Киева здание строят сверху вниз – экскаваторы выкапывают нижние этажи под уже построенными!

Фундаменты:

- ◆ глубина заложения баррет – до 64,5 м;
- ◆ глубина заложения фундаментной плиты – 28 м;
- ◆ толщина «стены в грунте» – 1,2 м;
- ◆ глубина «стены в грунте» – от 50,5 до 53,5 м.

Барреты – глубокие опоры, изготовленные в грунте. Сначала бурят колодец, затем устанавливают арматуру и заливают бетон. Все это производится под давлением, при помощи бурового раствора (часто – бентонита). Применяются при строительстве на слабых грунтах (за счет

большой глубины можно добраться до плотных слоев) и плотной застройки (отсутствуют вибрации, как при забивании свай).

«Стена в грунте» строится аналогично барретам – бурение, установка арматуры и бетонирование.

Технология возведения башен:

- ◆ Сооружается «стена в грунте» по периметру участка строительства.
- ◆ Заливаются фундаментные буроинъекционные сваи – барреты.
- ◆ Вырывается котлован до некоторой отметки – например, «-1» этаж. На дне котлована заливается междуэтажное перекрытие, а также перекрытие на уровень выше – они выполняют функцию двухъярусных распорок «стены в грунте». В перекрытиях оставляют технологические проемы.

- ◆ Экскаваторы выбирают грунт сначала в местах технологических проемов, а затем – под перекрытиями этажа, расположенного выше.

- ◆ Когда экскаваторы выбрали грунт на весь объем этажа, заливаются следующие перекрытия и процесс повторяется, пока строители не достигнут нижнего уровня по проекту. Когда весь грунт выбран и перекрытия залиты, уже традиционно, снизу вверх, заливаются технологические проемы (лифтовые шахты или пандусы паркинга).

В комплексе с барретами и «стеной в грунте» этот способ позволяет сохранить здания окружающей застройки. Это будет первое в Киеве здание выше 200 м, построенное в сложных геологических условиях, где потребовались глубокие и уникальные фундаменты по технологии top-down.

Погружение шпунтовых свай

При данной технологии используются сварные стальные шпунтовые сваи из элементов полукруглого профиля «сваи F-профиля».

Полукруглый профиль свай – это наиболее экономичная форма шпунтовых свай в сравнении с традиционными корытными и тавровыми сваями. Экономия достигается как за счет сокращения используемого металла, так и за счет уменьшения трудозатрат при монтаже свай.

При этом сваи из элементов полукруглого профиля обладают рядом преимуществ. Они способны выдерживать большие нагрузки, их момент сопротивления – до $12\,000\text{ см}^3$ на погонный метр стенки. Сваи F6012 с моментом сопротивления 6000 см^3 на погонный метр стенки применены при строительстве multifunctional комплекса у Московского вокзала в Санкт-Петербурге, что позволило отказаться от «стены в грунте» и выработки котлована по технологии top-down и вести выемку грунта открытым способом.

Ширина панелей из свай F-профиля может достигать 2 м, что влечет за собой сокращение циклов погружения. Техника не требует модернизации – при вибропогружении применяются обычные штатные зажимы для корытообразного профиля, а при забивке свай ударным методом используют простейшие наголовники.

Благодаря меньшей металлоемкости, сокращению рабочих циклов погружения из-за увеличения ширины профиля, ввиду его высокой оборачиваемости, т. е. возможности повторного использования, экономия может составлять 25–35 % по сравнению с применением обычных шпунтовых свай.

Сварные сваи и панели из элементов полукруглого профиля широко применяются в условиях плотной городской застройки для котлованов глубиной до 10 м без раскрепления и глубиной до 24 м с раскреплением или анкерровкой. Замки шпунтовых свай конструкции ПО «Берегсталь», обладая хорошей грунто- и водонепроницаемостью, обеспечивают надежную гидроизоляцию котлованов при возведении фундаментов.

Инновационные решения для свайного фундаментастроения

При участии Российской инженерной академии разработан комплекс оборудования для свайного фундаментастроения, обеспечивающий полномасштабное техническое оснащение новейших технологий свайного фундаментастроения.

Комплекс включает в себя комплект модельного ряда безударно погружаемых инъекционных устройств для изготовления железобетонных набивных свай всех типоразмеров без выемки земли, а также комплект модельного ряда универсальных вдавливающих устройств для безударного и бесшумного погружения забивных свай (всех типоразмеров) и свайных элементов. Данный комплекс уже применялся на ответственных социальных объектах (рис. 3.9).

Цель разработки комплекса – техническое обеспечение новейших быстрых технологий изготовления фундаментов из безударно-вдавливаемых железобетонных и виброинъекционных набивных свай. Техническое обеспечение должно быть направлено на повышение надежности и несущей способности применяемых ныне забивных и набивных свай, сокращение объемов земляных работ при одновременном уплотнении грунта (за счет устройства фундаментных колодцев без выемки земли), сокращение сроков и снижение стоимости изготовления фундаментов.

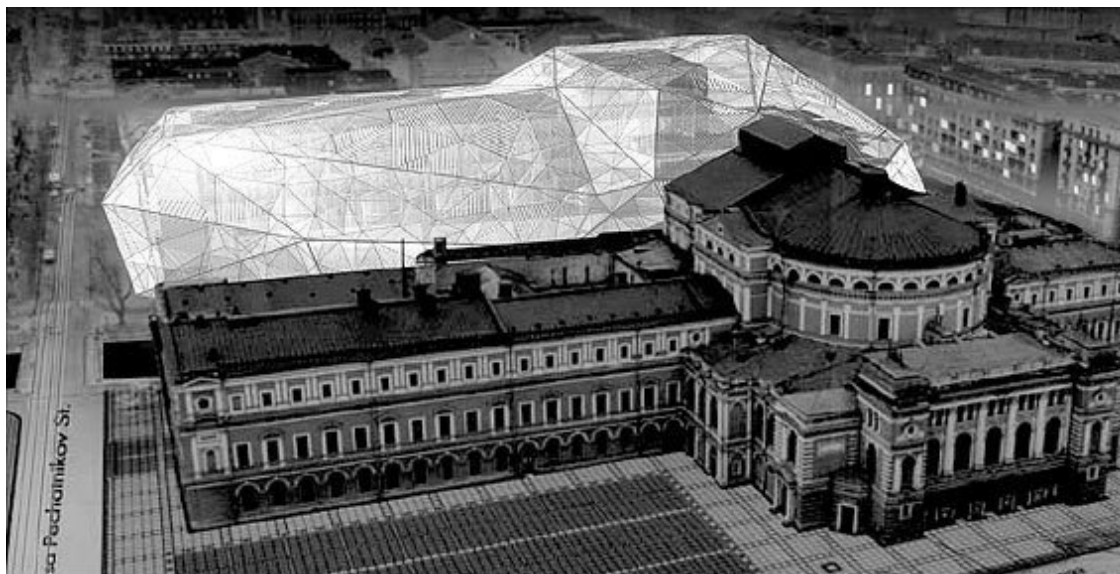


Рис. 3.9. Реконструкция 2-й сцены Мариинского театра СПб

Общие характеристики комплекса:

- ♦ вдавливающие устройства оснащены новыми зубчатыми инерционными полигармоническими самобалансными вибраторами, способными в широком диапазоне амплитуд и ускорений безударно и бесшумно (т. е. без динамических воздействий на окружающую среду) создавать вдавливающие усилия от десятков до сотен и даже тысяч тонн;
- ♦ конструкции универсальных погружающих устройств позволяют им быть как свободно подвесными на крюковых обоймах кранов, так и навесными – на широко распространенных копровых установках грузоподъемностью 3, 5, 10, 16 и 25 тс.

Первому направлению соответствует комплект модельного ряда высокопроизводительного унифицированного вибропробивного инъекционного устройства для изготовления железобетонных набивных свай без выемки земли.

Предлагаемые высокоамплитудные поличастотные погружающие устройства, оснащенные приводными вращающимися механизмами, защищенными от внешних воздействий со стороны уплотняемого грунта, выгодно отличаются от существующих устройств тем, что способны обеспечить изготовление фундаментных колодцев в широком диапазоне диаметров и глубин, а также в несущих грунтах (без выемки самого грунта) при существенно большей производительности и меньших энергозатратах.

Отсутствие колебательных движений формообразующего корпуса при вдавливании его в грунт исключает утрамбовку грунта, что резко снижает лобовое сопротивление грунта и практически исключает передачу динамических нагрузок на близстоящие сооружения.

Был создан унифицированный ряд высокопроизводительных вибропдавливающих инъекционных устройств для изготовления колодцев (без выемки земли) и железобетонных набивных свай, например, – высокопроизводительное малоэнергоёмкое навесное устройство, которое способно (без выемки земли) обеспечить: глубину колодцев (и свай) – до 20 м; диаметры колодцев – 400, 530, 630, 820, 1020 и 1200 мм; время изготовления колодца и свай – не более 15 мин; диапазон устанавливаемых мощностей – от 30 до 120 кВт; рабочий диапазон температур окружающей среды – от -25 °С до +40 °С. Источник энергии – сеть переменного тока напряжением 380/220 В, 50 Гц. Физический срок службы – не менее 10 лет. Расходы на материалы при эксплуатации – в среднем не более 10 000 руб. в год. Вибрационный и шумовой фон не превышает экологических норм.

Для погружения свайных элементов ныне известно значимое и широко применяемое до настоящего времени многообразие устройств (с использованием в качестве исполнительных зубчатых инерционных самобалансных вибраторов) ударного (вибромолоты), погружающего (вибропогружатели) и вдавливающего (комбинированные устройства) действия. Вибропогружающие устройства являются проверенным и отлично зарекомендовавшим себя оборудованием.

В Санкт-Петербурге применяют три типа свай в зависимости от инженерно-геологических условий площадки строительства (напластование, вид и характеристики грунтов):

- ◆ сваи, изготавливаемые с выемкой грунта;
- ◆ сваи, изготавливаемые с частичной выемкой грунта;
- ◆ сваи уплотнения, изготавливаемые без выемки грунта в результате его принудительного сжатия или вытеснения.

Способ устройства буринъекционных свай по технологии Гидроспецстрой (микросвай)

Объем применения буринъекционных свай (микросвай) за прошедшие годы вырос в десятки раз. Существенно обогатился опыт решения с их помощью сложных задач фундаментостроения. Разработаны новые технологические схемы устройства свай, создано новое отечественное и зарубежное оборудование, позволившее кардинально изменить ряд технологических операций и на этой базе повысить несущую способность свай и резко снизить трудоемкость изготовления.

В качестве Стандарта организации ЗАО «ПСУ Гидроспецстрой» приняты «Рекомендации по применению микросвай» или Стандарт организации СТО.

Рекомендации содержат классификацию свай в зависимости от их конструкции и технологии изготовления, указания по области применения, перечень технологического оборудования и материалов для изготовления свай, а также требования к расчету и проектированию фундаментов из микросвай (буринъекционных свай).

Разнообразие конструкций и технологий устройства буровых свай диаметром до 35 см позволило выделить их в отдельный класс, названный в Рекомендациях «микросваями» по аналогии с американскими и европейскими нормами.

Микросвай (micropile по классификации Eurocode-7 и FHWA-SA -97-070 US) являются разновидностью буровых и набивных свай (по классификации СНиП 2.02.03–85). Они отличаются от традиционных буровых свай следующим:

- ◆ малым диаметром ($d = 150\text{--}350$ мм);
- ◆ большой гибкостью ($L/d = 60\text{--}120$);
- ◆ материалом ствола (мелкозернистый бетон);
- ◆ способом изготовления (инъекция бетонной смеси в скважину).

Микросвай, в зависимости от технологии их изготовления применяемой организацией ЗАО «ПСУ Гидроспецстрой», подразделяются на следующие основные виды:

- ◆ сваи БИС (буринъекционные сваи) – устраиваемые путем инъекции бетонной смеси в скважину без последующей опрессовки;
- ◆ сваи ГСС (Гидроспецстрой) – устраиваемые с опрессовкой свежееуложенной бетонной смеси дополнительной порцией бетонной смеси через устьевой тампон;
- ◆ сваи ПСШ – устраиваемые путем инъекции бетонной смеси в скважину через колонну «проходных секционных шнеков»;
- ◆ сваи micro CFA (Continues Flight Auger) – устраиваемые путем инъекции бетонной смеси в скважину через цельную колонну НППШ (непрерывно перемещаемых шнеков);
- ◆ сваи Геосмол (российский аналог свай Titan) – с буровой штангой, усиленной провололочной набивкой.

Технологические схемы устройства свай приведены на рис. 3.10—3.12.

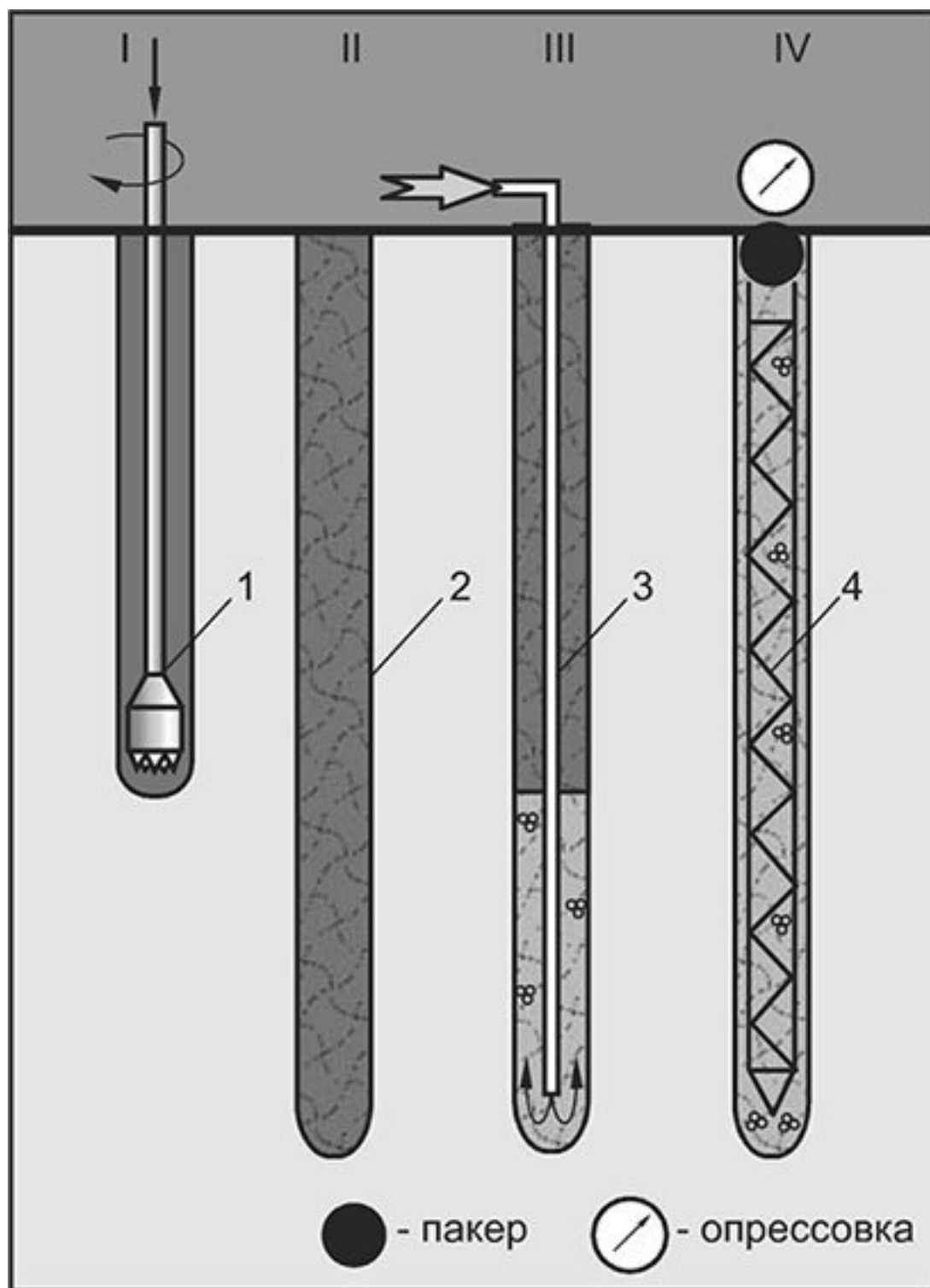


Рис. 3.10. Буроинъекционные сваи, технологическая схема устройства ГСС:
 I – бурение скважины шарошечным долотом с промывкой бентонитовым раствором;
 II – извлечение буровой колонны;
 III – замещение бурового раствора бетонной смесью;
 IV – погружение армокаркаса и опрессовка сваи с устья.
 1 – буровая колонна с шарошечным долотом;
 2 – бентонитовый раствор;
 3 – инъекционная труба;
 4 – армокаркас

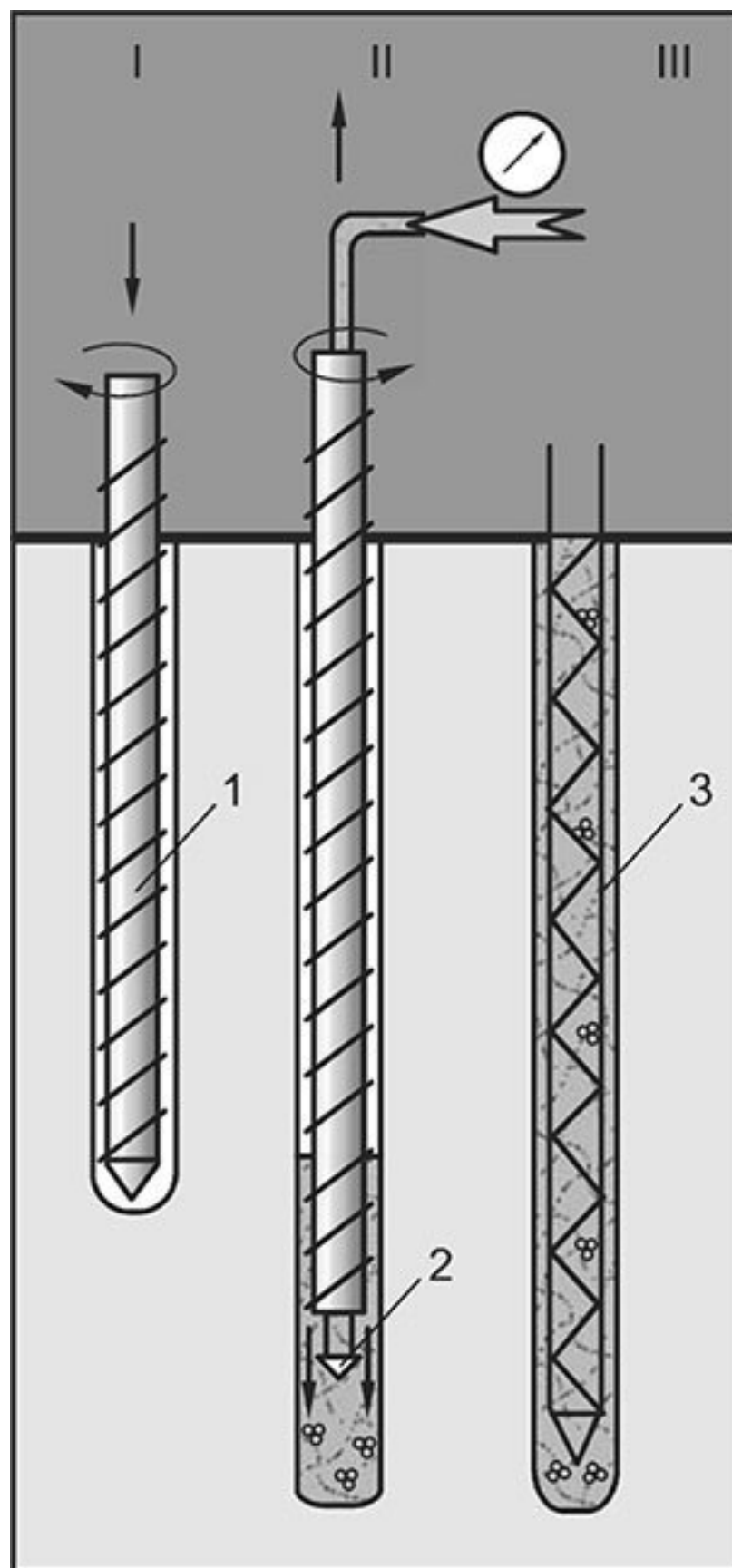


Рис. 3.11. Технологическая схема устройства свай ПЧС:

I – бурение скважины с применением проходных секционных шнеков;

II – извлечение буровой колонны с одновременной опрессовкой скважины через клапан шнека;

III – погружение арматурного каркаса в бетонную смесь.

1 – проходной шнек;

2 – клапан шнека;

3 – армокаркас

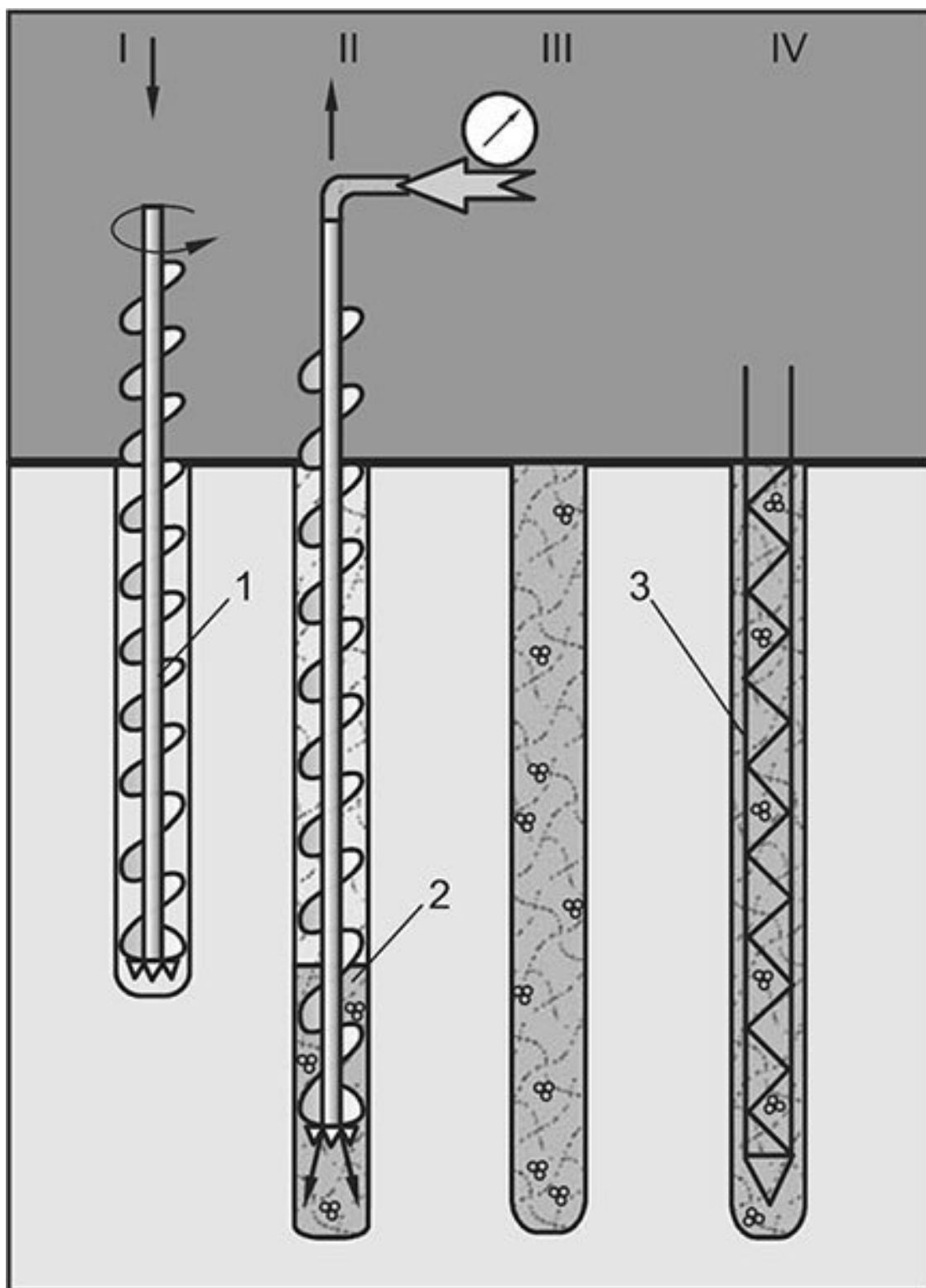


Рис. 3.12. Технологическая схема устройства свай micro CFA:

I – бурение скважины ввинчиванием буровой колонны НПШ (непрерывно перемещаемых шнеков);

II – извлечение без вращения буровой колонны с одновременным заполнением скважины через клапан шнека;

III, IV – погружение арматурного каркаса в бетонную смесь.

1 – буровая колонна НПШ;

2 – бетонная смесь;

3 – армокаркас

Стальные трубчатые сваи, открытые снизу

Применение открытых снизу стальных трубчатых свай способствует сокращению объемов и сроков производства строительных мероприятий, затрат рабочей силы и материала свай за счет более рационального функционирования поперечного сечения ствола под расчетной нагрузкой.



Рис. 3.13. Использование наконечников

Использование наконечников (рис. 3.13) позволяет расширить область применения трубосвай на большие их диаметры, на повышенные глубины погружения, труднопроходимые грунты и более полно использовать резервы трубосвай в части их несущей способности.

Способ сооружения пакета буронабивных свай

Под пакетом буронабивных свай понимается расположенная в заданном проектом геометрическом очертании последовательность устройства свай, например линейная, прямолинейная, криволинейная, замкнутого или разомкнутого очертания. Поставленная задача достигается тем, что в способе сооружения пакета буронабивных свай путем последовательного бурения ряда нечетных и ряда четных секущихся скважин для буронабивных свай на расстоянии, меньшем диаметра сваи, с последующим армированием буронабивных нечетных скважин каркасами из арматуры диаметром, на $10 \cdot 15\%$ меньшим диаметра четного столба, и бетонированием. Первоначально бурят ряд скважин, армируют их каркасами, причем на двух диаметрально противоположных сторонах каждого каркаса для нечетных скважин со стороны, обращенной к месту размещения смежной четной скважины, по всей длине каркаса прикрепляют временными креплениями гибкие армированные рукава из воздухонепроницаемого материала, заглушенные снизу и имеющие снаружи антиадгезионное покрытие. Данное покрытие при бетонировании сваи заполняют газом или смесью газов до давления, не менее давления гидростатического столба бетонной смеси у основания сваи, и выдерживают их под давлением до отвердевания бетона с образованием в нем пазов с длиной дуги в поперечном сечении не более половины периметра армированного рукава, образующей по длине сваи участок эллиптической или круговой цилиндрической поверхности. После чего из рукавов стравливают газ и их извлекают из нечетных скважин, далее производят бурение четных скважин с использованием образованных в нечетных сваях пазов в качестве направляющих, их армирование и бетонирование в них четных свай (рис. 3.14). При этом в армированные рукава можно подавать газ или смесь газов, нагретых до температуры, превышающей температуру окружающей среды. Армированные рукава одного арматурного каркаса могут заполнять одновременно, предпочтительно, объединив их тройником с источником газа.

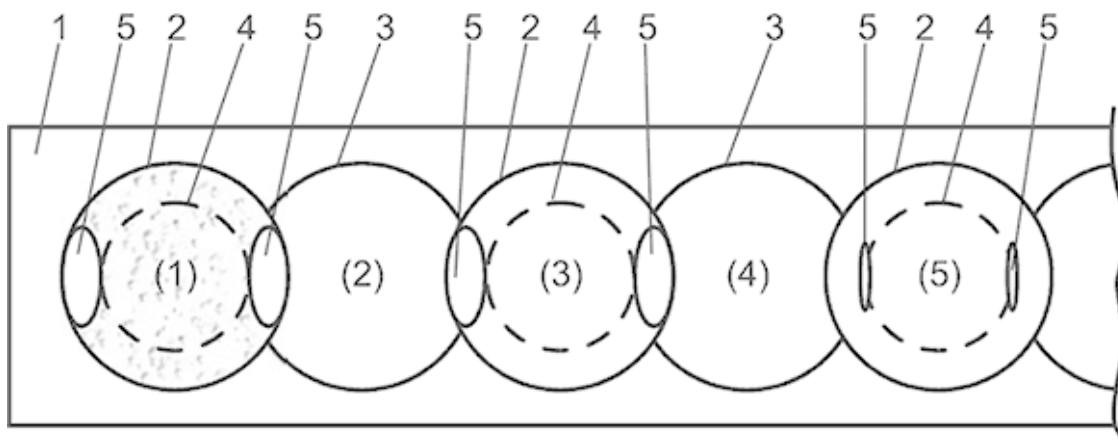


Рис. 3.14. Бурение четных скважин с использованием образованных в нечетных сваях пазов в качестве направляющих, их армирование и бетонирование в них четных свай. Форштахта 1 с направляющими отверстиями для нечетных 2 и четных 3 скважин, каркасы арматуры 4, гибкие армированные рукава 5

Способ устройства инъекционной сваи

Способ устройства инъекционной сваи (рис. 3.15) включает устройство скважины без извлечения грунта путем вдавливания наконечника и инъектирование твердеющего закрепляющего раствора через инъекторную трубу. Новым является то, что используют перфорированную по всей длине инъекторную трубу, на конце которой закреплен конусный наконечник, состоящий из диска и режущих пластин, края которых выступают за основание диска, диаметр которого больше диаметра инъекторной трубы, и в грунт вдавливают инъекторную трубу с наконечником с одновременным нарезанием на стенках скважины продольных пазов и образованием зазора между стенками образуемой скважины и инъекторной трубой, а по окончании процесса инъектирования инъекторную трубу с наконечником оставляют в скважине. Таким образом повышается технологичность, несущая способность сваи при снижении сроков ее возведения.

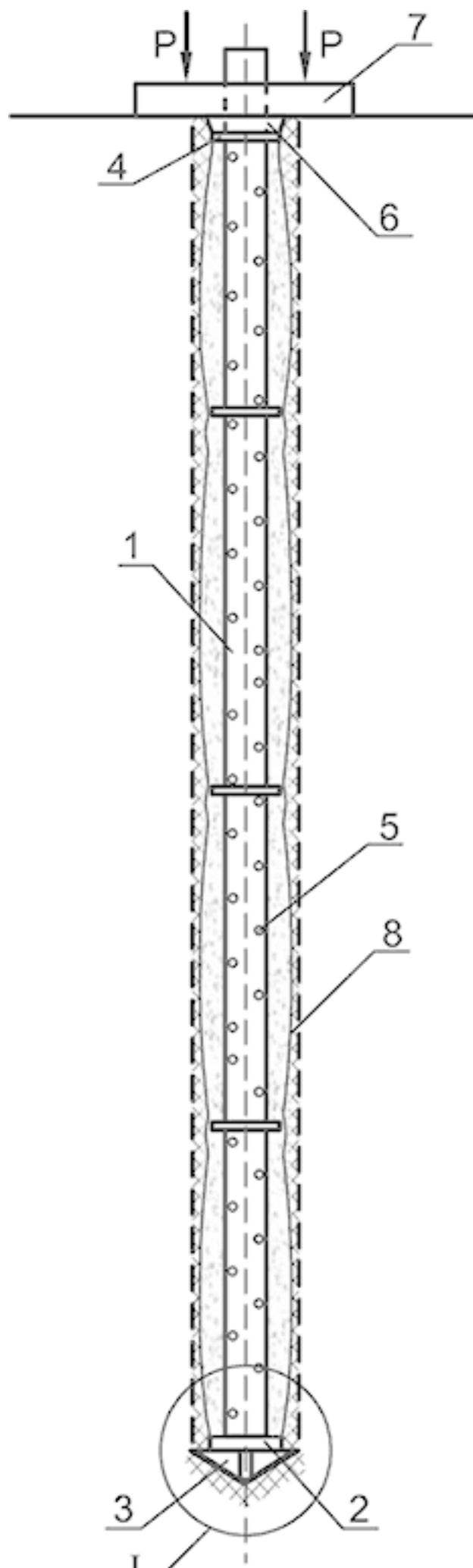


Рис. 3.15. Способ устройства инъекционной сваи:

- 1 – инъекторная труба;
- 2 – конусный наконечник;
- 3 – режущие пластины;
- 4 – сквозные фланцы;
- 5 – отверстия;
- 6 – пробка;
- 7 – нагрузка;
- 8 – уплотненная зона

Сваи вдавливания

В настоящее время появились сваевдавливающие установки, в составе которых крановая установка, пресс-группа, закрепленная на раме, с полыми опорными передвигающимися продольными и поперечными платформами, которые могут заполняться жидкостью и служить пригрузом с созданием усилия вдавливания до 3600 кН.

Преимущества технологии вдавливания свай заводского изготовления:

- ♦ контроль качества конструкции ствола сваи проводится до ее погружения;
- ♦ обеспечение высокой точности погружения, особенно при использовании лидерного бурения;
- ♦ исключены вибрационные воздействия как на расположенные рядом здания и сооружения, так и на саму конструкцию свай;
- ♦ усилие вдавливания зависит от веса машины и может быть увеличено добавлением груза до 100–160 т; технология позволяет вести погружение свай в предварительно пробуренные скважины (использование лидерного бурения), что значительно снижает необходимое усилие вдавливания;
- ♦ практически полная бесшумность работы обеспечивается электрогидравлическим приводом машины;
- ♦ возможности проведения непрерывного контроля усилия вдавливания, а следовательно, и оценки несущей способности погружаемой сваи.

На стройках появилось оборудование для вдавливания шпунта на базе кранового оборудования ДЭК весом до 15 т, оно позволяет производить вдавливание шпунтовых свай собственным весом (рис. 3.16).



Рис. 3.16. Способ устройства инъекционной сваи

При вдавливании шпунта Z-профиля используется копровая машина, имеющая специальную навеску, позволяющую выполнять вдавливание шпунта в виде кассет из 4-шпунтовых свай, заранее собранных вместе на стенде.

Японские установки могут создавать усилие вдавливания до 1100 кН и погружать шпунтовые сваи со скоростью от 1,5 до 35 м/мин.

Буроинъекционные сваи

Буроинъекционные сваи преимущественно используются при усилении оснований и фундаментов существующих реконструируемых и реставрируемых зданий и сооружений, в частности памятников архитектуры. Помимо этого, буроинъекционные сваи могут применяться и при строительстве новых сооружений рядом с существующими зданиями.

За рубежом их называют «корневидными сваями» из-за формы ствола, имеющего по длине многочисленные местные уширения, получаемые при нагнетании раствора в скважину под давлением. Буроинъекционные сваи обладают большим относительным заглублением, которое характеризует отношение длины сваи к ее диаметру.

По окончании цементации скважину выдерживают в течение 2–3 суток.

Давление нагнетания при цементации фундаментов не превышает 0,1 МПа, при цементации зоны контакта – 0,2 МПа. Нагнетание прекращают, если расход цементационного раствора в течение 10 мин при давлении 0,2 МПа не превышает 1 л/мин.

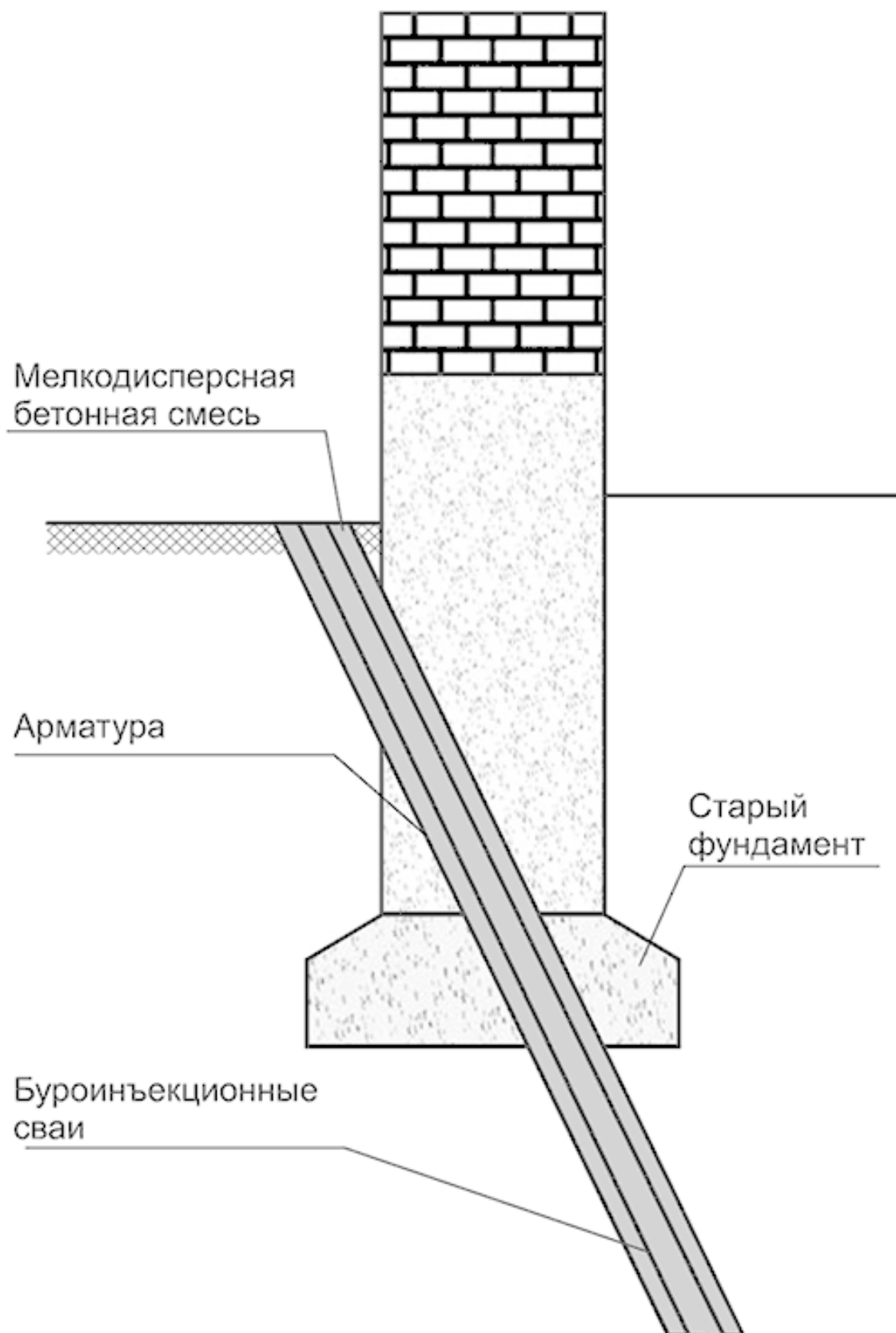


Рис. 3.17. Буроинъекционные сваи

Технологический цикл устройства буроинъекционных свай (рис. 3.17): Бурение кладки фундаментов и (в случае необходимости) стен.

♦ Установка трубы-кондуктора.

- ◆ Бурение скважины в грунте до проектной отметки.
- ◆ Заполнение скважины раствором.
- ◆ Установка арматурного каркаса.
- ◆ Опрессовка скважины.

Глава 4. Защита и усиление сооружений

В настоящее время в эксплуатации находится большое количество различных зданий и сооружений. Многие из этих объектов, особенно эксплуатируемые в условиях повышенной агрессивности внешней среды, приходят в неудовлетворительное состояние через 15–20 лет работы и требуют ремонта. Помимо этого возникает потребность в усилении сооружений при реконструкции, в связи с изменением технологических процессов и нагрузок на конструкции.

В настоящих рекомендациях представлены различные способы ремонта и усиления конструкций инженерных сооружений. Глава содержит общие методы ремонта строительных конструкций, примеры усиления и восстановления конструкций инженерных сооружений.

Укрепление оснований и фундаментов

Метод восстановления трубопроводов

Метод полимерного рукава при ремонте трубопроводов показан на рис. 4.1.



Рис. 4.1. Метод полимерного рукава при ремонте трубопроводов

Технически метод прост: рукав, изготавливаемый из нескольких слоев полиэфирного волокна, пропитывается полиэфирными или эпоксидными смолами, монтируется бестраншейно в старый трубопровод и полимеризуется на месте, образуя прочную трубу, вплотную прилегающую к старому трубопроводу.

Примеры:

- ♦ восстановление канализационных коллекторов сложной формы и большого диаметра (до 2000 мм);

- ◆ восстановление трубопроводов напорного водоснабжения большого диаметра (до 2000 мм);

- ◆ восстановление трубопроводов в стесненных условиях городской застройки.

Метод позволяет полностью обойтись без земляных работ или существенно ограничить их объем.

Способ защиты свайного фундамента от морозного пучения

Способ предусматривает вмораживание фундамента в грунтовое основание, которое осуществляют путем искусственного промораживания массива окружающего фундамент грунта ниже глубины сезонного промерзания, причем искусственное промораживание массива грунта начинают при установлении отрицательной среднесуточной температуры окружающего воздуха и промораживают с каждой стороны фундамента массив грунта, равный двойной ширине фундамента, причем глубину зоны промораживания определяют на основании приведенной зависимости. Техническим результатом является упрощение технологии осуществления способа защиты фундамента от морозного пучения, а также снижение трудоемкости и стоимости при повышении эффективности и надежности способа.

Пример 1. Вокруг трубчатой металлической сваи диаметром 325 мм, заглубленной на 8 м, на расстоянии 0,6 м были установлены 4 СОУ парожидкостного типа с термоизолированным соединительным теплопроводом на глубину 3,5 м, что соответствовало середине глубины промораживаемой зоны, мощность которой при глубине сезонного естественного промерзания 2,0 м была принята 3,0 м.

При установлении отрицательной среднесуточной температуры наружного воздуха СОУ автоматически включились в работу, и начался процесс промораживания грунта вокруг сваи. Через 10 суток температура грунта в промораживаемой зоне достигла -3°C , а за последующие 20 дней составила -6°C . После промерзания грунта в заданном интервале глубины от -2,0 до 5,0 м произошло дальнейшее понижение температуры мерзлого грунта до -8°C , увеличение прочности его смерзания со сваями и сил, удерживающих сваю от выпучивания. Процесс промораживания контролировался с помощью наблюдательных температурных скважин, пробуренных в зоне промораживания. Как в период искусственного промораживания, так и в течение последующего зимнего сезона перемещения сваи не наблюдалось.

Пример 2. Был применен также физико-химический способ повышения прочности смерзания грунтов основания со сваями. Он заключался во введении в грунтовый массив перед промораживанием водного раствора поливинилового спирта (ПВС) 1 % концентрации. Результаты испытания сваи на выдергивающую нагрузку показали, что удерживающие силы для песков повысились в 4 раза, а для суглинков – в 5 раз.

Предохранение фундамента от морозного пучения описанным способом упрощает, сокращает и ускоряет технологические операции, не требует выполнения большого объема трудоемких земляных работ по замене пучинистых грунтов в основании фундамента.

Предлагаемое техническое решение может быть эффективно использовано при строительстве новых и эксплуатационном обслуживании существующих объектов, при противоаварийных мероприятиях на линиях электропередач в сложных климатических и геокриологических условиях северных районов.

Способ выравнивания сооружений

Способ выравнивания сооружений (рис. 4.2) включает замораживание, оттаивание грунта и его экскавацию. В основании фундамента бурят управляющие и выпускные вертикальные скважины, замораживание и оттаивание грунта осуществляют, опуская в управляю-

щие скважины поочередно замораживающие и нагревательные элементы. Экскавацию грунта осуществляют через выпускные скважины путем выдавливания полученной пасты под действием веса выравниваемого сооружения. В случае бесскважинной технологии замораживание и оттаивание грунта осуществляют при циклическом охлаждении-нагреве фундамента за счет изменения температуры окружающей среды, с утеплением части фундамента в зимний период, а экскавацию грунта осуществляют путем выдавливания полученной пасты под действием веса выравниваемого сооружения. Технический результат состоит в упрощении технологии выравнивания крена при сокращении мокрых технологических процессов.

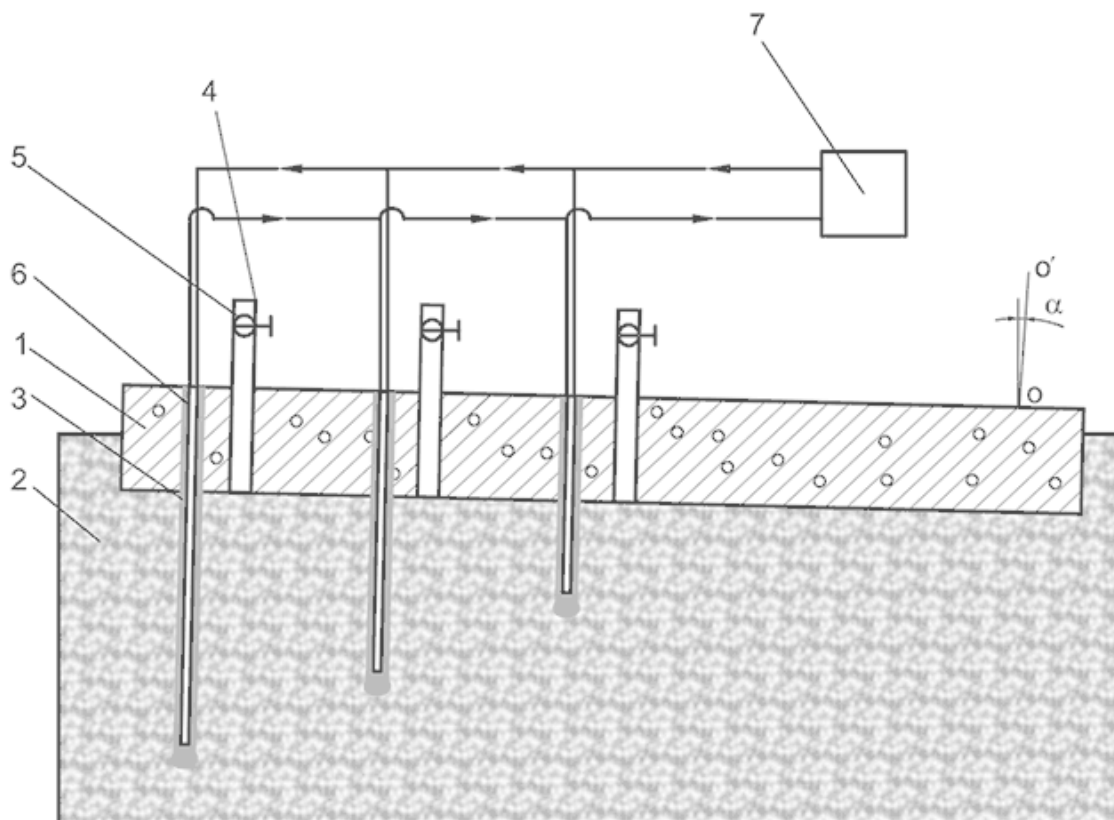


Рис. 4.2. Способ выравнивания сооружений: 1 – фундамент; 2 – грунт; 3 – скважина; 4 – выпускные скважины; 5 – вентиль; 6 – охлаждающий элемент; 7 – компрессор

Способ исправления положения здания, сооружения, подвергшегося неравномерному морозному пучению

По данному способу поочередное замораживание и оттаивание грунта осуществляют в пределах слоя сезонного промерзания грунта вокруг свай, выпученных на величину, не превышающую разности максимальной и минимальной величин выпучивания свай фундамента. Вокруг свай, выпученных на величину, превышающую вышеупомянутую разность, осуществляют замораживание грунта ниже глубины его сезонного промерзания с защемлением нижних концов этих свай в промороженном грунте для исключения их дальнейшего выпучивания. Причем фиксацию положения здания, сооружения осуществляют после его выравнивания, а поочередное замораживание и оттаивание грунта в пределах слоя его сезонного промерзания прекращают. Замораживание грунта ниже глубины его сезонного промерзания с защемлением нижних концов свай в промороженном грунте осуществляют постоянно или с перерывами, начало и конец которых определяют путем замера температуры промороженного грунта при

достижении ею значений, равных соответственно -5 и $-0,5$ °С. Замораживание осуществляют с помощью термоустройств.

Техническое решение может быть эффективно использовано при ремонтно-восстановительных работах с широким распространением сезоннопромерзающих пучинистых грунтов.

Способ усиления фундамента здания

Способ усиления фундамента здания, сооружения предусматривает пересадку фундамента на выносные и/или подводимые под его подошву сваи и включает размещение трубчатых секций свай соответственно под фундаментом, преимущественно в образованных в нем или в стене штрабах, и/или над выносными, преимущественно внутрь здания, за контур фундамента в плане балками. Далее осуществляют вдавливание секций свай, их соединение с последующей секцией трубчатой муфтой и бетонирование голов свай. Новым является то, что перед вдавливанием секцию сваи размещают в инвентарной кольцевой обойме гидравлического домкрата, длина которой не более длины секции сваи, а ее внешний диаметр превышает диаметр секции сваи, по крайней мере, на 10 мм, вдавливание последней секции сваи осуществляют на величину, не превышающую длину инвентарной кольцевой обоймы, а после вдавливания последней секции сваи кольцевую обойму извлекают и одновременно с бетонированием голов свай бетонируют образованную после извлечения кольцевой обоймы полость.

Грунтовые анкеры

Грунтовые анкеры (рис. 4.3) обычно выполняют для удержания борта котлована или для повышения устойчивости откосов. Ограждение котлована с анкерами позволяет производить работы в котловане без каких-либо ограничений, в отличие от применения распорной системы, когда приходится работать в стесненных условиях.

Устройство грунтовых анкеров можно выполнять по различным технологиям.



Рис. 4.3. Устройство грунтовых анкеров

Противофильтрационные завесы

Противофильтрационные завесы (водонепроницаемые ограждения) применяют при строительстве подземных автостоянок в близости, а чаще непосредственно под строящимися административными или жилыми зданиями.

При строительстве котлованов в обводненном состоянии применяется традиционный способ «стены в грунте» или опускной крепи до водоупора с последующей разработкой грунта под защитой водонепроницаемого ограждения (рис. 4.4 и 4.5).



Рис. 4.4. Крепление бортов котлована



Рис. 4.5. Крепление дна котлована

Способы закрепления слабых грунтов

Закрепление грунта совместным затвердеванием грунтоцементной и буронабивной свай

На участке, отведенном под строительство, проводят инженерно-геологические работы с определением количества, порядка залегания толщины и свойств грунта. В случае выявления наличия среди слоев грунта геологического элемента с просадочными свойствами, в нем возводят буронабивную сваю с использованием обсадной трубы путем полного замещения грунта бетонной смесью, а в остальных геологических элементах грунтового массива возводят грунтоцементные сваи по струйной технологии. В зависимости от порядка залегания слоев грунта в геологическом разрезе происходит чередование различных этапов закрепления грунта (осуществление заходок) – по струйной технологии или возведением буронабивной сваи. Каждую следующую заходку осуществляют после того, как свая, возведенная предыдущей заходкой, наберет прочность, достаточную для удержания закрепляемого при последующей заходке грунта. Буронабивные и грунтоцементные сваи возводят соосно.

Пример. Геологические изыскания грунта под площадкой, планируемой под строительство, показали наличие полости над коренным грунтом на глубине 9,6 м, высотой 0,85 м, а также слои слабого текучепластичного суглинка. Первой заходкой по закреплению грунта помещают обсадную трубу диаметром 1,3 м с опорой на коренной грунт, внутрь и на дно которой помещают шнек, в процессе подъема которого изымают проблемный грунт одновременно с полной заменой его на закачиваемую под пяту шнека бетонную смесь, на длину 1,0 м. Обсадную трубу и шнек вынимают. Через 12 ч после окончания закачивания бетонной смеси в процессе последующей второй заходки возводят соосно с буронабивной грунтоцементную сваю по однокомпонентной струйной технологии диаметром 1 м, длиной 8,6 м. Совместное затвердевание грунтоцементной и буронабивной свай позволяет повысить качество и несущую способность сваи, возводимой из закрепленного грунта, в том числе за счет дополнительно возникающих сил трения (за счет частичного взаимопроникновения грунтоцемента и бетона), а также существенно (на 80 %) сэкономить расход бетона за счет укрепления грунта по струйной технологии, вместо сооружения сплошной буронабивной сваи длиной 9,6 м.

Таким образом, предложенный способ закрепления грунта позволяет повысить степень закрепления и несущую способность грунта. Использование закрепленного по предложенному способу грунта в качестве основания, например туннеля, позволяет значительно (до 40 %) снизить расход бетона на возведение несущих конструкций вновь строящегося сооружения и сократить сроки строительства.

Способ глубинного компенсационного уплотнения грунта

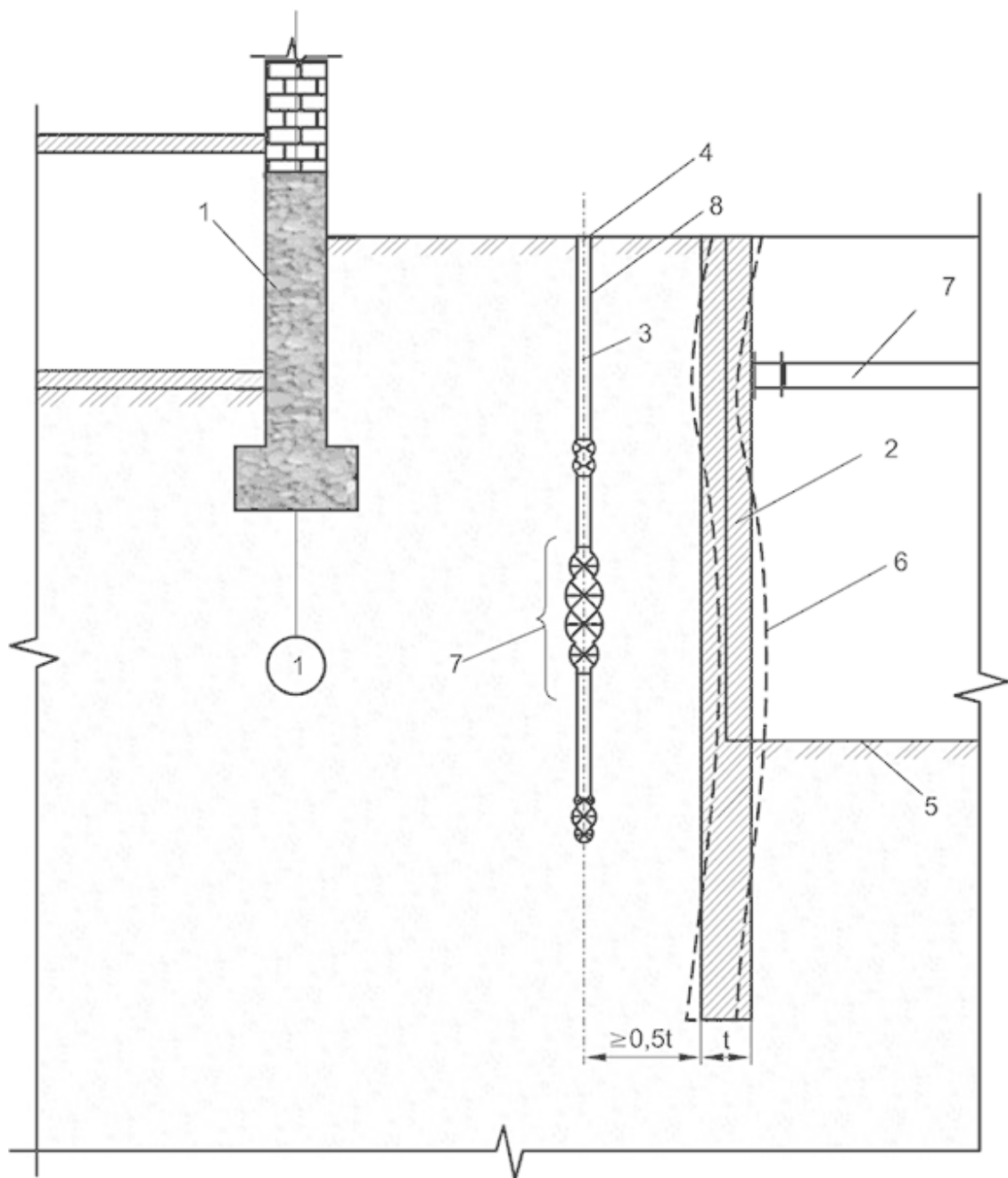


Рис. 4.6. Рабочая скважина, по глубине которой осуществляют глубинное компенсационное уплотнение грунта в пределах границ вновь обнаруженных зон anomalно легко уплотняющегося грунта:

- 1 – подземная часть охраняемого здания (существующего) здания (сооружения);
- 2 – конструкция ограждения проектируемого подземного объекта: котлована (стена в грунте, буросекущиеся сваи, бурокасательные сваи, дискретно установленные сваи), обделки тоннеля;
- 3 – пластичный твердеющий материал;
- 4 – устье скважины;
- 5 – дно проектируемого котлована;

6 – граница расчетной (или фактической установленной по результатам мониторинга за перемещением контрольных марок) деформации конструкции 2 ограждения котлована;

7 – элемент крепления конструкции ограждения котлована (показана распорка, но может быть грунтовый анкер, подкос и т. п.);

8 – рабочая скважина

Целью является повышение надежности, качества и технологичности создания противодеформационного барьера, снижение трудоемкости работ по обеспечению сохранности зданий, расположенных в зоне влияния работ по устройству глубокого котлована, при минимальном расходе ресурсов и максимально возможном использовании свойств массива грунта. Поставленную задачу решает способ глубинного компенсационного уплотнения грунта при строительстве подземного объекта (рис. 4.6) путем компенсационного уплотнения грунта со стороны охраняемого сооружения, отличающийся тем, что у строящегося подземного объекта со стороны охраняемого сооружения по глубине массива грунта выявляют зоны легкоуплотняемого грунта, в которые подают твердеющий материал под гидростатическим давлением и последовательно (поочередно) в каждой выявленной зоне по глубине массива осуществляют глубинное компенсационное уплотнение грунта дискретными динамическими импульсами до достижения отказа уплотнения грунта, добавляя по мере необходимости твердеющий материал.

Способ закрепления переувлажненных глинистых и просадочных грунтов

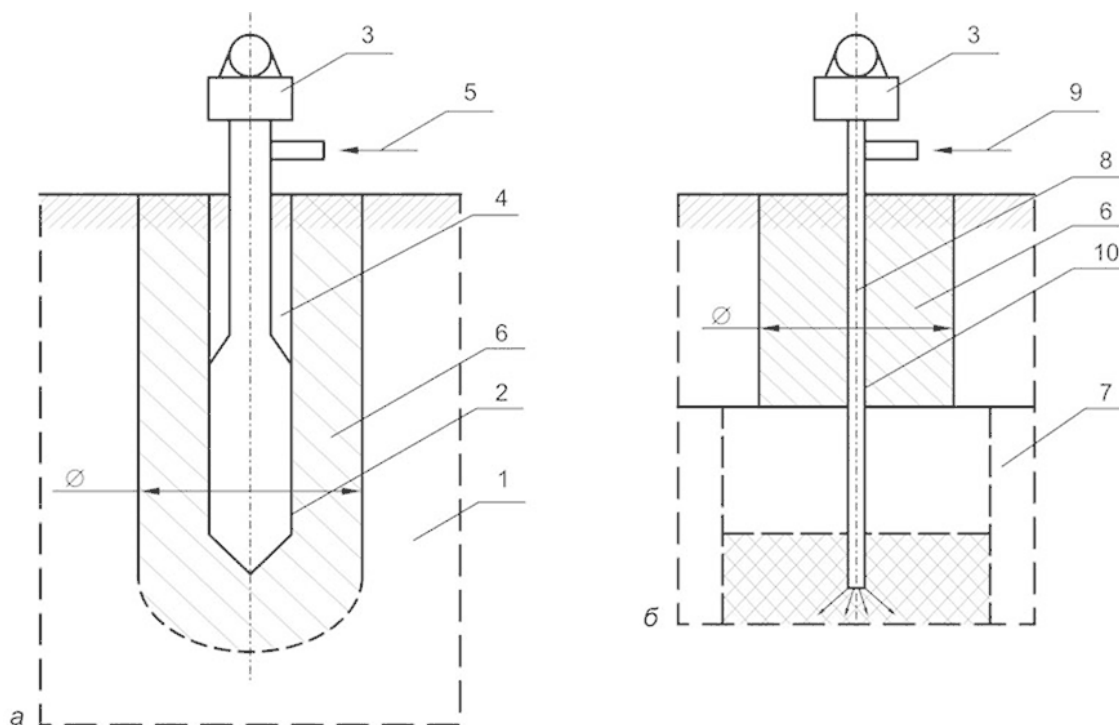


Рис. 4.7. Закрепление водонасыщенных грунтов с одновременной подачей виброшаблona и наполнителя в полость (а), подача иньектора и иньектирование через материал формирующейся цемента-грунтовой сваи (б): 1 – переувлажненный глинистый грунт; 2 – шаблон; 3 – вибратор; 4 – вертикальная или наклонная полость; 5 – песчано-цементная смесь; 6 – формируемая свая; 7 – слабые просадочные грунты; 8 – иньектор; 9 – твердеющий раствор; 10 – контакт

Технология закрепления переувлажненных глинистых и просадочных грунтов (рис. 4.7) включает выполнение в переувлажненных грунтах вертикальной или наклонной полости и формирование в ней сваи путем заполнения этой полости несвязным наполнителем с последующим его втрамбовыванием и уплотнением. Полость выполняют вибропогружением шаблона, в качестве заполнителя в полость вносят водопоглощающий субстрат в виде песчано-цементной смеси, который отверждают водой, содержащейся в переувлажненном грунте. Диаметр сваи и ее несущую способность регулируют временем вибротрамбования и объемом втрамбованного субстрата. Ниже подошвы формирующейся сваи через материал этой сваи с помощью вибратора забивают иньектор на проектную глубину и, поднимая иньектор с теряемым накопником, одновременно нагнетают твердеющий раствор. Выполнение всех операций по иньектированию осуществляют в течение 3–4 часов, что составляет 50–70 % от времени окончания гидратации цемента, при котором идет процесс кристаллизации. Технический результат состоит в повышении технологичности, обеспечении закрепления слабых просадочных грунтов, лежащих ниже подошвы сооружаемой сваи, сокращении материалоемкости.

Устройство малозаглубленных фундаментов на пучинистых грунтах

Фундаменты мелкого заложения ФМЗ (рис. 4.8) используются в отапливаемых и неотапливаемых одно– и двухэтажных жилых и общественных зданиях.

К таким конструкциям относятся фундаменты на грунтовой подушке, подошва которых закладывается на глубину 0,4 м – в отапливаемых зданиях и на 0,3 м – в неотапливаемых, а также под отдельно стоящие опоры.



Рис. 4.8. Фундаменты на грунтовой подушке

Во избежание деформации фундамента при сезонном промерзании грунта предусматривают устройство теплоизоляции из пенополистирольных плит для уменьшения глубины промерзания грунта под подошвой фундамента. В отапливаемых зданиях теплоизоляцию размещают вертикально по внешней поверхности фундамента и цокольной части стены на высоту не менее 1 м от подошвы фундамента (рис. 4.9).

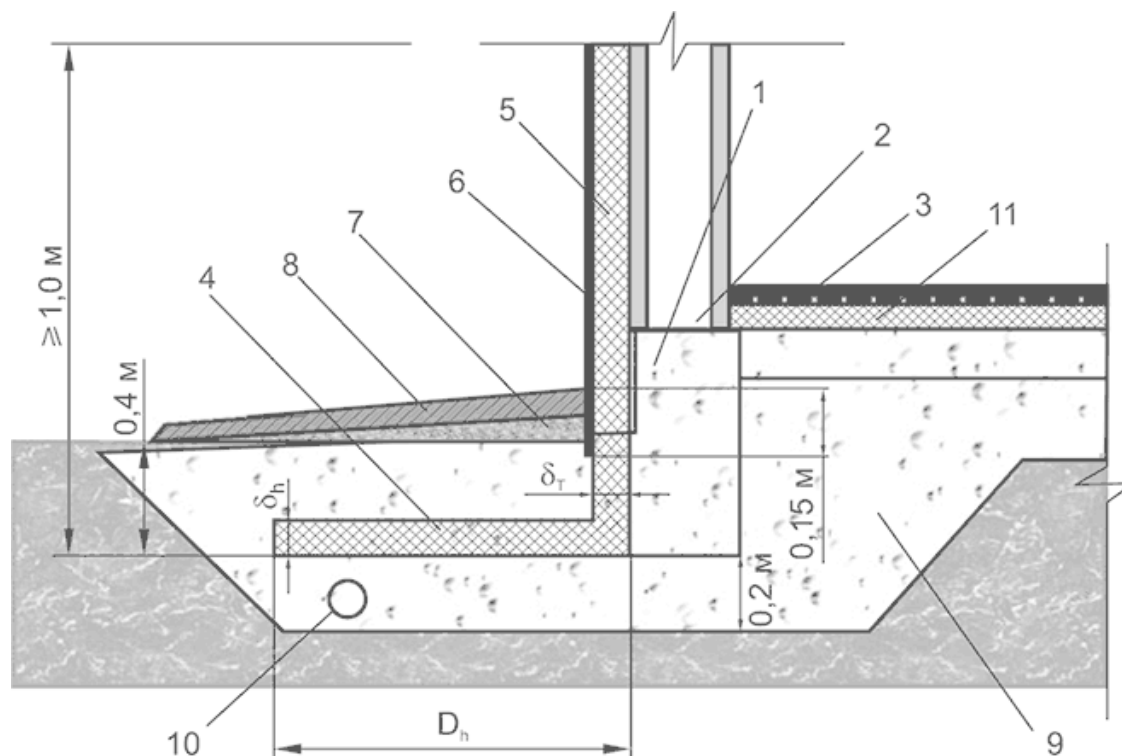


Рис. 4.9. Схема укладки и параметры теплоизоляции в фундаментах отапливаемых зданий с теплоизоляцией пола: 1 – фундамент; 2 – стена здания; 3 – пол здания; 4 – горизонтальная теплоизоляция (KNAUF Therm® Floor / KNAUF Therm® 5 в 1 F); 5 – вертикальная теплоизоляция (KNAUF Therm® Floor / KNAUF Therm® 5 в 1 F); 6 – защитное покрытие; 7 – песчаная подготовка под отмостку; 8 – асфальтовая или бетонная отмостка; 9 – непучинистый грунт; 10 – дренаж; 11 – теплоизоляция пола

Зачастую уровень грунтовых вод находится выше глубины промерзания, что приводит к замерзанию воды в грунте и, при превращении ее в лед, к увеличению в объеме примерно в 10 раз. Возникающие при этом силы расширения (называемые «морозным пучением») направлены вверх и стремятся вытолкнуть фундамент из грунта, постепенно его разрушая год за годом.

Для нейтрализации этого процесса вместо наращивания массы и избыточной прочности фундамента применяется эффективное современное комплексное решение: утепление внешних стен фундамента, устройство утепленной отмостки вокруг здания теплоизоляционными плитами.

Это позволяет вывести область отрицательных температур из-под фундамента и исключить воздействие на него сил «морозного пучения».

Укрепление грунтов методом «Геокомпозит»

Метод укрепления слабых грунтов путем инъектирования растворов типа «Геокомпозит» (рис. 4.10) основан на управляемом инъектировании расчетных объемов твердеющих растворов по специальной технологической схеме. В радиусе 1,5–2 м от инъектора раствор заполняет трещины и пустоты, уплотняет рыхлый грунт и формирует в процессе твердения раствора жесткий армирующий каркас, образуя включения цементного камня. Рыхлые фрагменты грунтового массива уплотняются давлением инъектируемого раствора. Чем больше давление, тем лучше становятся физико-механические характеристики грунтов.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.