

С24
УДК 624.154(083)

Рецензенты:

кафедра «Строительное производство» Всесоюзного заочного инженерно-строительного института (зав. кафедрой канд. техн. наук, проф. И. Г. Бороздин);
докт. техн. наук, проф. А. К. Сычев.

С24 **Свайные работы.** Под ред. И. И. Косорукова. М., «Высш. школа», 1974.

391 с. с ил.

В выходных данных авт.: И. И. Косоруков, Л. М. Пешковский, И. Я. Руденко-Моргун и др.

В книге освещен современный опыт устройства свайных фундаментов всех видов. Изложена методика проектирования производства работ (ППР). Описана технология устройства фундаментов из готовых (забивных) свай; дана характеристика машин, применяемых на свайных работах, изложены принципы их действия. Рассмотрены также основные типы набивных свай, технология их устройства и опыт применения в жилищном строительстве. Предназначена для студентов строительных вузов и инженеров-строителей.

К 30207—238 БЗ—29—20—74
001(01)—74

6С6.1

© Издательство «Высшая школа», 1974 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Основным содержанием настоящей книги является описание современной технологии свайных работ. Теоретические сведения о конструкции свай, методах их испытаний и расчете свайных фундаментов изложены только в той мере, в какой это необходимо для понимания существа того или иного технологического процесса или диктуется правилами выполнения свайных работ.

Книга состоит из двух разделов. В первом из них рассмотрена технология работ по устройству свайных фундаментов из готовых забивных свай, включая шпунтовые, применяемые для ограждений строительных котлованов (особенности технологии погружения их в грунт выделены в отдельную главу).

Во втором разделе описана технология устройства набивных свай; рассмотрены основные типы таких свай, методы их устройства как в отечественной практике, так и за рубежом.

Книга предназначена в качестве пособия студентам факультетов ПГС строительных вузов для курсового и дипломного проектирования. Подробное описание технологии свайных работ рассчитано на инженеров и техников-строителей. Книга подготовлена коллективом преподавателей строительного факультета Всесоюзного заочного политехнического института под общей редакцией заслуженного строителя РСФСР проф. И. И. Косорукова.

Отдельные главы и параграфы написали:

проф. И. И. Косоруков — предисловие и введение;

проф. Л. М. Пешковский — главы 1 и 2, §1 гл. 5 и §§ 5 и 6 гл. 11;

канд. техн. наук И. Я. Руденко-Моргун — главы 3, 4, 5 (кроме § 1) и гл. 10;

инж. И. И. Чичерин — главы 6, 7, 8 и 9;

канд. техн. наук Л. Г. Дикман — § 1, 2, 3 и 4 гл. 11 и главы 13—16;

инж. В. И. Сосков — гл. 12.

Авторы выражают свою признательность докт. техн. наук, проф. А. К. Сычеву и сотрудникам кафедры строительного производства ВЗИСИ, рецензии которых по рукописи этой книги были учтены при ее доработке и редактировании.

Замечания и пожелания читателей этой книги авторы просят сообщать по адресу: Москва, И-278, ул. П. Корчагина, 22, строительный факультет Всесоюзного заочного политехнического института.

ВВЕДЕНИЕ

Устройство свайных фундаментов известно с глубокой древности. В ряде стран и по сей час сохранились остатки свайных фундаментов, сооруженных за много веков до нашей эры. Однако многие века устройство свайных фундаментов было ограничено одним материалом свай и способом их погружения: до середины XIX в. сваи изготовляли исключительно из дерева. Это ограничивало область их применения, так как в условиях переменного увлажнения деревянные сваи быстро загнивают. Поэтому, как правило, деревянные сваи применяли и применяют только в тех случаях, когда они полностью погружены ниже самого низкого уровня грунтовых или поверхностных вод. Только в последнее время появились способы консервирования древесины, благодаря чему можно повысить срок службы деревянных свай в условиях переменного увлажнения их и высыхания.

Несовершенны были и методы погружения свай. Как правило, сваи забивали молотом, подвешенным на канате к треноге. Такой способ забивки был малопроизводителен и, кроме того, часто являлся причиной производственного травматизма среди рабочих, забивавших сваи.

В 1828 г. русский военный специалист Маслов сконструировал первый механический копер для погружения свай. По существу с этого момента началась история широкого развития свайных фундаментов.

В 1889 г. инж. С. А. Арциш изобрел паровой сваебойный молот одиночного действия, надолго вошедший в практику строительства. После окончания первой мировой войны появились сваебойные молоты двойного действия, весьма удобные как для погружения, так и для выдергивания свай.

Появление железобетона позволило устраивать из этого материала свайные фундаменты, независимо от уровня грунтовых или поверхностных вод. Для забивки железобетонных свай были созданы мощные сваебойные агрегаты — копры с паровыми молотами. Начиная с конца XIX в. свайные фундаменты завоевывают все большее признание.

Бетон на гидравлическом вяжущем стал основой развития другого метода устройства бетонных свай — непосредственно в грунте,

в заранее подготовленных скважинах. Впервые такой способ устройства свайных фундаментов был применен инж. А. Э. Страуссом в 1899 г. при постройке здания управления Юго-западных железных дорог в Киеве. С этого времени наряду с применением забивных свай начинается развитие конструкций набивных свай, изготавливаемых непосредственно в грунте.

Термины «забивные» и «набивные» сваи, ставшие общепринятыми, определяют основной принцип технологии и изготовления свай. Вместе с тем с развитием строительной техники такое деление некоторых видов свай провести затруднительно.

В дальнейшем начали внедрять новые способы погружения готовых свай — вибропогружением, вдавливанием, виброудавливанием и др. Появились металлические и железобетонные сваи, не забиваемые, а завинчиваемые в грунт. В условиях вечной мерзлоты образуют бурением лидерные скважины и затем погружают в них готовые сваи.

К набивным сваям стали относить и так называемые песчаные или грунтовые сваи, поскольку технология их устройства аналогична технологии устройства набивных бетонных свай. В действительности, как это показано в гл. 11, грунтовые сваи работают в грунте совершенно иначе, чем набивные бетонные.

Совершенствование технологии производства свайных работ и создание новых агрегатов для погружения готовых или устройства набивных свай приводят к созданию новых их видов.

В практике устройства свайных фундаментов все большее применение находят сваи с уширенной пятой. Уширение пяты повышает несущую способность сваи за счет передачи давления на большую площадь основания. Оказалось возможным устраивать уширенную пяту как у готовых, так и у набивных свай.

Армирование набивных свай с уширенной пятой позволяет широко применять их в таких условиях, когда они работают на выдергивание.

В настоящее время свайные фундаменты по мере развития точности их изготовления и погружения начинают вытеснять другие виды фундаментов.

Много нового внесено в методику определения несущей способности свай. На основе известных в XIX в. закономерностей теории линейно-деформируемой среды и характеристик физических свойств грунтов были предложены теоретические формулы для определения несущей способности свай. За рубежом обычно применяется формула Дёрра. В Советском Союзе была принята формула В. К. Дмоховского.

В России и за рубежом было разработано много формул, основанных на том или ином использовании общего уравнения работы падающего груза. В Советском Союзе и во многих зарубежных странах принята формула Н. М. Герсеванова, как наиболее полно отражающая все стороны работы по забивке свай. С появлением способа вибропогружения свай формулу для определения их несущей способности предложил Б. П. Татарников.

В настоящее время Строительными нормами и правилами (СНиП II-Б. 5—67) рекомендованы формулы, достаточно полно учитывающие все факторы, влияющие на несущую способность свай.

На основе разработки Д. Д. Барканом вопросов воздействия на грунт динамических нагрузок были созданы различные типы вибропогружателей. Участие в этой работе принимали А. Я. Луснин, О. А. Савинов, С. А. Цаплин и др.

В последние десятилетия разработаны такие эффективные методы производства работ по погружению свай, как применение электроосмоса, различного рода обмазок из синтетических смол и глин и тиксотропных рубашек.

Использование электроосмоса для погружения свай впервые было предложено в 1938 г. инж. Б. Ф. Рельтовым и А. В. Новиковым, а затем усовершенствовано коллективом сотрудников кафедры «Основания и фундаменты» Ленинградского института инженеров железнодорожного транспорта (ЛИИЖТ). Погружение свай в тиксотропных рубашках разработано по предложению Б. М. Гуменского и начинает получать большое распространение.

Совершенствовали методы устройства и создавали новые виды набивных свай русские и советские ученые А. Э. Страусс, Г. Л. Медведев, Н. М. Соколов, А. А. Луга, Е. В. Платонов, Е. Л. Хлебников, Г. Г. Шенайх, Ю. М. Абелев, Д. А. Романов и др. За рубежом этими вопросами занимались Вольфсхольц, Франк Шуман, Франки, Харлей Эббота, Вильхельми и др.

Примерами развития новых способов устройства свай могут служить пустотелые сваи и сваи-оболочки длиной до 60 м, несущие в отдельных случаях нагрузки до 1000 Т и более. Такие сваи успешно конкурируют с фундаментами глубокого заложения. В гражданском и особенно в жилищном строительстве обычные фундаменты неглубокого заложения, по предложению Л. М. Пешковского, все чаще заменяются фундаментами из коротких свай.

Короткие сваи (длиной 3—6 м) представляют большой интерес, так как применение их вместо ленточных фундаментов резко сокращает объем земляных работ, удешевляет строительство и позволяет без затруднений устраивать фундаменты в зимнее время.

Установлена закономерность, заключающаяся в том, что чем больше нагрузка, передаваемая на фундамент, тем эффективнее становится устройство свайных фундаментов по сравнению с ленточными или столбовыми. Так, при нагрузке на колонну порядка 800—1000 Т может потребоваться фундамент с площадью подошвы до 40—50 м², т. е. свайный фундамент в таком случае будет гораздо экономичнее. Поэтому в настоящее время в Советском Союзе почти 20% всех промышленных и гражданских зданий возводят на свайных фундаментах.

Директивами XXIV съезда КПСС в девятой пятилетке предусмотрена громадная программа строительства. Общий объем капитальных вложений за пятилетку определен в размере 501 млрд. руб. или почти на 42% больше, чем в прошлом пятилетии. За пятилетие

будут построены жилые дома общей площадью 580 млн. м². Производительность труда в строительстве намечено повысить на 37%.

Для выполнения этой программы необходимо, в частности, увеличить масштаб применения свайных фундаментов. Повысить технико-экономическую эффективность таких фундаментов можно путем использования более современных конструкций свайных фундаментов и методов их устройства с использованием высокопроизводительных сваепогружающих и специальных агрегатов для устройства набивных свай, прогрессивной организации производства.

Изложение перечисленных вопросов устройства свайных фундаментов и технологии свайных работ на основе обобщения отечественного и зарубежного опыта составляет содержание настоящей книги.

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ ГОТОВЫЕ (ЗАБИВНЫЕ) СВАИ

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СВАЯХ И СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТАХ

1. Назначение и работа свай в грунте

Сваи представляют собой круглые или многогранные стержни (деревянные, бетонные, железобетонные или металлические), погруженные в грунт. По длине они могут быть постоянного сечения (цилиндрические и призматические) и переменного (конические и пирамидальные).

Использование свай при устройстве фундаментов зданий и сооружений, известное с самой глубокой древности, в настоящее время получает все большее распространение. Основное назначение свай заключается в том, чтобы передать нагрузку от здания или сооружения на более глубокие слои грунта, обладающие необходимой несущей способностью.

Группу свай, образующую свайный фундамент, поверху связывают жесткой конструкцией в виде балки или плиты, обеспечивающей передачу давления от сооружения на все сваи и препятствующей горизонтальному перемещению верхних частей свай.

Конструкции, связывающие головы свай, называют ростверками и выполняют их в зависимости от материала свай и постоянного уровня грунтовых вод из дерева, бетона или железобетона. Различают ростверки высокие и низкие (рис. 1.1). Высокими называют ростверки с нижней

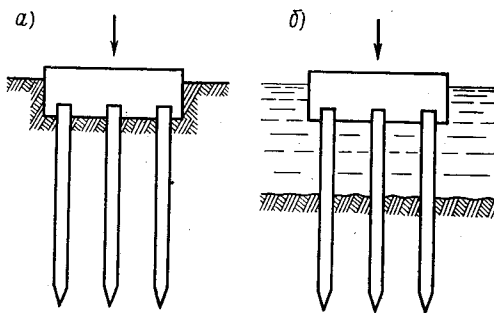


Рис. 1.1. Свайные фундаменты:
а — с низким ростверком; б — с высоким ростверком

плоскостью, лежащей выше поверхности грунта. Такие ростверки устраивают в тех случаях, когда поверхность грунта покрыта водой (например, при строительстве набережных, мостовых опор и т. д.). Однако возможно устройство высоких ростверков и при строительстве гражданских зданий (например, при устройстве технического подполья).

Низкими называют ростверки с нижней плоскостью, заглубленной в грунт. В промышленном и гражданском строительстве чаще применяют низкие ростверки. Отметка заглубления низкого ростверка в грунт зависит от наличия подвалов и проходящих в них подземных коммуникаций, возможности пучения грунтов, глубины заложения соседних фундаментов и ряда других причин.

Свая нижним концом может опираться на практически несжимаемые грунты: скальные, плотные крупнообломочные, плотные песчаные, плотные малосжимаемые глинистые в твердом состоянии

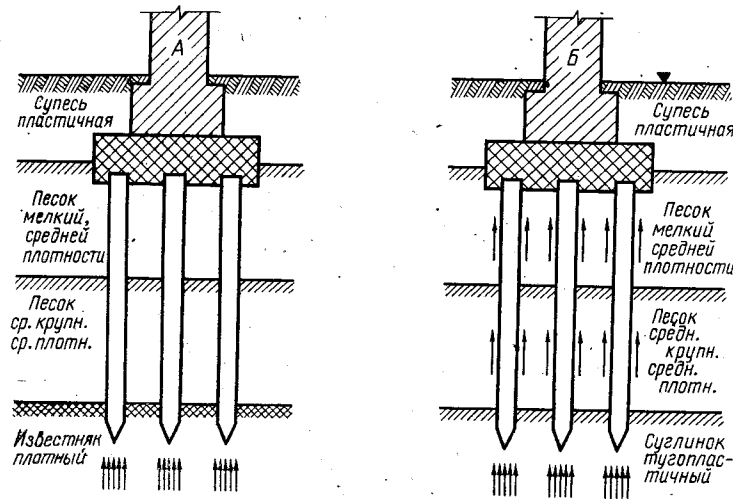


Рис. 1.2. Свайные фундаменты:
А — на сваях-стойках; Б — на висячих сваях

(при показателе консистенции $B < 0$). В таких случаях все давление на грунт основания передается только через нижний конец свай, по площади ее поперечного сечения. Такие сваи называют сваями-стойками.

Сваи можно опереть на несжимаемые грунты далеко не всегда. По большей части нижние концы свай остаются в сжимаемых грунтах. В этих случаях нагрузка от свай воспринимается грунтом как по площади поперечного сечения свай, так и по ее боковой поверхности. Такие сваи называют висячими или сваями трения. Это название сваи получили от развития сил трения по их боковой поверхности (рис. 1.2).

Следует отметить, что силы трения, развиваемые по боковой поверхности сваи в процессе ее погружения и в эксплуатационных условиях, резко разнятся по своей величине. Поэтому проектную величину несущей способности висячей сваи определяют по величине сил трения, развивающихся в эксплуатационных условиях.

Несущую способность свай определяют различными способами, о чем будет сказано в дальнейшем. Однако уже сейчас необходимо

отметить, что несущая способность свайного фундамента из свай-стоек всегда равна сумме несущих способностей отдельных свай в фундаменте.

Особенности работы в грунте висячих свай, как это показано в гл. 2, таковы, что несущая способность фундамента из висячих свай, как правило, меньше суммы несущих способностей отдельных свай в фундаменте.

2. Основы классификации свай

По роду материала, как уже было сказано ранее, сваи могут быть деревянные, металлические, бетонные и железобетонные. В последнее время начали применять грунтобетонные или грунтоцементные сваи. Кроме того, в технологии производства свайных работ рассматриваются еще так называемые грунтовые сваи, о которых сказано в гл. 11.

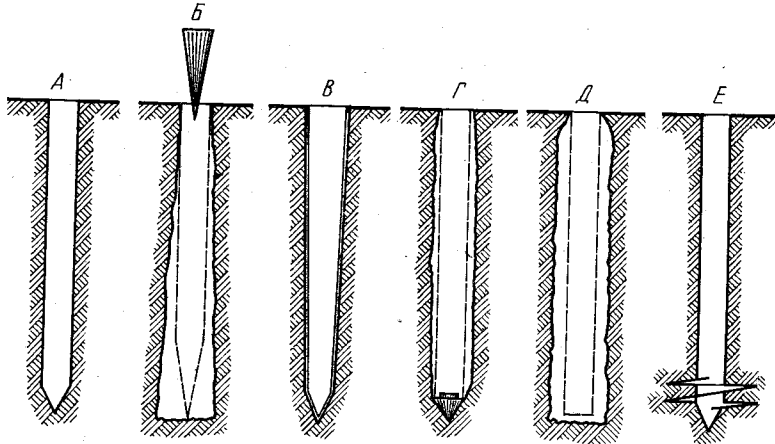


Рис. 1.3. Основные типы свай:

А — готовая (забивная) свая, погружаемая забивкой или вибрированием; Б — набивная свая без оболочки, скважина пробивается тяжелым конусом; В — набивная свая с оболочкой, остающейся в грунте (оболочка из тонкого листового железа забивается с помощью сердечника); Г — набивная свая со съемной оболочкой (оболочка из стальной трубы со съемным башмаком забивается в грунт и по мере бетонирования извлекается); Д — набивная свая со съемной оболочкой без башмака или без оболочки (скважина образуется бурением); Е — винтовая свая. Пунктиром показаны контуры скважин, сплошными линиями — контуры свай

По способу внедрения в грунт различают сваи готовые, погружаемые в грунт забивкой, задавливанием, завинчиванием и т. п., и набивные, изготавливаемые непосредственно в скважине, предварительно пробуренной или пробитой в грунте.

Готовые сваи, погружаемые в грунт с помощью молотов и вибропогружателей, называют забивными сваями (рис. 1.3А). Поперечное сечение свай может быть сплошным (полнотелые сваи) или полым (пустотелые сваи и сваи-оболочки). Принципиаль-

Таблица 1.1

Общая схема классификации свай по их видам

| Материал ствола свай | Характеристика сечения | Форма сечения свай | Форма по длине ствола свай | Способ погружения или изготовления | Примечание |
|----------------------|--------------------------------|----------------------------------|--|--|---|
| Дерево | Сплошное | Круг | Цилиндр | Забивка или вибропогружение | — |
| | » | Близкое к кругу | » | Набивка бетона в буровую скважину | Возможно устройство арматурного каркаса |
| | » | То же | » | Набивка бетона в извлекаемую забивную оболочку | То же |
| Бетон | » | Круг | Слегка коническая | Набивка бетона в остающуюся забивную оболочку | » |
| | » | Квадрат, многоугольник, круг | Призма, усеченная пирамида, цилиндр, конус | Забивка или вибропогружение | Арматурный каркас или жесткие стержни |
| | Пустотелое ($d < 800$ мм) | Кольцо, пустотелый многоугольник | Цилиндр, конус | Вибропогружение | Арматурный каркас |
| Железобетон | Оболочка ($d > 800$ мм) | Кольцо | Цилиндр | » | То же |
| | Сплошное | Форма проката | Призма | Забивка, вибропогружение | — |
| Металл | Сплошное с винтовыми лопастями | Круг с винтовыми лопастями | Цилиндр (лопасти внизу) | Завинчивание | — |
| | Оболочка | Кольцо | Цилиндр | Вибропогружение | — |
| | Сплошное | Форма проката | Призма | Забивка, вибропогружение | — |

ного различия между сваями пустотелыми и сваями-оболочками нет. Обычно при диаметре (стороне) поперечного сечения сваи до 800 мм и наличии внутренней полости сваи называют пустотелыми. При тех же условиях, но при диаметре более 800 мм сваи относят к оболочкам.

Пустотелые сваи и сваи-оболочки могут быть с открытым или с закрытым нижним концом, что сказывается на способе производства работ и на несущей способности.

Для повышения несущей способности сваи у ее нижнего конца устраивают уширенную пятую (разбуриванием или камуфлетным взрывом). Устройство уширенной пяты возможно у забивных свай, но более характерно для набивных.

Технология устройства пяты изложена в главах 14 и 15.

Конструкции готовых свай более или менее стандартны, тогда как конструкции набивных весьма разнообразны. Скважины для устройства набивных свай можно образовывать непосредственно в грунте бурением или пробивкой, под защитой обсадной трубы или без нее, причем обсадную трубу чаще всего удаляют после бетонирования сваи или оставляют в качестве внешней оболочки.

Возможно комбинирование различных методов устройства ствола сваи и уширенной пяты. Все это затрудняет составление общей классификации свай как по способу их устройства, так и по другим признакам. Представленную в табл. 1.1 общую схему классификации свай по их видам можно рассматривать только как предварительную. Основная — детальная — классификация набивных свай приведена в гл. 11.

3. Характеристики отдельных видов забивных свай

Деревянные сваи изготавливают из лесоматериалов хвойных пород. Такие сваи могут быть цельными — по всей длине из одного бревна — и сращенными из двух бревен. Сращивать сваи более чем из двух бревен не допускается (рис. 1.4). Воз-

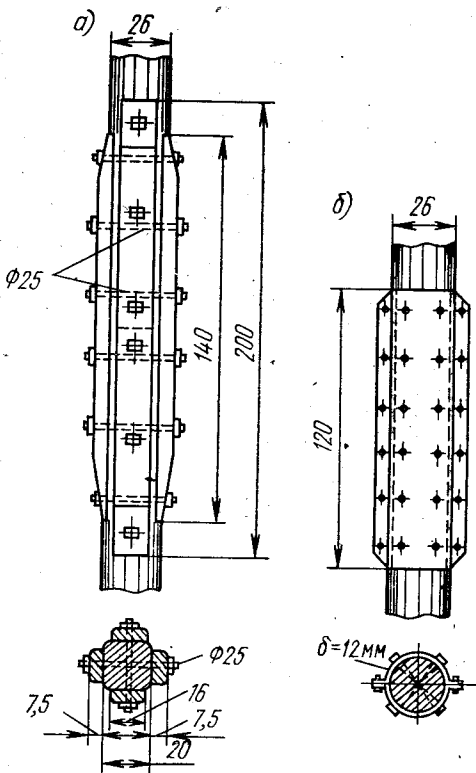


Рис. 1.4. Конструкции стыков деревянных свай

можно применение пакетных свай, сплоченных из нескольких цельных или сращенных по длине бревен или брусьев.

Диаметр бревен для цельных и составных по длине свай в тонкой отрубе должен быть не менее 18 см, а для пакетных свай — не

Таблица 1.2

Сортамент свайного леса

| Длина свай, м | Объем (м³) при диаметре свай в верхнем отрубе, см | | | | | | | | | |
|---------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 |
| 4,5 | 0,11 | 0,14 | 0,17 | 0,20 | 0,24 | 0,28 | 0,33 | 0,38 | 0,43 | 0,49 |
| 5,0 | 0,12 | 0,16 | 0,19 | 0,23 | 0,27 | 0,32 | 0,37 | 0,43 | 0,48 | 0,54 |
| 5,5 | 0,14 | 0,18 | 0,22 | 0,26 | 0,30 | 0,36 | 0,41 | 0,47 | 0,54 | 0,60 |
| 6,0 | 0,16 | 0,19 | 0,24 | 0,28 | 0,33 | 0,39 | 0,45 | 0,52 | 0,59 | 0,66 |
| 7,0 | 0,19 | 0,23 | 0,28 | 0,34 | 0,40 | 0,47 | 0,54 | 0,62 | 0,70 | 0,79 |
| 8,0 | 0,23 | 0,28 | 0,34 | 0,40 | 0,47 | 0,55 | 0,63 | 0,72 | 0,82 | 0,92 |
| 9,0 | 0,27 | 0,33 | 0,39 | 0,47 | 0,55 | 0,63 | 0,73 | 0,83 | 0,94 | 1,06 |
| 10,0 | 0,31 | 0,38 | 0,45 | 0,54 | 0,63 | 0,72 | 0,83 | 0,95 | 1,08 | 1,21 |
| 11,0 | 0,36 | 0,44 | 0,52 | 0,61 | 0,71 | 0,83 | 0,95 | 0,98 | 1,22 | 1,36 |
| 12,0 | 0,41 | 0,50 | 0,59 | 0,70 | 0,81 | 0,93 | 1,07 | 1,21 | 1,37 | 1,53 |

менее 16 см. При конструировании деревянных свай следует руководствоваться сортаментом свайного леса по ГОСТ 9463—60 (табл. 1.2).

Применять деревянные сваи можно в тех местностях, где древесина является местным строительным материалом, при условии, что головы свай после срезки всегда будут находиться на 0,5 м ниже самого низкого уровня воды. В случаях устройства ростверка также из древесины верхняя плоскость деревянного ростверка должна находиться на 0,5 м ниже самого низкого уровня воды в период эксплуатации зданий и сооружений на фундаментах из деревянных свай.

Перед забивкой нижние концы деревянных свай заостряют, придавая им форму трех- или четырехгранной пирамиды при общей длине заострения $2d+5$ см, где d — диаметр сваи. При проходке грунтов плотных или имеющих твердые прослойки и включения на острие сваи надевают металлический башмак. На голову сваи надевают металлическое кольцо — бугель. При погружении деревянных свай вибраторами головы свай обрабатывают соответственно конструкции вибратора (рис. 1.5).

Учитывая сказанное, заготовительная длина свай должна быть больше расчетной на величину острия и срезаемого участка головы.



Рис. 1.5. Деревянная свая: 1 — ствол; 2 — заостренный нижний конец с металлическим башмаком; 3 — голова сваи с бугелем

Нагрузку, которую может воспринять деревянная свая по прочности материала на сжатие вдоль волокон, определяют из выражения

$$P = k_m m F_{нт} R_c \quad (1.1)$$

где $F_{нт}$ — площадь нетто поперечного сечения ствола сваи, m^2 ; R_c — расчетное сопротивление древесины сжатию вдоль волокон $k_m=0,8$ — коэффициент однородности материала сваи; $m=0,7$ — коэффициент условий работы.

Примерные значения нагрузок, которые могут воспринять деревянные сваи по прочности материала на сжатие, приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Примерные значения нагрузок, воспринимаемых деревянными сваями по прочности материала

| Диаметр среднего сечения, см | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 |
|------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Нагрузка, Т | 10 | 12 | 15 | 18 | 20 | 23 | 27 | 30 |

Бревна для изготовления деревянных свай должны быть очищены от коры, наростов и сучьев. Естественная сбежистость стволов бревен сохраняется.

Бревна в срощенных по длине и в пакетных сваях соединяют впритык с помощью металлических накладок или стыковых патрубков. Стыки бревен в пакетных сваях располагают вразбежку. Отклонения от размеров деревянных свай, принятых по проекту, допускаются в следующих пределах (в мм):

| | |
|---|-----|
| ± диаметре свай, в верхнем отрубе | —20 |
| ± длине острия сваи | ±30 |
| ± кривизне сваи (стрелка) | 10 |
| ± смещении острия сваи от центра | 10 |

Забивные железобетонные сваи и сваи-оболочки применяют в различных конструктивных вариантах; изготавливают их из обычного или предварительно напряженного железобетона. Конструкции таких свай показаны на рис. 1.6.

Более распространены железобетонные призматические сваи сплошного квадратного сечения (рис. 1.7). Такие сваи имеют размеры поперечных сечений от 200×200 до 400×400 мм и длину от 3,0 до 20—24,0 м.

Интервалы длины для таких свай приняты для длин от 3,0 до 6,0 м через 0,5 м и для длин от 6,0 до 24,0 м через 1,0 м. Ненапряженные сваи изготавливают длиной от 3,0 до 16,0 м, а предварительно напряженные — длиной более 16,0 м. Армируют сплошные призматические железобетонные сваи по расчету продольными стержнями из горячекатаной арматурной стали периодического профиля диа-

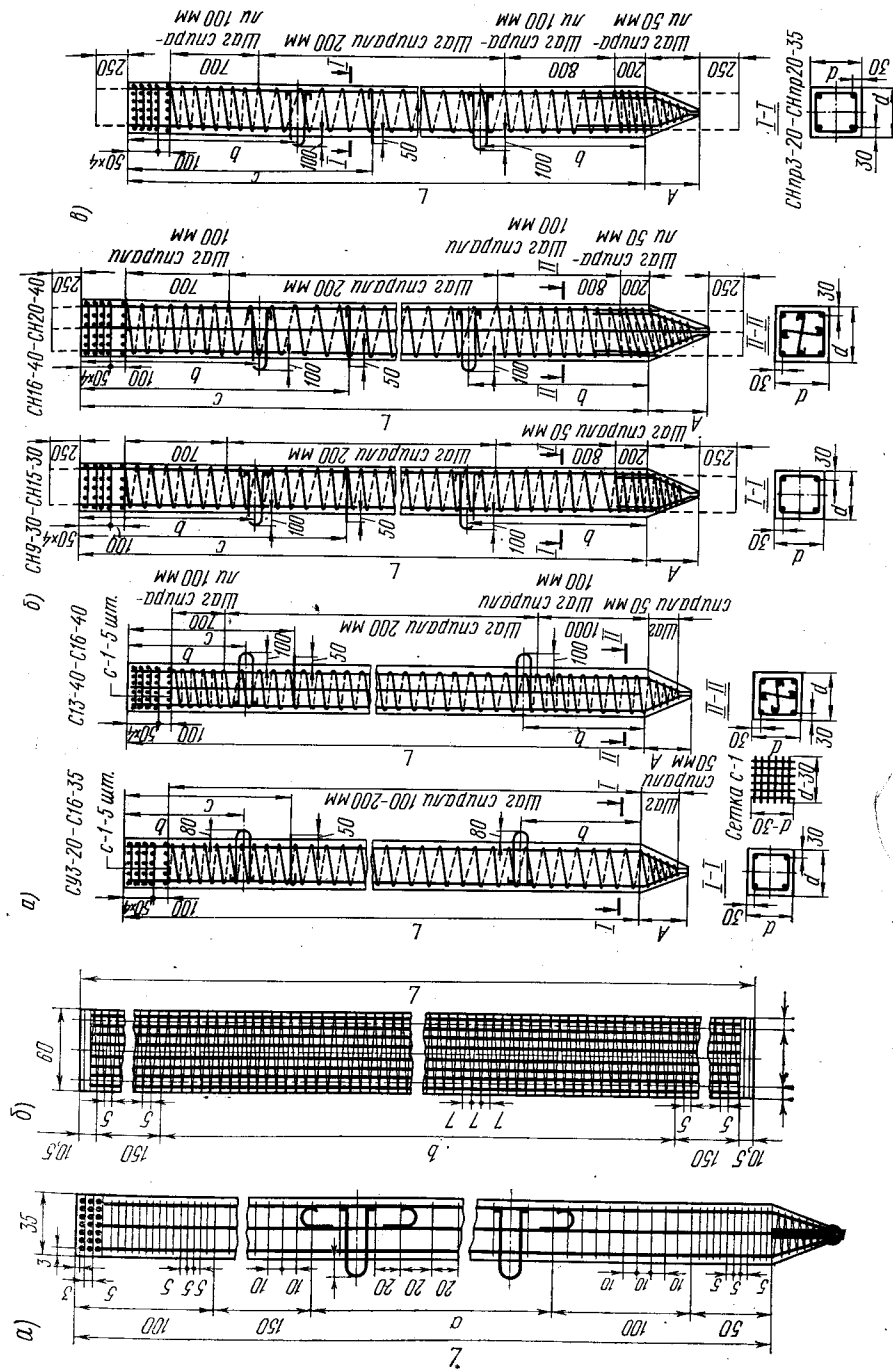


Рис. 1.6. Конструкции железобетонных свай:
а — монолитная квадратного сечения;
б — звено пустотелой сваи

Рис. 1.7. Железобетонные сваи квадратного сечения серии 1-011-1:
а — ненапряженные; б — напряженно-армированные со стержневой арматурой;
в — напряженно-армированные с высокопрочной проволокой и семипроволочными прядями

Номенклатура и основные показатели железобетонных сплошных свай квадратного сечения серии 1-011-1 без напряжения арматуры

| Марка свай | Основные размеры, мм | | | | | Расход на 1 сваю | | Вес свай, т | Марка бетона |
|------------|----------------------|-----|-----|------|------|------------------------|--------------|-------------|--------------|
| | L | d | A | b | c | бетона, м ³ | арматуры, кг | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| СУ 3-20 | 3000 | 200 | 250 | 600 | — | 0,12 | 16,4 | 0,31 | 200 |
| СУ 3,5-20 | 3500 | 200 | 250 | 700 | — | 0,14 | 18,7 | 0,36 | 200 |
| СУ 4-20 | 4000 | 200 | 250 | 800 | — | 0,16 | 20,8 | 0,41 | 200 |
| СУ 4,5-20 | 4500 | 200 | 250 | 900 | — | 0,18 | 23,1 | 0,46 | 200 |
| СУ 5-20 | 5000 | 200 | 250 | 1000 | — | 0,20 | 25,3 | 0,51 | 200 |
| СУ 5,5-20 | 5500 | 200 | 250 | 1100 | 1600 | 0,22 | 27,8 | 0,56 | 200 |
| СУ 6-20 | 6000 | 200 | 250 | 1200 | 1800 | 0,24 | 30,0 | 0,61 | 200 |
| СУ 7-20 | 7000 | 200 | 250 | 1400 | 2100 | 0,28 | 34,5 | 0,71 | 200 |
| СУ 3-25 | 3000 | 250 | 320 | 600 | — | 0,19 | 17,9 | 0,48 | 200 |
| СУ 3,5-25 | 3500 | 250 | 320 | 700 | — | 0,22 | 20,1 | 0,56 | 200 |
| СУ 4-25 | 4000 | 250 | 320 | 800 | — | 0,26 | 22,1 | 0,65 | 200 |
| СУ 4,5-25 | 4500 | 250 | 320 | 900 | — | 0,29 | 25,0 | 0,72 | 200 |
| СУ 5-25 | 5000 | 250 | 320 | 1000 | — | 0,32 | 27,1 | 0,80 | 200 |
| СУ 5,5-25 | 5500 | 250 | 320 | 1100 | — | 0,35 | 28,8 | 0,88 | 200 |
| СУ 6-25 | 6000 | 250 | 320 | 1200 | — | 0,38 | 31,2 | 0,95 | 200 |
| СУ 7-25 | 7000 | 250 | 320 | 1400 | 2100 | 0,44 | 35,7 | 1,11 | 200 |
| СУ 8-25 | 8000 | 250 | 320 | 1600 | 2400 | 0,51 | 39,9 | 1,27 | 200 |
| СУ 3-30 | 3000 | 300 | 340 | 600 | — | 0,28 | 20,4 | 0,72 | 200 |
| СУ 3,5-30 | 3500 | 300 | 340 | 700 | — | 0,33 | 22,7 | 0,83 | 200 |
| СУ 4-30 | 4000 | 300 | 340 | 800 | — | 0,37 | 24,7 | 0,94 | 200 |
| СУ 4,5-30 | 4500 | 300 | 340 | 900 | — | 0,41 | 26,9 | 1,05 | 200 |
| СУ 5-30 | 5000 | 300 | 340 | 1000 | — | 0,46 | 30,0 | 1,16 | 200 |
| СУ 5,5-30 | 5500 | 300 | 340 | 1100 | — | 0,51 | 32,3 | 1,28 | 200 |
| СУ 6-30 | 6000 | 300 | 340 | 1200 | — | 0,55 | 34,4 | 1,39 | 200 |
| СУ 7-30 | 7000 | 300 | 340 | 1400 | 2100 | 0,64 | 39,2 | 1,62 | 200 |
| СУ 8-30 | 8000 | 300 | 340 | 1600 | 2400 | 0,73 | 43,5 | 1,84 | 300 |
| С 9-30 | 9000 | 300 | 340 | 1800 | 2600 | 0,82 | 59,8 | 2,06 | 300 |
| С 10-30 | 10 000 | 300 | 340 | 2100 | 2900 | 0,91 | 65,4 | 2,29 | 300 |
| С 11-30 | 11 000 | 300 | 340 | 2300 | 3200 | 1,00 | 87,8 | 2,50 | 300 |
| С 12-30 | 12 000 | 300 | 340 | 2500 | 3500 | 1,09 | 94,9 | 2,74 | 300 |
| СУ 8-35 | 8 000 | 350 | 400 | 1600 | 2400 | 1,00 | 46,7 | 2,50 | 300 |
| СУ 9-35 | 9 000 | 350 | 400 | 1800 | 2600 | 1,12 | 51,3 | 2,80 | 300 |
| С 10-35 | 10 000 | 350 | 400 | 2100 | 2900 | 1,24 | 70,6 | 3,12 | 300 |
| С 11-35 | 11 000 | 350 | 400 | 2300 | 3200 | 1,36 | 93,1 | 3,42 | 300 |
| С 12-35 | 12 000 | 350 | 400 | 2500 | 3500 | 1,49 | 100,4 | 3,70 | 300 |
| С 13-35 | 13 000 | 350 | 400 | 2700 | 3800 | 1,61 | 132,2 | 4,03 | 300 |
| С 14-35 | 14 000 | 350 | 400 | 2900 | 4100 | 1,73 | 167,7 | 4,34 | 300 |
| С 15-35 | 15 000 | 350 | 400 | 3100 | 4400 | 1,85 | 178,7 | 4,64 | 300 |
| С 16-35 | 16 000 | 350 | 400 | 3300 | 4700 | 1,98 | 223,6 | 4,95 | 300 |
| С 13-40 | 13 000 | 400 | 450 | 2700 | 3800 | 2,10 | 162,4 | 5,28 | 300 |
| С 14-40 | 14 000 | 400 | 450 | 2900 | 4100 | 2,26 | 197,7 | 5,62 | 300 |
| С 15-40 | 15 000 | 400 | 450 | 3100 | 4400 | 2,42 | 239,1 | 6,05 | 300 |
| С 16-40 | 16 000 | 400 | 450 | 3300 | 4700 | 2,58 | 290,3 | 6,45 | 300 |

метром от 12 до 22 мм класса А-II и поперечной арматурой: спиралями, сетками в голове свай и петлями из обыкновенной арматурной проволоки класса А-I диаметром 5—6 мм. Бетон для свай с ненапряженной арматурой принимают марки 200 и для свай с предварительно напряженной арматурой — марки 300.

В качестве крупного заполнителя для бетона применяют щебень крупностью не более 40 мм.

Железобетонные сваи сплошного сечения по прочности материала (по первому предельному состоянию) рассчитывают по формуле

$$P = k_b m (R_{пр} F_b + m_a R_a F_a), \quad (1.2)$$

где $R_{пр}$ — расчетное сопротивление бетона при осевом сжатии, T/M^2 ; R_a — расчетное сопротивление арматуры, T/M^2 ; F_b — площадь поперечного сечения свай, M^2 ; F_a — то же, всех стержней продольной арматуры, M^2 ; m_a — коэффициент условий работы арматуры; m — то же, работы бетона; k_b — коэффициент однородности для бетона.

При устройстве свай с высоким ростерком в выражение (1.2) вводят коэффициент продольного изгиба φ .

Расчет прочности железобетонных свай по трещиностойкости и по первому предельному состоянию как изгибаемых элементов, ведут на усилия, возникающие при подъеме свай и при их транспортировании. При этом проверяют сваю по двум расчетным схемам:

на подъем свай на копер за одну точку, удаленную от головы свай на $0,294 l$ (где l — длина свай);

на транспортирование свай крапом при строповке их с помощью траверсы за две точки, удаленные от концов свай на $0,207 l$.

Прочность и трещиностойкость свай при подъеме на копер и транспортировании определяют от нагрузки собственным весом с коэффициентом динамичности $K_d = 1,25$ без учета коэффициента перегрузки.

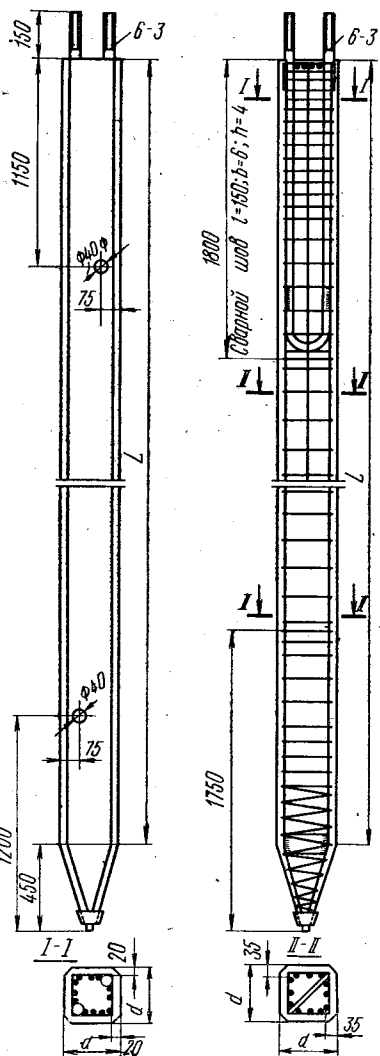


Рис. 1.8. Сплошные железобетонные сваи квадратного сечения с продольным анкером для линий электропередачи

Примечание. Марки свай расшифровывают следующим образом: СУ — свая устойчивая; С — свая нетрещиностойкая. Первое число означает длину свай в м, второе — сторону сечения свай в см. Обозначения размеров показаны на рис. 1.7.

Таблица 1.5

Номенклатура и основные показатели железобетонных сплошных свай квадратного сечения серии 1-011-1 напряженно-армированных высокопрочной проволокой и семипроволочными прядями

| Марка свай | Основные размеры, мм | | | | | Расход на 1 сваю | | Вес свай, т | Марка бетона |
|-------------|----------------------|-----|-----|------|------|------------------------|--------------|-------------|--------------|
| | L | d | A | b | c | бетона, м ³ | арматуры, кг | | |
| | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| СНпр 3-20 | 3 000 | 200 | 250 | 600 | — | 0,12 | 9,4 | 0,31 | 300 |
| СНпр 3,5-20 | 3 500 | 200 | 250 | 700 | — | 0,14 | 10,1 | 0,36 | 300 |
| СНпр 4-20 | 4 000 | 200 | 250 | 800 | — | 0,16 | 10,9 | 0,41 | 300 |
| СНпр 4,5-20 | 4 500 | 200 | 250 | 900 | — | 0,18 | 11,6 | 0,46 | 300 |
| СНпр 5-20 | 5 000 | 200 | 250 | 1000 | — | 0,20 | 12,4 | 0,51 | 300 |
| СНпр 5,5-20 | 5 500 | 200 | 250 | 1100 | — | 0,22 | 13,2 | 0,56 | 300 |
| СНпр 6-20 | 6 000 | 200 | 250 | 1200 | — | 0,24 | 14,0 | 0,61 | 300 |
| СНпр 7-20 | 7 000 | 200 | 250 | 1400 | 2100 | 0,28 | 15,7 | 0,71 | 300 |
| СНпр 3-25 | 3 000 | 250 | 320 | 600 | — | 0,19 | 11,2 | 0,48 | 300 |
| СНпр 3,5-25 | 3 500 | 250 | 320 | 700 | — | 0,22 | 11,8 | 0,56 | 300 |
| СНпр 4-25 | 4 000 | 250 | 320 | 800 | — | 0,26 | 12,4 | 0,65 | 300 |
| СНпр 4,5-25 | 4 500 | 250 | 320 | 900 | — | 0,29 | 13,8 | 0,72 | 300 |
| СНпр 5-25 | 5 000 | 250 | 320 | 1000 | — | 0,32 | 14,3 | 0,80 | 300 |
| СНпр 5,5-25 | 5 500 | 250 | 320 | 1100 | — | 0,35 | 15,0 | 0,88 | 300 |
| СНпр 6-25 | 6 000 | 250 | 320 | 1200 | — | 0,38 | 15,5 | 0,95 | 300 |
| СНпр 7-25 | 7 000 | 250 | 320 | 1400 | 2100 | 0,44 | 17,1 | 1,11 | 300 |
| СНпр 8-25 | 8 000 | 250 | 320 | 1600 | 2400 | 0,51 | 18,4 | 1,27 | 300 |
| СНпр 3-30 | 3 000 | 300 | 340 | 600 | — | 0,28 | 13,8 | 0,72 | 300 |
| СНпр 3,5-30 | 3 500 | 300 | 340 | 700 | — | 0,33 | 14,6 | 0,83 | 300 |
| СНпр 4-30 | 4 000 | 300 | 340 | 800 | — | 0,37 | 15,2 | 0,94 | 300 |
| СНпр 4,5-30 | 4 500 | 300 | 340 | 900 | — | 0,41 | 15,9 | 1,05 | 300 |
| СНпр 5-30 | 5 000 | 300 | 340 | 1000 | — | 0,46 | 17,5 | 1,16 | 300 |
| СНпр 5,5-30 | 5 500 | 300 | 340 | 1100 | — | 0,51 | 18,3 | 1,28 | 300 |
| СНпр 6-30 | 6 000 | 300 | 340 | 1200 | — | 0,55 | 18,9 | 1,39 | 300 |
| СНпр 7-30 | 7 000 | 300 | 340 | 1400 | 2100 | 0,64 | 20,8 | 1,62 | 300 |
| СНпр 8-30 | 8 000 | 300 | 340 | 1600 | 2400 | 0,73 | 27,6 | 1,84 | 300 |
| СНпр 9-30 | 9 000 | 300 | 340 | 1800 | 2600 | 0,82 | 29,6 | 2,06 | 300 |
| СНпр 10-30 | 10 000 | 300 | 340 | 2100 | 2900 | 0,91 | 31,7 | 2,29 | 300 |
| СНпр 11-30 | 11 000 | 300 | 340 | 2300 | 3200 | 1,00 | 40,9 | 2,50 | 300 |
| СНпр 12-30 | 12 000 | 300 | 340 | 2500 | 3500 | 1,09 | 43,5 | 2,74 | 300 |
| СНпр 13-30 | 13 000 | 300 | 340 | 2700 | 3800 | 1,18 | 55,6 | 2,96 | 400 |
| СНпр 14-30 | 14 000 | 300 | 340 | 2900 | 4100 | 1,27 | 60,1 | 3,18 | 400 |
| СНпр 15-30 | 15 000 | 300 | 340 | 3100 | 4400 | 1,36 | 73,1 | 3,40 | 400 |
| СНпр 8-35 | 8 000 | 350 | 400 | 1600 | 2400 | 1,00 | 31,5 | 2,50 | 300 |
| СНпр 9-35 | 9 000 | 350 | 400 | 1800 | 2600 | 1,12 | 33,6 | 2,80 | 300 |
| СНпр 10-35 | 10 000 | 350 | 400 | 2100 | 2900 | 1,24 | 44,0 | 3,12 | 300 |
| СНпр 11-35 | 11 000 | 350 | 400 | 2300 | 3200 | 1,36 | 46,9 | 3,42 | 300 |
| СНпр 12-35 | 12 000 | 350 | 400 | 2500 | 3500 | 1,49 | 49,5 | 3,71 | 300 |
| СНпр 13-35 | 13 000 | 350 | 400 | 2700 | 3800 | 1,61 | 68,5 | 4,03 | 400 |
| СНпр 14-35 | 14 000 | 350 | 400 | 2900 | 4100 | 1,73 | 76,1 | 4,34 | 400 |
| СНпр 15-35 | 15 000 | 350 | 400 | 3100 | 4400 | 1,85 | 80,1 | 4,64 | 400 |
| СНпр 16-35 | 16 000 | 350 | 400 | 3300 | 4700 | 1,98 | 94,6 | 4,95 | 400 |
| СНпр 17-35 | 17 000 | 350 | 400 | 3500 | 5000 | 2,10 | 135,4 | 5,25 | 400 |

Продолжение табл. 1.5

| Марка свай | Основные размеры, мм | | | | | Расход на 1 сваю | | Вес свай, т | Марка бетона |
|------------|----------------------|-----|-----|------|------|------------------------|--------------|-------------|--------------|
| | L | d | A | b | c | бетона, м ³ | арматуры, кг | | |
| | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| СНпр 18-35 | 18 000 | 350 | 400 | 3700 | 5300 | 2,22 | 141,9 | 5,55 | 400 |
| СНпр 19-35 | 19 000 | 350 | 400 | 3900 | 5600 | 2,35 | 172,8 | 5,88 | 400 |
| СНпр 20-35 | 20 000 | 350 | 400 | 4100 | 5900 | 2,47 | 206,3 | 6,18 | 400 |
| СНпр 16-40 | 16 000 | 400 | 450 | 3300 | 4700 | 2,58 | 116,3 | 6,45 | 400 |
| СНпр 17-40 | 17 000 | 400 | 450 | 3500 | 5000 | 2,74 | 155,1 | 6,85 | 400 |
| СНпр 18-40 | 18 000 | 400 | 450 | 3700 | 5300 | 2,90 | 162,6 | 7,25 | 400 |
| СНпр 19-40 | 19 000 | 400 | 450 | 3900 | 5600 | 3,06 | 198,4 | 7,65 | 400 |
| СНпр 20-40 | 20 000 | 400 | 450 | 4100 | 5900 | 3,22 | 233,2 | 8,05 | 400 |
| СНп 11-30 | 11 000 | 300 | 340 | 2300 | 3200 | 1,00 | 37,3 | 2,50 | 300 |
| СНп 12-30 | 12 000 | 300 | 340 | 2500 | 3500 | 1,09 | 39,6 | 2,74 | 300 |
| СНп 13-30 | 13 000 | 300 | 340 | 2700 | 3800 | 1,18 | 59,4 | 2,96 | 400 |
| СНп 14-30 | 14 000 | 300 | 340 | 2900 | 4100 | 1,27 | 64,2 | 3,18 | 400 |
| СНп 15-30 | 15 000 | 300 | 340 | 3100 | 4400 | 1,36 | 67,7 | 3,40 | 400 |
| СНп 10-35 | 10 000 | 350 | 400 | 2100 | 2900 | 1,24 | 40,6 | 3,12 | 300 |
| СНп 11-35 | 11 000 | 350 | 400 | 2300 | 3200 | 1,36 | 57,5 | 3,42 | 300 |
| СНп 12-35 | 12 000 | 350 | 400 | 2500 | 3500 | 1,49 | 61,3 | 3,71 | 400 |
| СНп 13-35 | 13 000 | 350 | 400 | 2700 | 3800 | 1,61 | 67,4 | 4,03 | 400 |
| СНп 14-35 | 14 000 | 350 | 400 | 2900 | 4100 | 1,73 | 71,2 | 4,34 | 400 |
| СНп 15-35 | 15 000 | 350 | 400 | 3100 | 4400 | 1,85 | 99,5 | 4,64 | 400 |
| СНп 16-35 | 16 000 | 350 | 400 | 3300 | 4700 | 1,98 | 106,1 | 4,95 | 400 |
| СНп 17-35 | 17 000 | 350 | 400 | 3500 | 5000 | 2,10 | 134,6 | 5,25 | 400 |
| СНп 18-35 | 18 000 | 350 | 400 | 3700 | 5300 | 2,22 | 141,0 | 5,55 | 400 |
| СНп 19-35 | 19 000 | 350 | 400 | 3900 | 5600 | 2,35 | 209,7 | 5,88 | 400 |
| СНп 20-35 | 20 000 | 350 | 400 | 4100 | 5900 | 2,47 | 219,3 | 6,18 | 400 |
| СНп 16-40 | 16 000 | 400 | 450 | 3300 | 4700 | 2,53 | 136,3 | 6,45 | 400 |
| СНп 17-40 | 17 000 | 400 | 450 | 3500 | 5000 | 2,74 | 143,0 | 6,85 | 400 |
| СНп 18-40 | 18 000 | 400 | 450 | 3700 | 5300 | 2,90 | 149,6 | 7,25 | 400 |
| СНп 19-40 | 19 000 | 400 | 450 | 3900 | 5600 | 3,06 | 223,1 | 7,65 | 400 |
| СНп 20-40 | 20 000 | 400 | 450 | 4100 | 5900 | 3,22 | 232,9 | 8,05 | 400 |

Примечание. Марки свай расшифровывают следующим образом: СН — свая напряженная; пр — с арматурой из высокопрочной проволоки; п — с арматурой из семипроволочных прядей. Первое число означает длину свай в м, второе — сторону сечения в см.

В настоящее время действует номенклатура железобетонных свай сплошного сечения серии 1-011-1. Данные об этих видах свай приведены в табл. 1.4, 1.5 и 1.6.

На рис. 1.7 показаны железобетонные сваи сплошного сечения серии 1-011-1.

Кроме свай квадратного сечения, допускается применять прямоугольные сваи сечением 200×400 и 250×500 мм.

Для устройства подпорных стенок при укреплении берегов городских водоемов и для строительства набережных институтом

Номенклатура и основные показатели железобетонных сплошных свай квадратного сечения серии 1-011-1 с напряженной стержневой арматурой

Таблица 1.6

| Марка свай | Основные размеры, мм | | | | | Расход на 1 свая | | Вес, т | Марка бетона |
|------------|----------------------|-----|-----|------|------|------------------|--------------|--------|--------------|
| | L | d | A | b | c | бетона, м³ | арматуры, кг | | |
| СН 9-30 | 9 000 | 300 | 340 | 1800 | 2600 | 0,82 | 41,8 | 2,06 | 300 |
| СН 10-30 | 10 000 | 300 | 340 | 2100 | 2900 | 0,91 | 45,0 | 2,29 | 300 |
| СН 11-30 | 11 000 | 300 | 340 | 2300 | 3200 | 1,00 | 61,2 | 2,50 | 300 |
| СН 12-30 | 12 000 | 300 | 340 | 2500 | 3500 | 1,09 | 65,4 | 2,74 | 300 |
| СН 13-30 | 13 000 | 300 | 340 | 2700 | 3800 | 1,18 | 89,6 | 2,96 | 400 |
| СН 14-30 | 14 000 | 300 | 340 | 2900 | 4100 | 1,27 | 96,3 | 3,18 | 400 |
| СН 15-30 | 15 000 | 300 | 340 | 3100 | 4400 | 1,36 | 124,3 | 3,41 | 400 |
| СН 10-35 | 10 000 | 350 | 400 | 2100 | 2900 | 1,24 | 50,7 | 3,12 | 300 |
| СН 11-35 | 11 000 | 350 | 400 | 2300 | 3200 | 1,36 | 67,1 | 3,42 | 300 |
| СН 12-35 | 12 000 | 350 | 400 | 2500 | 3500 | 1,49 | 71,5 | 3,71 | 300 |
| СН 13-35 | 13 000 | 350 | 400 | 2700 | 3800 | 1,61 | 96,4 | 4,03 | 400 |
| СН 14-35 | 14 000 | 350 | 400 | 2900 | 4100 | 1,73 | 102,2 | 4,34 | 400 |
| СН 15-35 | 15 000 | 350 | 400 | 3100 | 4400 | 1,85 | 131,1 | 4,64 | 400 |
| СН 16-35 | 16 000 | 350 | 400 | 3300 | 4700 | 1,98 | 167,1 | 4,95 | 400 |
| СН 17-35 | 17 000 | 350 | 400 | 3500 | 5000 | 2,10 | 212,8 | 5,25 | 400 |
| СН 18-35 | 18 000 | 350 | 400 | 3700 | 5300 | 2,22 | 263,1 | 5,55 | 400 |
| СН 19-35 | 19 000 | 350 | 400 | 3900 | 5600 | 2,35 | 345,1 | 5,88 | 400 |
| СН 20-35 | 20 000 | 350 | 400 | 4100 | 5900 | 2,47 | 443,0 | 6,18 | 400 |
| СН 16-40 | 16 000 | 400 | 450 | 3300 | 4700 | 2,58 | 209,9 | 6,45 | 400 |
| СН 17-40 | 17 000 | 400 | 450 | 3500 | 5000 | 2,74 | 220,6 | 6,85 | 400 |
| СН 18-40 | 18 000 | 400 | 450 | 3700 | 5300 | 2,90 | 287,4 | 7,25 | 400 |
| СН 19-40 | 19 000 | 400 | 450 | 3900 | 5600 | 3,06 | 372,3 | 7,65 | 400 |
| СН 20-40 | 20 000 | 400 | 450 | 4100 | 5900 | 2,22 | 467,9 | 8,06 | 400 |

Примечание. СН в марке свай означает — свая напряженная, первое число — длину свай в м, второе число — сторону сечения свай в см.

Таблица 1.7

Номенклатура и основные показатели железобетонных сплошных свай прямоугольного сечения (разработаны институтом «Мосинжпроект»)

| Марка свай | Основные размеры, мм | | Расход на 1 свая | | Вес свай, т | Марка бетона |
|------------|----------------------|---------|------------------|--------------|-------------|--------------|
| | длина | сечение | бетона, м³ | арматуры, кг | | |
| св-4 | 4 000 | 200×300 | 0,24 | 62,75 | 0,6 | 200 |
| св-5,5 | 5 500 | 200×300 | 0,33 | 104,41 | 0,83 | 200 |
| сн-6 | 6 000 | 250×350 | 0,53 | 91,60 | 1,34 | 300 |
| сн-7 | 7 000 | 250×350 | 0,62 | 101,30 | 1,56 | 300 |
| сн-8 | 8 000 | 250×350 | 0,71 | 110,80 | 1,77 | 300 |
| сн-9 | 9 000 | 250×350 | 0,80 | 120,50 | 2,00 | 300 |
| сн-10 | 10 000 | 250×350 | 0,87 | 130,10 | 2,19 | 300 |
| сн-11 | 11 000 | 250×350 | 0,96 | 139,80 | 2,41 | 300 |
| сн-12 | 12 000 | 250×350 | 1,05 | 149,20 | 2,625 | 300 |

Примечание. В марках свай св означает свая для устройства подпорных стенок при укреплении берегов городских водоемов; сн — свая для строительства набережных; число — длину свай в м.

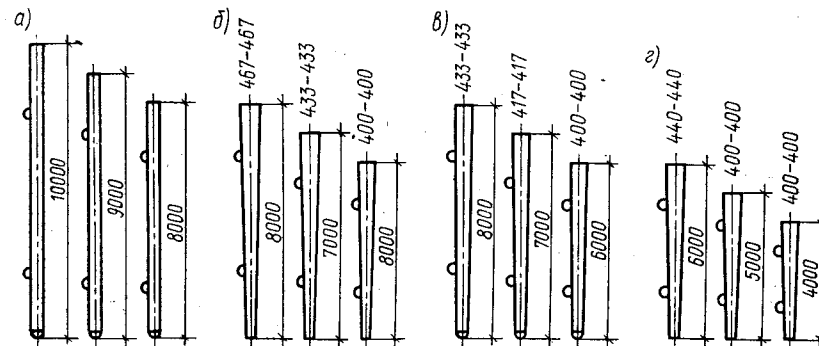


Рис. 1.9. Набор типоразмеров призматических и пирамидальных свай без поперечной арматуры ствола:

а — сечение 300×300 мм (ПРС); б — нижний конец 200×200 мм, верхний конец переменный, сбеги грани 0,016 (ОСПН); в — нижний конец 300×300 мм, верхний конец переменный, сбеги грани 0,008 (ШСПН); г — нижние концы 200×200, 200×200 и 240×240 мм, верхние концы переменные, сбеги грани 0,02 (КСП)

«Мосинжпроект» разработана специальная номенклатура свай прямоугольного сечения (табл. 1.7).

В последнее десятилетие были разработаны конструкции забивных железобетонных предварительно напряженных свай сплошного сечения без поперечной арматуры в стволе сваи (серия 1-001-2) (рис. 1.9). В таких сваях предварительно напряженная арматура расположена в центре сечения сваи, что позволило отказаться от армирования острия сваи дополнительными стержнями и значительно улучшило анкеровку напрягаемой арматуры. При этом отпадает необходимость применения продольных стержней в количестве, кратном четырем.

Армирование ствола свай без поперечной арматуры производят высокопрочной проволокой из 2—3 проволок класса Вр-II диаметром 5 мм, стержневой арматурой из стали класса А-IV или термически упроченной стали класса Ат-V или прядевой арматурой из семипроволочных прядей класса П-7.

Головы свай армируют сварными сетками, согнутыми посередине их длины под углом, близким к 180° и попарно вставленными одна в другую, что обеспечивает фиксацию их положения в опалубочной форме. Сварные сетки в голове, а также спираль в острие сваи выполняются из холоднотянутой стальной проволоки класса В-I.

Для изготовления свай без поперечного армирования ствола применяют бетон марки 300, причем прочность его при отпуске натяжения арматуры должна быть не менее 200 кг/см², т. е. не менее 70% проектной прочности.

При расчете свай без поперечной арматуры величину контролирующего напряжения арматуры принимают равной R_a^n для свай со стержневой арматурой класса А-IV, $0,8 R_a^n$ — для свай со стержневой

вой арматурой класса Ат-V и $0,75 R_{н}$ — для свай с проволочной и прядевой арматурой. Потери предварительного напряжения при пропаривании принимают равными 800 кг/см^2 .

Сваи без поперечного армирования можно применять только как висячие, погружаемые в пески средней плотности, и рыхлые, супеси пластичные и текучие, суглинки и глины тугопластичные, мягкопластичные, текучепластичные и текучие. Не допускается погружать сваи без поперечного армирования в плотные пески и глинистые грунты твердой и полутвердой консистенции, а также использовать их в качестве свай-стоек.

Сваи без поперечного армирования погружают забивкой молотами или вдавливанием. Погружать их с помощью вибраторов не допускается. При забивке молотами оголовок молота должен иметь деревянную или какую-либо другую упругую прокладку.

Сваи без поперечного армирования (серия 1-011-2) изготовляют сечением 200×200 , 250×250 и $300 \times 300 \text{ мм}$, длиной от 3,0 до 9,0 м.

Расчет прочности свай без поперечного армирования производят по тем же формулам и расчетным положениям, что и расчет обычных железобетонных свай с поперечным армированием.

Железобетонные полые (пустотелые) сваи могут иметь квадратное или круглое сечение. Полые сваи квадратного сечения делают размерами 250×250 и $300 \times 300 \text{ мм}$ при толщине стенок не менее 70 мм. Полые сваи круглого сечения (цилиндрические сваи) изготовляют с наружным диаметром в 400, 500 и 600 мм при толщине стенки не менее 80 мм (рис. 1.10).

Полые сваи составляют из отдельных звеньев длиной от 2 до 6 м. Стыки звеньев могут быть болтовыми, сварными и

Таблица 1.8

Номенклатура и основные показатели железобетонных свай квадратного сечения с круглыми полостями (разработаны институтом «Фундаментпроект»)

| Марки свай | Основные размеры, мм | | | Расход на 1 сваю | | Пустотность, % | Вес свай, т |
|--------------|----------------------|------------------|-----------------|----------------------------------|--|----------------|-------------|
| | длина | сторона квадрата | диаметр полости | бетона марки 200, м ³ | арматуры не-напряженной класса А-1, кг | | |
| СП 3-25-11 | 3000 | 250 | 110 | 0,16 | 16,2 | 16 | 0,40 |
| СП 3,3-25-11 | 3500 | 250 | 110 | 0,18 | 18,6 | 16 | 0,45 |
| СП 4-25-11 | 4000 | 250 | 110 | 0,21 | 20,9 | 16 | 0,52 |
| СП 4,5-25-11 | 4500 | 250 | 110 | 0,24 | 23,3 | 16 | 0,60 |
| СП 5-25-11 | 5000 | 250 | 110 | 0,26 | 25,7 | 16 | 0,65 |
| СП 5,5-25-11 | 5500 | 250 | 110 | 0,29 | 28,8 | 16 | 0,72 |
| СП 6-25-11 | 6000 | 250 | 110 | 0,32 | 31,1 | 16 | 0,80 |
| СП 3-30-16 | 3000 | 300 | 160 | 0,21 | 17,5 | 22 | 0,52 |
| СП 3,5-30-16 | 3500 | 300 | 160 | 0,24 | 20,1 | 22 | 0,60 |
| СП 4-30-16 | 4000 | 300 | 160 | 0,28 | 23,2 | 22 | 0,70 |
| СП 4,5-30-16 | 4500 | 300 | 160 | 0,32 | 25,8 | 22 | 0,80 |
| СП 5-30-16 | 5000 | 300 | 160 | 0,35 | 28,3 | 22 | 0,88 |
| СП 5,5-30-16 | 5500 | 300 | 160 | 0,38 | 30,8 | 22 | 0,95 |
| СП 6-30-16 | 6000 | 300 | 160 | 0,42 | 33,4 | 22 | 1,05 |

Примечания: 1. Марки свай расшифровывают следующим образом: СП—свая пустотелая, первое число — длина свай в м, второе число — сторона сечения свай в см, третье число — диаметр полости в см.

2. При изготовлении предварительно напряженных свай с арматурой из высокопрочной проволоки расход арматуры можно снизить на 30% от указанного в таблице.

Таблица 1.9

Номенклатура и основные показатели железобетонных полых свай круглого сечения с открытым нижним концом с ненапряженной арматурой (разработаны институтом «Фундаментпроект»)

| Марка свай | Основные размеры, мм | | Расход на 1 сваю | | Вес свай, т |
|-----------------------|----------------------|-----|----------------------------------|--------------|-------------|
| | L | d | бетона марки 300, м ³ | арматуры, кг | |
| СТ ₅ 3-380 | 3000 | 380 | 0,2 | 27,2 | 0,50 |
| СТ ₅ 4-380 | 4000 | 380 | 0,27 | 34,1 | 0,68 |
| СТ ₅ 5-380 | 5000 | 380 | 0,34 | 41,3 | 0,85 |
| СТ ₅ 6-380 | 6000 | 380 | 0,41 | 48,4 | 1,02 |
| СТ ₅ 7-380 | 7000 | 380 | 0,47 | 55,4 | 1,20 |
| СТ ₅ 3-500 | 3000 | 500 | 0,28 | 31,9 | 0,70 |
| СТ ₅ 4-500 | 4000 | 500 | 0,37 | 39,8 | 0,95 |
| СТ ₅ 5-500 | 5000 | 500 | 0,46 | 47,9 | 1,18 |
| СТ ₅ 6-500 | 6000 | 500 | 0,56 | 55,7 | 1,43 |
| СТ ₅ 7-500 | 7000 | 500 | 0,66 | 63,9 | 1,65 |
| СТ ₅ 3-650 | 3000 | 650 | 0,38 | 41,5 | 0,95 |
| СТ ₅ 4-650 | 4000 | 650 | 0,51 | 51,8 | 1,27 |
| СТ ₅ 5-650 | 5000 | 650 | 0,68 | 62,0 | 1,70 |
| СТ ₅ 6-650 | 6000 | 650 | 0,76 | 72,5 | 1,90 |
| СТ ₅ 7-650 | 7000 | 650 | 0,89 | 82,4 | 2,22 |

Примечание. Марки свай расшифровывают следующим образом: СТ — свая трубчатая, индекс 5 — продольная арматура класса А-II; первое число — длина свай в м, второе число — наружный диаметр свай в мм.

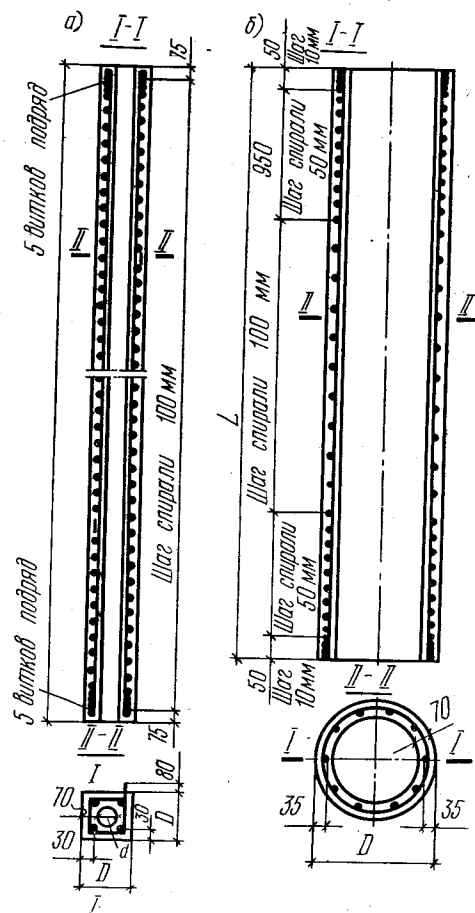
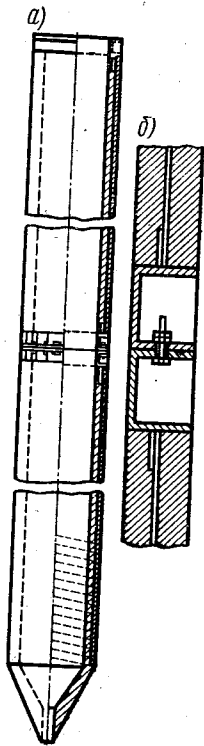


Рис. 1.10. Пустотелые железобетонные сваи:

а — квадратного сечения с круглой полостью; б — круглого сечения с круглой полостью и открытым нижним концом



на вкладышах. При армировании звеньев без предварительного напряжения арматуры стыковку можно осуществлять сваркой выпусков продольной арматуры и последующим омоноличиванием стыков бетоном.

Нижние концы полых свай могут иметь различную конструкцию и быть закрытыми или открытыми. Закрытые нижние концы делают с такими же острями, как и у свай сплошного сечения, или тупыми, в зависимости от плотности проходных грунтов. В отдельных случаях в наконечнике может иметься отверстие для осуществления подмыва. Возможно также устройство отдельных железобетонных наконечников, позволяющих использовать типовые звенья полых свай без изготовления специальных нижних звеньев (рис. 1.11).

Наличие открытых или закрытых нижних концов полых свай позволяет широко варьировать способы их погружения.

Номенклатура полых свай квадратного и круглого сечения с круглой полостью, предложенная институтом «Фундаментпроект», приведена в табл. 1.8 и 1.9.

В практике строительства в последние десятилетия применяют винтовые сваи с железобетонным стволом для возведения мостовых опор и при строительстве новых зданий рядом с существующими.

Готовые железобетонные сваи по своим конструктивным размерам должны отвечать проектным. Отклонения от проектных размеров допускаются в следующем пределах (в мм):

| | |
|--|----------|
| Длина железобетонных свай: | |
| $L < 10$ м | ± 30 |
| $L > 10$ м | ± 50 |
| Длина секций составных полых свай и цилиндрических оболочек | ± 30 |
| Размер сторон поперечного сечения железобетонных сплошных и полых свай квадратного сечения | ± 30 |
| Наружный диаметр свай и оболочек: | $+ 5$ |
| $D < 2000$ мм | $+ 5$ |
| $D > 2000$ мм | ± 5 |
| Длина острья сваи | ± 30 |
| Смещение острья от центра | 10 |
| Расстояние от центра подъемных петель до конца сваи | ± 50 |
| Смещение положения подъемных петель от продольной оси сваи | 20 |
| Толщина защитного слоя бетона | $+ 5$ |
| Шаг спирали или хомутов | ± 10 |

| | |
|---|--------------|
| Расстояние между продольными стержнями арматуры | ± 10 |
| Кривизна секций свай и цилиндрических оболочек | 1/500 |
| | длины секции |

Наклон плоскости верхней торцевой грани к плоскости, перпендикулярной оси:

| | |
|---|------------|
| свай квадратного сечения, сплошной или полый | уклон 1% |
| свай полый круглого сечения и цилиндрической оболочки | уклон 0,5% |

4. Размещение свай в фундаменте

Ростверк, связывающий головы свай, повторяет в упрощенной форме план опорных частей сооружения или здания, для которого проектируют свайный фундамент. В зависимости от размеров и формы ростверка в плане сваи в фундаменте могут составлять свайный куст, свайное поле или свайную полосу.

Под *свайным кустом* понимают сравнительно небольшое количество свай в фундаменте. При этом соотношение размеров сторон ростверка в плане принимают не более 1 : 5, причем его абсолютные размеры сравнительно невелики. Практически к свайным кустам в промышленном и гражданском строительстве относят свайные фундаменты под колонны, стойки и отдельные высокие сооружения (например, дымовые трубы).

Свайное поле отличается от свайного куста только размерами ростверка и количеством свай. Свайное поле образуют, например, свайные фундаменты мостовых опор, гидротехнических сооружений и т. п. Соотношение размеров ростверка при этом не превышает 1 : 5.

Свайные полосы (гребенки) устраивают при ростверках большой протяженности в одном направлении. Например, свайные полосы составляют фундаменты стен гражданских и промышленных зданий, набережных и т. п.

Расположение свай в фундаментах может быть рядовым — по вершинам прямоугольника и шахматным — по вершинам треугольника (рис. 1.12).

В тех случаях, когда свайный фундамент воспринимает только вертикальные нагрузки, сваи располагают равномерно по всей площади ростверка. Расстояния между осями свай должны быть не менее $3d$. При небольшом числе свай обычно принимают рядовое расположение, а в тех случаях, когда по площади подошвы ростверка должно быть размещено большое число свай, — шахматное. Рас-

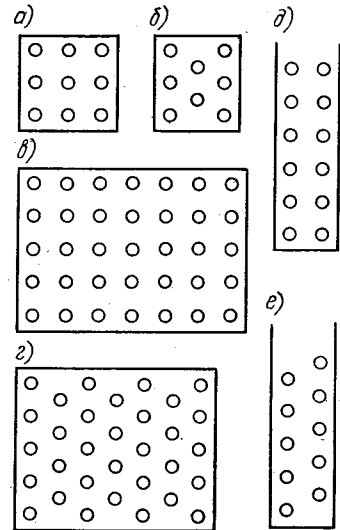


Рис. 1.12. Схемы расположения свай в фундаментах: а — рядовое в кусте; б — шахматное в кусте; в — рядовое (часть) в свайном поле; г — шахматное в свайном поле; д — рядовое в свайной полосе; е — шахматное в свайной полосе

стояние от осей крайних свай до кромки ростверка принимают равным $1d$.

При наличии горизонтальных или внецентренных нагрузок стремятся к тому, чтобы давление на каждую сваю было одинаковым. С этой целью рекомендуется пользоваться условной эпюрой давления на сваи, которую строят, определив давление в уровне подошвы ростверка по выражению

$$p_{\min} = \frac{N}{F} \pm \frac{Mx}{I}$$

На каждую сваю должна приходиться одинаковая часть площади эпюры давлений, следовательно, ее надо разделить на равновеликие части. Такое разделение эпюры давлений на равновеликие части достигается графическим построением, как показано на рис. 1.13.

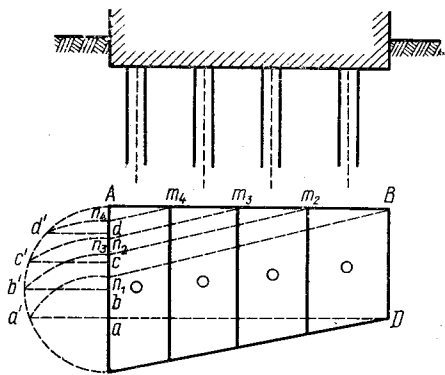


Рис. 1.13. Графический способ разбивки эпюры давления на равновеликие части

На построенной эпюре $ACDB$ проводят линию aD , параллельную AB . Отрезок Aa делят на равные части по числу рядов свай и проводят полуокружность диаметром AC . Из точек v, c, d опускают перпендикуляры к прямой AC . Из точки C радиусами Ca', Cb', Cc', Cd' засекают на прямой AC точки n_1, n_2, n_3, n_4 и проводят прямые $n_1, B, n_2m_2, n_3m_3, n_4m_4$, параллельные между собой.

Перпендикуляры к прямой AB , восстановленные из точек m_2, m_3, m_4 , делят эпюру давлений на равновеликие части. Линии, проходящие через центры полученных частей эпюры, принимают за линии расположения осей свай. При этом следует проверять, чтобы расстояния между осями свай были не меньше $3d$ (рис. 1.14).

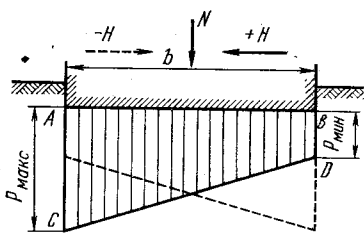


Рис. 1.14. Наложение основной и зеркальной эпюр при учете временной нагрузки с переменным направлением действия

5. Конструкция свайных ростверков и безростверковые фундаменты

Сооружение свайного фундамента завершается устройством ростверка — конструкции, связывающей между собой головы свай.

По существующим правилам, головы свай должны быть прочно связаны с ростверком. С этой целью у железобетонных свай обнажают выпуски арматуры не менее чем на 25 см при работе свай на вертикальную нагрузку и на 40 см при работе свай на горизонтальную нагрузку. Головы свай заделывают в бетон ростверка соответственно не менее чем на 5 и 10 см.

Если железобетонный ростверк устраивают по деревянным сваям, то головы свай заделывают не менее чем на 30 см. В опорах мостов головы свай заделывают в ростверк не менее чем на удвоенную толщину ствола свай.

Свес железобетонного ростверка, т. е. расстояние от края его до грани свай должен быть не менее 5 см. Следует учитывать, что при погружении свай допускаются отклонения от проекта; так, для однорядных свайных фундаментов отклонения свай в плане от заданной оси могут оставлять 0,2 диаметра свай, для кустов и лент с двух- и трехрядным расположением свай — 0,3 диаметра свай и для свайных полей — 0,4 диаметра свай.

Поскольку возможны такие отклонения свай от проектной оси, дополнительное требование состоит в том, чтобы свес ростверка составлял не менее 0,15 диаметра свай и не менее 5 см. В фундаментах мостовых опор свес ростверка должен составлять не менее 25 см. Свес ростверка не следует делать более 0,5 диаметра свай, так как в противном случае ухудшаются условия передачи нагрузки от сооружения на сваи.

Выпуски арматуры свай следует приваривать к арматуре ростверка или же заделывать в бетон сжатой зоны ростверка.

Изложенные правила относятся к устройству монолитного железобетонного ростверка. Однако в ряде случаев устройство монолитных ростверков нежелательно. С учетом этого разработаны конструкции сборных ростверков. В случае применения их требуется с большей тщательностью вести забивку свай с меньшими допусками отклонения свай от проектной оси. Головы свай монолитно скрепляют со сборными ростверками сваркой закладных деталей и заливкой цементным раствором.

Вследствие ряда недостатков в устройстве сборных ростверков были разработаны конструкции сборно-монолитных ростверков, в которых основная часть сборная, а непосредственный контакт ростверка со свайей осуществляется монолитной частью.

Наконец, экспериментально было проверено, что в жилых зданиях горизонтальные нагрузки на головы свай настолько малы, что можно обойтись без замоноличивания ростверка. В таких случаях головы свай тщательно срезают под один уровень, на них помещают слой цементного раствора, по которому укладывают балки или плиты ростверка.

рукция ростверка позволяет легко монтировать на них стены, колонны и перекрытия здания.

Устройство ростверков в бескаркасных зданиях показано на рис. 1.17. Монолитный ростверк возможен в двух вариантах: бетонном и армокирпичном. На рисунке видны места заделки свай в ростверк.

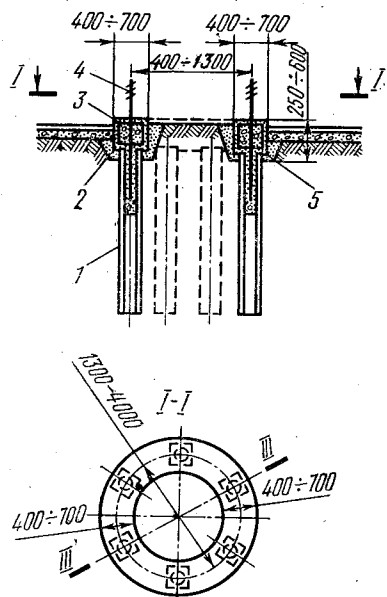


Рис. 1.18. Свайный фундамент под вертикальный аппарат:
1 — сваи; 2 — шлаковая подсыпка; 3 — арматурный каркас; 4 — анкерные болты; 5 — монолитный ростверк

Колонны сопрягают со сваями различными конструктивными приемами. Более целесообразно использовать трубчатые сваи, в голове которых устраивают специальный стакан для колонны (рис. 1.22 и 1.23).

Для изготовления трубчатых свай со стаканом применяют бетон марки 300 и продольную арматуру Ст. 5 по ГОСТ 5781—58 и спиральную из Ст. 3 по ГОСТ 2590—57.

Расход арматуры на 1 м³ бетона составляет 54,8 кг, в том числе продольной 44,6 кг, поперечной 10,2 кг. В случае установки свай непосредственно под колонной поперечную арматуру оголовка ставят по дополнительному расчету.

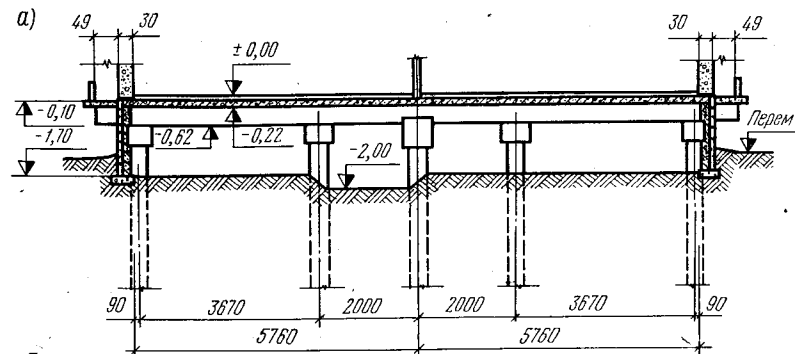
Пустотелые сваи, иногда применяемые в жилищном строительстве (рис. 1.24), более удобны для устройства различных сборных оголовков. На рис. 1.25 показано устройство оголовка, позволяющее в

На рис. 1.18 изображено устройство монолитного ростверка на сваях, работающих на сжатие и выдергивание. Анкерные болты заделаны в полости пустотелой сваи, после чего замоноличен ростверк.

Типичное устройство сборных ростверков для жилых домов серий I-464-А и I-464-Я представлено на рис. 1.19. На сваи после их забивки и срезы под уровень надеты специальные сборные оголовники, по которым на растворе уложены балки ростверка.

В тех случаях, когда отсутствуют горизонтальные нагрузки, сборный ростверк может быть еще менее жестко связан со сваями. При этом сваи срезают под уровень и на их головы укладывают по раствору балки ростверка (рис. 1.20).

Под здания с небольшими нагрузками или в случае применения свай-оболочек с большой несущей способностью целесообразно устройство свай-колонн. Свая и установленная соосно с ней колонна составляют единую безростверковую конструкцию (рис. 1.21).



б)

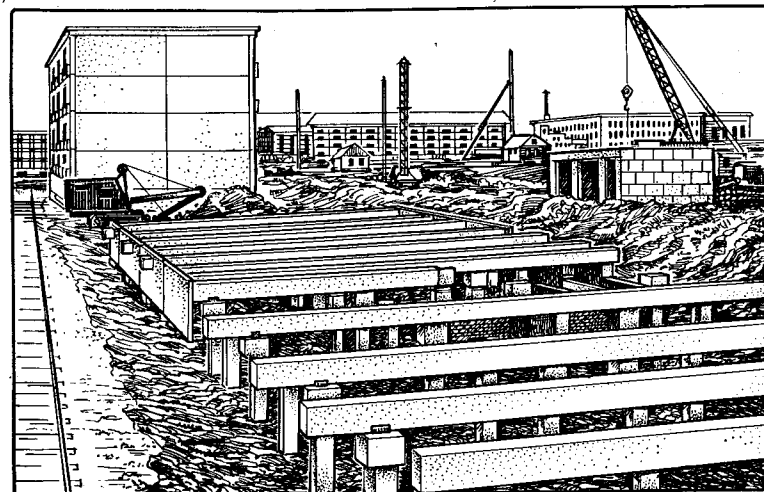


Рис. 1.19. Свайные фундаменты из призматических свай со сборными неразрезными ростверками для домов серий I-464-А и I-464-Я:
а — поперечный разрез; б — общий вид

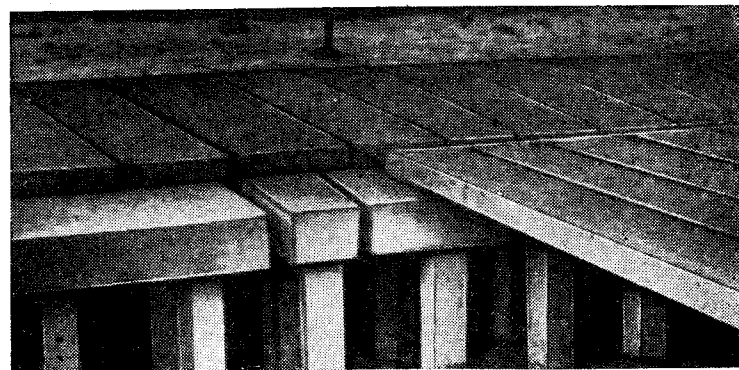


Рис. 1.20. Свайный фундамент со сборным ростверком, уложенным по головам свай на растворе. Общий вид ростверка

отдельных случаях обходиться без земляных работ по рытью котлована.

На рис. 1.26 показаны варианты сопряжений колонн со сваями как пустотелыми, так и сплошными. В последнем случае сопряжение осуществляют с помощью железобетонных сборных муфт. Как это видно, такие сопряжения возможны при различных соотношениях между размерами сечения и колонны.

На практике применяется много других вариантов устройства ростверков, отличающихся от приведенных выше конструкций только деталями.

ГЛАВА 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СВАИ И СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

1. Несущая способность одиночных свай и свайных фундаментов

Несущая способность одиночных свай зависит от прочности материала свай и от прочности грунта основания. Поэтому расчет несущей способности одиночной сваи делают дважды: по прочности материала свай и по прочности грунта основания. За расчетную несущую способность одиночной сваи (или, как говорят, расчетное сопротивление) принимают меньшую из определенных расчетами несущих способностей по грунту и материалу свай.

Несущую способность одиночных свай по материалу определяют расчетом по первому предельному состоянию, как указано выше при описании различных конструкций свай. Для железобетонных свай в высоких ростверках дополнительно проводится расчет на образование трещин.

Величина несущей способности одиночной сваи по грунту зависит от механических свойств грунта и от метода устройства или погружения свай. В практике проектирования и устройства свайных фундаментов используют три метода определения несущей способности одиночной сваи:

теоретически-статический метод, основанный на применении таблиц и формул СНиП II-Б. 5—67;

динамический метод, использующий результаты пробной забивки свай;

метод пробных статических нагрузок, основанный на данных, полученных при нагружении свай статическими нагрузками.

Несущая способность свайного фундамента из свай-стоек равна сумме несущих способностей отдельных свай. Однако при этом необходимо, чтобы мощность практически несжимаемого слоя грунта, на который оперты сваи-стойки, была достаточной. В противном случае может произойти продавливание свайного фундамента в подстилающий слабый грунт.

Для иллюстрации этого положения рассмотрим такой пример. Допустим, что в практически несжимаемый слой оперта свая-стойка сечением 30×30 см, которая передает давление $P=50$ Т (рис. 2.1.). На глубине 2 м ниже острия сваи в грунте возникает добавочное давление. Полагая угол распределения давления в грунте около 30° , получим, что это давление передается на площадь основания конуса радиусом $r=1,5$ м, а величина добавочного давления будет равна

$$p = \frac{50\,000}{\pi \cdot 150^2} = 0,7 \text{ кг/см}^2.$$

Полученная величина настолько мала, что на такой глубине может быть без-опасно передана на любой грунт.

Допустим теперь, что свайный фундамент состоит из большого количества свай-стоек, забитых по квадратной сетке, с взаимным расстоянием между осями свай равным 1,0 м. В таком случае, не будет происходить рассеивания давлений и на глубине 2 м ниже свай будет действовать добавочное давление, равное

$$p = 50000 : 100^2 = 5,0 \text{ кг/см}^2.$$

Величина этого давления настолько велика, что если на данном уровне будет залегать уже слабый грунт, то вполне возможно продавливание свайного фунда-мента и общая авария сооружения. Именно такая авария и произошла однажды при строительстве во Франции, на пойме р. Сены.

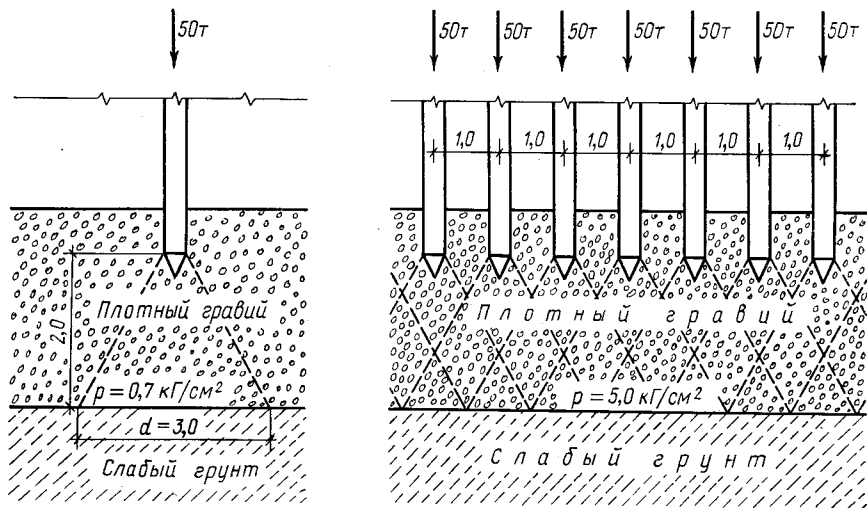


Рис. 2.1. Схемы передачи давления через плотный гравий на слабый грунт:
а — передача давления от одиночной сваи; б — передача давления от большого количе-ства свай, забитых частаком

Отсюда следует вывод, что глубина разведки должна быть та-кой, чтобы можно было проверить давление в грунте на достаточно большой глубине ниже острия свай.

При устройстве свайных фундаментов из висячих свай несущая способность такого фундамента почти во всех случаях будет меньше суммы несущих способностей одиночных свай.

Уменьшение несущей способности свайного фундамента по сравнению с суммой несущих способностей отдельных висячих свай на-зывают кустовым эффектом, который зависит от особенности работы фундамента из висячих свай.

Рассмотрим висячую сваю, погруженную в грунт и нагруженную силой P . Возьмем точку M на поверхности свай. Через частицу грунта, прилегающую к точке M , передается на сваю некоторая часть силы трения ΔT . По условию равновесия на эту частицу грунта будет передаваться некоторое давление от свай $\Delta P = \Delta T$. Сумма вертикальных давлений $\sum \Delta P$ создает вокруг свай напряженную

зону, ограниченную конической поверхностью. В любой горизонтальной плоскости ниже острия свай давление на грунт неравномерно и выражается эпюрой давлени-й, представленной на рис. 2.2.

По данным А. А. Луга, радиус круга, в котором возникают напряжения в грунте от нагрузки свай, равен

$$R = \sqrt{(ld \operatorname{tg} \alpha) : 2}, \quad (2.1)$$

где l — глубина погружения свай; d — диаметр (сторона сечения) свай; α — угол распределения напряжений в грунте, принимаемый в среднем около 30° к вер-тикали.

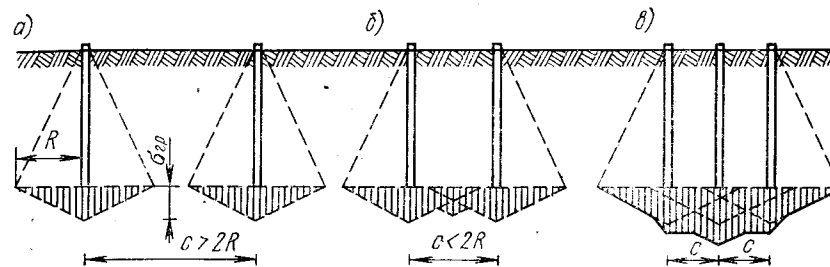


Рис. 2.2. Напряженное состояние грунта под сваями в зависимости от рас-стояния между ними

Если отдельные сваи, составляющие свайный фундамент, распо-ложены достаточно далеко одна от другой, то эпюры давлений в грунте не пересекаются (см. рис. 2.2, а) и несущая способность каж-дой сваи используется полностью. Если же сваи расставлены доста-точно часто, то эпюры давлений на грунт будут пересекаться (рис. 2.2, б, в). Такое пересечение эпюр до известной степени условно, по-тому что при частой расстановке свай силы трения вокруг каждой сваи возникнут неполностью.

Следовательно, при частом расположении свай уменьшают свою несущую способность, и при проектировании свайных фундаментов с достаточно частым расположением свай необходимы дополни-тельные расчеты, учитывающие действие кустового эффекта.

Практически при расчете свайных фундаментов из висячих свай кустовой эффект не определяют, но ведут расчет свайного фунда-мента в целом по второму предельному состоянию (по деформаци-ям) грунта основания.

2. Определение несущей способности одиночных свай по формулам и таблицам СНиП II-Б. 5—67 *

Несущую способность свай определяют по следующим фор-мулам:
свай-стоек

$$P = kmR^n F; \quad (2.2)$$

висячих свай

$$P = km (R^n F + u \sum f_i^h l_i), \quad (2.3)$$

Таблица 2.1

Нормативное сопротивление грунта основания в плоскости нижних концов забивных свай R^H по СНиП II-Б.5—67*

| Глубина забивки свай от поверхности грунта, м | Нормативное сопротивление R^H , T/m^2 | | | | | | |
|---|---|------------|-----|-------------------|------------|------------|-------------|
| | песчаных грунтов средней плотности | | | | | | |
| | гравелистых | крупных | — | средней крупности | мелких | пылеватых | — |
| | глинистых грунтов консистенции В, равной | | | | | | |
| | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 и более |
| 3 | 750 700 | 650 400 | 300 | 290 200 | 180 120 | 120 100 | 60 |
| 4 | 830 | 660 510 | 380 | 300 250 | 190 160 | 125 | 70 |
| 5 | 880 | 670 620 | 400 | 310 280 | 200 | 130 | 80 |
| 7 | 970 | 690 | 430 | 330 | 220 | 140 | 85 |
| 10 | 1050 | 730 | 500 | 350 | 240 | 150 | 90 |
| 15 | 1170 | 750 | 560 | 400 | 280 | 160 | 100 |
| 20 | 1260 | 820 | 620 | 450 | 310 | 170 | 110 |
| 25 | 1340 | 880 | 680 | 500 | 340 | 180 | 120 |
| 30 | 1420 | 940 | 740 | 550 | 370 | 190 | 130 |
| 35 | 1500 | 1000 | 800 | 600 | 400 | 200 | 140 |

Примечание. В тех случаях, когда значения R^H указаны дробью, числитель относится к пескам, а знаменатель к глинам.

где $k=0,7$ — коэффициент однородности грунта; $m=1,0$ — коэффициент условий работы; F — площадь поперечного сечения свай у нижнего конца, m^2 ; R^H — нормативное сопротивление грунта основания в плоскости нижнего конца свай, T/m^2 , принимаемое для забивных свай по табл. 2.1; u — периметр поперечного сечения свай, м; f_i^H — нормативное сопротивление i -го слоя грунта по боковой поверхности свай, T/m^2 , принимаемое по табл. 2.2; l_i — длина участка свай в пределах i -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью свай, м.

При определении значений f_i^H пласты грунта по высоте делят на участки не более 2,0 м.

Указанные в табл. 2.1 и 2.2 значения R^H и f^H даны для песчаных грунтов средней плотности, супесей с коэффициентом пористости не более 0,7, суглинков с тем же коэффициентом не более 1,0 и глин — не более 1,1.

Для плотных песчаных грунтов табличные значения R^H и f^H увеличивают на 30%.

Таблица 2.2

Нормативные сопротивления грунта основания по боковой поверхности забивных свай f^H (по СНиП II-Б.5—67)

| Средняя глубина расположения слоя грунта, м | Нормативное сопротивление f^H , T/m^2 | | | | | |
|---|--|--------|-----------|-----|-----|-----|
| | песчаных грунтов (для свай, забитых без подмыва) | | | | | |
| | крупных и средней крупности | мелких | пылеватых | — | — | — |
| | глинистых грунтов консистенции В, равной | | | | | |
| | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 |
| 1 | 3,5 | 2,3 | 1,5 | 1,2 | 0,5 | 0,2 |
| 2 | 4,2 | 3,0 | 2,0 | 1,7 | 0,7 | 0,3 |
| 3 | 4,8 | 3,5 | 2,5 | 2,0 | 0,8 | 0,4 |
| 4 | 5,3 | 3,8 | 2,7 | 2,2 | 0,9 | 0,5 |
| 5 | 5,6 | 4,0 | 2,9 | 2,4 | 1,0 | 0,6 |
| 7 | 6,0 | 4,3 | 3,2 | 2,5 | 1,1 | 0,7 |
| 10 | 6,5 | 4,6 | 3,4 | 2,6 | 1,2 | 0,8 |
| 15 | 7,2 | 5,1 | 3,8 | 2,8 | 1,4 | 1,0 |
| 20 | 7,9 | 5,6 | 4,1 | 3,0 | 1,6 | 1,2 |
| 25 | 8,6 | 6,1 | 4,4 | 3,2 | 1,8 | — |
| 30 | 9,3 | 6,6 | 4,7 | 3,4 | 2,0 | — |
| 35 | 10,0 | 7,0 | 5,0 | 3,6 | 2,2 | — |

При определении величин R^H и f^H нужно учитывать указанные ниже правила.

1. При планировке территорий срезкой, подсыпкой, намывом до 3,0 м глубину расположения острия свай и среднюю глубину расположения слоя грунта по боковой поверхности свай следует принимать от уровня природного рельефа.

2. При планировке срезкой, подсыпкой, намывом более 3,0 м — глубину расположения острия свай и среднюю глубину расположения слоя грунта по боковой поверхности свай нужно принимать от условной отметки, расположенной на 3,0 м выше уровня срезки или на 3,0 м выше природного рельефа при планировке подсыпкой.

3. Если в пределах длины свай имеется прослойка торфа мощностью > 30 см и предполагается планировка территории подсыпкой или иная ее загрузка, эквивалентная подсыпке, то сопротивление грунта, расположенного выше подошвы наинизшего (в пределах глубины забивки свай) слоя торфа, принимают:

при подсыпке до 2,0 м — для подсыпки и торфа равными нулю, а для минеральных пластов естественного сложения по табл. 2.2;

при подсыпках от 2,0 до 5,0 м для грунтов, включая подсыпку, равным 0,4 от значений, указанных в табл. 2.2, взятых со знаком минус, а для торфа — равным минус 0,5 T/m^2 ;

то же, при подсыпках более 5,0 м — указанным в табл. 2.2 значениям, но со знаком минус, (для торфа минус 0,5 T/m^2).

Значения нормативных сопротивлений грунта под острием и по боковой поверхности свай, со всеми поправками, можно использо-

вать только при условии, что заглубление свай в неразрываемый и несрезаемый грунт составляет не менее 4,0 м для мостов и гидротехнических сооружений и не менее 3,0 м для зданий и прочих сооружений.

Пример 2.1. Строительная площадка имеет значительный уклон. Верхний слой грунта составляют супеси консистенции $B=0,4$ мощностью 1,5—2,0 м. Ниже залегает слой торфа мощностью 0,5 м; далее идет мощный слой мелких песков средней плотности. По условиям строительства намечена вертикальная планировка подсыпки из мелкого песка средней плотности. При забивке свай длиной $L=12,0$ м, сечением 30×30 см их несущая способность резко меняется в зависимости от мощности слоя подсыпки, что показано ниже.

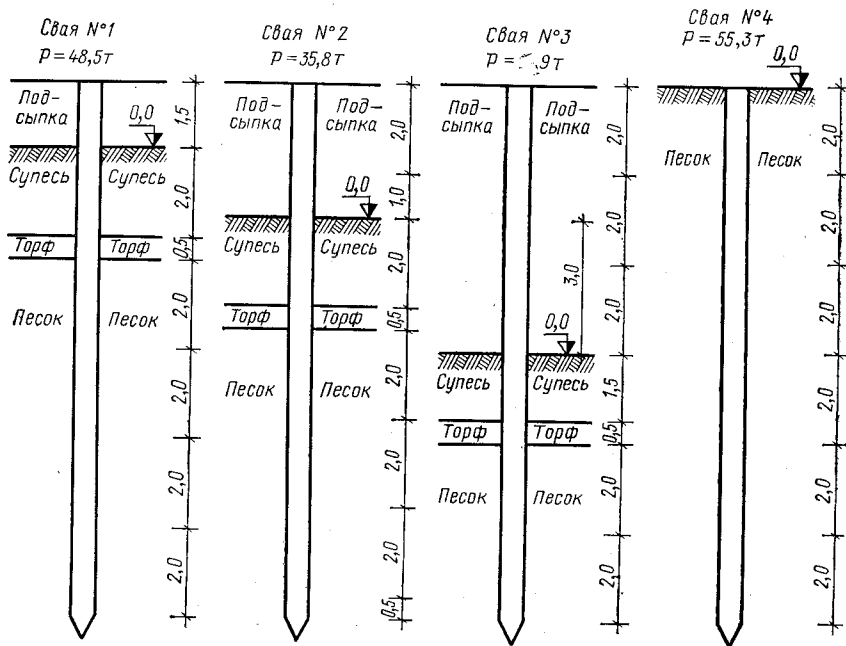


Рис. 2.3. Расположение свай в различных условиях напластования грунтов (к примеру 2.1)

Свая № 1. Расчетная длина свай $L=12,0$ м; мощность подсыпки из мелкого песка средней плотности $l_1=1,5$ м. Слой пластичной супеси природного сложения при $B=0,4$ имеет мощность $l_2=2,0$ м, слой торфа — мощность $l_3=0,5$ м. Далее на неопределенную глубину залегают мелкие пески средней плотности (рис. 2.3).

Расчетную глубину погружения свай H принимаем от природного рельефа, т. е. $H=12,0-1,5=10,5$ м.

Нормативное сопротивление грунта под нижним концом свай определяем по данным табл. 2.1.

$$R^H = 240 + [(280 - 240) : 5] \cdot 0,5 = 244,0 \text{ T/m}^2.$$

Нормативное сопротивление грунта f_1^H в T/m^2 по боковой поверхности свай определяем послойно (толщина слоев указана в м):

| | | |
|---------------|-------------|----------------------------|
| $h_1 = 0,75$ | $l_1 = 1,5$ | $f_1 = 0$ |
| $h_2 = 2,50$ | $l_2 = 2,0$ | $f_2 = 2,25 \text{ T/m}^2$ |
| $h_3 = 3,75$ | $l_3 = 0,5$ | $f_3 = 0$ |
| $h_4 = 5,00$ | $l_4 = 2,0$ | $f_4 = 4,00 \text{ T/m}^2$ |
| $h_5 = 7,00$ | $l_5 = 2,0$ | $f_5 = 4,30 \text{ T/m}^2$ |
| $h_6 = 9,00$ | $l_6 = 2,0$ | $f_6 = 4,50 \text{ T/m}^2$ |
| $h_7 = 11,00$ | $l_7 = 2,0$ | $f_7 = 4,65 \text{ T/m}^2$ |

Несущая способность свай

$$P = 0,7 \cdot 1,0 [244 \cdot 0,09 + 1,2 (0 \cdot 1,5 + 2,25 \cdot 2,0 + 0 \cdot 0,5 + 4,00 \cdot 2 + 4,30 \cdot 2,0 + 4,50 \cdot 2,0 + 4,65 \cdot 2,0)] = 48,468 \approx 48,5 \text{ T}.$$

Свая № 2. Расчетная длина свай $L=12,0$ м. Мощность подсыпки из мелкого песка средней плотности $l_1+l_2=3,0$ м. Слой пластичной супеси природного сложения при $B=0,4$ мощностью $l_3=2,0$ м, слой торфа мощностью $l_4=0,5$ м, ниже расположены на неопределенной глубине мелкие пески средней плотности.

Расчетную глубину погружения свай H принимаем от условий отметки на 3,0 м выше уровня природного рельефа, т. е. в данном случае от уровня подсыпки. Отсюда $H=12,0$ м.

Нормативное сопротивление грунта под нижним концом свай с использованием данных табл. 2.1 составит

$$R^H = 240 + (280 - 240) : 5 \cdot 2 = 256 \text{ T/m}^2.$$

Нормативное сопротивление грунта f по боковой поверхности свай определяем в T/m^2 послойно при высоте слоя h и длине расчетного участка l в м:

| | | |
|---------------|-------------|---------------------------------|
| $h_1 = 1,00$ | $l_1 = 2,0$ | $f_1 = -2,3 \cdot 0,4 = -0,92$ |
| $h_2 = 2,50$ | $l_2 = 1,0$ | $f_2 = -3,25 \cdot 0,4 = -1,30$ |
| $h_3 = 4,00$ | $l_3 = 2,0$ | $f_3 = -2,7 \cdot 0,4 = -1,08$ |
| $h_4 = 5,25$ | $l_4 = 0,5$ | $f_4 = -0,5$ |
| $h_5 = 6,50$ | $l_5 = 2,0$ | $f_5 = 4,225$ |
| $h_6 = 8,50$ | $l_6 = 2,0$ | $f_6 = 4,45$ |
| $h_7 = 10,5$ | $l_7 = 2,0$ | $f_7 = 4,65$ |
| $h_8 = 11,75$ | $l_8 = 0,5$ | $f_8 = 4,775$ |

Несущая способность свай

$$P = 0,7 \cdot 1,0 [256,0 \cdot 0,09 + 1,2 (-0,92 \cdot 2,0 - 1,30 \cdot 1,0 - 1,08 \cdot 2,0 - 0,5 \cdot 0,5 + 4,225 \cdot 2,0 + 4,45 \cdot 2,0 + 4,65 \cdot 2,0 + 4,775 \cdot 0,5)] = 358,155 \approx 35,8 \text{ T}.$$

Свая № 3. Расчетная длина свай $L=12,0$ м. Мощность подсыпки из мелкого песка средней плотности $l_1+l_2+l_3=6,0$ м. Слой пластичной супеси природного сложения при $B=0,4$ мощностью $l_4=1,5$ м; слой торфа мощностью $l_5=0,5$ м. Ниже на неопределенную глубину залегают мелкие пески средней плотности.

Расчетную глубину погружения свай H принимаем от условий отметки на 3,0 м выше уровня природного рельефа:

$$H = 12,0 - 6,0 + 3,0 = 9,0 \text{ м}.$$

Нормативное сопротивление грунта под нижним концом свай принимаем по данным табл. 2.1. Интерполируя, получим

$$R^H = 220 + \frac{240 - 220}{3} \cdot 2 = 233,33 \text{ T/m}^2.$$

Поправочные коэффициенты $m_{п}$ для определения нормативных сопротивлений грунтов оснований висячих свай

| Способы погружения свай и виды грунтов | Коэффициенты $m_{п}$ | |
|---|--|--|
| | для нижних концов свай | на боковой поверхности свай |
| 1 | 2 | 3 |
| Погружение забивкой в предварительно пробуренные скважины (лидеры) с заглублением концов свай не менее 1 м ниже забоя скважины при ее диаметре: равном стороне квадратной свай на 50 мм меньшем стороны свай | 1,0 1,0 | 0,5 0,6 |
| Погружение с подмывом в песчаные грунты при условии добивки свай на последнем метре погружения без применения подмыва | 1,0 | 0,9 |
| Вибропогружение в грунты: пески водонасыщенные, средней плотности крупные то же, средней крупности то же, мелкие то же, пылеватые глинистые (супеси, суглинки и глины) с консистенцией $B < 0$ супеси с консистенцией $B=0,5$ суглинки с консистенцией $B=0,5$ глины с консистенцией $B=0,5$ | 1,2 1,2 1,1 1,0 1,0 0,9 0,8 0,7 | 1,0 1,0 1,0 1,0 1,0 0,9 0,9 0,9 |
| Погружение молотами любой конструкции полых свай с открытым нижним концом: при диаметре полости свай не менее 40 см то же, более 40 см | 1,0 0,7 | 1,0 1,0 |
| Погружение любым способом полых свай на глубину 10 м и более с последующим устройством камуфлетного уширения в песчаных грунтах средней плотности и в глинистых грунтах консистенции $B < 0,5$ при диаметре уширения, равном: 1,0 м независимо от указанных видов грунтов 1,5 м в песках и супесях 1,5 м в суглинках и глинах | 0,9 0,8 0,7 | 1,0 1,0 1,0 |

Нормативное сопротивление грунта по боковой поверхности свай определяем в T/m^2 послойно:

| | | |
|--------------|-------------|-----------------|
| $h_1 = 1,0$ | $l_1 = 2,0$ | $f_1 = -2,3$ |
| $h_2 = 3,0$ | $l_2 = 2,0$ | $f_2 = -3,5$ |
| $h_3 = 5,0$ | $l_3 = 2,0$ | $f_3 = -4,0$ |
| $h_4 = 6,75$ | $l_4 = 1,5$ | $f_4 = -3,1625$ |
| $h_5 = 7,75$ | $l_5 = 0,5$ | $f_5 = -0,5$ |
| $h_6 = 9,0$ | $l_6 = 2,0$ | $f_6 = 4,5$ |
| $h_7 = 11,0$ | $l_7 = 2,0$ | $f_7 = 4,7$ |

Отсюда несущая способность свай

$$P = 0,7 \cdot 1,0 [233,33 \cdot 0,09 + 1,2 (-2,3 \cdot 2,0 - 3,5 \cdot 2,0 - 4,0 \cdot 2,0 - 3,1625 \cdot 1,5 - 0,5 \cdot 0,5 + 4,5 \cdot 2,0 + 4,7 \cdot 2,0)] = 9,5 T.$$

Для сравнения подсчитаем несущую способность такой же свай при условии, что мелкие пески средней плотности залегают мощным слоем начиная от поверхности природного рельефа.

Свая № 4. Расчетная длина свай $L=12,0$ м. Свая на всю длину погружена в мощные мелкие пески средней плотности.

Нормативное сопротивление грунта под нижним концом свай по табл. 2.1:

$$R^n = 240 + [(280 - 240) : 5] \cdot 2 = 256,0 T/m^2.$$

Далее определяем послойно нормативное сопротивление грунта в T/m^2 по боковой поверхности свай

| | | |
|--------------|-------------|-------------|
| $h_1 = 1,0$ | $l_1 = 2,0$ | $f_1 = 2,3$ |
| $h_2 = 3,0$ | $l_2 = 2,0$ | $f_2 = 3,5$ |
| $h_3 = 5,0$ | $l_3 = 2,0$ | $f_3 = 4,0$ |
| $h_4 = 7,0$ | $l_4 = 2,0$ | $f_4 = 4,3$ |
| $h_5 = 9,0$ | $l_5 = 2,0$ | $f_5 = 4,5$ |
| $h_6 = 11,0$ | $l_6 = 2,0$ | $f_6 = 4,7$ |

Отсюда несущая способность свай составит $P = 0,7 \times 1,0 \times [256,0 \times 0,09 + 1,2(2,3 + 3,5 + 4,0 + 4,3 + 4,5 + 4,7) \cdot 2,0] = 55,272 \approx 55,3 T$.

Сравнив несущие способности свай в заданных грунтовых условиях с несущей способностью такой же свай, погруженной на всю длину в мелкий песок средней плотности природного сложения, получим потери несущей способности из-за наличия прослойки торфа и подсыпки:
для свай № 1

$$\frac{55,3 - 48,5}{55,3} \cdot 100 = 12,3\%;$$

для свай № 2

$$\frac{55,3 - 35,9}{55,3} \cdot 100 = 35,1\%;$$

для свай № 3

$$\frac{55,3 - 9,5}{55,3} \cdot 100 = 82,8\%.$$

Значения нормативных сопротивлений грунтов R^n и f^n , приведенные в табл. 2.1 и 2.2, используют при расчете несущей способности сплошных и полых с закрытым нижним концом свай, погружаемых механическими (подвесными), паровоздушными и дизельными молотами, а также при расчете несущей способности набивных частотрамбованных свай.

Если предусматривают другие способы погружения свай, то значения R^n и f^n умножают на поправочные коэффициенты $m_{п}$, приведенные в табл. 2.3 и вычисляемые независимо один от другого.

При опирании забивных свай-стоек на скальные грунты и на крупнообломочные (щебенистые, галечниковые, дресвяные и гравийные грунты с песчаным заполнением) значение нормативного

Нормативное сопротивление грунта по боковой поверхности свай при вдавливании ее в скважины (лидеры) f_n^H , T/m^2

| Глубина расположения середины слоя грунта от поверхности, м | Пески | | Супеси сухие и пылеватые, пески сухие | Суглинки и глины консистенции В | | | | | | |
|---|-------------------|--------|---------------------------------------|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|---------------|-------------|
| | крупные и средние | мелкие | | <0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | >0,6 ÷ ÷ 0,75 | >0,75 ÷ ÷ 1 |
| $d_d = d_{св} - 100$ мм | | | | | | | | | | |
| 1 | 2,6 | 1,7 | 1,2 | 3,5 | 2,6 | 1,9 | 1,5 | 1,1 | 0,6 | 0,45 |
| 2 | 3,1 | 2,2 | 1,5 | 3,9 | 3,4 | 2,4 | 2,1 | 1,6 | 0,65 | 0,45 |
| 3 | 3,6 | 2,6 | 1,9 | 4,7 | 4,1 | 3,0 | 2,5 | 1,8 | 1,0 | 0,75 |
| 4 | 4,1 | 2,8 | 2,0 | 5,2 | 4,4 | 3,3 | 2,9 | 2,0 | 1,0 | 0,75 |
| 5 | 4,5 | 3,0 | 2,2 | 5,4 | 4,6 | 3,5 | 3,2 | 2,3 | 1,0 | 0,75 |
| 6 | 4,6 | 3,8 | 3,6 | 5,5 | 4,7 | 3,6 | 3,3 | 2,6 | 1,0 | 0,75 |
| $d_d = d_{св} - 150$ мм | | | | | | | | | | |
| 1 | 3,2 | 2,1 | 1,3 | 4,0 | 3,1 | 2,1 | 1,8 | 1,3 | 0,65 | 0,5 |
| 2 | 3,8 | 2,7 | 1,8 | 4,6 | 4,1 | 2,9 | 2,5 | 1,8 | 1,0 | 0,5 |
| 3 | 4,3 | 3,1 | 2,2 | 5,5 | 4,8 | 3,6 | 3,0 | 2,1 | 1,3 | 1,0 |
| 4 | 5,0 | 3,4 | 2,4 | 6,1 | 5,2 | 3,9 | 3,3 | 2,4 | 1,3 | 1,0 |
| 5 | 5,4 | 3,6 | 2,6 | 6,4 | 5,5 | 4,2 | 3,6 | 3,0 | 1,3 | 1,0 |
| 6 | 5,5 | 4,5 | 4,0 | 6,6 | 5,7 | 4,4 | 3,8 | 3,2 | 1,3 | 1,0 |

- Примечания: 1. d_d — диаметр лидера (скважины) в мм; $d_{св}$ — диаметр круглого или стержня квадратного поперечного сечения свай в мм.
 2. Формула (2.5) и табл. 2.4 не применимы для проектирования свай, погружаемых в просадочные грунты, и полых свай с открытым нижним концом.
 3. При погружении в песчаные грунты виброромлотом или вибропогружателем значения f_n^H следует принимать для случая $d_d = d_{св} - 150$ мм. При этом диаметр лидера не может быть больше $d_{св} - 150$ мм.
 4. Для насыщенных водой рыхлых или пылеватых песков, а также супесей расчетное сопротивление свай следует определять пробной статической нагрузкой.

сти свай $D \leq 1,2$ м и длине $L \leq 10$ м несущую способность винтовой свай, работающей на осевую нагрузку, определяют по формуле

$$P = km [(Ac^H + B\gamma_0 h) F + f_n^H u (L - D)], \quad (2.6)$$

где k — коэффициент однородности грунта, принимаемый равным 0,6; m — коэффициент условий работы, определяемый по табл. 2.5; A и B — безразмерные коэффициенты, принимаемые по табл. 2.6; c^H — нормативное удельное сцепление или параметр линейности грунта в рабочей зоне, т. е. в слое грунта толщиной, равной D , прилегающем к лопасти свай, T/m^2 ; h — глубина залегания лопасти сваи от природного рельефа, а при планировке срезкой — от планировочной отметки; γ_0 — приведенная объемная масса грунта, залегающего выше отметки лопасти свай (с учетом взвешивающего действия грунтовых вод), t/m^3 ; F — проекция площади лопасти, счи-

сопротивления грунта под нижним концом свай принимают равным $R^H = 2000 T/m^2$.

Для свай-оболочек и набивных свай, заделанных в скальный грунт не менее чем на 0,5 м и заполненных бетоном, величину R^H определяют из выражения

$$R^H = R_{сж} (h_3 : d_3) + 1,5, \quad (2.4)$$

где $R_{сж}$ — среднее арифметическое значение временного сопротивления скального грунта одноосному сжатию в водонасыщенном состоянии, T/m^2 ; h_3 — расчетная глубина заделки свай-оболочки или набивной свай в скальный грунт, м; d_3 — наружный диаметр заделанной в скальный грунт части свай-оболочки или набивной свай, м.

Высокие значения нормативного сопротивления грунта под нижними концами забивных и частотрамбованных набивных свай являются результатом значительного уплотнения грунта в процессе забивки свай. Устройство свай-оболочек, погружаемых с выемкой грунта, как и устройство набивных свай, не вызывает такого уплотнения грунта, вследствие чего изменяется и расчетная формула и значения R^H .

Расчет несущей способности свай-оболочек, погружаемых с выемкой грунта, ведут так же, как и расчет несущей способности набивных свай (см. гл. 11).

В тех случаях, когда готовые сваи для воздушных линий электропередачи вдавливают в пробуренные скважины (лидеры), расчетная формула и значения f_n^H несколько изменяются. Несущую способность свай, погружаемой вдавливанием в лидеры, определяют из выражения

$$P = kmm_k (0,5R^H F + u \sum f_i^H l_i) - 1,1G, \quad (2.5)$$

где $k = 0,85$ — коэффициент однородности грунта; m — коэффициент условий работы, принимаемый при фундаментах: под прямые промежуточные опоры — 1,0, под прямые анкерные опоры без разности тяжений проводов в смежных пролетах — 0,85, под анкерно-угловые, угловые, концевые и анкерные опоры с разностью тяжений проводов — 0,75, под специальные опоры через большие реки, ущелья и т. п. — 0,6; m_k — коэффициент условий работы свай в кусте, принимаемый равным 0,9 при двух сваях и 0,8 — при трех сваях; при условии, что расстояние между осями свай не менее 4 и не более 6 диаметров, а глубина погружения свай не менее 4 м; R^H — нормативное сопротивление грунта под нижним концом свай, принимаемое по табл. 2.1; u — периметр свай; f_i^H — нормативное сопротивление i -го слоя грунта по боковой поверхности свай, принимаемое по табл. 2.4; G — вес свай и части ростверка, приходящейся на одну сваю.

Остальные обозначения объяснены в выражении (2.3).

Несущая способность винтовых свай зависит от размеров диаметра лопасти D и длины свай L . При размерах диаметра лопа-

Таблица 2.5

Коэффициенты условий работы винтовых свай m

| Виды грунтов | Коэффициенты m при нагрузках | | |
|---|--------------------------------|---------------|-----------------|
| | сжимающих | выдергивающих | знакопеременных |
| Глины и суглинки: | | | |
| твердые, полутвердые и тугопластичные | 0,8 | 0,7 | 0,7 |
| мягкопластичные | 0,8 | 0,7 | 0,6 |
| текучепластичные | 0,7 | 0,6 | 0,4 |
| Пески и супеси: | | | |
| пески маловлажные и супеси твердые | 0,8 | 0,7 | 0,5 |
| пески влажные и супеси пластичные | 0,7 | 0,6 | 0,4 |
| пески водонасыщенные и супеси текучие | 0,6 | 0,5 | 0,3 |

Таблица 2.6

Коэффициенты A и B к выражению (2.6)

| Нормативный угол внутреннего трения грунта в рабочей зоне φ , град | A | B |
|--|------|------|
| 14 | 7,1 | 2,8 |
| 16 | 7,7 | 3,3 |
| 18 | 8,6 | 3,8 |
| 20 | 9,6 | 4,5 |
| 22 | 11,1 | 5,5 |
| 24 | 13,5 | 7,0 |
| 26 | 16,8 | 9,2 |
| 28 | 21,2 | 12,3 |
| 30 | 26,9 | 16,5 |
| 32 | 34,4 | 22,5 |
| 34 | 44,5 | 31,0 |
| 36 | 59,6 | 44,4 |

лопасти от планировочной отметки должна быть не менее $5D$ в глинистых грунтах и не менее $6D$ — в песчаных.

3. Полевые испытания несущей способности свай

Предварительные полевые испытания несущей способности свай предшествуют составлению проекта; цель их — определить или уточнить несущую способность свай в данных грунтовых условиях. Контрольные испытания проводят в процессе устройства свай-

тая по наружному диаметру в m^2 при работе сваи на сжимающую нагрузку или проекция рабочей площади лопасти, т. е. за вычетом площади сечения ствола свай при работе на выдергивающую нагрузку.

В тех случаях, когда размер лопасти $D > 1,2 m$ или длина свай $L > 10 m$, несущую способность винтовых свай определяют пробной статической нагрузкой.

При работе винтовых свай на вдавливание принимают характеристики грунтов, залегающих под лопастью свай, а при расчете на выдергивание — характеристики грунтов, залегающих над лопастью свай. Глубина заложения

ных фундаментов для проверки соответствия фактической несущей способности свай с проектной.

Полевые испытания несущей способности свай могут быть статическими и динамическими. Динамический метод испытания свай применим только к готовым сваям, погружаемым в грунт забивкой или вибрированием.

Рассмотрим основной случай забивки готовой сваи молотом одиночного действия. Свободное падение ударной части молота весом Q с высоты H создает работу, равную QH . Эта работа расходуется на погружение свай и преодоление добавочных сопротивлений.

От одного удара свая погружается на величину e . Эту величину называют *отказом сваи*. Сопротивление грунта погружению сваи составляет величину $P_{пр}$. Следовательно, работа, израсходованная на погружение свай, равна $P_{пр}e$.

В процессе удара молота о сваю возникают упругие деформации молота и свай. Внешне работа упругих сил выражается в том, что молот весом Q , ударившись о сваю, подскочит на высоту h . Следовательно, работа упругих сил будет Qh .

Кроме погружения свай и упругих деформаций молота и свай, часть полезной работы молота расходуется на неупругие деформации молота и свай. Допустим, что эта часть работы составляет αQH . Тогда можно составить уравнение работы:

$$QH = P_{пр}e + Qh + \alpha QH. \quad (2.7)$$

Для решения этого уравнения допускают, что остаточные неупругие деформации в свае будут тем больше, чем больше напряжения, возникающие в теле свай. Следовательно, между величинами α и $P_{пр}$ существует функциональная зависимость.

Н. М. Герсеванов, установив выражение этой зависимости, предложил решение уравнения (2.7). По его исследованиям, предельное сопротивление грунта погружению свай выражается так:

$$P_{пр} = \frac{nF}{2} \left[\sqrt{1 + \frac{4QH}{nFe} \cdot \frac{Q + 0,2q}{Q + q}} - 1 \right], \quad (2.8)$$

где F — площадь поперечного сечения свай, m^2 ; e — отказ (погружение от одного удара) свай, cm ; Q — вес ударной части молота одиночного и двойного действия и дизель-молотов или полный вес подвесных молотов, T ; q — вес свай, наголовника (при его наличии) и подбабка (если забивку ведут с подбабком), T ; H — расчетная высота падения ударной части молота, cm ; n — коэффициент, зависящий от материала свай и способа забивки, принимаемый по табл. 2.7, T/m^2 .

Расчетное сопротивление (несущая способность) свай равно предельному сопротивлению, умноженному на коэффициент однородности $k=0,7$ и коэффициент условий работы $m=1$:

$$P = kmP_{пр} = 0,7 P_{пр}. \quad (2.9)$$

Таблица 2.7
Значения коэффициента n в формуле (2.8)

| Тип свай и наголовника | $n, T/m^2$ |
|---|------------|
| Деревянные с подбавком | 80 |
| Деревянные без подбавка | 100 |
| Железобетонные с наголовником | 150 |
| Стальные со стальным подбавком и наголовником | 300 |
| Стальные с деревянным подбавком | 200 |
| Стальные с наголовником, без подбавка | 500 |

Расчетную высоту падения молота H в зависимости от конструкции молота и наклона забивки свай принимают по табл. 2.8.

Таблица 2.8
Расчетная высота падения молота H в формуле (2.8)

| Тип молота | $H, см, для свай, погружаемых$ | |
|---|--------------------------------|--------------------------|
| | вертикально | с наклоном не положе 3:1 |
| Подвесной и паровоздушный одиночного действия и трубчатый дизель-молот (при контрольной добавке с отключенным декомпрессором) | $H = H_1$ | $H = 0,8H$ |
| Дизель-молот или молот двойного действия | $H = \frac{0,1E}{Q}$ | $H = \frac{0,08E}{Q}$ |
| Дизель-молот при контрольной добавке одиночными ударами без подачи топлива | $H = H_1 - h$ | |

В табл. 2.8 приняты следующие обозначения:

H_1 — фактическая величина хода упорной части молота, $см$; h — высота первого отскока ударной части дизель-молота от воздушной подушки, определяемая по мерной рейке (для предварительных расчетов для штанговых дизель-молотов принимают $h = 60 см$); E — энергия удара, $T \cdot см$, принимаемая по паспорту или определяемая опытным путем (табл. 2.9); для трубчатых дизель-молотов энергию удара можно принимать равной $E = 0,9QH$; Q — вес ударной части молота, T .

Таблица 2.9

Средние значения энергии удара $E, T \cdot см$

| Марка дизель-молота | Вес ударной части, T | $E, T \cdot см$ |
|---------------------|------------------------|-----------------|
| -222A | 1,25 | 113 |
| -268A | 1,8 | 147 |
| -330 | 2,5 | 195 |

Пример 2.2. Железобетонную сваю серии 1=011=1 сечением $30 \times 30 см$, длиной $8,0 м$ и весом $1,84 T$ забивают молотом одиночного действия весом ударной части $Q = 3,0 T$ с высотой свободного падения $H = 130 см$. Сваля имеет наголовник весом $0,06 T$. Отказ (величина погружения от последнего удара) равен $e = 1,4 см$. Определить несущую способность свай.

Решение. Для указанного способа забивки (по табл. 2.6) коэффициент $n = 150 T/m^2$. Подставив данные задачи в формулу (2.8), с учетом (2.9) получим:

$$P = 0,7 \frac{150 \cdot 0,09}{2} \left[\sqrt{1 + \frac{4 \cdot 3 \cdot 130}{150 \cdot 0,09 \cdot 1,4} \cdot \frac{3,0 + 0,2 \cdot 1,9}{3,0 + 1,9}} - 1 \right] = 31,24 T.$$

В тех случаях, когда готовые сваи погружают не забивкой, а вибропогружателями, несущую способность свай можно определить по формуле Б. П. Татарникова:

$$P = km \left(\frac{\alpha N_0 - N_x}{1 + \beta e} + Q + q \right), \quad (2.10)$$

где Q — вес вибропогружателя, T ; N_0 — общая величина активной электрической мощности, $квт$, на валу электродвигателя вибропогружателя при скорости погружения свай от 0 до $5 см/мин$; N_x — то же, при холостом ходе вибратора; α — коэффициент, учитывающий влияние конструкции вибропогружателя и свойства грунта; β — коэффициент, учитывающий влияние скорости погружения свай в грунт; e — отказ свай в $см$ за $1 мин$ работы вибропогружателя. Для вибропогружателей ВП-1 значения коэффициентов α и β можно принимать по табл. 2.10.

На производстве очень часто решают обратную задачу: по проекту устанавливают несущую способность свай, а в процессе производства работ замеряют отказы свай. Отказы свай, замеренные при забивке, должны быть больше заданных в проекте значений контрольных отказов.

Значения контрольных отказов вычисляют решением формулы (2.8) относительно e :

$$e = \frac{k m n F Q H}{P \left(\frac{1}{km} P + nF \right)} \cdot \frac{Q + 0,2 q}{Q + q}. \quad (2.11)$$

Так, принимая значения $P = 31,3 T$, значение контрольного отказа для свай, описанной в примере 2.2, будет равно

$$e = \frac{0,7 \cdot 150 \cdot 0,09 \cdot 3,0 \cdot 130}{31,3 \left(\frac{1}{0,7} 31,3 + 150 \cdot 0,09 \right)} \cdot \frac{3,0 + 0,2 \cdot 1,9}{3,0 + 1,9} = 1,4 см.$$

Таблица 2.10
Значения коэффициентов α и β в формуле (2.10) (для вибропогружателей ПВ-1)

| Род грунта | Коэффициенты | |
|---|--------------|---------|
| | α | β |
| Сухой песок | 8 | 0,33 |
| Песок насыщенный водой | 5,7 | 0,15 |
| Глина тугопластичная моренная | 2,7 | 0,17 |
| Глина тугопластичная | 2,3 | 0,17 |
| Суглинок тугопластичный | 2,5 | 0,15 |
| Суглинок мягкопластичный | 4,6 | 0,15 |

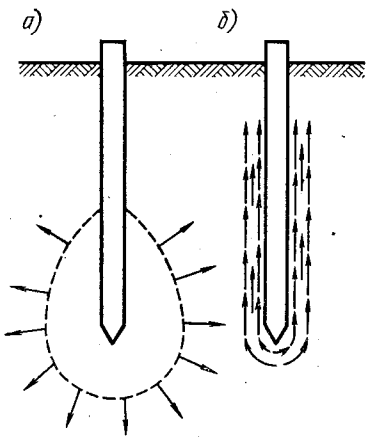
При производственной и экспериментальной забивке свай необходимо соблюдать ряд условий. Вес ударной части молота одиночного действия должен быть не менее веса сваи (или оболочки) при длине сваи более 12 м, не менее 1,5 веса сваи (при забивке в плотные грунты) и 1,25 веса сваи (при забивке в грунты средней плотности) для свай длиной менее 12 м. При этом вес наголовника включают в вес сваи.

Наголовники должны соответствовать размеру сваи; зазор между гранью сваи и стенкой наголовника не должен превышать 1 см.

Динамические испытания свай для определения их несущей способности проводят не менее чем по истечении 3 суток, а свай, забитых в глинистые грунты, — не менее чем по истечении 6 суток с момента окончания их забивки. Это требование вызывается тем, что при погружении готовых свай забивкой в некоторые грунты наблюдаются явления ложного отказа и засасывания.

Ложный отказ проявляется в том, что после некоторого количества ударов свая перестает заглубляться в грунт, но вновь легко начинает погружаться после возобновления забивки через несколько дней. При ложном отказе сваю после одной или нескольких остановок можно добить до проектной отметки, и через несколько дней несущая способность ее достигает проектной.

Явление засасывания заключается в том, что после некоторого количества ударов отказы резко увеличиваются — свая все легче уходит в грунт. Если прекратить дальнейшую забивку сваи на несколько дней и потом возобновить, то окажется, что за время «отдыха» свая с трудом поддается дальнейшей забивке, т. е. приобрела проектную несущую способность.



В маловлажных чистых песчаных грунтах плотных и средней плотности частые удары молота вызывают резкое местное уплотнение грунта под концом сваи. В результате образуется грушевидная зона уплотненного грунта, препятствующая дальнейшему погружению сваи (рис. 2.4, а). После прекращения динамического воздействия молота грушевидная зона разуплотняется и появляется возможность дальнейшей забивки сваи. Аналогичные явления наблюдаются также при забивке свай в глинистые грунты твердой и твердопластичной консистенции.

Образование грушевидной уплотненной зоны и ее рассасывание объясняется условиями фильтрации грунтовой воды из грунтов с малым коэффициентом фильтрации. Чем меньше коэффициент фильтрации, тем медленнее удаляется вода при уплотнении грунта. Частые удары молота создают в

грушевидной зоне запас потенциальной энергии, под воздействием которой вода медленно отжимается.

По мере израсходования запаса потенциальной энергии давления в грушевидной зоне и в окружающем грунте сравниваются, и грунт оказывается способным к дальнейшему уплотнению.

В пластичных глинистых и пльвунных грунтах динамическое воздействие молота приводит к тиксотропному нарушению структуры грунта и, как следствие, его разжижению. Наряду с этим происходит движение воды вверх, вдоль ствола сваи, что также снижает сопротивление грунта. После отдыха восстанавливается структура грунта и его сопротивление (рис. 2.4, б).

В тех случаях когда свая погружается с помощью вибропогружателей при скорости погружения от 2 до 10 см/мин, несущую способность ее определяют из выражения

$$P = \lambda km \left(\frac{153 N_{\text{вп}}}{A_0 n_{\text{об}}} + Q \right), \quad (2.12)$$

где λ — коэффициент, учитывающий влияние вибропогружения на свойства грунта и определяемый по данным статических испытаний или для ориентировочной оценки несущей способности — по табл. 2.11; $km=0,7$ — произведение коэффициентов однородности и условий работы; $N_{\text{вп}}$ — мощность, расходуемая электродвигателем на колебания сваи и ее погружение, кВт; A_0 — фактическая ампли-

Таблица 2.11

Коэффициенты λ для определения несущей способности свай и свай-оболочек с помощью вибропогружателей в глинистые и песчаные грунты

| Грунт | λ при грунтах | | |
|------------------|---------------------------|------------------|------------------|
| | глинистых с консистенцией | | |
| | $B > 0,75$ | $0,5 < B < 0,75$ | $0,25 < B < 0,5$ |
| | песчаных | | |
| | насыщенных водой | влажных | мало влажных |
| Песок или супесь | 4,5 | 3,5 | 3,0 |
| Суглинок | 4,0 | 3,0 | 2,5 |
| Глина | 3,0 | 2,2 | 2,0 |

туда колебаний сваи в см, принимаемая равной половине полного размаха колебаний на последней минуте погружения и замеренная при погружении сваи; $n_{\text{об}}$ — число оборотов эксцентриков вибратора в 1 мин; Q — суммарный вес сваи, наголовника и вибропогружателя, Т.

4. Определение несущей способности свай пробными нагрузками

Испытывать осевыми вдавливающими статическими нагрузками можно все виды готовых и набивных свай и свай-оболочек.

Нагрузки могут быть: ступенчато-возрастающие, т. е. увеличивающиеся ступнями от начала и до конца испытания; циклические, т. е. с последовательным чередованием приложения возрастающих ступеней нагрузки с разгрузкой до нуля.

Для проведения испытаний свай используют различные установки. Раньше других начали применять установки с тарированным грузом. Такая установка состоит из платформы, устанавливаемой на голове сваи с помощью специального наголовника. Платформа имеет устройство, позволяющее закреплять ее на специальных опорах. Вес платформы и каждого элемента груза тарируют и помечают краской. После того как платформа установлена, ее закрепляют на специальных опорах с помощью клиньев и укладывают первую ступень нагрузки; затем клинья удаляют и следят за вдавливанием сваи до стабилизации. После этого платформу снова расклинивают, и операцию повторяют.

Установка с гидравлическим домкратом и анкерными сваями значительно удобнее. Количество анкерных свай в установке назначают в зависимости от максимальной нагрузки, ожидаемой при испытании, величины предельного сопротивления анкерных свай выдергиванию и прочности их материала на растяжение.

Глубина забивки анкерных свай не должна превышать глубину забивки испытываемой сваи, а расстояние между осями анкерных и испытываемых свай должно быть не меньше $6d$, где d — большая сторона или диаметр поперечного сечения испытываемой сваи.

Если испытывают сваи большого диаметра или сваи с уширенной пятой, расстояния в свету между анкерными и испытываемой сваями должно быть не менее $2d$, где d — диаметр испытываемой сваи (и уширенной пяты) для соответствующих свай или лопасти (для винтовых свай).

Конструкция, служащая упором для домкрата, должна быть достаточно жесткой. По ГОСТ 5686—69 прогиб такой конструкции допускается не более $1/250$ ее расчетного пролета.

Для испытания свай применяют также установки с грузом, служащим упором для гидравлического домкрата и комбинированные установки, в которых нагрузка создается как гидравлическим домкратом, так и тарированными грузами.

Нагрузку на испытываемую сваю следует передавать равномерно, без толчков и ударов. Величину одной ступени нагрузки принимают равной 0,1 от предполагаемой несущей способности сваи; нагрузку доводят до величины, вызывающей осадку не менее 40 мм. В тех случаях, когда предельная осадка зданий и сооружений, для которых устраивается свайный фундамент, не должна превышать 150 мм, осадку испытываемой сваи от максимальной нагрузки можно ограничить 20 мм.

Наблюдение за перемещениями свай под нагрузкой ведется специальными приборами с точностью до 0,1 мм. Расчетную величину перемещения принимают как среднее арифметическое показаний двух приборов, устанавливаемых симметрично. Если это возможно, устанавливают и большее количество приборов. Предельно допустимые расхождения в показаниях двух приборов не должны превышать 50% при осадках менее 1 мм, 30% — при осадках от 1 до 5 мм и 20% — при осадках более 5 мм.

Для каждой ступени нагрузки делают несколько отсчетов по всем приборам. Первый отсчет берут тотчас же по приложении нагрузки, затем четыре отсчета с интервалами по 15 мин, два отсчета с интервалами по 30 мин и далее через каждый час до тех пор, пока разница в перемещениях за 2 ч наблюдений не будет превышать 0,1 мм. Выполнение такого условия называют условной стабилизацией. После ее наступления укладывают следующую степень нагрузки.

После достижения максимальной нагрузки сваю разгружают ступенями, равными удвоенным ступеням нагрузки. После снятия каждой ступени нагрузки сваю выдерживают в течение 1 ч в глинистых грунтах и 30 мин в песчаных. Наблюдения за приборами ведут соответственно через каждые 30 или 15 мин.

Все результаты наблюдений фиксируют в журналах пробного испытания свай, после чего строят график зависимости осадки (перемещения) от нагрузки $S=f(P)$ и изменения осадки (перемещения) во времени по ступеням нагрузки $S=f(t)$.

Такие графики позволяют определить величину нормативного сопротивления сваи P^H . Для промышленных и гражданских зданий и сооружений значение P^H находят по графику «Нагрузка — осадка» из условия, что соответствующая осадка Δ составляет некоторую долю от предельно допустимой осадки для данного здания или сооружения:

$$\Delta = \zeta S_{\text{пр. ср.}} \quad (2.13)$$

где $\zeta=0,1$ — коэффициент перехода от предельной величины средней осадки фундаментов здания или сооружения к осадке сваи, полученной в процессе испытания при условной стабилизации осадки 0,1 мм за 2 ч; $S_{\text{пр. ср}}$ — предельная величина средней осадки фундамента проектируемого здания или сооружения.

Для мостовых опор за нормативное сопротивление сваи P^H принимают нагрузку на одну ступень меньше нагрузки, при которой приращение осадки за одну ступень загрузения (при общей величине осадки более 40 мм) превышает в 5 раз и более приращение осадки, полученное за предшествующую степень загрузения или нагрузку, вызывающую осадку не затухающую в течение суток и более, при общей величине осадки более 40 мм.

Несущую способность сваи определяют из выражения

$$P = kmP^H = 0,8 P^H \quad (2.14)$$

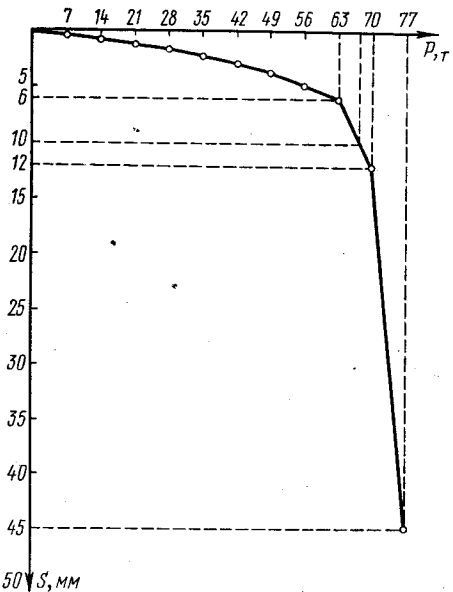


Рис. 2.5. График испытания свай статической нагрузкой

Пример 2.3. На рис. 2.5 изображен график зависимости перемещения свай под статической нагрузкой. Требуется определить нормативное сопротивление свай.

Замечаем, что при приложении нагрузки 70 T свая получила приращение перемещения $12 - 6 = 6$ мм. При приложении нагрузки 77 T приращение перемещения свай составило $45 - 12 = 33$ мм, что более чем в 5 раз больше перемещения на предыдущей ступени нагрузки. Общая осадка свай составила 45 мм, т. е. больше 40 мм. Следовательно, по условиям определения нормативного сопротивления свай для мостов за нормативную нагрузку может быть принято $R^n = 70$ T.

По СНиП II-Б-1-62* предельная осадка зданий с каркасом по полной схеме не должна превышать 10 см. Следовательно, в этом случае нормативное сопротивление свай в соответствии с выражением (2.13) определим так:

$$\Delta = \zeta S_{пр. ср} = 0,1 \cdot 100 = 10 \text{ мм.}$$

По графику 2.5 перемещению 10 мм соответствует давление 67,7 T. Следовательно, для таких сооружений $R^n = 67,7$ T.

Несущая способность (расчетное сопротивление) свай получим, умножив R^n на коэффициент однородности $k = 0,8$ и коэффициент условий работы $m = 1$.
В данном примере для мостов $P = 0,8 \cdot 70 = 56$ T; для зданий с полным каркасом $P = 0,8 \cdot 67,7 = 54,16$ T.

5. Несущая способность свайных фундаментов

Несущая способность свайных фундаментов из свай-стоек при любой расстановке их в плане равна сумме несущих способностей отдельных свай.

Несущая способность свайного фундамента из висячих свай, как видно из § 1 этой главы, зависит от количества свай, их расстановки в плане, формы и размеров поперечного сечения и длины. Все эти факторы сказываются на величине «кустового эффекта». Чтобы упростить расчет, получив правильные результаты, делают расчет свайного фундамента в целом по второму предельному состоянию, т. е. по перемещениям.

С этой целью для расчета свайный фундамент заменяют условным сплошным фундаментом (рис. 2.6), границы которого определяются: снизу — плоскостью, проходящей через нижние концы свай или свай-оболочек; с боков — вертикальными плоскостями, отстоящими от наружных граней свай крайних рядов на расстоянии $a = ltg(\varphi_{ср}^n/4)$, а при наличии наклонных свай — проходящими через

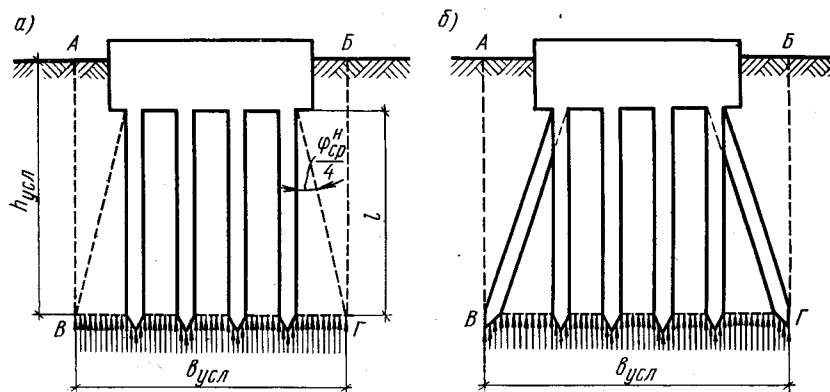


Рис. 2.6. Схема определения границ условного фундамента при расчете осадки свайного фундамента:

а — фундамент с вертикальными сваями; б — то же, с наклонными

нижние концы этих свай; сверху — поверхностью планировки грунта.

Значение находят как средневзвешенное значение нормативных углов внутреннего трения для отдельных слоев грунта, пройденных сваями

$$\varphi_{ср}^n = (\varphi_1^n l_1 + \varphi_2^n l_2 + \dots + \varphi_n^n l_n) : \sum l.$$

Определив контуры условного фундамента, определяют его осадку методом послойного суммирования, как осадку обычного жесткого фундамента.

Среднее давление по подошве условного фундамента от нормативных нагрузок при этом не должно превышать величины нормативного давления на грунт, вычисленного по выражению

$$R^n = m [(Ab_{усл} + Bh_{усл}) \gamma_0 + c^n D],$$

где A , B и D — параметры, определяемые по СНиП II-Б. 1-62* в зависимости от угла φ ; $h_{усл}$ и $b_{усл}$ — соответственно глубина заложения и площадь подошвы условного фундамента; γ_0 — усредненный объемный вес грунта от поверхности до подошвы условного фундамента; c^n — нормативное значение удельной силы сцепления; m — коэффициент условной работы, принимаемый по СНиП II-Б. 1-62*.

Для погружения свай применяют погружатели, подвешиваемые к мачтам копров или тросам стреловых кранов, а также специальные машины для вдавливания или завинчивания свай в грунт.

По принципу действия подвесные погружатели делятся на машины ударного действия (сваебойные молоты) и вибрационного (вибропогружатели, вибромолоты и вибродавляющие установки).

1. Сваебойные молоты

По виду прибора сваебойные молоты разделяются на механические, приводимые в действие лебедкой при помощи троса, паровоздушные, действующие от пара или сжатого воздуха, и дизель-молоты — штанговые и трубчатые, работающие как двигатели внутреннего сгорания.

Механические молоты присоединяют к подъемному тросу лебедки при помощи распепляющего устройства или подвешивают непосредственно к тросу лебедки.

Механический молот с распепляющим устройством (рис. 3.1) представляет собой чугунную болванку 1 весом 3 Т и более. В болванке имеются пальцы 2 для удержания молота в направляющих копровой мачты 3 и проушина 4 для сцепления молота с крюком рычага распепляющего устройства. Последнее шарнирно укреплено на подвеске 5, имеющей кольцо для присоединения крюка подъемного троса лебедки, который огибает блок, расположенный в верхней части копровой мачты. К свободному концу рычага прикреплен канат 6, с помощью которого крюк распепляющего устройства, выходя из проушины, освобождает молот, и он падает на голову сваи.

После удара молота рабочий с помощью лебедки опускает рычаг, затем присоединяет его к молоту и поднимает на необходимую высоту для нанесения следующего удара.

Молот без распепляющего устройства с помощью лебедки поднимают вверх, затем выключают барабан лебедки; молот

падает, увлекая за собой трос, свободно сматывающийся с барабана.

В качестве механических молотов применяют также железобетонные болванки весом 3—5 Т, подвешиваемые к грузовому крюку стрелового крана. Поднимают молот с помощью лебедки крана. В зависимости от длины стрелы крана и веса болванки такими молотами можно забивать сваи различной длины.

Величина хода подвесных молотов — 1,5—3 м, скорость падения в момент удара достигает 6 м/сек; число ударов зависит от высоты подъема молота и составляет для молотов с распепляющим устройством 3—4 удара в 1 мин и для молотов, не имеющих такого устройства, — 10—12 ударов. Вследствие невысокой производительности механических молотов их применяют при небольших объемах свайных работ.

Паровоздушные молоты, в которых энергия сжатого воздуха или пара используется только для поднятия ударной части, а падение молота происходит под действием собственного веса, называются молотами простого или одиночного действия. Молоты, в которых энергия сжатого воздуха (пара) используется не только для подъема ударной части, но и для падения, называют молотами двойного действия.

По способу управления различают паровоздушные молоты с ручным, полуавтоматическим и автоматическим управлением. Паровоздушные молоты одиночного действия и штанговые дизель-молоты имеют утяжеленные подвижные корпуса с цилиндрами, являющимися ударной частью.

Паровоздушные молоты двойного действия и трубчатые дизель-молоты имеют неподвижные рабочие цилиндры, в которых перемещаются ударные части — бойки.

Паровоздушный молот одиночного действия с ручным управлением (рис. 3.2) состоит из массивного чугунного корпуса 1 с паровым цилиндром 2, прикрытым сверху крышкой 3, внутри которого находится неподвижный поршень 5 с полым штоком 6. Он имеет также парораспределительное устройство с трехходовым краном 4, через который поступает сжатый воздух (пар), и коромысло 9 для поворота крана с помощью веревки. В нижней части цилиндра имеется отверстие для спуска конденсата 7.

Молот перемещается по направляющим копра, для чего на корпусе имеются приливы 8. Поднимается молот с помощью каната, закрепляемого на скобах 10.

Под давлением сжатого воздуха (пара), поступающего в пространство между крышкой 3 и поршнем 5, корпус молота поднимается вверх, скользя по штоку 6, который опирается на голову сваи. В этот момент рабочий поворачивает трехходовый кран, и сжатый воздух из цилиндра выходит наружу, а корпус молота падает на голову сваи. Затем молот вновь поднимают вверх, в цилиндр подается сжатый воздух и т. д.

Отношение веса ударной части молота одиночного действия к весу сваи с наголовником при длине свай более 12 м принимают равным 1; при длине свай до 12 м, погружаемых в плотные грунты — 1,5 и забиваемых в грунты средней плотности — 1,25.

Паровоздушные молоты двойного действия производительнее молотов одиночного действия, так как пар (воздух) используется

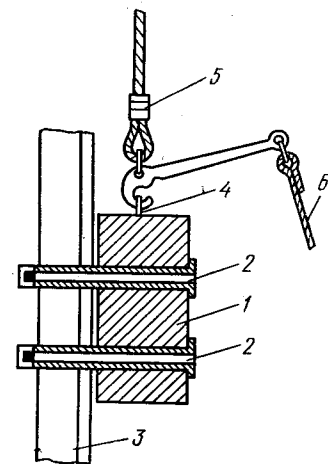


Рис. 3.1. Механический молот с распепляющим устройством

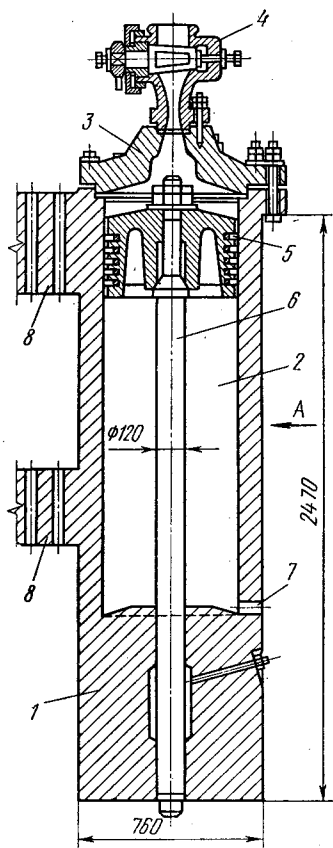


Рис. 3.2. Паровоздушный молот одиночного действия с ручным управлением

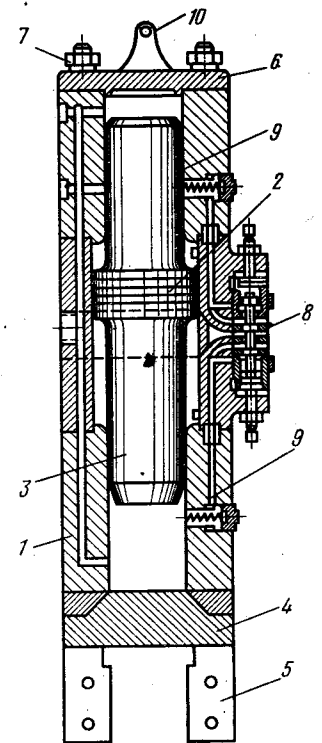
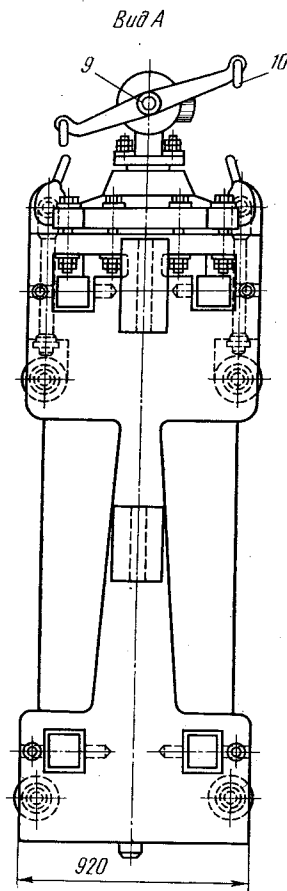


Рис. 3.3. Схема устройства паровоздушного молота двойного действия

не только для подъема ударной части, но и для падения ее. Число ударов достигает 150 в минуту и более. Паровоздушные молоты двойного действия можно применять и для забивки свай под водой.

Схема устройства паровоздушного молота двойного действия показана на рис. 3.3. Внутри чугунного корпуса 1, состоящего из трех частей, перемещается боек 3 с поршнем 2. Корпус молота внизу имеет стальную опорную плиту 4 для установки молота на голову сваи, которая заделана между ножками 5. Три части корпуса молота стянуты вместе с крышкой 6 болтами 7.

В окне средней части корпуса находится золотниковое устройство и отверстие 8, в которое ввертывают штуцер для подачи шлангом пара или воздуха а в верхней и нижней частях цилиндра расположены паровые клапаны 9. Молот подвешивают к подъемному тросу копра или грузовому крюку стрелового крана с помощью скобы 10 на крышке молота.

При пуске пара (воздуха) в подпоршневое пространство через золотниковое устройство и каналы в теле корпуса цилиндра боек поднимается, и подпоршне-

вое пространство в это время сообщается с атмосферой и из него выходит отработанный пар.

Под действием пара и собственного веса боек падает вниз, наносит удар по опорной плите и через нее свае. Затем срабатывает золотник, происходит пуск пара, боек поднимается и вновь падает.

В перевернутом виде паровоздушные молоты двойного действия можно использовать для выдергивания свай, что является их достоинством, так как не нужно применять для этой цели специального оборудования.

Паровоздушные молоты характеризуют: энергия удара в $\text{кГ}\cdot\text{м}$; вес ударной части в кГ ; длина хода в м , общий вес молота и габаритные размеры.

Энергию удара молота одиночного действия с учетом потерь определяют по формуле (в $\text{кГ}\cdot\text{м}$)

$$E = QHk, \quad (3.1)$$

где Q — вес ударной части молота, кГ ; H — длина хода ударной части, м ; k — коэффициент полезного действия, принимаемый для молотов одиночного действия равным 0,8—0,9. Число ударов n в 1 мин составляет

$$n = 60 : (t_1 + t_2 + t_3),$$

где t_1, t_2, t_3 — соответственно продолжительности холостого, рабочего ходов и время, затрачиваемое на переключение золотника.

Для молота двойного действия значение энергии одного удара E с учетом потерь определяют по формуле

$$E = (0,9Q + p\omega) H, \quad (3.2)$$

где H — длина хода поршня; ω — площадь поршня; p — давление пара (сжатого воздуха) в цилиндре молота; Q — вес ударной части молота.

Номинальная энергия удара молота двойного действия должна составлять 0,3—0,6 $\text{кГ}\cdot\text{м}$ на каждый кГ веса сваи, погружаемой в в плотный грунт, и 0,2—0,5 $\text{кГ}\cdot\text{м}$ — при забивке в слабые грунты. Основные параметры молотов одиночного и двойного действия, соответствующие ГОСТ 7888—66 «Молоты сваебойные», приведены в табл. 3.1 и 3.2.

Для обеспечения работы паровоздушных молотов применяют паросиловое оборудование или компрессорную установку. Чаще всего используют вертикальные водотрубные паровые котлы давления

Технические характеристики паровоздушных молотов одиночного действия

| Наименование параметров | Марки молотов | | | | | | | | | | | |
|---|---------------|----------|----------|----------|------|------|------|-------|--------|-------|-------|------|
| | СССМ-570 | СССМ-750 | СССМ-589 | СССМ-680 | 3000 | 4250 | 6500 | 8200 | С-276А | С811А | С812А | 1800 |
| Масса ударной части, кг | 1800 | 1800 | 3000 | 6000 | 3000 | 4250 | 6500 | 8200 | 3000 | 6000 | 8000 | 1800 |
| Энергия удара, кГ·см | 2700 | 2700 | 3200 | 8220 | 3200 | 5200 | 8200 | 10960 | 4100 | 8200 | 10000 | 2200 |
| Число ударов в 1 мин | 30 | 30 | 30 | 30 | 10 | 4—8 | 4—10 | 4—5 | 40—50 | 40—50 | 35—40 | 30 |
| Ход поршня, мм | 1500 | 1500 | 1300 | 1370 | 1250 | 1250 | 1250 | 1200 | 1370 | 1370 | 1370 | 1200 |
| Расход сжатого воздуха, м ³ /мин | — | — | — | — | 11 | 11 | 18 | 24 | 9 | 18—20 | 26 | 10 |
| Расход пара, кг/ч | 350 | 545 | 550 | 1100 | 550 | 900 | 1300 | 1500 | 710 | 1250 | 1500 | 350 |
| Диаметр паропровода, мм | 38 | 50 | 50 | 75 | 50 | 50 | 75 | 75 | 50 | 50—75 | 75 | 38 |
| Диаметр воздухопровода, мм | 19 | 27 | 27 | 55 | 27 | 40 | 40 | 40 | 27 | 40 | 40 | 27 |
| Габаритные размеры, мм: | | | | | | | | | | | | |
| длина | 4840 | — | 4635 | 4950 | — | — | — | — | 4360 | 4730 | 4730 | — |
| ширина | 775 | — | 900 | 830 | — | — | — | — | 870 | 1070 | 1070 | — |
| высота | 810 | — | 1180 | 1405 | — | — | — | — | 900 | 1150 | 1270 | — |
| Масса молота, кг | 2700 | 2700 | 4300 | 8647 | 4250 | 5100 | 7300 | 8695 | 4250 | 8200 | 11000 | 2185 |

Примечание. Высота молота в рабочем положении соответствует длине его в нерабочем положении.

Таблица 3.2

Технические характеристики паровоздушных молотов двойного действия

| Наименование параметров | Марка молотов | | | | | | |
|---|---------------|----------|----------|------|------|--------|-----------|
| | СССМ-501 | СССМ-502 | СССМ-708 | С-35 | С-32 | С-231 | С-977 |
| Масса ударной части, кг | 363 | 181 | 680 | 614 | 655 | 1130 | 2250 |
| Энергия удара, кГ·м | 573 | 345 | 1120 | 1085 | 1590 | 1800 | 1700—2700 |
| Величина хода поршня, мм | 241 | 222 | 406 | 450 | 525 | 508 | 460 |
| Число ударов в 1 мин | 225 | 275 | 140 | 135 | 125 | 95—112 | 100—105 |
| Расход пара, кг/ч | 510 | 400 | 865 | 900 | 1200 | 1190 | — |
| Расход сжатого воздуха, м ³ /мин | 11,3 | 7,8 | 12,7 | 12,8 | 17 | 17 | 16,5 |
| Диаметр паропровода (воздухопровода), мм | 30 | 30 | 38 | 38 | 38 | 65 | — |
| Габаритные размеры, мм: | | | | | | | |
| длина | 1855 | 1655 | 2490 | 2375 | 2391 | 2765 | — |
| ширина | 535 | 380 | 560 | 650 | 630 | 660 | — |
| высота | 725 | 660 | 710 | 710 | 800 | 810 | — |
| Общая масса, кг | 2263 | 1315 | 2963 | 3767 | 4095 | 4650 | 5200 |

Примечание. Высота молота в рабочем положении соответствует длине его в нерабочем положении.

6—10 ат системы Шухова, пар от которых подается к молоту и паровой машине по бронированным шлангам, выдерживающим давление 8 ат. При большом расстоянии гибкие шланги присоединяют к стальному трубопроводу.

Компрессорная установка состоит из передвижного компрессора производительностью от 15 до 20 м³/мин при давлении 8 ат, воздухоборника, в котором выравнивается давление сжатого воздуха, воздухопровода, соединяющего компрессор и воздухоборник, и шланга, подающего воздух из воздухоборника в молот.

Дизельные молоты, работающие как двухтактные двигатели внутреннего сгорания, по конструктивным особенностям подразделяют на *штанговые* с неподвижными и подвижными штангами и *трубчатые*. Энергия сгорающего топлива (солярового масла, газойля и других нефтяных продуктов) передается непосредственно ударной части молота. Последняя подбрасывается вверх, а затем под действием собственного веса падает, нанося удары по свае.

Преимущества дизель-молотов заключаются в независимости их работы от источника энергии, простоте в эксплуатации, возможности применения на самоходных сваебойных установках на базе тракторов, кранов-экскаваторов, автомобилей и монтажных кранов.

Недостаток штанговых дизельных молотов — их не всегда можно эффективно использовать в слабых и пластичных глинистых грунтах с консистенцией $B > 0,6$, в которые свая погружается очень быстро. В таких случаях высота подбрасывания цилиндра может быть настолько малой, что его падение не обеспечивает сжатия воздуха в камере сгорания, необходимого для вспышки горючего. Что-

бы возобновить работу молота, приходится поднимать ударную часть молота для закрепления кошки с траверсой, после чего резким рывком за веревку, укрепленную на рычаге сброса, освобождают цилиндр с кошки, он падает, и в это время поступает горючее.

Более эффективно дизельные молоты используют при погружении свай в полутвердые и тугопластичные глинистые грунты с консистенцией $B=0,1 \div 0,4$.

Штанговые дизельные молоты имеют воздушное охлаждение и в жаркую безветренную погоду могут работать до перегрева при температуре наружного воздуха $+25^{\circ}\text{C}$ в течение 60 мин. После этого необходимо делать перерывы на 20—30 мин или обдувать поршень сжатым воздухом, подаваемым от малогабаритного компрессора типа О-16, который устанавливают на раме копра, а шланг подвешивают на мачте.

Дизельные молоты с подвижными штангами по принципу действия не отличаются от молотов с неподвижными штангами. Они предназначены для забивки деревянных свай и шпунта.

Штанговый дизельный молот со свободным падением ударной части (рис.3.4) состоит из неподвижной части, устанавливаемой на свае, и подвижной — цилиндра 1. Последний служит ударной частью молота, который перемещается по направляющим неподвижным штангам 2.

В неподвижной части размещен поршневой блок 3, топливный насос 4, автоматически подающий горючее к форсунке поршня и в топливный резервуар 5, находящийся в основании блока.

С задней стороны блока расположены два кронштейна с направляющими лапками, предназначенными для перемещения молота в направляющих мачты копра. К низу основания блока крепится наголовник в виде стальной коробки. Шарнирное прикрепление наголовника к дизель-молоту обеспечивает заводку свай в наголовник, ее подъем и установку в вертикальное положение.

В верхней части молота имеется траверса 6 с оголовником 7 и захватом 8 с рычагом, к концу которого прикрепляют веревку. С помощью ее рабочий, поворачивая рычаг, освобождает захват от сцепления с цилиндром, находящимся в крайнем верхнем положении, и цилиндр падает. Верхнее положение цилиндра занимает после подъема его лебедкой копра и опускания на захват, с которым он сцепляется автоматически.

Процесс работы дизель-молота осуществляется следующим образом. В момент падения цилиндра на неподвижную часть молота воздух, заключенный в камере сгорания между дном цилиндра и головкой поршня, сжимается. Когда это сжатие становится максимальным, падающий цилиндр толкает рычаг топливного насоса, который подает порцию горючего в камеру сгорания. Под действием высокой температуры воздуха, развивающейся после сжатия, горючее воспламеняется, образуя газы, подбрасывающие цилиндр вверх и одновременно толкающие поршень, усиливая этим удар падающего цилиндра. Удар передается свае через пятую сферического шарнира четырьмя выступами в нижней части цилиндра.

Штанговый дизель-молот с ударной частью массой в 1200—1800 кг используют для забивки свай сечением $30 \times 30 \text{ см}$ и длиной 6—8 м. Его можно применять и как сваевыдергиватель, но в этом случае требуется высокая степень сжатия, исключая соприкосновение ударной части с наголовником.

Для извлечения сваи штанга через основание поршня закрепляется за сваю. Под действием сжатого воздуха и рабочих газов цилиндр затормаживается и подбрасывается вверх, «ударяя» по траверсе.

Для проведения испытания свай динамическим способом энергию удара штангового дизель-молота E определяют по формуле

$$E = QH - E_{\text{сж}}, \quad (3.3)$$

где Q — масса ударной части дизель-молота, работающего без подачи топлива в камеру сгорания, кг; H — фактическая высота падения ударной части молота, работающего без подачи топлива в ка-

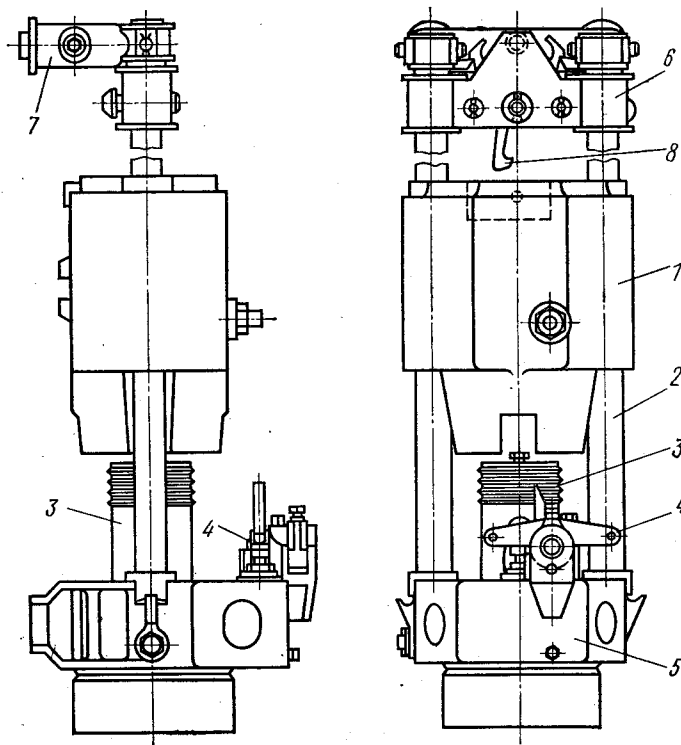


Рис. 3.4. Схема устройства штангового дизель-молота

меру сгорания, см; $E_{\text{сж}}$ — энергия сжатия воздуха в цилиндре при холодном ударе.

Так как без подачи топлива энергия сжатого воздуха в цилиндре после удара почти полностью передается ударной части молота, то происходят затухающие отскоки его. По величине первого отскока при ударе h определяют энергию сжатия, которая равна

$$E_{\text{сж}} = Qh.$$

Трубчатые дизель-молоты имеют ряд преимуществ по сравнению со штанговыми. При одинаковом весе энергия удара такого молота в 2—3 раза больше, чем у штангового. Это объясняется

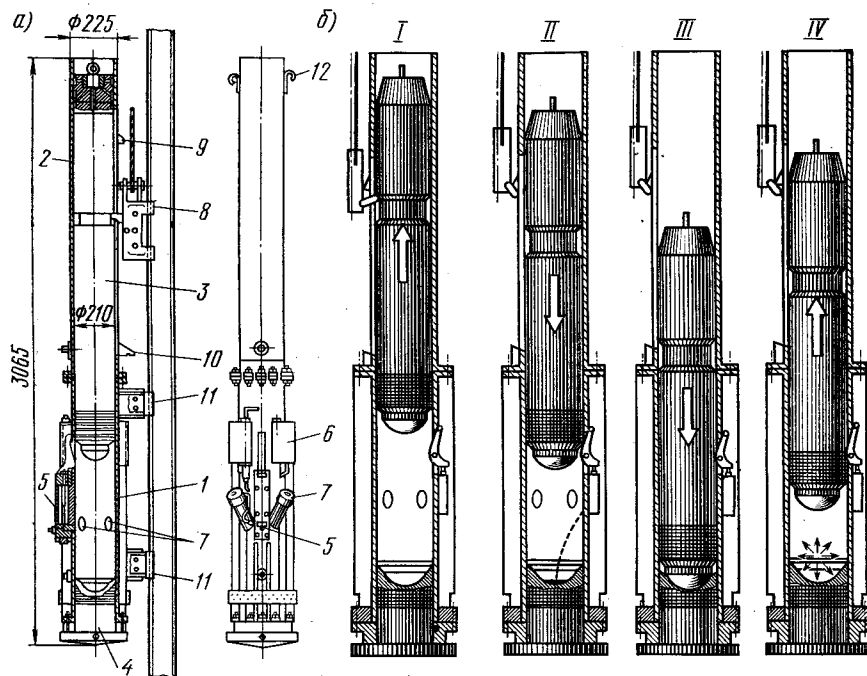


Рис. 3.5. Грубчатый дизель-молот:
а — устройство молота; б — схема работы

тем, что высота подъема ударной части значительно большая, а также тем, что топливо сгорает после удара, который усиливается взрывом газов, образующихся в камере сгорания.

Грубчатый молот (рис. 3.5) состоит из следующих основных частей: рабочего цилиндра 1, направляющих цилиндра 2 и поршня 3, который является ударной частью. В рабочий цилиндр снизу вставлен свободно шабот 4, имеющий цилиндрическую форму, который может перемещаться вдоль рабочего цилиндра (поэтому при нанесении поршнем ударов по шаботу они не передаются цилиндру). В нижней части шабота винчен штырь, фиксирующий положение молота по оси сваи. В верхней части шабота имеется сферическое углубление, размеры которого соответствуют размерам бойка поршня. В это углубление поступает топливо, подаваемое насосом. Топливный насос 5 смонтирован на рабочем цилиндре между выхлопными патрубками 7 и соединен с резервуаром для топлива 6 топливопроводом. На шаботе и поршне установлены компрессионные кольца.

Для подъема по направляющим мачты копра и запуска дизель-молота при сбрасывании его служит пусковое устройство — кошка 8, а на боковой поверхности цилиндра имеются продольная прорезь, в которую входит рычаг кошки для поднятия поршня, упоры для подъема всего молота кошкой 10, сбрасывающий упор для удержания рычага кошки при сбрасывании поршня 9 и подъемные крюки для присоединения троса при подъеме всего молота лебедкой копра 12.

Молот перемещается по мачте копра по направляющим лапам, к которым прикреплены захваты 11, заходящие за полки швеллеров направляющих мачт.

Поршень, шабот, наголовник и свая под влиянием удара движутся вниз, а направляющий цилиндр отстает от них и задерживается на мачте копра, в то время как свая продолжает опускаться. Когда движение сваи и подвижных элементов молота прекращается, цилиндр под действием собственного веса падает на фланец шабота, нанося по нему удары.

Для пуска молота поршень с помощью кошки поднимают вверх и при этом открываются всасывающе-выхлопные патрубки 5, через которые в цилиндр поступает воздух. Дойдя до верха (положение I), поршень автоматически отсоединяется от кошки и под действием собственного веса начинает двигаться вниз. Не доходя до всасывающе-выхлопных патрубков, поршень отводит в сторону рычаг топливного насоса, который подает топливо в сферическое углубление шабота 3 (положение II). Двигаясь далее вниз, поршень закрывает всасывающе-выхлопные патрубки, сжимает воздух, заполняющий камеру сгорания, которая образуется поверхностями рабочего цилиндра, поршня и шабота (положение III).

Вследствие сжатия воздух нагревается до температуры, достаточной для воспламенения газов. В момент удара поршня по шаботу топливо распыляется с нагретым воздухом. Газы, образовавшиеся от сгорания топлива, подбрасывают поршень вверх (положение IV) для повторения цикла.

Трубчатые молоты имеют водяное охлаждение. В нижней части рабочего цилиндра находится водяной бак, охлаждающий цилиндр, а в верхней части поршня установлен масляный бак, подающий автоматически в процессе работы молота масло для смазки. Эти устройства обеспечивают практически непрерывную работу дизельного молота. Технические характеристики дизельных молотов, соответствующие ГОСТ 7888—66, приведены в табл. 3.3 и 3.4.

Таблица 3.3

Технические характеристики штанговых дизельных молотов

| Параметры | Молоты с подвижными штангами | | | | Молоты с неподвижными штангами | | | |
|--|------------------------------|---------|--------|---------|--------------------------------|-------|-------|-------|
| | ДБ-45 | ДМ-58 | ДМ-150 | ДМ-150А | С-254 | С-222 | С-268 | С-330 |
| Масса ударной части, кг | 140 | 180 | 190 | 240 | 600 | 1200 | 1800 | 2500 |
| Энергия удара, кГ·м . . . | 100 | 150 | 150 | 195—200 | 300 | 525 | 1600 | 2000 |
| Наибольшая высота подъема ударной части молота, мм | 1000 | 1000 | 1000 | 1250 | 1770 | 1790 | 2100 | 2300 |
| Степень сжатия | 15 | 16 | 16 | 16 | 28 | 32 | 26 | 25 |
| Диаметр погружаемых деревянных свай, см | 20 | 18—22 | 18—22 | 18—22 | — | — | — | — |
| Число ударов в 1 мин | 96—100 | 100—110 | 100 | 60—65 | 55—60 | 55—60 | 55—60 | 50—55 |
| Размер гнезда под сваю, см | 20 | 27 | 22 | 25 | 32 | 40 | 45 | 46,5 |
| Габаритные размеры в рабочем положении, мм: | | | | | | | | |
| длина | 1715 | 1940 | 1970 | 1980 | 3150 | 3360 | 3820 | 4540 |
| высота | 500 | 550 | — | — | 720 | 850 | 900 | 870 |
| ширина | 360 | 400 | — | — | 610 | 800 | 820 | 980 |
| Масса молота, кг | 260 | 315 | 340 | 350 | 1400 | 2200 | 3100 | 4200 |

Примечание. Расход топлива от 1,5 до 2,3 кг/ч.

Таблица 3.4

Технические характеристики трубчатых дизельных молотов

| Параметры | Молоты с воздушным охлаждением | | | | | | Молоты с водяным охлаждением | | | | | |
|---|--------------------------------|----------------------|---------------------|-------|-------|-------|------------------------------|-------|-------|--------|--------|-------|
| | УР-1-500 | С-888 (УР-1-1250) | С-889 (УР-1-800) | С-949 | С-954 | С-974 | С-994 | С-995 | С-996 | С-1047 | С-1048 | СП-54 |
| Масса ударной части, кг | 500 | 1250 | 1800 | 2500 | 3500 | 5000 | 600 | 1250 | 1800 | 2500 | 3500 | 5000 |
| Энергия удара молота при наибольшей высоте подъема ударной части $H = 3 м$, кГ·м | 1300 | 3300 | 4800 | 6700 | 9400 | 13500 | 1600 | 3300 | 4800 | 6700 | 9400 | 13500 |
| Длина молота, высота в рабочем положении, мм | 3900 | 3310 | 4170 | 4690 | 4800 | 5520 | 3830 | 3960 | 4340 | 4970 | 5150 | 5300 |
| Диаметр цилиндра, мм | 230 | 300 | 345 | 400 | 450 | 550 | 230 | 300 | 345 | 400 | 450 | 550 |
| Масса молота (без тележки) с кошкой, кг | 1100 | 3000 | 3500 | 5800 | 7300 | 9000 | 1500 | 2600 | 3650 | 5500 | 7650 | 10000 |

Примечания. 1. Дизельные молоты С-996, С-1047 и С-1048 выпускают в северном исполнении, работающие при низких температурах на дизельном зимнем и арктическом топливе; основные детали их изготавливают из сталей, имеющих повышенную ударную вязкость.

2. Число ударов у молотов всех типов 43—60.

3. Минимальная температура окружающего воздуха от -25 до -30°C .

2. Наголовники для сваебойных молотов

Паровоздушные молоты одиночного действия ударяют по сваям через наголовники в виде литых или стальных клепанных коробок. Основное назначение наголовника — предохранять верх железобетонных свай от разрушения при ударах молота.

На рис. 3.6, а показан наголовник, состоящий из хомута 1, сварной бездонной коробки 2, которая прикреплена к хомуту так, что между ее стенками и свайей образуется зазор (30—40 мм), заполняемый песком и сухими опилками. Дубовая вставка 3 воспринимает удары молота и передает их свае через слой опилок или песка, уложенного на голове сваи 4.

Клепанный наголовник (рис. 3.6, б) также имеет вид коробки со стальной крышкой 1, в центре которой имеется сквозное отверстие 2 для пропуска штока молота. К одной стороне коробки 3 прикреплен ползун, вставляемый в направляющие мачты и закрепляемый планкой 5, привинченной к нему. Между крышкой наголовника и головой сваи прокладывают доски, которые заменяют по мере их износа. Наголовник подвешивают за уши 4 к молоту и вместе с ним его поднимают и опускают. Применяют также наголовники с прокладками-амортизаторами из пластмассы.

Прокладки служат для амортизации ударов и равномерного распределения их действия по поверхности наголовников.

Забивать железобетонные сваи паровоздушным молотом двойного действия можно без наголовника, так как удары молота передаются свае через стальную опорную плиту. В этом случае для за-

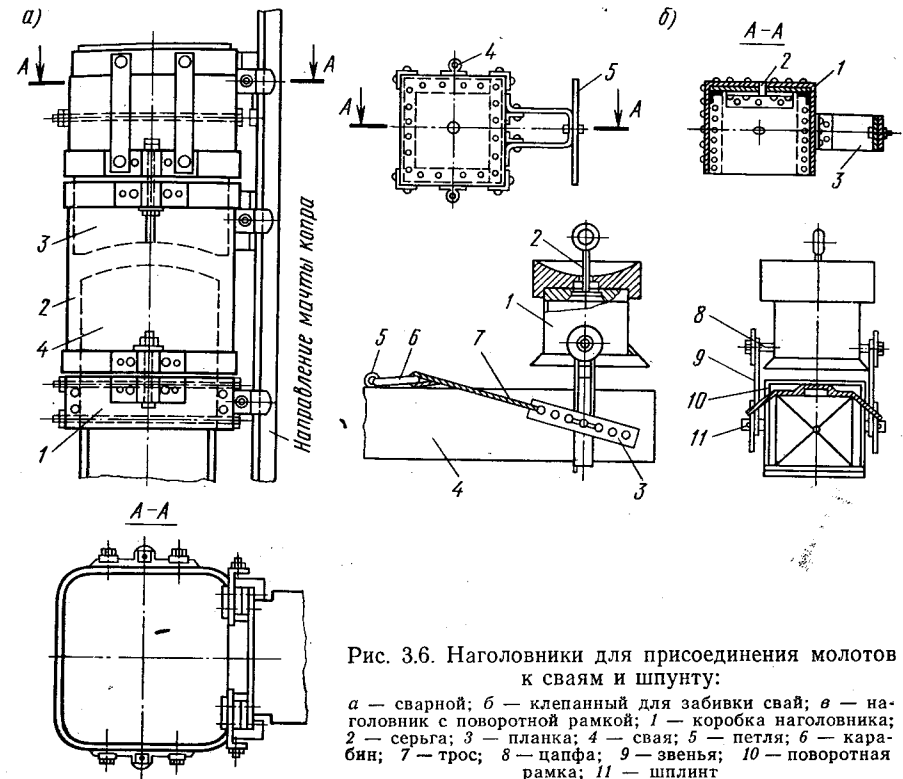


Рис. 3.6. Наголовники для присоединения молотов к сваям и шпунту:

а — сварной; б — клепанный для забивки свай; в — наголовник с поворотной рамкой; 1 — коробка наголовника; 2 — серьга; 3 — планка; 4 — свая; 5 — петля; 6 — карабин; 7 — трос; 8 — цапфа; 9 — звенья; 10 — поворотная рамка; 11 — шплинт

крепления головы сваи служат направляющая планка из металлических уголков, которую привинчивают к ножкам молота.

Для присоединения дизель-молота к голове сваи применяют наголовник с поворотной рамкой (рис. 3.6, в), состоящий из коробки, уширенной книзу для облегчения посадки наголовника на сваю, и серьги, с помощью которой наголовник закрепляют на нижней части дизель-молота специальными болтами, вставляемыми в два отверстия с резьбой в стенках шабота. Для заводки сваи в наголовник поворотная рамка с цапфами подвешена звеньями к коробке наголовника; на цапфах рамки закреплена планка с отверстиями для присоединения троса с карабином, с помощью которого сваю крепят за ее петлю. Вес наголовника — 120—140 кг.

Для дизель-молотов применяют также литые наголовники из стали круглого сечения с тем, чтобы исключить концентрацию больших напряжений и удлинить срок службы наголовников.

3. Вибропогружающие машины

К вибропогружающим машинам относят вибропогружатели и вибромолоты, которые применяют для погружения и извлечения свай.

Вибропогружатель представляет собой механизм, жестко скрепленный с головкой сваи с помощью наголовников и передающий свае колебания определенной частоты, амплитуды и направления. Продольные колебания, передаваемые свае, нарушают связь между частицами грунта, вследствие чего уменьшается сила трения боковой поверхности сваи о грунт и свая под действием собственного веса и вибропогружателя погружается в грунт. Наибольший эффект достигается при погружении свай вибрированием в водонасыщенный песок и грунт пластичной консистенции.

При вибропогружении свай в глинистые грунты восстанавливаются нарушенные связи частиц грунта после прекращения вибрирования. При этом физически связанная вода, находящаяся между частицами грунта, при большой частоте их колебаний непрерывно переходит в свободную воду, облегчая погружение сваи. Физико-химическое явление, состоящее из двух протекающих один за другим процессов разупрочнения и упрочнения грунта, называют тиксотропией.

Колебания создаются вращением в вертикальной плоскости дебалансов, которые можно устанавливать на вал электродвигателя или приводить в движение через трансмиссию. Четное число валов с грузами (два или четыре) обеспечивает направленность колебаний.

Параметрами вибропогружателя являются: *возмущающая центробежная сила*, создаваемая дебалансом; *статический момент дебалансов*, равный произведению веса неуравновешенной части дебаланса на расстояние от его центра тяжести до оси вращения; *амплитуда колебаний*, величина которой зависит от статического момента дебалансов, подвергающихся вибрации, веса конструкции, свойств грунта; *частота колебаний*.

Величина возмущающей силы Q определяется из формулы

$$Q = \frac{M\omega^2}{g} = \left(\frac{M}{g}\right) \left(\frac{\pi n}{30}\right)^2, \quad (3.4)$$

где M — статический момент дебалансов, $\kappa\Gamma \cdot \text{м}$; ω — угловая скорость, рад/сек ; n — число оборотов в минуту; g — ускорение силы тяжести, равное 981 см/сек^2 .

В зависимости от частоты колебаний вибропогружатели подразделяют на высокочастотные — с частотой 700—1500 *кол/мин* и низкочастотные — с частотой 300—500 *кол/мин*.

Высокочастотные вибропогружатели применяют для погружения свай, труб, шпунта небольшого веса; низкочастотные — для погружения тяжелых железобетонных свай и металлического шпунта, а также тонкостенных железобетонных оболочек большого диаметра.

По типу привода различают вибропогружатели трансмиссионные и без трансмиссии, в которых дебалансы размещены на валах электродвигателей.

Низкочастотные вибропогружатели относят к числу простых по конструкции. На рис. 3.7 показана схема вибропогружателя типа ВП-1. Он состоит из электромеханического вибратора, имеющего две пары валов с насаженными дебалансами-эксцентриками, электродвигателя, привода от него на вал вибратора с клиноременной или зубчатой передачей и наголовника для установки и закрепления вибропогружателя на свае.

Высокочастотный вибропогружатель типа ВПП-2А с пружинной пригрузкой (рис. 3.8,а) состоит из электродвигателя 1, размещенного на пригрузочной плите 2, вибратора 3, пружин 4, соединяющих пригрузочную плиту с вибратором, конического редуктора 5, вертикальной цепной передачи 6, наголовника с клином 7 для присоединения к шпунту и подвески 8.

Дебалансы вибратора состоят из двух частей — неподвижной и подвижной. Подвижные эксцентрики можно устанавливать под определенным углом относительно неподвижных и этим изменять статический момент от нуля до максимума. Пружины защищают электродвигатель от вибрации, повышая срок его службы и улучшая условия работы.

Технические характеристики вибропогружателей, применяемых в современном строительстве, приведены в табл. 3.5.

Низкочастотные вибропогружатели, имеющие больший статический момент и большую амплитуду колебаний по сравнению с высокочастотными, отличаются простотой конструкции, удобством в эксплуатации. Ими можно погружать сваи и, в частности, тонкостенные железобетонные оболочки на значительную глубину в слабые и пластичной консистенции грунты для устройства фундаментов различных зданий и сооружений.

На рис. 3.8, б показан вибропогружатель НВП-56 для погружения железобетонных свай-оболочек диаметром 1,5—3,0 м, состоящей из двух однонаправленных вибраторов, смонтированных в одном корпусе и работающих синхронно. Через отверстие, имеющееся в корпусе, можно вынимать или размывать грунт в полости оболочки, не снимая вибропогружатель. Для присоединения к свае оболочки вибропогружатель имеет конусообразный переходник, прикрепляемый к выпущенным концам арматуры из торца оболочки.

Для присоединения вибропогружателей к сваям и оболочкам применяют наголовники различных конструкций. Они должны обеспечить жесткость соединения со сваями, исключая возможность

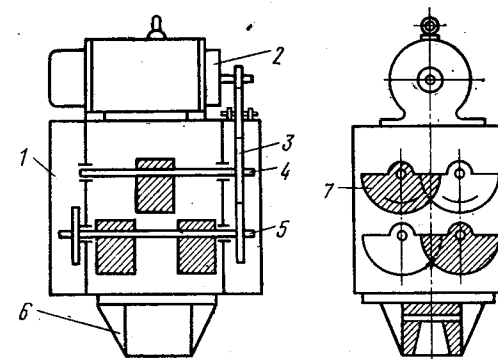


Рис. 3.7. Схема вибропогружателя типа ВП-1: 1 — корпус вибратора; 2 — электродвигатель; 3 — клиноременная или зубчатая передача; 4 — верхняя пара валов; 5 — нижняя пара валов; 6 — наголовник; 7 — дебалансовые шайбы-эксцентрики

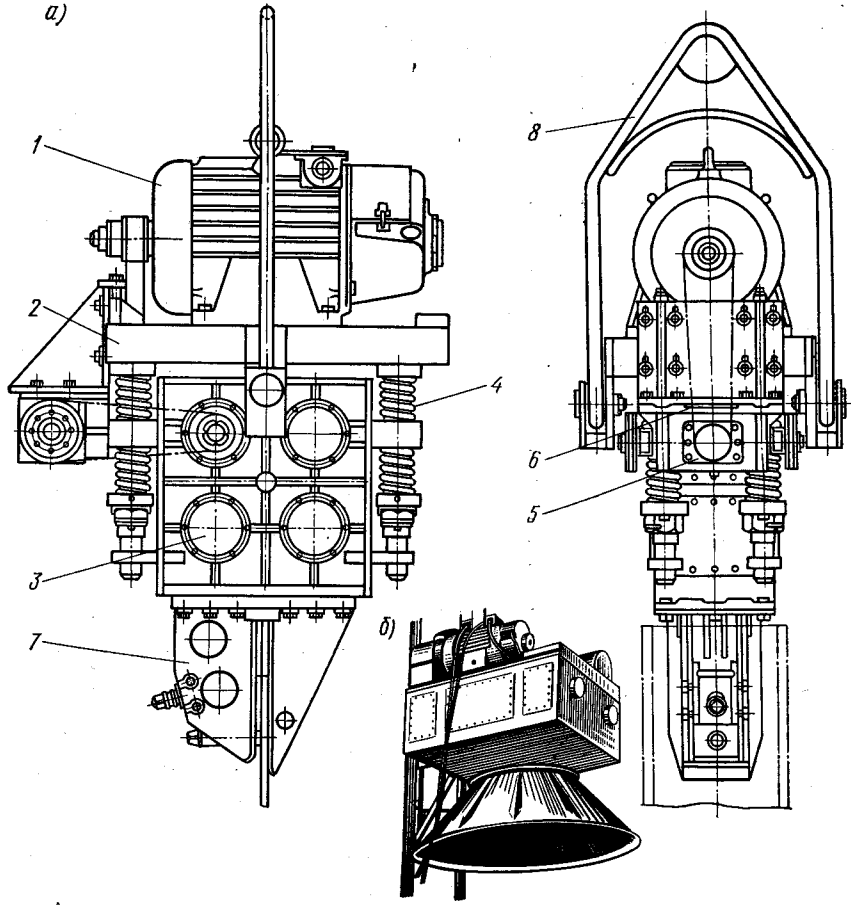


Рис. 3.8. Виды вибропогружателей:

а — схема высококачественного вибропогружателя типа ВПП-2А с подрессорной пригрузкой; б — вибропогружатель типа НВП-56

ударов по голове сваи, а также совмещение оси сваи с осью вибропогружателя для предотвращения поперечных колебаний системы (вибропогружатель — свая).

Наголовник вибропогружателя типа ВПП-2А для погружения шпунта (рис. 3.9, а) присоединяют к шпунту путем надвигки щек наконечника 1 на голову шпунта до упора с торцом ее, и шпунт посредством винта 3 прижимается к одной из щек.

Шпунт укладывают на подкладки, после чего вибропогружатель, имеющий шарнирную подвеску для подвешивания к тросу крана, устанавливают горизонтально. После надвигки вибропогружателя на сваю, в голове которой должно быть специальное отверстие, закрепляют наголовник, вводя в это отверстие клин 4 путем враще-

Таблица 3.5

Технические характеристики вибропогружателей

| Типы вибропогружателей | Низкочастотные | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|----------|------|--------|----------------------|------|-------|---------------------|-------------------|------------|------------|--------|
| | ВПП-1А | С-838 | ВП-1 | ВПП-3М | ВПП-30А | ВП-3 | ВП-80 | ВП-160 | ВП-170 | ВП-250 | ВВ-1,6 | НВП-56 |
| Величина возмущающей силы, Т | 25 | 26/40* | 19 | 44 | 38,9 48,3 57,2 | 43,2 | 51 | 100 | 100 | 100 | 184 286 | 48,5 |
| Статический момент эксцентрика, кг.м | до 10 | 62/38 | 93 | 202 | 202 | 236 | 275 | 352 | 501,2 | 314 565 | 345,6 | 500 |
| Число оборотов эксцентрика в минуту | 1500 | 485/975 | 420 | 408 | 414 464 505 | 408 | 408 | 404 449** 505 | 408 475 550 | 540 667 | 481 | 300 |
| Амплитуда колебаний, мм | 14,3 | 16,8/9,1 | 20,4 | 36,2 | 34,2 | 35 | 30 | 31,4 | 37,6 | — | 31 | — |
| Мощность электродвигателя, кВт | 40 | 50/80 | 60 | 100 | 100 | 100 | 100 | 160 | 160 | 250 | 2×75 | 2×80 |
| Масса вибропогружателя, т | 2,5 | 4,2 | 4,5 | 7,2 | 6,1 | 8,0 | 9,2 | 11,2 | 13,3 | 11,0 | 11,2 | 11,0 |
| Размеры, м: | | | | | | | | | | | | |
| длина | 1,26 | 1,49 | 1,15 | 1,55 | 1,82 | 1,54 | 1,96 | 2,05 | 2,05 | — | 3,08 | — |
| ширина | 0,8 | 0,45 | 0,88 | 1,41 | 1,76 | 1,56 | 1,45 | 1,23 | 1,42 | — | 2,62 | — |
| высота | 2,25 | 0,96 | 1,67 | 2,1 | 1,98 | 2,13 | 2,4 | 3,33 | 3,75 | — | 1,91 | — |

* В числителе указано значение при установленной мощности 50 кВт, в знаменателе — при мощности 80 кВт.

** При включении дебалансных валов на вторую скорость число колебаний соответственно удваивается против приведенных значений.

Вибромолоты выпускают различных конструкций. Они могут работать только как молот (схема I) или по ударному и безударному режимам (схема II), в зависимости от параметров вибромолота, жесткости упругой системы и сопротивления грунта погружению. В схемах III и IV вибромолотов предусмотрено использование дополнительных усилий погружения, создаваемых от лебедки тросом или от веса копровой установки. Для этого сконструировано приспособление в виде пружинной траверсы, которую крепят к наголовнику вибромолота С-834, а усилие на сваю передается с помощью лебедки.

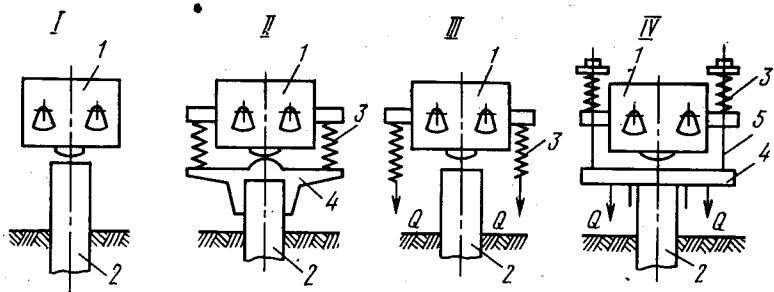


Рис. 3.10. Схемы вибромолотов:

I — свободно установленный молот; II — молот, жестко связанный со свайей; III и IV — молоты с дополнительным погружательным усилием; 1 — вибропогружатель; 2 — свая; 3 — пружины; 4 — наголовник; 5 — жесткие связи; Q — дополнительное погружательное усилие

У виброударных машин в отличие от вибропогружателей повышается энергия удара в случае увеличения сопротивления среды, так как на режим их работы в значительной степени влияет масса погружаемого элемента, к тому же к свае присоединяется масса грунта, тоже увеличивающая энергию удара.

Высокочастотные вибромолоты применяют для погружения свай и других элементов с малым лобовым сопротивлением (шпунт) в слабые грунты. Для работы в плотных грунтах применяют вибромолоты, развивающие значительную энергию удара.

К числу вибромолотов малой мощности относятся С-833, С-834 и другие, конструкция которых мало отличается от первого. Для погружения железобетонных и деревянных свай вибромолотом С-834 применяют два типа инвентарных наголовников, которые соединяются с вибратором через пружинную подвеску.

Полуавтоматический клиновидный наголовник для погружения деревянных свай (рис. 3.11) состоит из стального корпуса 2, открытого снизу, имеющего наковальню в верхней части 1, причем две стенки корпуса параллельны, а две наклонные, из которых одна подвижная 4, приливов для установки пружины и кронштейна для крепления захватов к копру 3; скобы 5 с болтами-упорами 6, служащими для прижатия подвижной стенки к корпусу. Голову деревянной сваи обтесывают, придавая ей форму внутренней части наголовника.

После прижатия подвижной стенки к корпусу поднимают тросом вибромолот и подвешенную к крюку наголовника сваю, которую устанавливают на точку погружения и затем опускают на нее вибромолот. После первых ударов вибромолота наголовник надежно заклинивается на свае без перекоса благодаря наличию вертикального рифления на поверхностях наклонных стенок корпуса, обращенных к голове сваи. Для ускорения погружения сваи к наголовнику крепят пружинную траверсу, через которую с помощью лебедки копра передают на сваю усилие вибромолота.

Для снятия наголовника с головы сваи отвертывают и откидывают подвижную стенку.

Вибромолот С-836 (рис. 3.12), позволяющий погружать железобетонные сваи длиной до 7 м сечением 30×30 см, состоит из двухвалного вибровозбудителя направленного действия 1, пружинной подвески 2 и пневматического наголовника дистанционного управления 3.

Рис. 3.11. Полуавтоматический клиновидный наголовник для погружения деревянных свай

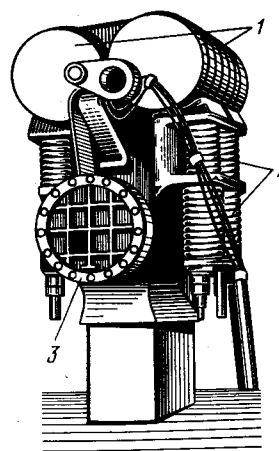


Рис. 3.12. Вибромолот С-836:

1 — вибровозбудитель с дебалансами; 2 — пружины; 3 — пневматический наголовник

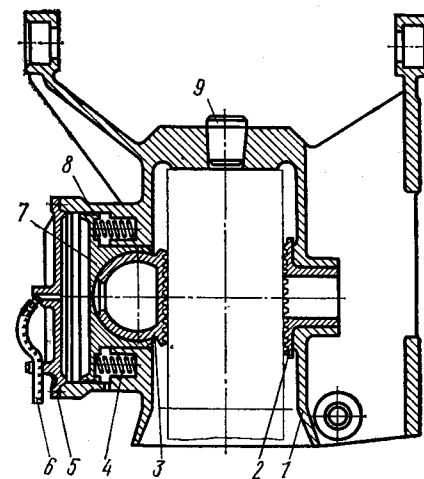


Рис. 3.13. Наголовник вибромолота С-836

Рис. 3.11. Полуавтоматический клиновидный наголовник для погружения деревянных свай

Пружинная подвеска состоит из пружин, расположенных в два яруса: сверху четыре и внизу восемь пружин, которые попарно вложены одна в другую. Наголовник вибромолота С-836 (рис. 3.13) состоит из корпуса с раструбом внизу для облегчения установки свай 1, неподвижного упора 2, подвижного упора 3, пружин возврата поршня 4, крышки пневмокамеры 5, шланга для подачи сжатого воздуха 6, поршня 7, установленного в цилиндрической проточке стенки корпуса наголовника, резинового уплотнительного кольца 8 и наковальни 9.

После подачи сжатого воздуха в камеру боковые поверхности свай, вставленной в полость корпуса наголовника, зажимаются подвижным и неподвижным упором и заклиниваются рифленными поверхностями этих упоров.

Для присоединения вибромолота к крюку копра или крана-экскаватора наголовник имеет два кронштейна. На направляющих копра вибромолот может быть установлен с помощью имеющихся в наголовнике специальных отверстий, расположенных со стороны неподвижного упора.

Технические характеристики вибромолотов приведены в табл. 3.6.

Электродвигателям подается переменный ток напряжением 220 или 380 в путем включения в сеть, не имеющую других нагрузок, или используются передвижные электростанции типа ЖЭС-65, ЖЭС-75 и др.

Мощность источников электроэнергии должна соответствовать пусковой мощности электродвигателей, которая должна быть в 2—2,5 раза выше номинальной мощности их. Ток включают через магнитный пускатель, находящийся в кабине крановщика или рядом с лебедкой копра.

Для электроснабжения вибропогружателей применяют следующие приборы: контроллер, пусковые сопротивления, панель управления, состоящую из рубильника, вольтметра, амперметра и других приборов, позволяющих контролировать потребляемую мощность, которая не должна быть выше номинальной, и работу вибропогружателей. Электрический кабель, подводящий ток к электродвигателю вибрационной машины, должен быть четырехжильным сечением 36 мм² при напряжении 380 в и 70 мм² при напряжении 220 в.

4. Копры на рельсовом ходу и самоходные копровые установки

Копры на рельсовом ходу и копровые установки на базе самоходных машин служат для подвешивания и направления сваепогружателей.

Основными частями копра являются следующие: мачта в виде рамы, имеющая головку, предназначенную для подвешивания сваебойного молота или вибропогружателя (вибромолота), направления его движения, подтаскивания свай и установки ее в необходимое положение; платформа для закрепления мачты, размещения механизмов копра и противовеса; ходовое устройство, включающее ходовую раму и механизм передвижения.

В зависимости от конструктивных особенностей, учитывающих условия применения, копры подразделяют на следующие виды:

- универсальные* с поворотом платформы, рабочим наклоном мачты и изменением вылета ее;
- полууниверсальные*, мачты у которых не имеют рабочего наклона, предназначенные для погружения вертикальных свай;
- простые*, платформы которых неподвижны;

Таблица 3.6

Технические характеристики вибромолотов

| Марки вибромолотов | Марки вибромолотов | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|---------|--------|--|
| | С-833 | С-402А | С-834 | С-835 | С-836 | ВМ-7У | ВМД-56 | С-467-М | ВМС-1 | |
| Мощность электродвигателей, кВт | 2,2 | 2×3 | 2×5,5 | 2×7 | 2×13 | 2×7 | 2×22 | 2×22 | 2×28 | |
| Масса ударной части, т | 0,1 | 0,28 | 0,65 | 0,7 | 1,4 | 0,67 | 1,65 | 2,1 | 2,85 | |
| Число ударов в 1 мин | 705 | 480 | 480 | 480 | 485 | 1450 | 980 | 490 | 730 | |
| Статический момент дебалансов, кг·м | 54 | 220 | 536 | 500 | 1 440 | 322 | 1 660 | — | — | |
| Возмущающая сила, кг | 1100 | 2250 | 5000 | 11 250 | 14 500 | 7000 | 17 600 | 21 800 | 12 500 | |
| Энергия одного удара, кг·м | 16 | 50 | 120 | 165 | 285 | 62 | 300 | 400 | 500 | |
| Масса вибромолота, т* | 0,15 | 1 | 1,9** | 1,1 | 4,6 | 1,4 | 3,0 | 6,5 | 4,9 | |
| Габаритные размеры, м: | | | | | | | | | | |
| длина | 0,38 | 0,725 | 0,850 | 1,36 | 3,2 | 1,15 | 1,23 | 3,0 | 1,67 | |
| ширина | 0,59 | 0,705 | 0,750 | 1,8 | 1,4 | 1,05 | 1,0 | 1,5 | 1,56 | |
| высота | 0,97 | 0,104 | 1,450 | 1,03 | 1,05 | 1,1 | 1,8 | 1,3 | 1,37 | |

* Масса вибромолотов указана с учетом веса наголовников.

** В числителе указана масса вибромолота для железобетонных свай, в знаменателе — для деревянных.

специализированные, предназначенные для сооружений свайных фундаментов специального назначения. К последним относятся копры на траверсной тележке, перемещаемой на мосту, передвигающемся по рельсам, причем на тележке может быть установлена одна или несколько мачт; в последнем случае копер называют батареиньм.

По конструкции ходового устройства копры различают на рельсовом ходовом устройстве, гусеничные — на гусеничном ходовом устройстве, пневмоколесные — на пневмоколесном ходовом устройстве или на шасси автомобильного типа; шагающие — на шагающем ходовом устройстве и плавучие, устанавливаемые на барках, паромах или понтонах.

ГОСТ 14612—69 установлены следующие основные параметры копров для изготовителей: грузоподъемность, высота копра, вылет мачты, ширина колеи копра, ширина направляющих мачты, конструктивный вес копра, продольный и поперечный установочные наклоны мачты для приведения в вертикальное положение или необходимый рабочий наклон мачты.

Грузоподъемность копра — наибольший суммарный вес одновременно подвешенных свай, наголовника и погружателя — ($P, в T$).

Полная высота копра — расстояние от опорной плоскости копра (поверхности земли или подмостей) до оси верхнего грузового блока подъема ($H в м$).

Вылет мачты — расстояние между продольной осью вертикально установленной на копре сваи и осью вращения платформы копра ($l в м$).

Ширина колеи копра ($B_1 в м$) — расстояние между продольными осями, проходящими через середины опорных поверхностей ходового устройства копра (колес, гусениц).

Ширина направляющих мачты копра ($B в м$) — расстояние между крайними точками направляющих мачты в ее поперечном сечении.

Конструктивный вес копра — вес копра с противовесом ($G в т$).

Продольный установочный уклон мачты (рис. 3.14, а) ($\pm \alpha^\circ$) определяется углом между продольной осью мачты и вертикалью в продольной плоскости симметрии копра, а поперечный установочный уклон ($+\beta^\circ$) — углом между продольной осью мачты и плоскостью (рис. 3.14, б). Рабочий наклон мачты (рис. 3.14, в) характеризуется тангенсом угла ($a:b$) между продольной осью мачты и вертикалью в продольной плоскости симметрии копра, обеспечивающим возможность погружения наклонным сваям.

В качестве самоходных копров используют краны-экскаваторы, тракторы и автомобили, оборудованные навесными копровыми мачтами (стрелами) различных конструкций.

Кроме полной высоты копра, следует учитывать полезную высоту, представляющую собой разницу между полной высотой и суммарной длиной сваепогружателя (молота, вибропогружателя), включая длину подвески. В зависимости от типа погружателя эта суммарная длина может составлять от 4 до 10 м.

Некоторые типы копров имеют телескопические (выдвижные) мачты, которые могут выдвигаться вверх и ниже уровня стоянки копра. Наличие выдвижной вниз направляющей позволяет погружать сваи в дно котлована копром, расположенным выше, у бровки его. Универсальными самоходными копрами на рельсовом ходовом устройстве с поворотной платформой можно с одной стоянки погрузить несколько свай без перекладки рельсового пути.

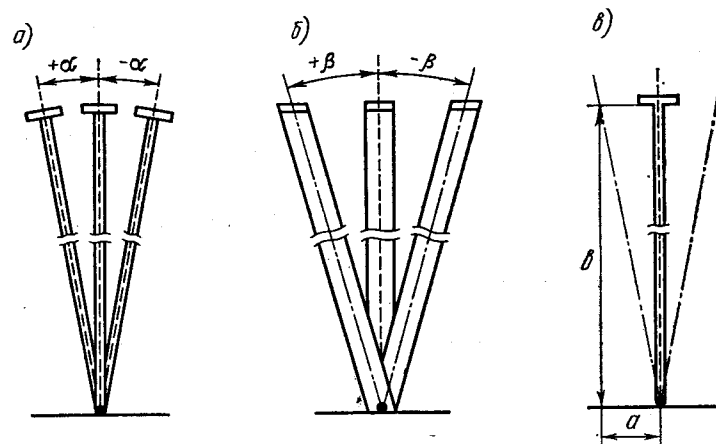


Рис. 3.14. Схемы положения молота копра:

а — продольный установочный наклон мачты; б — поперечный установочный наклон мачты; в — рабочий наклон мачты

К полноповоротным самоходным универсальным копрам на рельсовом ходовом устройстве относят копры С-908, С-955, С-1006 и КУ-20.

Копер С-908 предназначен для забивки в грунт дизельными молотами вертикальных и наклонных свай весом до 5 т и длиной до 16 м.

Копер состоит из платформы в виде верхней поворотной рамы и нижней рамы-тележки, перемещающейся по рельсам с помощью мотор-редукторных приводов, установленных на два ведущих колеса тележки, мачты, которая шарнирно скреплена с вертикальными фермами и гидроцилиндрами, насосной станции, гидравлической системы привода механизма перемещения копра и электродвигателей.

Мачта состоит из пяти секций; при необходимости ее можно укоротить по высоте или удлинить ниже рельсового пути для забивки свай в котловане копром, расположенным у бровки. Наверху мачты расположены блоки для пропуска канатов, поднимающих сваю и молот.

Копер С-955 предназначен для погружения в грунт дизельными молотами железобетонных вертикальных и наклонных свай весом до 4 т и длиной до 12 м. Особенностью копра является конструкция фермы, на которой смонтирована мачта. Ферма имеет вид управляемого паралелограмма, что позволяет изменять вылет мачты, не изменяя положения ее наклона.

Таблица 3.7

Технические характеристики самоходных полноповоротных универсальных копров на рельсовом ходу

| Параметры | Марки копров | | | | |
|---|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| | С-955 (С-1006) | С-908 | КУ-20 | СП-56 | СП-55 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Максимальная длина погружаемых свай, м | 12 | 16 | 20 | 20 | 25 |
| Грузоподъемность, Т | 10 | 14 | 16 | 20 | 30 |
| в том числе на подъеме свай | 4 | 7 | 8 | 9 | 13 |
| Рабочий наклон мачты (тангенс угла): | | | | | |
| вперед | 1:8 | 1:8 | — | 1:8 | 1:8 |
| назад | 1:3 | 1:3 | 1:3 | 1:3 | 1:3 |
| Установочный наклон мачты вправо — влево, град | ±1,5 | ±1,5 | ±1,5 | ±1,5 | ±1,5 |
| Изменение вылета мачты, м | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,35 |
| Вылет мачты от оси вращения платформы до оси свай, м | 6,25 | 6,25 | 6,25 | 9 | 9 |
| Высота копра, м | 18,8 | 19 | 23 | — | — |
| Ширина колеи копра, м | 4 | 4 | 4 | 9 | 9 |
| Масса копра без молота и противовеса, т | 23,8 | 24,3 | 49 | 45 | 60 |
| Суммарная мощность установленных двигателей при паровоздушном молоте, квт | 47,4 | 46 | 114,6 | 60 | 60 |
| Скорость передвижения копра, м/мин | 10 | 10 | 17,5 | 3—10 | 3 |
| Скорость подъема, м/мин: | | | | | |
| свай | 19,5—23,8 | 20—24 | 20 | 9,8 | 12 |
| молота | 19,5—23,8 | 20—24 | 20 | 6,6 | 6,5—8 |
| Производительность (свай в смену) | 10—12 | 18 | 10 | 6—12 | 6—12 |

Нижняя рама — тележка — передвигается так же, как и в копре С-908. Поворот копра, наклон мачты и другие операции выполняются гидравлической системой. Для этой цели имеется насосная станция, расположенная на платформе копра.

Копер С-1006, представляющий собой модернизированный вариант копра С-955, предназначен для погружения дизель-молотами вертикальных и наклонных свай весом 4 Т длиной до 12 м.

Копер состоит из следующих частей: ходовой рамы, фермы с мачтой для подвешивания и направления свай, гидравлической системы, грузоподъемной лебедки и привода механизма перемещения копра. Мачта высотой 17,5 м смонтирована из четырех секций; ее можно укорачивать по высоте, а для забивки свай ниже основания копра удлинять на 4 м. Механизм передвижения имеет привод от электродвигателя.

Для ограничения высоты подъема молота в верхней части мачты установлен контрольный выключатель. Пульт управления расположен на площадке, укрепленной на мачте.

Копер КУ-20 (рис. 3.15), предназначенный для погружения вертикальных и наклонных свай длиной до 20 м, отличается от копров С-908 и С-955 наличием крана укоси-

ны для перекладки рельсовых путей и домкратов, последние служат для вывешивания копра при переводе на другие рельсовые пути. Копер имеет также подъемник для подъема рабочего на мачту. Для наблюдения за наклоном в пределах 0—19° имеется шкала со стрелкой. При монтаже копра мачта поднимается с помощью специальной стойки и монтажной стрелы.

Технические характеристики полноповоротных универсальных копров приведены в табл. 3.7.

К неуниверсальным полноповоротным копрам на рельсовом ходу относятся копры ПМК-3-12, КП-20 и КП-8.

Полноповоротный копер ПМК-3-12 предназначен для забивки железобетонных свай длиной 12 м и погружения шпунта длиной до 20 м. Платформа копра размещена на тележке, аналогичной по конструкции тележке башенного крана МСК-3-5-20.

Основными частями копра являются башня-мачта с направляющими, платформа, кабина с пультом управления, противовес, состоящий из трех железобетонных блоков общим весом 4,3 Т; блоки на верхней части башни, полиспасты для подъема молота и свай, раскосы, монтажная стрела и подстрелок, электродвигатели, лебедки и стопорное устройство, предотвращающее самопроизвольный поворот платформы.

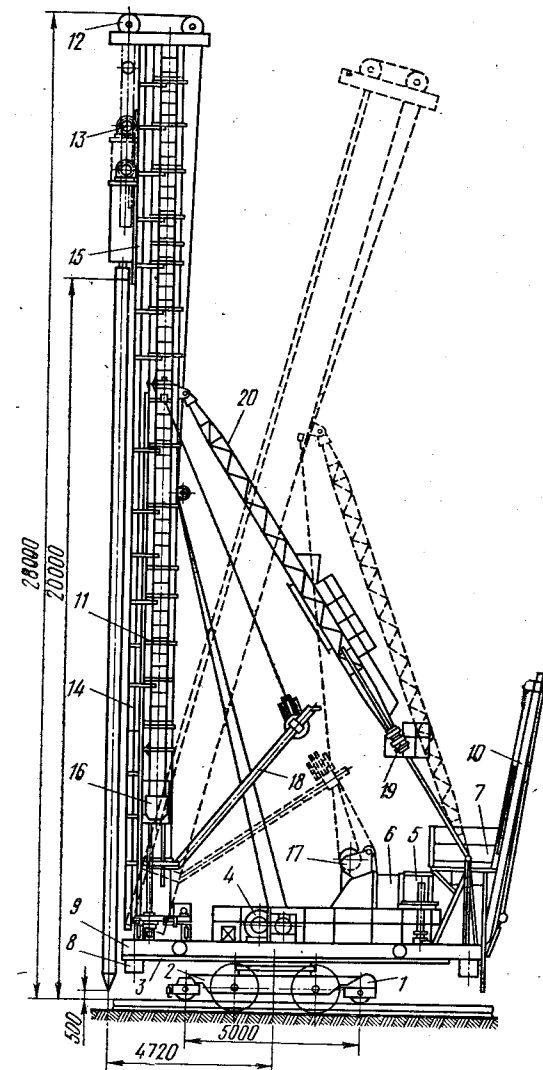


Рис. 3.15. Полноповоротный универсальный копер КУ-20:

1, 2 — тележки опорно-ходовой части; 3 — платформа на поворотном круге; 4 — лебедка для подъема молота и свай; 5 — механизм поворота платформы; 6 — кабина; 7 — противовес; 8 — домкраты; 9 — выдвигная рама с мачтой копра 11 и краном-укосиной 10; 12 — блоки с полиспастами для подъема свай и молота с крюковыми обоймами 13; 14 — направляющие мачты; 15 — подвижная стрелка с молотом; 16 — подъемник с льюшкой; 17 — стойка; 18 — монтажная стрела; 19 — червячные редукторы; 20 — стрела для наклона мачты на себя на 19°

Технические характеристики копров КП-8, ПМК-3-12 и КП-20

| Параметры | Марки копров | | |
|--|--------------|----------|-------|
| | КП-8 | ПМК-3-12 | КП-20 |
| Максимальная длина погружаемых свай, <i>м</i> | 8 | 12 | 20 |
| Грузоподъемность, <i>T</i> | 5 | 12 | 21 |
| в том числе на подъеме свай | 1,8 | 9 | 6 |
| Вылет мачты от оси вращения платформы до оси погружения свай, <i>м</i> | 4,2 | 4,5 | 4,2 |
| Ширина колеи копров, <i>м</i> | 4,5 | 4,5 | 4,5 |
| Масса копра без молота и противовеса, <i>т</i> | 13,6 | 22,1 | 32,5 |
| Высота копра, <i>м</i> | 19,5 | 15 | 28,1 |
| Суммарная мощность электродвигателей при паровоздушном молоте, <i>квт*</i> | 29,4 | 67,6 | 96,6 |
| Скорость, <i>м/мин</i> : | | | |
| подъема свай | 18 | 15 | 16,2 |
| подъема молота | 12 | 15 | 12 |
| передвижения копра по рельсам | 17,5 | 21 | 17,5 |
| Производительность (свай в смену) | 18 | 10 | 6 |

* При вибропогружателях установленная мощность электродвигателей: КП-8—89,4 *квт*; ПМК-3-12—74,2 *квт* и КП-20—173 *квт*.

Мачта подвешена к трубчатой стреле крана и связана с ней внизу распоркой. На тележке крана-копра расположены электродвигатель мощностью 32,7 *квт*, лебедки, кабина с приборами управления и противовес.

Наличие крановой стрелы с вылетом 14,6 *м* позволяет забивать с одной стоянки копра, расположенного выше уровня дна котлована, несколько свай, а также производить добивку свай после отдыха.

Сваебойную мостовую установку конструкции НИИОМТП (рис. 3.16) можно использовать для забивки свай длиной 8—12 *м* при устройстве фундаментов большой протяженности.

Передвижной мост 1, представляющий решетчатую ферму, перемещается по рельсовым путям 4, расположенным по обе стороны котлована у бровок. На мосту расположена тележка 2, передвигающаяся вдоль моста. Складывающаяся мачта копра 3 имеет головку 5 и блоки с канатами для подвешивания молота и подтаскивания свай. Электродвигатель соединен с лебедкой 6, кабина 7 — с пультом управления.

Копер имеет механизмы для подтаскивания свай под наголовник дизель-молота 8 и устройство 9 для направления свай в процессе ее забивки. Мост передвигает при помощи механизма с приводом от электродвигателя 10. Для обеспечения точности работы копра имеется координатно-шаговое устройство с программным управлением и приспособление для жесткой фиксации копра в рабочем положении.

Рельсовые пути устраивают из инвентарных звеньев.

Забивать свай этой установкой можно рядами при передвижении моста вдоль котлована и последовательной установке тележки с копром над осью ряда свай.

Этот копер можно переводить на другие рельсовые пути, уложенные под углом к основному пути, с помощью четырех домкратов, прикрепленных к нижней части тележки. Домкратами вывешивают тележку, поворачивают вместе с платформой, башней и механизмами на необходимый угол и устанавливают на новый рельсовый путь.

Решетчатая башня копра состоит из трех основных секций и дополнительной, которую используют при оборудовании копра вибропогружателем для погружения металлического шпунта. Внутри башни расположена труба диаметром 1,5 *м* для подачи воздуха к паровоздушному молоту.

К башне крепят также съемные направляющие для вибропогружателя. При монтаже копра поднимают лебедкой башню с прицепа и закрепляют раскосы, монтажную стрелу и подстрелок. Для перевозки копра его частично демонтируют: убирают монтажную стрелу с подстрелком, противовес, погружатель и добавочную секцию башни. Платформу с тележкой и башней, переведенной в горизонтальное положение, устанавливают на пневмоколеса и присоединяют к автомобилю.

Полноповоротный копер КП-20 предназначен для забивки железобетонных свай длиной до 20 *м* сечением 40×40 *см* и весом до 8 *T*, а также металлического шпунта. Копер оборудован паровоздушным молотом одиночного действия, весом ударной части до 8000 *кг* или вибропогружателем типа ВП-3. массой 7300 *кг*.

Основные части этого копра: трубчатая башня, состоящая из пяти секций с направляющей, выполненной из пяти секций швеллеров; подъемник для подъема рабочих (запасовка канатов, ремонт его), канаты для подъема и опускания молота или вибропогружателя, подъема свай, механизм поворота, грузовые лебедки — одна для молота, вторая для свай и третья монтажная, которую можно использовать для подтаскивания свай, кабина с пультом управления, лебедка, указатель наклона башни, ходовая тележка с колесами, поворотным кругом и механизмом поворота, аналогичная применяемой в копре ПМК-3-12; опорная платформа на поворотном круге ходовой тележки, на которой размещено все рабочее оборудование и противовес (груз 15,1 *T*). К нижней части платформы прикреплены четыре домкрата, служащие для вывешивания копра при переводе на другой путь. На платформе имеется стопорный механизм для предохранения платформы от поворота во время погружения свай.

Подготовку копра для перевозки ведут способами, аналогичными описанным выше.

Копер полноповоротный КП-8 предназначен для забивки железобетонных свай длиной до 8 *м* паровоздушным молотом и погружения их вибропогружателем ВП-1. Он имеет платформу с механизмом поворота монтажного крана МКА-10М и секционную башню из труб. Для перемещения погружателей у башни имеются направляющие для молота и съемные — для вибропогружателя.

Технические характеристики полноповоротных не универсальных копров на рельсовом ходу приведены в табл. 3.8.

К самоходным копровым установкам на рельсовом ходу относят также кран МСТК-90 с навесным копровым оборудованием и сваебойная мостовая установка конструкции НИИОМТП для забивки свай длиной до 8 *м* и монтажа сборных элементов ростверков. Самоходный кран состоит из навесной мачты, имеющей в нижней части винтовой домкрат, позволяющий устанавливать мачту в вертикальное положение; дизель-молота С-268 с поворотным наголовником и рамкой для заведения свай в наголовник.

В транспортное положение переводят копер за пределы котлована. Мачту укладывают с помощью лебедки на мост, затем с помощью гидродомкратов мост приподнимают над рельсами и под один конец устанавливают пневмоколеса, а другой присоединяют к седельному автотягачу.

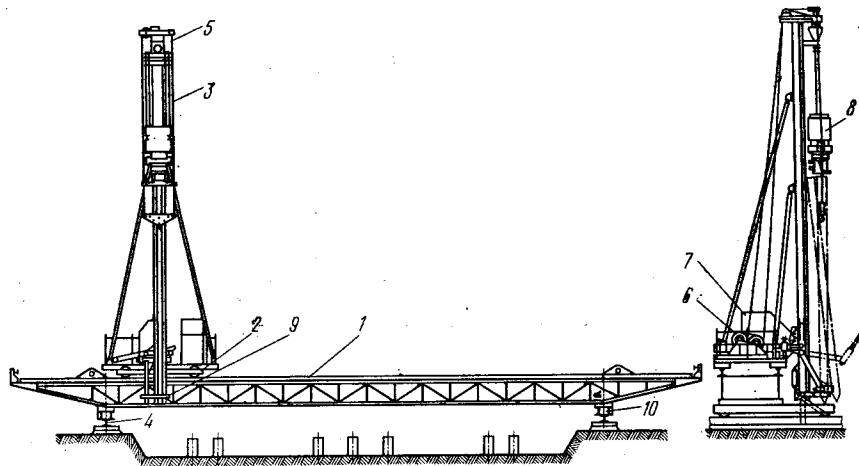


Рис. 3.16. Сваебойная мостовая установка конструкции НИИОМТП

Основные технические характеристики самоходных полноповоротных копров на рельсовом ходовом устройстве приведены в табл. 3.8.

Технические характеристики копра-крана МСТК и мостового копра конструкции НИИОМТП приведены в табл. 3.9.

Таблица 3.9

Технические характеристики копров МСТК-90 и установки НИИОМТП

| Показатели | Копер-кран МСТК-90 | Установка ЦНИИОМТП |
|--|--------------------|---------------------------|
| Габаритные размеры в рабочем положении, м: | | |
| длина | 5,5 | 23,4 |
| ширина | 4,2 | 6,4 |
| высота | 14,0 | 21 |
| Грузоподъемность, Т | 8 | 8,2 |
| Мощность электродвигателей, квт | 32,7 | 29,0 |
| Общая масса копра, т | 45,5 | 30 |
| Рабочий орган | Дизель-молот С-268 | Дизель-молот С-330, С-859 |
| Масса ударной части молота, кг | 1800 | 2500 |
| Размеры забиваемых свай: | | |
| длина, м | 8 | 8—12 |
| сечение, см | 25×25 | 25×25÷30×30 |
| Производительность, свай в смену | 15—18 | 20—25 |

Строители Ленинграда применяют самоходную мостовую установку С-736 на гусеничном ходу, позволяющую забивать железобетонные сваи длиной до 9 м.

Сваи весом до 5 Т подают с приобъектного склада к месту забивки и устанавливают на точку погружения в вертикальное положение сваеустановщиком С-735. Мост представляет собой металлическую балку коробчатого сечения, один конец которой расположен на поворотной балке, опирающейся на две гусеничные тележки, а другой — на одну. Каждая тележка имеет свой привод от электродвигателя. Мачта копровой установки расположена на подвижной каретке, перемещающейся по рельсам, проложенным на верхнем и нижнем поясах балки моста. Установка имеет механизм передвижения каретки и механизмы с гид-

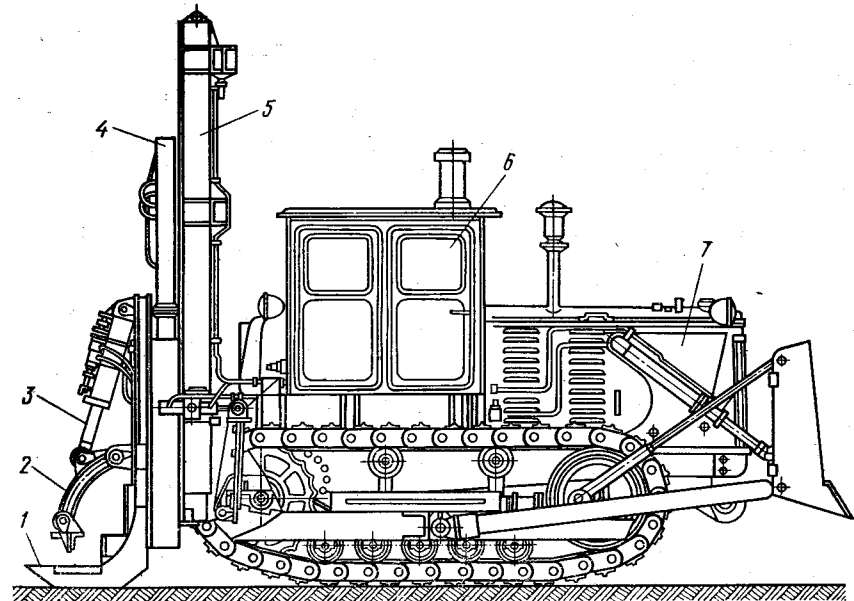


Рис. 3.17. Сваеустановщик С-735

равлическим приводом для изменения наклона мачты и укладки ее в горизонтальное положение. Ток к электродвигателю каретки от сети или передвижной электростанции мощностью 50 квт подается по кабелю, подвешенному вдоль балки моста.

На поворотной балке размещены кабина с пультом управления всеми механизмами, а также пульт для управления установкой во время перебазирования ее на другую площадку. В этом случае мачта предварительно укладывается вдоль моста, а гусеничные тележки с помощью гидроцилиндров разворачивают на 90°, т. е. параллельно продольной оси балки моста. Копер можно также перевозить сваеустановщиком или другим тягачом.

Рабочее оборудование копра — дизель-молот или вибропогружатель.

Сваеустановщик С-735 (рис. 3.17) представляет собой оборудованный механизмами захвата трактор типа С-100ГП с бульдозером Д-494.

Таблица 3.10

Технические характеристики копра С-736 и сваеустановщика С-735

| Показатели | Мостовой копер С-736 | Сваеустановщик С-735 |
|---|----------------------|----------------------|
| Габаритные размеры в рабочем положении (с мачтой для свай длиной 7 м), м: | | |
| высота | 13,2 | 4 |
| длина | 7,8 | 5,6 |
| ширина | 19 | 3 |
| Ширина колеи моста, м: | | |
| в рабочем положении | 1,8 | — |
| в транспортном | 5—3 | — |
| Установленная мощность электродвигателей | 40 квт | 100 л. с. |
| Общая масса копра без погружателя, т | 27 | 17 |
| Рабочая скорость передвижения, м/мин | 5,2 | — |
| Максимальная длина погружаемых свай, м | 9,0 | 9,0 |

Основными частями сваеустановщика являются: неподвижная часть захвата 1, подвижная часть захвата 2, сменная конструкция которой зависит от сечения свай — квадратного или круглого, гидроцилиндр захвата 3, с помощью которого свая, уложенная подвижной частью захвата на неподвижную, переводится из горизонтального положения в вертикальное, выдвижная рама 4, неподвижная рама 5, кабина машиниста с приборами управления 6 и трактор 7.

Совместная работа мостовой установки и сваеустановщика освобождает свабойный агрегат от операций по подтягиванию свай и установки ее в вертикальное положение. Благодаря этому производительность мостовой установки достигает 25—30 свай в смену.

Технические характеристики мостовой установки С-736 и сваеустановщика С-735 приведены в табл. 3.10.

Копры (простые без поворотной платформы), перемещаемые по рельсовому пути, применяют для забивки свай длиной от 6 до 17,5 м. К этой группе относят копры С-532, С-427, С-428, С-429 и СП-46, имеющие рабочий орган дизель-молот или паровоздушный молот. Электродвигатели копров присоединяют к сети переменного тока напряжением 220 в.

Все эти копры, за исключением С-532, не имеют самоходного устройства и перемещаются с помощью лебедок, устанавливаемых вне платформы копра. Один конец каната лебедки крепится к анкеру.

Технические характеристики полууниверсальных поворотных копров на рельсовом ходу приведены в табл. 3.11.

Копер С-532, предназначенный для забивки тяжелых железобетонных свай длиной от 10 до 17 м сечением 40×40 см, оборудован дизель-молотом С-330 или С-859.

Основными частями копра (рис. 3.18) являются: платформа 1, установленная на катках для передвижения по рельсовому пути 7; рама 2, выдвигаемая вперед на 1 м для забивки свай, расположенных в два ряда, мачта 3 с головкой, имею-

Таблица 3.11

Характеристики поворотных копров на рельсовом ходу

| Параметры | Марки копров | | | | |
|--|--------------|-------|-------|-------|-------|
| | С-427 | С-428 | С-429 | С-532 | СП-46 |
| Длина забиваемых свай, м | 8 | 10 | 13 | 17,5 | 16 |
| Общая грузоподъемность копра, Т | 2 | 4 | 1,5 | 9,5 | 14 |
| в том числе для подъема молота или вибропогружателя | 1,5 | 2,8 | 4,5 | 4,5 | 7 |
| Рабочий наклон мачты (тангенс угла): | | | | | |
| вперед | 1:6 | — | — | 1:8 | 1:8 |
| назад | 1:6 | — | — | 1:3 | 1:3 |
| Скорость подъема, м/мин: | | | | | |
| свай | — | 16,2 | 8,4 | 8,4 | 30 |
| молота | 15 | 10,8 | 8,4 | 8,4 | 30 |
| Выдвижение мачты, см | — | — | — | 100 | 120 |
| Скорость передвижения копра, м/мин | — | — | — | 2,8 | 3 |
| Полная установленная мощность электродвигателей, квт | 7 | 10 | 10 | 15,6 | 51 |
| Высота копра, м | 12 | 14,4 | 18 | 23,4 | 23,4 |
| Масса копра без противовеса и молота, т | 1,98 | 2,97 | 4,9 | 11,8 | 20 |
| Производительность, свай в смену | 8 | 10 | 10 | 10 | 12 |

щей консоль с блоками для канатов, монтажная стойка с подкосом 4, механизм изменения наклона мачты 5 (вперед и назад), лебедка с электродвигателем 6. Для контроля наклона мачты на платформе копра неподвижно закреплен указатель наклона и шкала, укрепленная на мачте (рис. 3.18, б). Цифры на шкале, расположенные выше нуля, соответствуют наклону мачты назад, а ниже нуля — для замера наклона ее вперед. Устойчивость копра обеспечивается растяжками и противовесом — грузом до 10 Т.

Этим копром можно забивать вертикальные и наклонные свай. Направление их обеспечивается двумя каретками. Для погружения свай ниже основания копра имеется выдвижная секция мачты длиной 4 м.

Самоходные копровые агрегаты могут быть смонтированы на базе экскаваторов и оснащены навесной или подвесной копровой мачтой. Этими агрегатами можно погружать с одной стойки несколько свай, поэтому применять их целесообразно при кустовом и двухрядном расположении свай. Мачты этих агрегатов решетчатые и трубчатые; их можно скреплять со стрелой крана жестко на 3—4 м ниже головки ее или шарнирно подвешивать к верхней части стрелы.

Навесные мачты позволяют погружать свай на вылетах от оси вращения крана-экскаватора до 6 м. Агрегатами с подвесными мачтами можно погружать свай на вылетах до 8—10 м, но с опиранием низа мачты на грунт. Телескопическая распорка служит для приведения мачты в вертикальное положение и придает ей жесткость. При работе на неровной местности агрегаты с подвесной копровой мачтой не обеспечивают точности погружения свай.

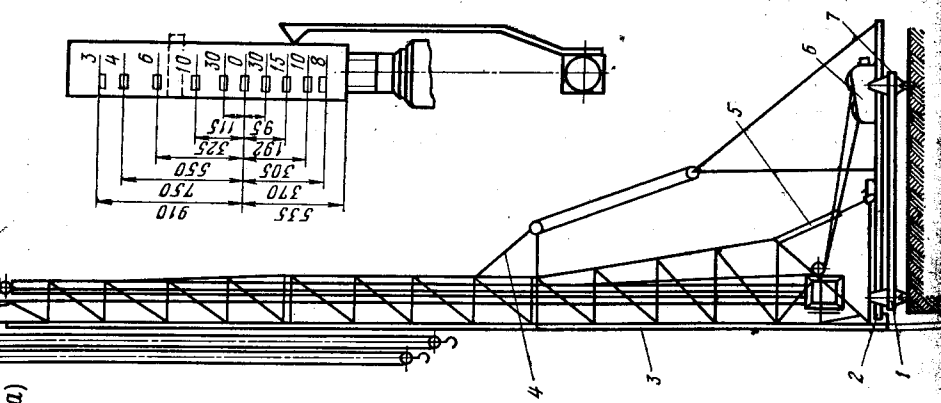
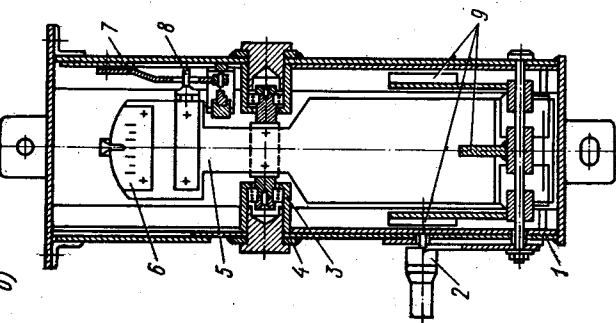
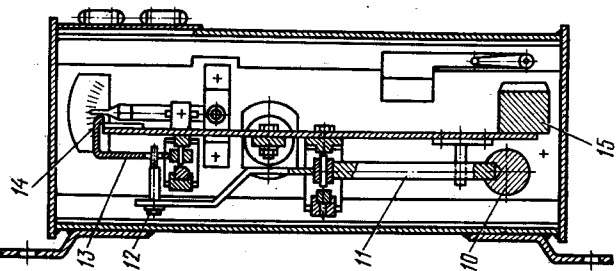


Рис. 3.18. Копер без поворотной платформы С-532:

а — схема копра; б — указатель наклона мачты копра С-532 и приборы для контроля наклона мачты; 1 — корпус; 2 — рукоятка арретира; 3 — ось с шарикоподшипниками; 4; 5 — доска; 6 и 14 — шкалы; 7 и 13 — указатели наклона мачты; 8 — повок, 9 — арретир; 10 и 15 — грузы; 11 и 12 — рычаги

В некоторых копровых агрегатах, смонтированных на базе кранов-экскаваторов, мачта присоединена к стреле крана при помощи двухшарнирной подвески, позволяющей поворачивать мачту в любом направлении и устанавливать в вертикальное положение. Недостатком такого крепления является ограничение полезной высоты мачты и соответственно уменьшение длины погружаемых свай.

На рис. 3.19 показана схема копрового агрегата на базе крана-экскаватора Э-1003 или Э-1004, позволяющего погружать железобетонные сваи длиной до 12—14 м.

В агрегатах, смонтированных на базе экскаваторов прямой лопаты Э-652А и других, навесные мачты крепят жестко к стреле (после снятия рукояти). Агрегат С-860, смонтированный на базе экскаватора Э-625А (см. рис. 3.21), оснащен устройством для изменения положения копровой мачты и поперечных осей для установки сваи в строго вертикальное положение.

Возможность поворота платформы агрегата с мачтой на 360° вокруг горизонтальной оси позволяет забить с одной стоянки несколько свай. В качестве сваепогрузателей можно применять дизель-молот, паровоздушный молот и вибрационные машины.

На базе экскаватора Э-1001А создан копровый агрегат СП-50 и на базе экскаватора ЭО-6143 — агрегат СП-51, предназначенные для погружения железобетонных свай сечением 35×35 см длиной 12 м (агрегатом СП-50) и 16 м (агрегатом СП-51). Эти агрегаты имеют механизмы управления мачтой, позволяющие придавать мачте наклон вперед — назад, вправо — влево и выдвигать раму для изменения вылета мачты агрегата СП-50 на 1,05 м, а у С-51 — на 1,2 м.

Самоходные копровые агрегаты на базе гусеничных стреловых кранов МКГ-20 и МКГ-25 предназначены для забивки железобетонных свай длиной до 16 м и весом до 5 Т.

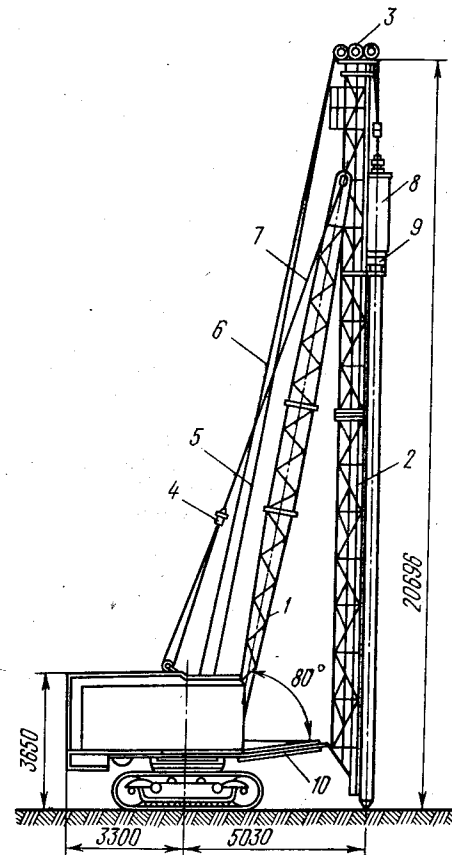


Рис. 3.19. Копровый самоходный агрегат на базе крана-экскаватора Э-1003 (Э-1004) с навесной мачтой:

1 — стрела крана-экскаватора; 2 — мачта копра; 3 — головка с блоками; 4 — полиспаст; 5 — канат для подъема молота; 6 — канат для подтаскивания и подъема свай; 7 — стреловой канат для удержания стрелы в необходимом положении; 8 — дизель-молот; 9 — наголовник; 10 — телескопическая распорка

Технические характеристики копровых полноповоротных агрегатов на базе экскаваторов и на гусеничном ходу приведены в табл. 3.12.

Копры на базе тракторов и трубоукладчиков применяют для погружения наклонных и вертикальных свай длиной 6—8 м и сечением 30×30 см (имеются модели для забивки свай длиной до 16 м).

По месту расположения навесных мачт различают агрегаты с мачтой, расположенной в хвостовой части трактора, и с мачтой, укрепленной с боку трактора. Копры оборудованы дизель-молотами и

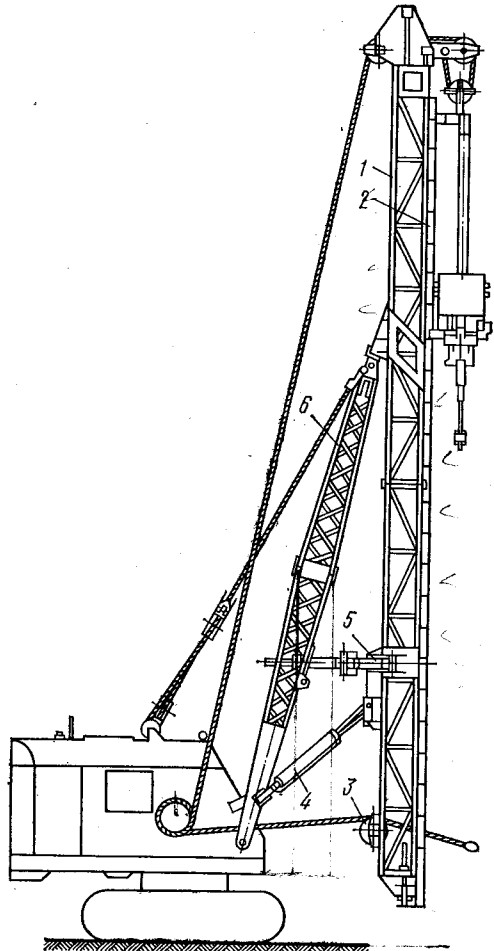


Рис. 3.20. Копровый самоходный агрегат С-860 на базе экскаватора Э-652А с навесной мачтой:

1 — мачта; 2 — направляющие; 3 — блок для каната; 4, 5 — гидроцилиндры для наклона мачты и поворота ее вокруг оси на 22,5°; 6 — крановая стрела с шарнирной опорой

большинство их имеет специальные механизмы для изменения углов наклона мачты и выдвижения ее вперед.

К агрегатам с мачтой, расположенной в хвостовой части трактора, относят копры С-533А и С-870.

Агрегат С-533А на базе трактора С-100 оборудован дизель-молотом С-222 или С-254. Недостаток агрегата С-533 заключается в отсутствии механизма для приведения в вертикальное положение мачты и необходимости подавать сваи к копру автомобильным краном (однобарабанная лебедка предназначена только для подъема молота). Для приведения мачты в вертикальное положение на неровной местности под гусеницы трактора укладывают прокладки.

Агрегат С-870 на базе трактора С-100 (рис. 3.21) по сравнению с С-533А более совершенный. Оборудован дизель-молотом с ударной частью весом 1800 кг.

В зависимости от характера рельефа местности с помощью специального механизма можно изменять наклон стрелы во взаимноперпендикулярных направлениях.

К группе агрегатов, смонтированных на базе тракто-

Таблица 3.12

Характеристики копровых полноповоротных агрегатов

| Параметры | Навесные мачты | | | | | | | | | | Подвесные мачты | | |
|--|--|----------------|--------|----------------|--------------|--------------|-----------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-----------------------|----------------|
| | Марки копровых агрегатов и базовых машин | | | | | | | | | | Краны МКГ-25 | Э-751, Э-801, Э-10011 | Э-1003, Э-1257 |
| | СГ-51, ЭО-6113 | Э-1003, Э-1004 | Э-1252 | Э-1254, Э-1258 | Э-505, Э-652 | Краны МКГ-20 | Э-751, Э-801, Э-10011 | Э-1003, Э-1257 | | | | | |
| Длина погружаемых свай, м | 8—10 | 12 | 16 | 15—16 | 16 | 16—20 | 10—12 | 16 | 10—12 | 14—16 | 10—12 | 14—16 | |
| Общая грузоподъемность агрегата, т | 8 | 10 | 15 | 10—11 | 16,5 | 20 | 6,5—7 | 16,5 | 6,5—7 | 15 | 15 | 20 | |
| Максимальная масса молота, т | 4,5 | 5 | 6 | 4,6 | 4,6 | 6 | 3,5 | 4,6 | 3,5 | 5 | 5 | 4,6 | |
| Рабочий наклон мачты (тангенс угла): | 1:10 | 1:8 | 1:8 | 1:6 | 1:6 | 1:6 | 1:6 | 1:6 | 1:6 | 1:6 | 1:6 | 1:6 | |
| вперед | 1:10 | 1:3 | 1:3 | 1:6 | 1:6 | 1:6 | 1:6 | 1:6 | 1:6 | 1:6 | 1:6 | 1:6 | |
| назад | ±5 | ±5 | ±5 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| Установочный наклон мачты вправо — влево, град | 14 | 20,5 | 24,5 | 20,8 | 19,5—21 | 20—25 | 14,7 | 20—25 | 14,7 | 17 | 17 | 20 | |
| Высота копра, м | 6,2 | 6—8 | 6—8 | 5,03 | 5,6—6,1 | 4,75 | 6,5—7 | 6,2 | 6,5—7 | 6—8 | 6—8 | 8—10 | |
| Вылет от оси погружения до оси погружаемой сваи, м | 20—40 | 10—30 | 10—30 | 20—25 | 9—23 | 0,9—1,1 | 10—25 | 1,6 | 10—25 | 0,8—1 | 0,8—1 | 0,9 | |
| Скорость передвижения агрегата, м/мин | 23,4 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23,4 | 23 | 23 | 23 | 23 | |
| Скорость подъема свай и молота, м/мин | 20 | 15 | 15 | 20—22 | 20—22 | 20—22 | 20 | 15 | 20 | 20 | 20 | 20 | |
| Производительность, свай в смену | | | | | | | | | | | | | |

ров-трубоукладчиков и обычных тракторов с расположением мачты сбоку трактора, относят агрегаты С-714, С-878, СП-49, КО-16.

Агрегат С-714, смонтированный на базе трактора-трубоукладчика, имеет механизм для подтаскивания свай с расстояния 10—15 м.

Агрегат С-878 (рис. 3.22) смонтирован на базе трактора Т-100МГП и оборудован дизель-молотом с ударной частью весом 1800—2500 кг. Он позволяет забивать сваи весом до 2,5 Т сечением до 30×30 см и трубчатые длиной 6—8 м. Агрегатом модели С-878М можно погружать сваи длиной до 10 м.

Агрегат СП-49, смонтированный на базе трактора Т-100МБТП, позволяет забивать железобетонные сваи сечением до 35×35 см, длиной до 12 м, весом до 5 Т как вертикальные, так и наклонные под углом 20°. Механизмами с гидравлическим приводом можно устанавливать мачту вертикально и придавать ей необходимый наклон, а также поднимать дизель-молот и сваю, заводя ее в наголовник молота и точно устанавливать на точку забивки. Для подъема сваи имеется стрела с максимальным вылетом 76 см.

Копровое оборудование КО-16 (рис. 3.23) с боковой навеской на тракторе Т-130БГ-1 предназначено для забивки вертикальных и наклонных свай длиной до 16 м. Механизмы гидравлического управления позволяют сохранять строго вертикальное положение мачты, независимо от неровностей и уклонов строительной площадки.

Технические характеристики копровых агрегатов на базе тракторов приведены в табл. 3.13.

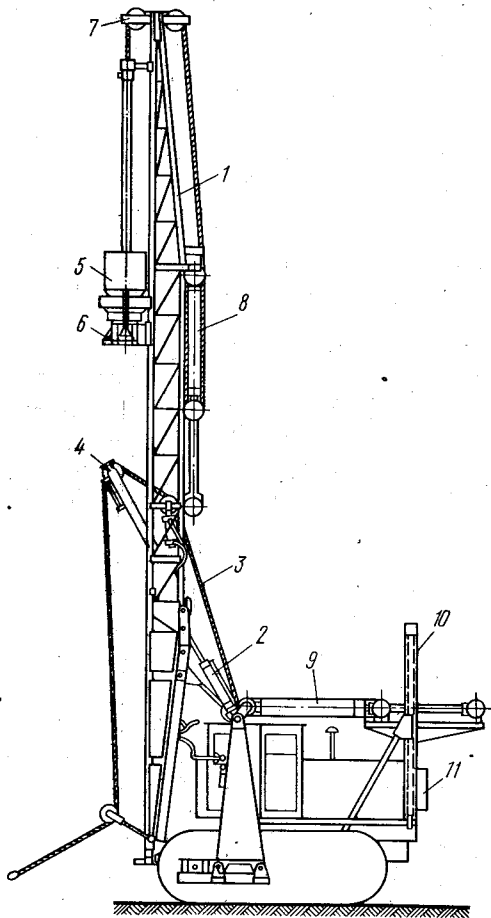


Рис. 3.21. Копровый самоходный агрегат С-870 на базе трактора С-100:

1 — мачта; 2 — механизм гидравлического привода для изменения наклона мачты; 3 — канат для подтягивания сваи; 4 — выносная стрела с блоком; 5 — дизель-молот; 6 — наголовник; 7 — головка мачты с блоками; 8 и 9 — гидромультпликаторы для подъема молота и сваи; 10 — монтажная стойка; 11 — контргруз

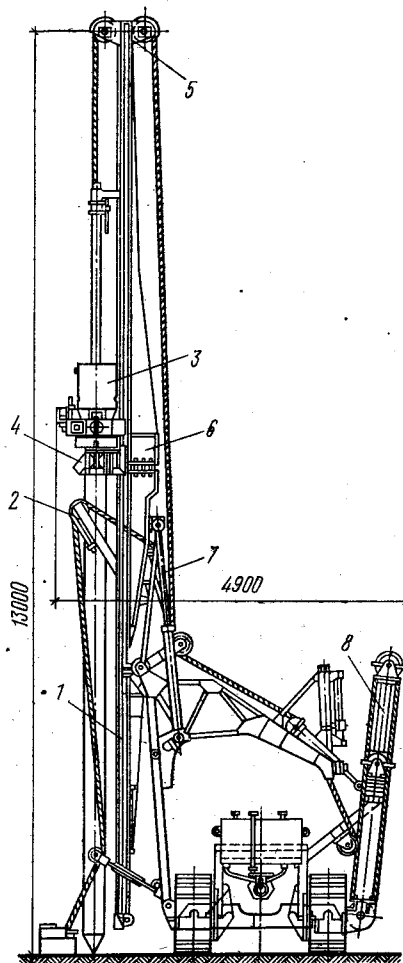


Рис. 3.22. Копровый самоходный агрегат С-878 на базе трактора Т-100МГП:

1 — мачта; 2 — выносная стрелка для подтаскивания сваи; 3 — дизель-молот; 4 — наголовник; 5 — головка мачты с блоками; 6 — верхняя секция мачты; 7 — гидроцилиндр для изменения наклона мачты; 8 — два гидромультпликатора для подъема молота и сваи

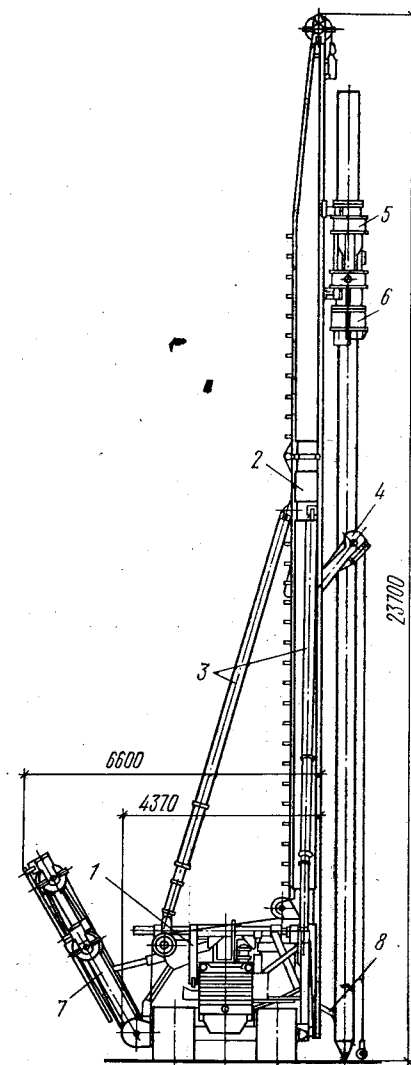
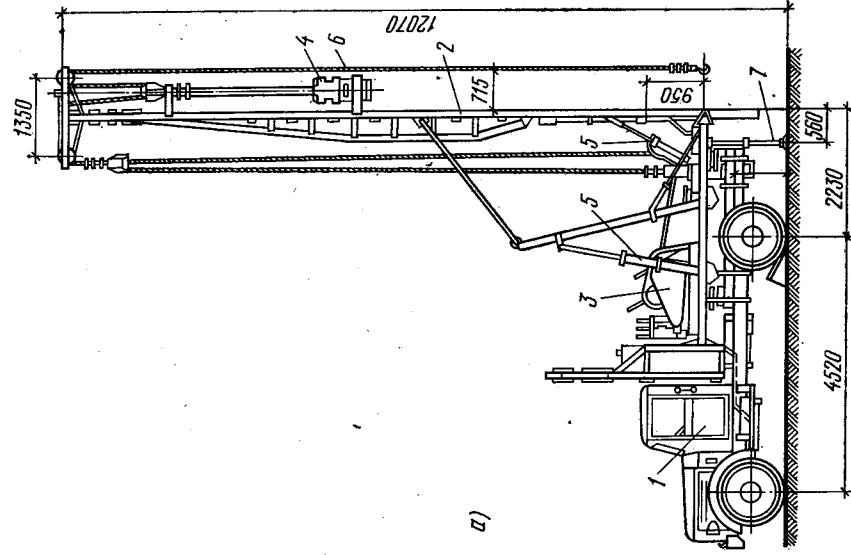


Рис. 3.23. Копровое оборудование КО-16 на базе трактора Т-130БГ-1:

1 — несущая рама; 2 — копровая мачта с тремя блоками для канатов подъема молота и сваи; 3 — механизмы для наклона и перемещения мачты; 4 — устройство для установки сваи под молот; 5 — дизель-молот; 6 — наголовник; 7 — устройство для подъема молота и сваи; 8 — упор для свай

Характеристика копровых агрегатов на базе тракторов и трубоукладчиков

| Параметры | Марки копровых агрегатов | | | | | |
|---|--------------------------|---------------|-----------------------|-----------------------|-----------|-----------|
| | С-533А | С-870 | С-714 | Т-878М | СП-49 | КО-16 |
| Базовая машина | Трактор С-100 | Трактор С-100 | Трубоукладчик Т-100МП | Трубоукладчик Т-100МП | Т-100МБТП | Т-130БГ |
| Максимальная длина забиваемых свай, м | 8 | 8 | 8 | 10 | 12 | 16 |
| Масса ударной части дизель-молотов, кг | 600—1200 | 600—1800 | 600—1800 | 1800—2500 | 2500—3300 | 3500 |
| Грузоподъемность копра, Т | — | 5,5 | 6,3 | 7 | 11 | |
| Рабочий наклон мачты (тангенс угла): | | | | | | |
| вперед | 1:10 | 1:10 | 1:4 | 1:4 | 1:6 | 1:20 |
| назад | 1:10 | 1:10 | 1:3 | 1:3 | 1:3 | 1:3 |
| Установочный наклон мачты вправо — влево, град. | — | 5 | 7 | 7 | 7 | 3 |
| Скорость подъема свай и молота, м/мин | 15 | 17,8 | 15 | 15 | 15 | 13,6—13,1 |
| Выдвижение мачты, м | — | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,4 | 0,4 |
| Масса агрегата, т | 16,87 | 18 | 22,5 | 20,5 | 26,4 | 38,9 |
| Высота копра, м | 12 | 13,5 | 13 | 14,8 | 18,27 | 23,34 |
| Средняя производительность, в смену свай | 16 | 22 | 24 | 24 | 20 | 15 |



b)

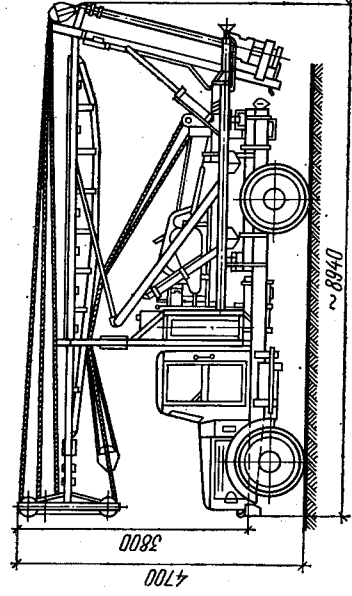


Рис. 3.24. Копровый самоходный агрегат С-678 на базе автомобиля МАЗ-200:

а — в рабочем положении; б — в транспортном; 1 — автомобиль; 2 — мачта; 3 — лебедка; 4 — дизель-молот; 5 — два гидроцилиндра для изменения наклона мачты в двух взаимно перпендикулярных направлениях; 6 — канат для подтаскивания свай; 7 — домкраты (для обеспечения устойчивости агрегата)

Самоходные копровые агрегаты на пневмоколесном ходу могут быть на базе автомобильных стреловых кранов. К ним относят агрегаты С-678 и на базе автомобилей КраЗ-257, Урал-375, а также агрегаты УСА и УКГА.

Агрегат С-678, смонтированный на базе автомобиля МАЗ-200, предназначен для забивки железобетонных свай сечением до 30×30 см и длиной 8 м и шпунта. Применяют его на рассредоточенных объектах (рис. 3.24). Установка может быть использована на неровной местности, так как мачта в этом случае с помощью гидроцилиндров приводится в строго вертикальное положение.

Копровый агрегат на базе автомобиля КраЗ-257 имеет стрелу, расположенную в задней части шасси автомобиля, к которой прикреплена мачта. С помощью гидроцилиндров можно наклонять мачту во взаимно перпендикулярных направлениях, а также переводить ее в вертикальное положение.

Агрегат УСА на базе автомобильного крана К-104 или К-162 имеет навесную мачту, которая в верхней части прикреплена шарнирно к стреле крана, а внизу соединена телескопической распоркой с поворотной рамой базовой машины. Вылет от оси вращения до оси погружения свай равен 4,85 м. Рабочий наклон мачты в сторону крана и от него составляет 1:4. С одной стоянки можно забивать 4—6 вертикальных или наклонных свай.

Агрегат УКГА на базе автокрана К-52 (К-67) с навесной мачтой оснащен трубчатым дизель-молотом с ударной частью 600 кг. Конструкция агрегата аналогична с УСА. Вылет мачты от оси вращения платформы до оси погруженной свай — 5 м. Технические характеристики копровых агрегатов на базе автомобилей и автокранов приведены в табл. 3.14.

Таблица 3.14

Характеристика копровых агрегатов на базе автомобилей и автокранов

| Параметры | Показатели копровых агрегатов | | | | |
|----------------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------|---|----------------|
| | Автомобильные агрегаты | | | Агрегаты на базе автомобильных стреловых кранов | |
| | С-678 | на базе КраЗ-257 | СА-8 | УСА | УКГА |
| Базовые машины — автомобили | МАЗ-200 | КраЗ-257 | Урал-375 КраЗ-257К | | |
| Автомобильные стреловые краны | | | | К-104 К-162 | К-52 К-67 |
| Погружаемые сваи: | | | | | |
| длина, м | 8 | 9 | 8 | 12 | 7 |
| сечение, см | 30×30 | 30×30 | 30×30 | 30×30 | 30×30 |
| Высота копровой мачты, м | 10—12 | 10—12 | 13 | 14,4 | 11,9 |
| Производительность, свай в смену | 12—15 | 12—15 | 18—22 | 10—12 | 10—12 |

Примечание. Копровый агрегат СА-8 оборудован гидроцилиндрами, позволяющими устанавливать мачту строго вертикально независимо от неровности и уклона местности, а также наклонять ее вправо — влево, назад и вперед.

5. Установки для погружения свай вдавливанием и вибровдавливанием

Принцип устройства установок для вдавливания свай состоит в том, что на сваю передается усилие вдавливания лебедками с системой трособлоков или гидродомкратами, под действием которого свая погружается в грунт.

Во вибровдавливающих машинах на погружаемую сваю передается одновременно усилие статической нагрузки и вибрация.

Агрегат АВС-35 предназначен для вдавливания железобетонных свай сечением до 30×30 см и длиной до 6 м. Он состоит из двух тракторов С-100 — рабочего и пригрузочного (рис. 3.25). Рабочий трактор оборудуют двумя рамами, на которых смонтированы лебедки, мачта с наголовником и блоками полиспастов, система трособлоков, прибор для контроля вертикальности мачты.

Передняя рама включает опорную ферму, оборудованную стойками, соединенными продольными и поперечными раскосами и связями. В верхней части этой фермы шарнирно присоединяют мачту и расположены два блока: один — для пропуска силового каната от приводной лебедки Л-8, другой — для отклонения каната от вспомогательного барабана лебедки ЛОП-2-1,8 (последняя на задней раме). Этим блоком подтаскивают сваю к агрегату.

Силовая лебедка Л-8 грузоподъемностью 8 Т служит для передачи усилия на сваю через шестикратный полиспаст, а также для подъема мачты в рабочее положение.

К передней раме присоединяют опорную плиту соответствующих размеров, на которой располагают пригрузочный трактор. К этому трактору крепят трос, идущий к блоку полиспаста, находящемуся на вершине мачты. На задней раме размещена ручная лебедка для перевода мачты из рабочего положения в транспортное путем опускания ее на заднюю раму.

Подвижной наголовник, воспринимающий усилие тросом от лебедки Л-8, состоит из двух основных частей: верхней, в которой имеются блоки двух полиспастов, и нижней, при помощи которой наголовник соединен с колпаком, устанавливаемом на голову сваи.

На одной из стоек опорной фермы размещен прибор для контроля вертикальности мачты (см. рис. 3.18,б). По показаниям этого прибора устанавливают горизонтально гусеницы рабочего трактора с помощью подкладок под них.

Для погружения свай в грунт рабочий трактор с мачтой устанавливают над местом вдавливания свай и при помощи лебедки ЛОП-2-1,8 опускают на землю опорную плиту. Затем отсоединяют от плиты канат, крепят его к верхнему концу сваи, поднимают сваю и устанавливают ее в вертикальное направляющие мачты. После этого отсоединяют канат от сваи и крепят его к наголовнику, пропускаемая через блоки. При помощи той же лебедки наголовник опускают на голову сваи и крепят к ней.

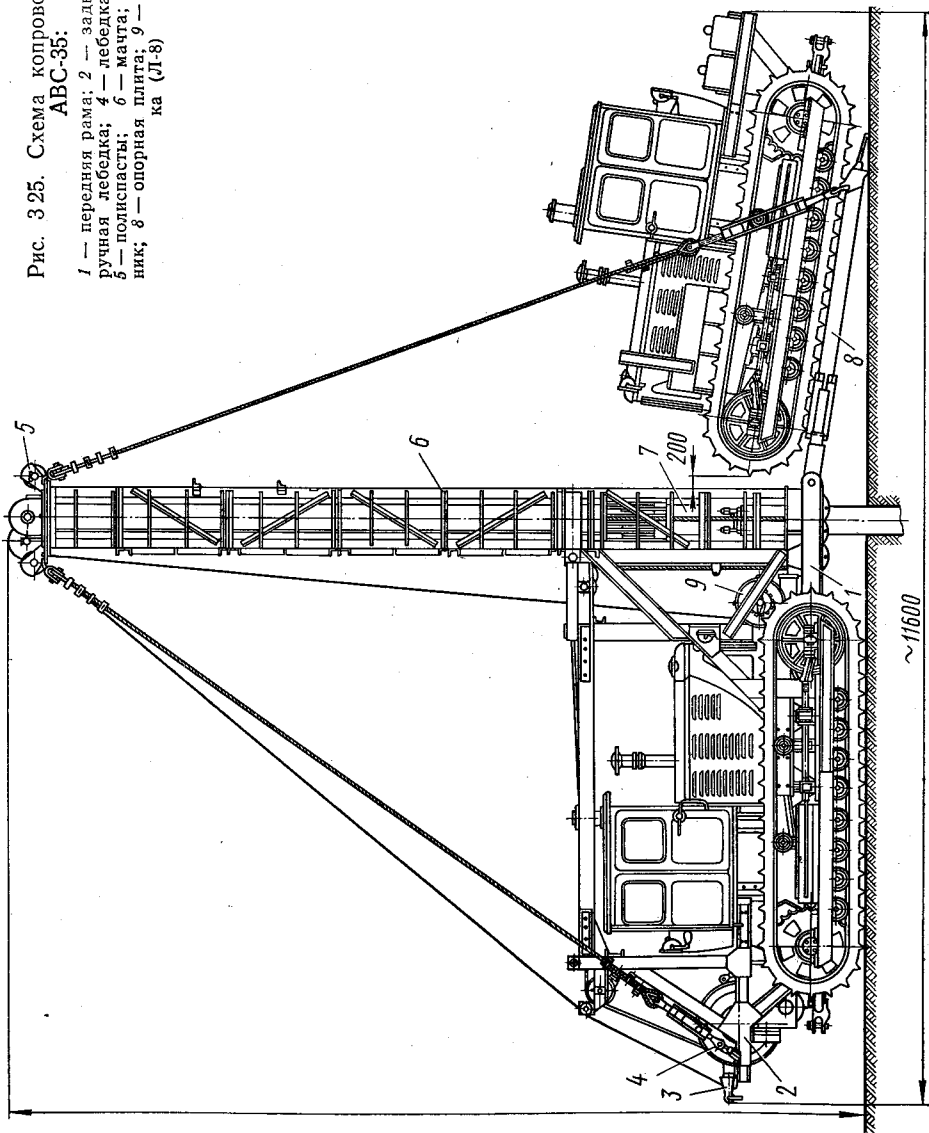
Затем на опорную плиту въезжает пригрузочный трактор, включают лебедку Л-8, работающую от вала отбора мощности трактора. Под влиянием усилия, передаваемого лебедкой, наголовник перемещается по направляющим мачты, воздействует на сваю, которая постепенно вдавливается в грунт.

Для облегчения погружения свай в точке погружения предварительно бурят скважину. Максимальное усилие вдавливания, развиваемого агрегатом, составляет 35 Т при весе его 42 Т.

Агрегат АВС-35 недостаточно маневрен, производительность его составляет 13—15 свай в смену, поэтому его применяют при небольшом объеме свайных работ для устройства фундаментов инженерных сооружений, мачт различного назначения и др.

Рис. 3.25. Схема копрового агрегата АВС-35:

1 — передняя рама; 2 — задняя рама; 3 — ручная лебедка; 4 — лебедка ЛОП 2-1,8; 5 — полиспасты; 6 — мачта; 7 — наголовник; 8 — опорная плита; 9 — малая лебедка (Л-8)



Сваедавливающая мостовая установка, применяемая трестом «Омскжилстрой» (рис. 3.26, а), представляет собой мост длиной 18 м, перемещаемый по рельсам; по ним передвигается траверсная тележка с установленными на ней механизмами вдавливания. Башенный кран грузоподъемностью 3 Т предназначен для подачи свай к месту забивки. На конце моста размещен пульт управления.

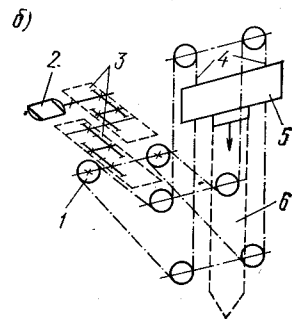
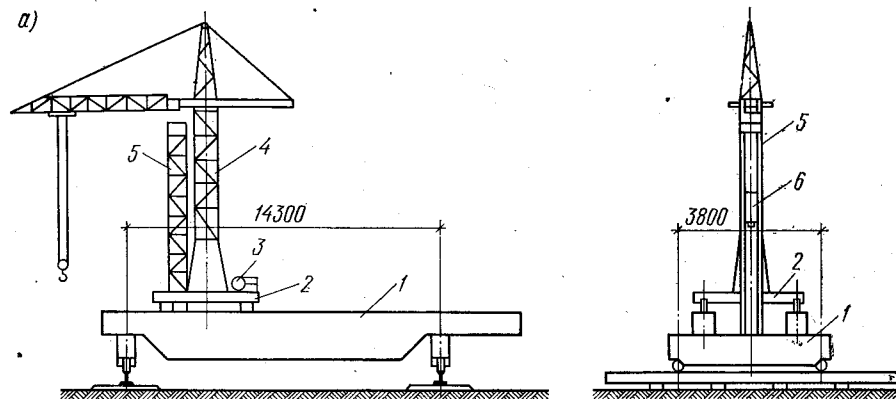


Рис. 3.26. Сваедавливающая установка треста «Омскжилстрой»:

а — схема установки; 1 — передвижной мост; 2 — тележка; 3 — балласт; 4 — башенный кран; 5 — мачта с наголовником; 6 — кинематическая схема цепного механизма вдавливания; 1 — ведущие звездочки; 2 — электродвигатель; 3 — редукторы; 4 — тяговые цепи; 5 — наголовник; 6 — свая

На мачте под наголовником смонтирован беспоршневой гидрократ с самопишущим устройством для определения усилий вдавливания. Усилие вдавливания составляет 60 Т при общем весе установки с балластом 78 Т.

На рис. 3.26, б показана кинематическая схема механизма цепного вдавливания. Электродвигатель мощностью 28 кВт через редуктор приводит в движение ведущие звездочки, натягивающие цепи, которые передают усилие вдавливания на сваю через наголовник.

Запись усилий вдавливания производят в процессе работы с помощью специального устройства, состоящего из гидроцилиндра с поршнем и трубопровода, связанного с прибором для записи усилий. Поскольку поршень связан с плитой наголовника, усилие вдавливания, передаваемое свае, воспринимается поршнем гидроцилиндра и от него сообщается записывающему прибору.

Расчетная сменная производительность установки— 30 свай длиной 6 м и сечением 25×25 см. Обслуживает ее бригада из 4 рабочих. Преимуществом этой установки является точность погружения свай в плане. Вертикальность направления обеспечивается горизонтальным положением моста, передвигаемого по рельсам.

Гидравлический погружатель фирмы «Тайвуд BSP» (Англия), показанный на рис. 3.27, применяют для вдавливания шпунта в грунты различной плотности, в том числе в твердые глины, а также для извлечения ранее погруженного шпунта.

Погружатель состоит из силового блока, блока гидроцилиндров с восемью гидравлическими штоками, системы наведения и электрической системы управления. Силовой блок смонтирован из двух гидронасосов высокого давления и электродвигателя мощностью 45 квт, являющегося приводом для насосов.

Система наведения включает стальные опоры и горизонтальные направляющие, которые охватывают сваю. Электрическая система управления размещена в кабине, где находится пусковое устройство двигателя и приборы управления. Дистанционное управление осуществляет аппаратом оператор.

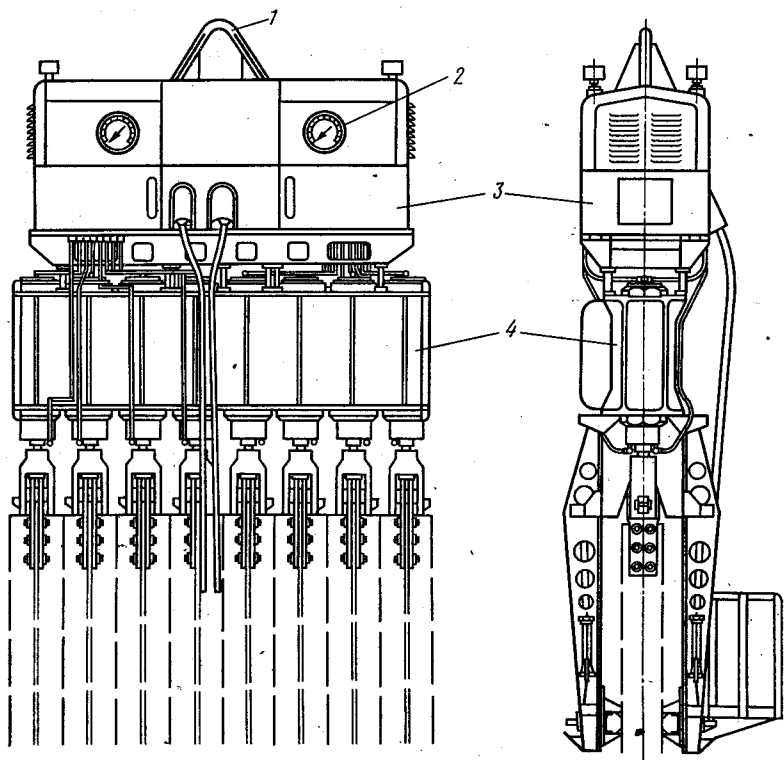


Рис. 3.27. Гидравлический погружатель фирмы «Тайвуд» (Англия):
1 — подвеска; 2 — манометр; 3 — гидронасосы; 4 — гидроцилиндры

Погружатель имеет сменные наголовники, укрепляемые на шпунте. Эти наголовники, а также две тяжелые стальные плиты, воспринимающие давление гидравлических штоков, соединены болтами со шпунтовыми сваями заранее. Затем краном подаются к месту погружения 8 заготовленных свай, которые устанавливают во временные направляющие рамы.

Процесс вдавливания включает следующие операции: (см. рис. 3.27) подачу краном к месту погружения погружателя, соединение штоков с наголовниками установленных восьми шпунтин, опускание краном погружателя на головы свай при убранных штоках и последовательное вдавливание пары свай (крайних левой и правой, соседних и т. д.). После вдавливания всех восьми свай на глубину до 3 м кран освобождают и погружатель вдавлиывает весь блок до заданной глубины.

Усилие, передаваемое каждым штоком вниз при вдавливании, составляет от 125 до 225 Т, а вверх при извлечении шпунта — от 90 до 165 Т. Длина хода штока — 750 мм. Производительность в смену при погружении — до 24 свай. Весит установка около 10 т.

Извлекаются сваи при движении штоков вверх. Усилия передаются через скользящие пальцы, пропускаемые через отверстия в плитах.

Вибровдавливающий агрегат ВВПС-20/11 (рис. 3.28) предназначен для

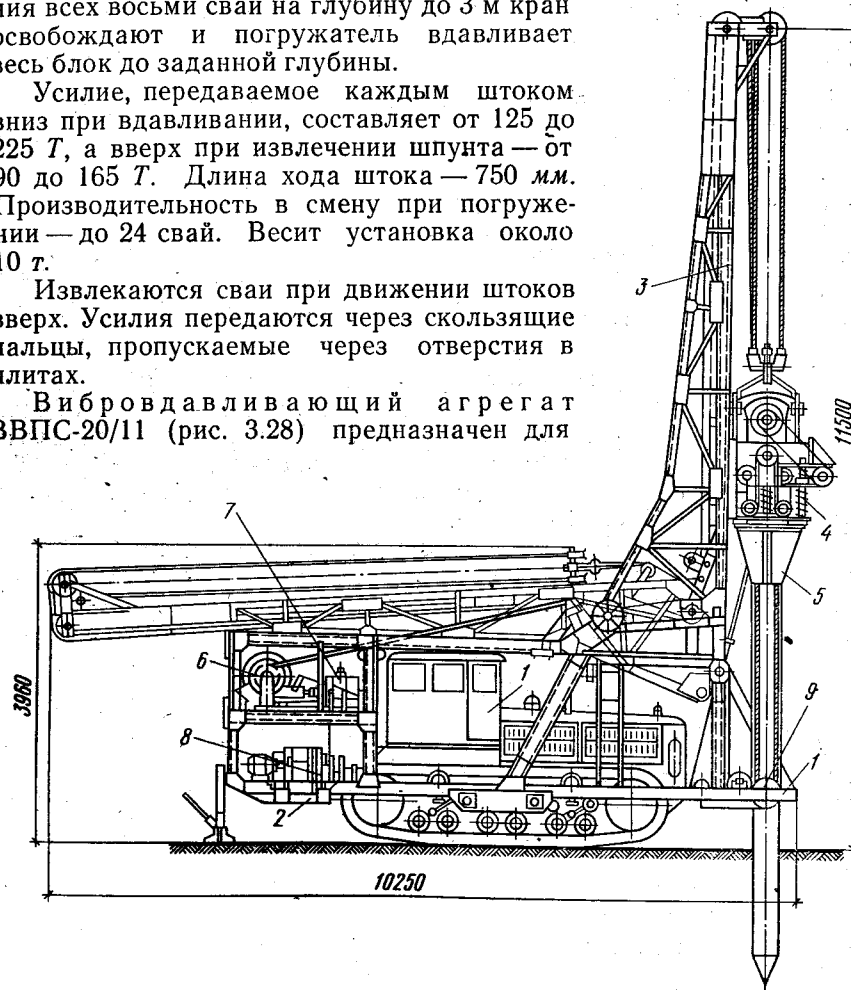


Рис. 3.28. Вибровдавливающий агрегат ВВПС-20/11

погружения в грунт железобетонных свай сечением 30×30 см и длиной 6 м. Он состоит из трактора С-100, двух рам — передней 1 и задней рамы 2, мачты с блоками 3 и канатами для подвешивания вибропогружателя типа ВПП-4 с наголовником 5, двухбарабанной лебедки 6, электродвигателя 7, синхронного генератора 8 и полиспастов 9. В кабине машиниста размещен пульт управления электрооборудованием агрегата и механизмами двухбарабанной лебедки. Один из барабанов лебедки служит для создания пригрузочного усилия вдавливания, а другой — для перемещения вибропогружателя и укладки или подъема мачты при переводе ее в транспортное и рабочее положение.

Свая вдавливается в грунт под воздействием вибрации и усилия вдавливания, создаваемого весом вибропогружателя, сваи и пригрузочного усилия лебедки и частично агрегата. Для этого наголовник вибропогружателя посредством канатно-блочной системы связан с консолями передней рамы агрегата и погрузочным канатом лебедки.

Вибропогружатель агрегата низкочастотный направленного действия с подпрессорной пригрузкой, а также лебедка приводятся в действие от электродвигателей, питающихся переменным током от электрического генератора, расположенного на задней раме трактора. Наголовник вибропогружателя соединен с низом корпуса вибратора специальными болтами. Для приведения мачты из транспортного в рабочее положение ее поворачивают на 90° возле горизонтальной опорной оси при помощи лебедки.

Сваю, предназначенную для вдавливания в плотный грунт, устанавливают в лидерную скважину диаметром 16—20 см, образованную посредством металлической сваи. Агрегат можно использовать для извлечения свай. Усилие вдавливания достигает 20 Т и извлечения — 11 Т. Производительность агрегата на погружении составляет 15—17 свай в смену.

Установка ВВПС-32/19 на базе трактора Т-140, имеющая более мощные двигатели, развивает усилие вдавливания 32 Т и извлечения 19 Т. Ею можно погружать железобетонные сваи длиной 7 м сечением до 40×40 см.

6. Машины для погружения свай завинчиванием

Для погружения в грунт стальных и железобетонных свай поло-го и сплошного сечения завинчиванием применяют *кабестаны*, а также самоходные машины МЗС-13 на базе автомобиля КраЗ-214 или пневмоколесного трактора, а также тягача МАЗ-529.

Кабестан представляет собой специальный механизм, прикрепляемый к голове сваи, с помощью которого она приводится во вращение, врезается винтовой лопастью в грунт и постепенно погружается в него до заданной отметки.

Кабестан (рис. 3.29, а) состоит из двух частей: верхней неподвижной и нижней вращающейся. Для обеспечения неподвижности верхней части ее расчаливают четырьмя стальными тросами к

анкерам — неподвижным точкам (рис. 3.29, б). Угол наклона анкерного троса к горизонту не должен превышать $25-30^\circ$.

Нижняя часть кабестана представляет собой центральный шпindel с шестерней. Шпindel имеет патрон, к которому присоединяют голову сваи. На верхней части установлены два электродвигателя, приводящие в движение два редуктора, передающие вращение шестерне центрального шпинделя. Сваю при установке для завинчивания и в процессе погружения также необходимо расчаливать к анкерам.

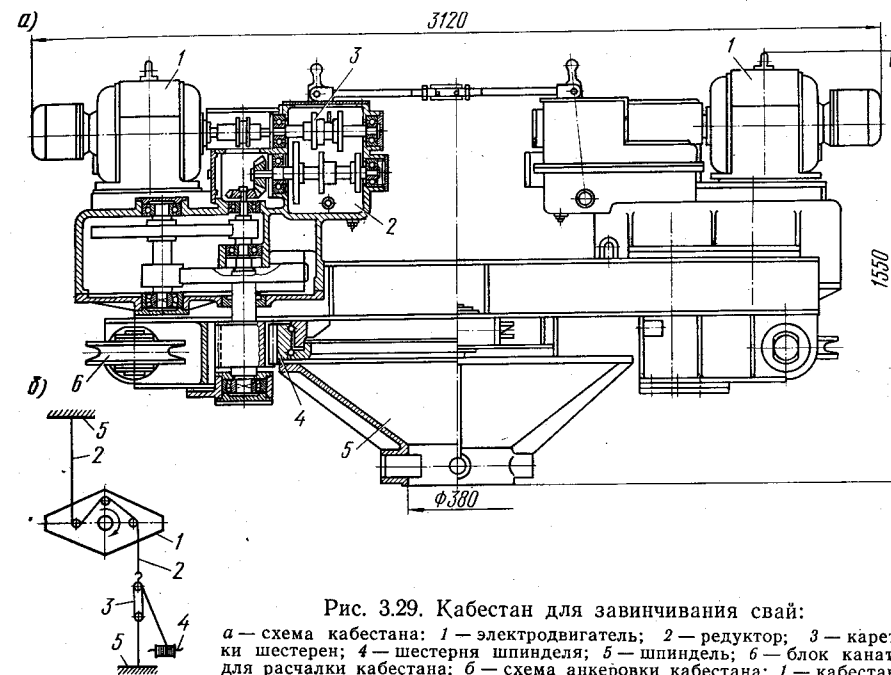


Рис. 3.29. Кабестан для завинчивания свай:

а — схема кабестана: 1 — электродвигатель; 2 — редуктор; 3 — каретки шестерен; 4 — шестерня шпинделя; 5 — шпindel; 6 — блок каната для расчалки кабестана; б — схема анкерки кабестана: 1 — кабестан; 2 — тросы; 3 — полиспаст; 4 — лебедка; 5 — анкера кабестана

Для установки кабестана на голову сваи, подачи ее к месту погружения и выполнения других вспомогательных работ используются порталные краны, башенные или самоходные стреловые.

Применять кабестаны рекомендуется для погружения большого количества свай на одной площадке. При этом сваи можно погружать вертикально и наклонно сквозь наброску камней и в гравелистые грунты, не содержащие крупных камней или других твердых включений. Скорость погружения свай кабестаном — 6—8 м/ч.

Тип кабестана выбирают по величине крутящего момента, необходимого для завинчивания сваи, который определяют расчетом. Для завинчивания свай с закрытым концом требуются кабестаны большей мощности, чем с открытым.

Техническая характеристика некоторых типов электрокабестанов отечественного производства приведена в табл. 3.15.

Таблица 3.15

Основные характеристики электрокабестанов

| Показатели | Марки электрокабестанов | | | | |
|---|-------------------------|--------|---------|----------|----------|
| | МЗС-23 | МЗС-75 | МЗС-150 | ЦНИИС-25 | ЦНИИС-50 |
| Крутящий момент, $T \cdot м$ | 25 | 75 | 150 | 25 | 50 |
| Количество электродвигателей | 2 | 4 | 4 | 2 | 4 |
| Общая мощность электродвигателей, $квт$ | 16 | 56 | 80 | 40 | 80 |
| Скорость вращения свай, $об/мин$ | 0,6 | 0,43 | 0,42 | 1,2 | 1,2 |
| Основные размеры, $см$: | | | | | |
| ширина | 230 | 650 | 310 | 220 | 310 |
| длина | 404 | 710 | 665 | 410 | 510 |
| высота | 120 | 220 | 284 | 170 | 170 |
| Общая масса, $т$ | 5 | 22,8 | 22,2 | 5,9 | 9,8 |

При рассредоточенных работах целесообразно применять самоходную машину МЗС-13. Такая машина, установленная на базе автомобиля КраЗ-214, позволяет погружать сваи в глинистые грунты, суглинки, супеси, пески, лёссы, щебенисто-галечные грунты, гравийно-дресвяные с органическими примесями, кроме торфованных, а также в мерзлые грунты глинистые и песчаные.

В мерзлых грунтах необходимо бурить лидерную скважину на глубину погружения винтовой лопасти. При завинчивании сваи лопасть прорезает грунт без разрушения его структуры. Длина погружаемых свай может достигать 8 м, диаметр ствола составляет 18—25 см и диаметр лопастей — 60—120 см. Лопастей могут быть стальные, чугунные, из стеклотекстолита и других высокопрочных стеклопластиков. Для предохранения металлических лопастей и ствола от коррозии при погружении в грунты, содержащие агрессивные по отношению к металлу воды, их покрывают битумно-резиновыми мастиками, армированными стеклопластиком, битумно-латексными эмульсиями с армированной стеклосеткой и др.

Схема устройства МЗС-13 показана на рис. 3.30. Непосредственно за кабиной 1 на раме 3 расположена стойка 2, на которую опирается ферма 4 с рабочим органом во время передвижения машины; к низу рамы укреплены четыре гидравлических домкрата 5.

Рабочий орган размещен в корпусе — в нем вращается труба с зубчатым венцом привода вращения, а к трубе снизу присоединен нижний фланец с катками для центрирования свай. Внутри трубы расположена каретка с цапгой, служащей для присоединения трубы со свай, передачи ей крутящего момента и прижимного усилия.

Для перемещения каретки в вертикальном направлении служат два каната полиспаста — подъемный и напорный, подвижные концы которых закреплены на барабане лебедки, расположенной на верхнем фланце трубы. Барабан лебедки приводится во вращение гидромотором. Основание рабочего органа шарнирно укреплено к раме машины; для установки его под необходимым углом служат два винта редуктора наклона.

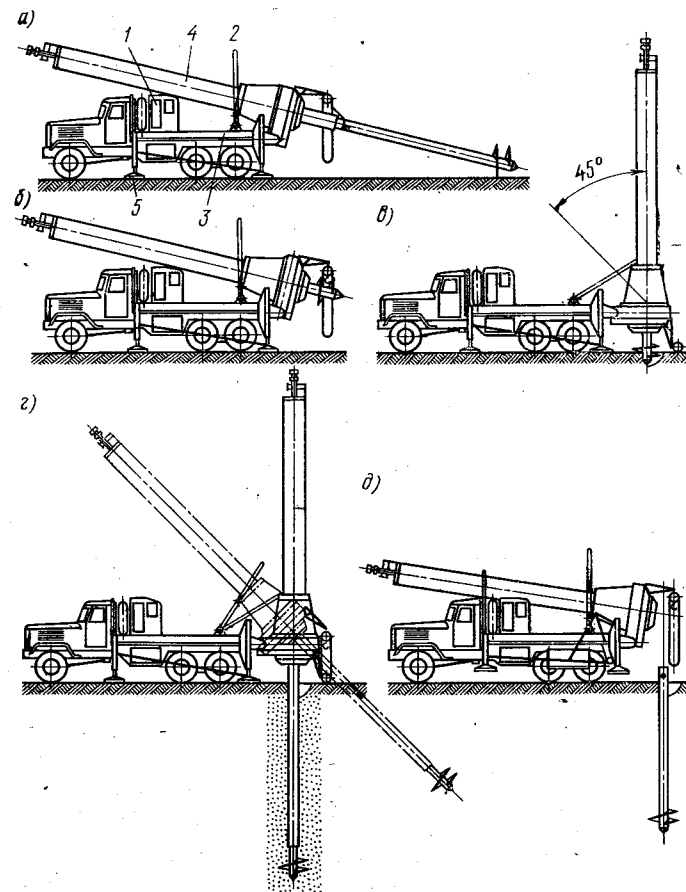


Рис. 3.30. Завинчивание свай с помощью МЗС-13:

1 — кабина водителя; 2 — опорная стойка рабочего органа; 3 — рама машины; 4 — рабочий орган; 5 — гидравлические опоры; а — установка гидравлических опор, подъем свай, заправка ствола свай в инвентарную оболочку; б — заправка инвентарной оболочки со свай в трубу рабочего органа; в — установка трубы рабочего органа под заданным углом; г — ввинчивание свай в грунт; д — освобождение свай от инвентарной оболочки и удаление инвентарной оболочки из грунта и установка гидравлических опор и рабочего органа в транспортное положение

Привод к рабочему органу осуществляется от коробки отбора мощности автомобиля. Лебедки рабочего органа и домкратные опоры имеют гидравлический привод. Домкратные опоры могут выдвигаться независимо одна от другой, что позволяет устанавливать машину на месте работы в необходимом положении.

Подъем свай для заправки их в трубу ведется подъемником с талью грузоподъемностью 3 Т, установленным на рабочем органе.

Сваи можно погружать под углом до 45° и вертикально. Для погружения наклонных свай необходимо устраивать в грунте небольшой приямок. Дно его должно быть перпендикулярно продольной

оси сваи, что позволит центрировать сваю и избежать изгиба ее от возникающих в стволе дополнительных усилий.

Последовательность операций по погружению свай машиной МЗС-13 показана на рис. 3.30. Эту машину устанавливают на гидравлические опоры, поднимают сваю, заправляют ствол в инвентарную оболочку и фиксируют в ней сваю. Затем инвентарную оболочку со сваем направляют в трубу рабочего органа, установленную под заданным углом по угломеру, и ввинчивают сваю. После этого освобождают инвентарную оболочку, переводят гидравлические опоры в транспортное положение и перемещают машину к месту погружения следующей сваи. Инвентарную оболочку извлекают из грунта лебедкой — подъемом всей машины гидравлическими домкратами.

Винтовые сваи с железобетонными стволами погружают при помощи инвентарной стальной оболочки. В одном конце ее имеются литые стальные головки для крепления с цангой машины, а на другом — прямоугольные выступы, которые входят в шлицы металлических винтовых полостей и передают им крутящий момент и прижимное усилие.

Для погружения трубчатых железобетонных свай можно применять стальной торцовый ключ, один конец которого входит в трубу рабочего органа, а другой в металлическую лопасть. Ключ извлекают из ствола путем втягивания его в рабочий орган.

Прижимное усилие в грунт при погружении свай на глубину 1—1,5 м должно быть минимальным, а затем его следует увеличивать так, чтобы за один оборот свая погружалась на величину шага винта. В этом случае свая не будет буксовать.

Точность погружения свай завинчиванием может быть достигнута до ± 1 см по вертикали и по углу наклона, а в плане — до ± 5 см. Производительность машины в смену достигает 14 шт. свай длиной 6—8 м диаметром 18—22 см.

7. Средства механизации сопутствующих и вспомогательных работ

К вспомогательным и сопутствующим работам, связанным с погружением свай и устройством ростверков, относятся следующие: доставка и разгрузка свай, сборных элементов, ростверков, полуфабрикатов, и материалов для устройства монолитных ростверков; бурение лидирующих скважин в мерзлых грунтах или оттаивание грунтов для облегчения погружения в них свай;

подмыв водой свай и свай оболочек и извлечение грунта из свай оболочек;

сварка закладных частей секций составных железобетонных свай и частей металлических свай, а также выпусков арматуры; резка металлического шпунта, раздавливание или срезание голов железобетонных свай, срезание верхней части металлических и деревянных свай;

монтаж элементов сборных ростверков.

Технические характеристики средств механизации большинства вспомогательных и сопутствующих работ приведены в главах, посвященных производству основных работ. Здесь изложены сведения, относящиеся к доставке свай и извлечению их из грунта.

Для доставки на строительную площадку готовых свай используют грузовые автомобили или полуприцепы с тягачами различной грузоподъемности. Ориентировочные данные о количестве свай сечением 25×25 см, перевозимых средствами автомобильного транспорта, указаны в табл. 3.16.

Таблица 3.16

Грузоподъемность автотранспортных средств на перевозке свай

| Марки автотранспортных средств | Грузоподъемность, Т | Длина свай, м | Вес свай, т | Количество перевозимых свай, шт. |
|--|---------------------|---------------|-------------|----------------------------------|
| Бортовые автомобили: | | | | |
| ЯАЗ-219 | 12 | 5 | 0,75 | 16 |
| ЯАЗ-210 | 12 | 5 | 0,75 | 16 |
| Полуприцепы и тягачи ММЗ-584, ЗИЛ-120Н | | | | |
| | 7 | 6 | 1,3 | 5 |
| Полуприцепы-платформы системы Минстроя БССР: | | | | |
| МАЗ-200В | 11,5 | 10 | 2,2 | 5 |
| МАЗ-512Б, МАЗ-200В | 12,5 | 7 | 1,5 | 8 |
| МАЗ-520З, ЯАЗ-210Г, ЯАЗ-210Д | 20 | 6 | 1,3 | 15 |

Погрузку и разгрузку свай, сборных элементов ростверков, раскладку их в рабочей зоне ведут стреловыми или башенными кранами необходимой грузоподъемности. Эти же краны можно использовать для подачи к рабочим местам элементов опалубки, арматуры, бетонной смеси и других материалов.

Для извлечения свай и шпунта, погруженных с недопустимыми отклонениями или забитых временно для устройства эстакад, подмостей и др., кроме молотов и вибропогружателей, описанных выше, используют речные, винтовые, гидравлические домкраты и сваевыдергиватели.

Домкраты речные и винтовые одиночные применяют для извлечения сравнительно легких свай в тех случаях, когда сцепление между сваем и грунтом невелико. При значительном сцеплении между сваем и грунтом применяют два таких домкрата или гидравлический домкрат. Назначение домкратов — создать подвижку сваи, нарушив сцепление ее с грунтом. После такой подвижки сваю можно извлекать копром, краном, оборудованным клещами-захватами или полиспастом, который подвешивают на треноге, а конец троса навивают на барабан лебедки.

На рис. 3.31, а показано применение двух речных домкратов для извлечения трубчатой металлической сваи на рис. 3.31, б — схема извлечения железобетонной сваи с помощью гидравлического домкрата. Такие домкраты прочно устанавлива-

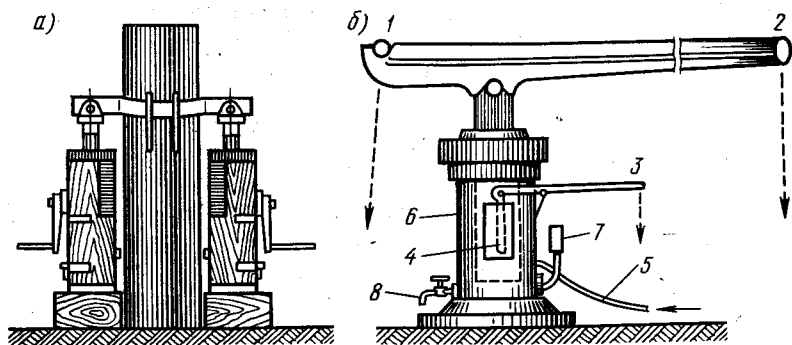


Рис. 3.31. Схемы извлечения свай:

а — металлической свай двумя реечными домкратами; б — железобетонной гидравлическим домкратом

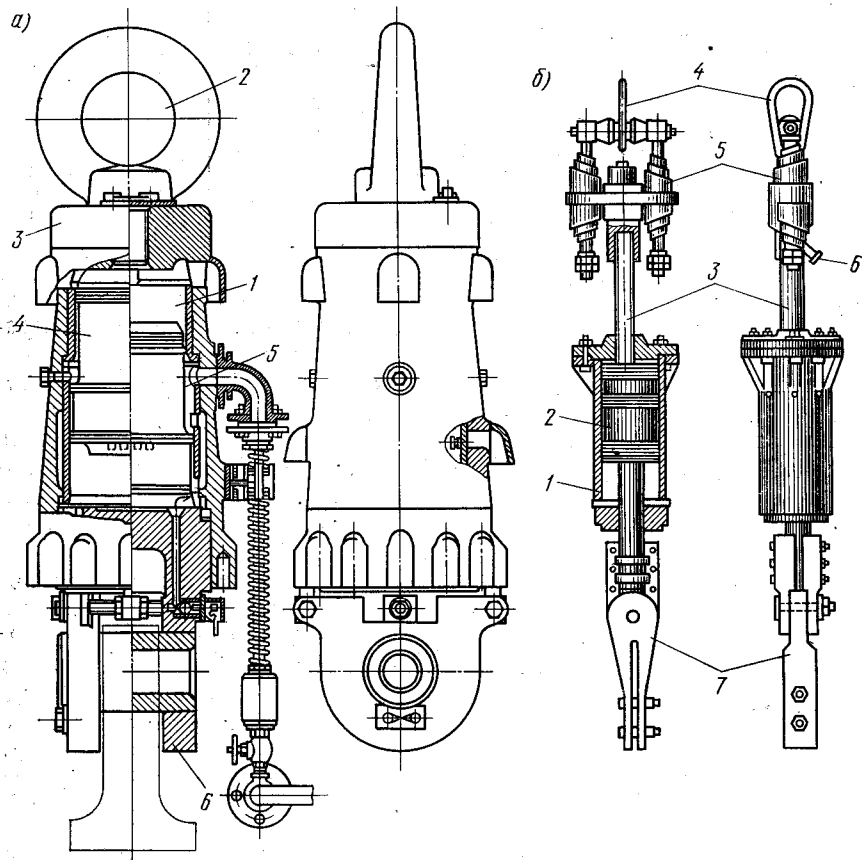


Рис. 3.32. Сваевыдергиватели:

а — конструкции С-274; б — системы «Метро»

ют на подмости или шпальную клетку. Один конец рычага 1—2 прочно закрепляют к какому-либо неподвижному предмету или соседней забитой свае, а к концу 1 присоединяют цепь или трос, закрепленные у головы извлекаемой сваи. Действуя рукояткой 3, насосом 4 нагнетают жидкость (воду, масло), поступающую по трубке 5 в цилиндр домкрата 6, создают давление, достаточное для сдвига сваи. Давление проверяют по манометру 7. Для выпуска жидкости служит кран 8.

Сваевыдергиватель С-274 (рис. 3.32, а) состоит из цилиндра 1, внутри которого движется поршень-ударник 4, наносящий частые удары вверх по крышке 3 цилиндра и падающий вниз под действием собственного веса. Сжатый воздух или пар подается через распределительное устройство 5, которым управляет поршень. Сваевыдергиватель устанавливают на голове сваи при помощи двух захватов 6 и подвешивают к крюку грузоподъемного крана с помощью пружины 2.

Сваевыдергиватель системы «Метро» (рис. 3.32, б) состоит из цилиндра 1, в котором движется поршень 2 со штоком 3. На конце штока крепят ушко 4 с амортизационными пружинами 5, служащими для подвешивания механизма к крюку крана. Сжатый воздух или пар при выпуске через штуцер 6 внутрь цилиндра 1 заставляет поршень 2 с силой ударять по захватному приспособлению 7, в результате чего свая извлекается из грунта.

1. Подготовительные работы

Свайные работы выполняют по указаниям технологических карт, которые входят в состав проекта производства работ по возведению подземной части здания или специального сооружения из свай, используют также данные предварительных испытаний свай пробными нагрузками.

До погружения свай выполняют следующие подготовительные работы:

1) в ходе планировки участка обеспечивают отвод с него поверхностных вод, а при необходимости понижают уровень грунтовых вод;

2) устраивают временные дороги шириной не менее 5,5 м при двустороннем движении и 3,5 м — при одностороннем;

3) доставляют вагоны для бытовых и хозяйственных нужд, а при необходимости устраивают ограждения;

4) разбивают главные оси сооружений и закрепляют на обноске их пересечения, а также обозначают отметки фундаментов с привязкой их к постоянному реперу;

5) прокладывают временный водопровод, электросиловую и электроосветительную линии;

6) роют котлованы с устройством съезда и тщательной планировкой дна, если он предусмотрен проектом;

7) укладывают рельсовые пути для копра и устраивают подмости, если они необходимы;

8) монтируют и опробывают машины, оборудование для погружения свай и выполнения вспомогательных работ;

9) доставляют сваи на базисный склад или к месту погружения и принимают их;

10) разбивают оси-ряды и точки забивки свай и обозначают их на местности.

При выполнении подготовительных работ особое внимание следует уделить монтажу машин для погружения свай, устройству рельсовых путей и подмостей для копра, точности разбивки осей свай и точек погружения их.

Главные оси здания и оси рядов свай переносят на местность по разбивочному чертежу свайного поля, включающему план и разрезы подземной части здания. На разрезах должны быть показаны отметки голов свай, низ и верх ростверка. На плане каждый

свайный ряд обозначают римскими цифрами, а сваи нумеруют арабскими цифрами с указанием расстояния между ними.

Чтобы избежать ошибок при перенесении на местность осей рядов свай, на разбивочном чертеже показывают расстояния до каждой продольной оси от точки пересечения главных взаимно перпендикулярных осей здания (рис. 4.1).

При больших размерах зданий главную (продольную) ось здания разбивают на участки длиной не больше размеров измерительной ленты (20 м).

До разбивки свайного поля на углах будущего здания, а иногда и вдоль главной продольной оси устанавливают на расстоянии 3 м от главных осей обноску инвентарную или изготовленную на месте из досок, укрепленных на столбах высотой 1—1,5 и заглубляемых в грунт. С помощью теодолита на нее наносят точки пересечения главных осей здания, которые закрепляют специальными подвижными фиксаторами или забивкой гвоздей (при дощатой обноске). Для контроля положения этих точек, в случае повреждения обноски, устанавливают в 10 м от будущего здания надежно закрепленные створные знаки в двух взаимно перпендикулярных направлениях пересечения главных осей здания.

Переносить на обноску точки пересечения главных осей необходимо с помощью теодолита и металлической мерной ленты длиной 20, 50 и 100 м. Расстояния от точки пересечения главных осей здания до соответствующих осей рядов свай также откладывают лентой. Для контроля правильности отложенных расстояний делают несколько проверочных замеров между точками, соответствующими поперечным и продольным осям рядом свай.

Центры свай непосредственно на поверхности земли обозначают в процессе работ путем забивки проволочных штырей (обрезки арматурной стали) или деревянных колышков, погружаемых на глубину 0,2—0,3 м. Для этого по точкам, нанесенным на обноску, натягивают проволоки в двух взаимно перпендикулярных направлениях и с точек пересечения их опускают отвес. Если сваи забивают с подмостей, расположение их обозначают гвоздями, забиваемыми на подмостях.

Допускаемая величина отклонений разбивочных осей свайных рядов от проектного расположения ± 5 мм.

Вертикальные отметки голов свай, низа и верха ростверка должны быть привязаны к отметке репера, который закладывают вблизи строящегося здания. Абсолютную отметку этого репера определяют нивелировкой путем привязки к Государственной геодезической основе.

Рельсовые пути для копров укладывают согласно проекту производства работ, в котором предусматривается последовательность и способы перемещения копра для забивки свай в каждом ряду при минимальном количестве рихтовок рельсов.

Рельсовые пути чаще всего устраивают из инвентарных звеньев, состоящих из рельсов типа Р-43 или Р-50, скрепленных со шпалами или полушпалами длиной 1,35 м. Эти звенья с помощью крана

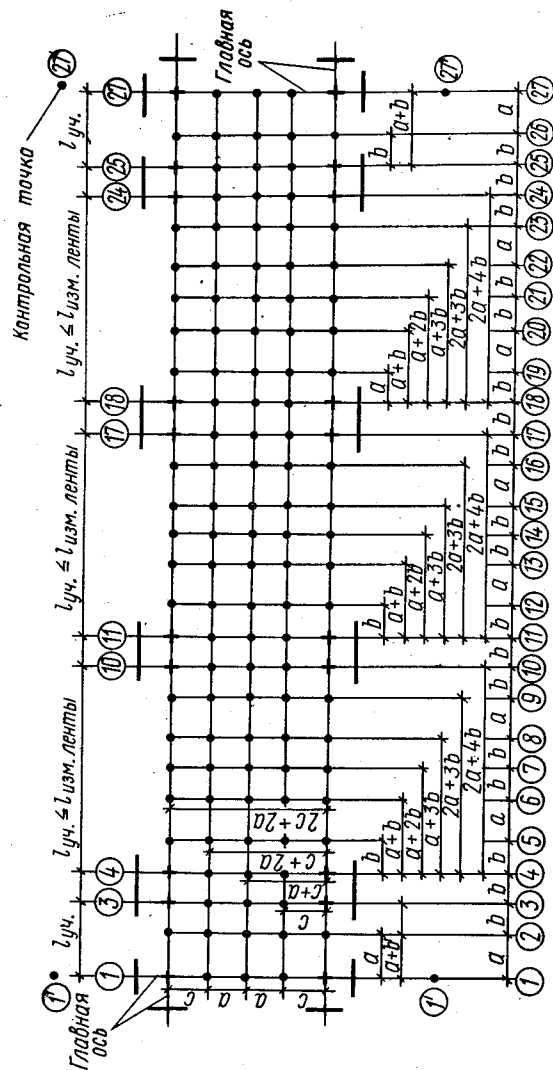


Рис. 4.1. Разбивочный чертеж — план расположения свай

укладывают на уграмбованную подсыпку из шлака или щебня толщиной 15 см.

Для тяжелых копров (КП-20, ПМК-3-12 и др.), а также при забивке железобетонных свай длиной более 11 м под путь необходимо укладывать балластный слой из крупнозернистого песка, галечника или щебня. Балластный слой также необходим при любых типах копров и свай, если площадка сложена из слабых грунтов.

До укладки балластного слоя нужно обеспечить отвод атмосферных и талых вод путем придания площадке необходимого уклона и устройства водоотводных каналов.

Рельсовый путь необходимо располагать таким образом, чтобы при перемещении по нему копра для погружения свай ось штока паровоздушного молота или центр тяжести молота приходился строго над осью погружаемой сваи, а направляющие мачты копра совпадали с проектным положением сваи (вертикальным или наклонным).

В процессе производства свайных работ звенья рельсового пути после погружения большинства свай одного ряда могут рихтоваться (перемещаться), как показано на рис. 4,2, а для погружения с него следующего ряда свай. Для ускорения работ укладывают параллельные пути (рис. 4.2, б). Для перевода копра с пути А на путь Б после забивки одного ряда свай предварительно укладывают поперечный путь, затем копер приподнимают домкратами и, поворачивая дважды колеса тележки на 90°, сначала устанавливают копер на поперечный путь, а затем на рельсовый путь Б, с которого будут погружаться сваи следующего ряда.

При многорядном расположении свай целесообразно устанавливать копер на тележку с рельсовым путем, которая может передвигаться в направлении, перпендикулярном осям рядов свай, а верхняя (опорная) тележка копра должна перемещаться от сваи к свае по осям их рядов (рис. 4,2, в).

Подмости и эстакады различных конструкций устраивают в тех случаях, когда погружать сваи нельзя с поверхности земли (например, при забивке свай в дно заболоченных русел, оврагов). При укладке рельсовых путей на подмостях (эстакадах) каждую шпалу прихватывают к продольным прогонам не менее чем двумя скобами.

Полноповоротные копры типа ПМК-3-12 и КП-20, доставляют на площадку в частично разработанном виде на прицепах с тягачами и автопоездом, включающим тележку копра, установленную на пневмоколесную ось.

Монтаж неповоротных копров отличается тем, что все части копра, доставляемые в разобранном виде, разгружают и монтируют с помощью крана. После установки на рельсовый путь тележки копра монтируют секции мачты, устанавливая ее таким же способом, как и при монтаже полноповоротных копров.

Копровые установки с гусеничным ходовым устройством (на базе кранов-экскаваторов, гусеничных кранов) доставляют на погрузку частично в разобранном виде. Кран-экскаватор или гусенич-

ный кран со стрелой перевозят трейлером с тягачом, секции мачты и другое оборудование — на автомобильных прицепах.

Установку монтируют в непосредственной близости к месту производства работ в такой последовательности:

секции мачты укладывают на шпальных клетках и соединяют между собой;

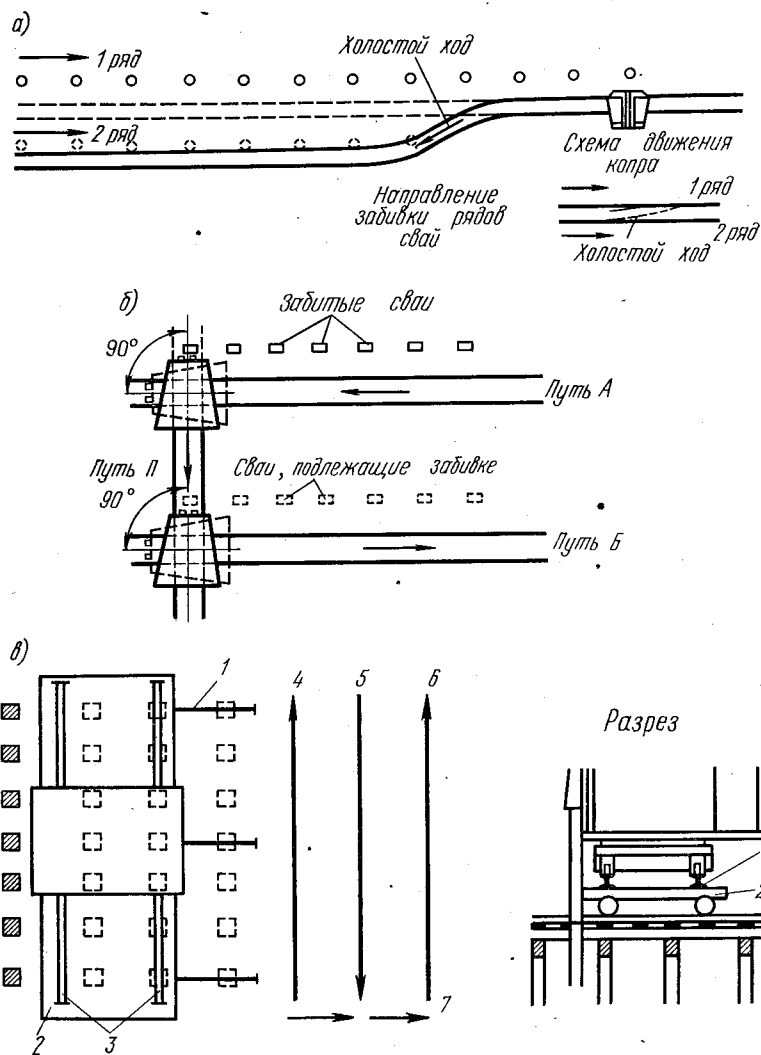


Рис. 4.2. Способы перемещения копра по рельсовым путям:

а — перемещение копра по непрерывному пути с перекладкой (рихтовкой) пути; б — перемещение копра с пути А на путь Б с помощью поперечного пути; в — перемещение копра на двух тележках; 1 — рельсы для нижней тележки; 2 — нижняя тележка; 3 — рельсы для верхней тележки; 4, 5, 6 — последовательное движение копра на позиции; 7 — движение нижней тележки с одной позиции на другую

кран-экскаватор подводят к собранной мачте так, чтобы верх опущенной стрелы совпадал с местом присоединения к ней мачты, и крепят мачту к стреле крана;

запасовывают канаты, поднимают мачту в вертикальное положение, устанавливают распорку или гидравлические домкраты. Затем проверяют работу всех механизмов и навешивают сваебойный молот с наголовником.

Демонтаж копров и копровых установок ведут в последовательности, обратной монтажу, т. е. в начале демонтируют мачту, приводя ее в горизонтальное положение, а затем разбирают остальное оборудование.

Складирование свай, доставляемых на площадку, может быть на базисных складах с последующей доставкой в расходные склады, если объем свайных работ велик. При небольших объемах работ сваи складывают непосредственно у мест погружения их — на бровке или дне котлована, располагая их в один ряд на подкладках. С базисного склада к расходному сваи подают пневмоколесным краном. В некоторых случаях целесообразно подавать сваи в рабочую зону копра с транспортных средств, раскладывая их по одной, головами ближе к мачте копра.

При разгрузке свай и их складировании не допускаются повреждения (трещины и деформации), которые могут возникнуть при ударах и неправильной укладке свай в штабеля. Железобетонные сваи можно поднимать после строповки за специальные скобы, заделываемые в их теле (рис. 4.3).

На складах сваи укладывают в штабели в несколько рядов по высоте с прокладками между рядами. Располагать сваи в рядах нужно так, чтобы можно было удобно строповать их для подъема. В частности, толщина прокладок и подкладок должна быть не менее 20 мм, а ширина — не менее 150 мм. При расположении штабелей в один ряд сваи следует укладывать по маркам остриями в одну сторону и головами к копру так, чтобы видна была нанесенная на них марка. Высота штабеля железобетонных свай допускается не более 2 м (4—7 рядов) и не должна превышать $\frac{2}{3}$ его ширины.

Трубчатые сваи укладывают в два яруса с прокладками между ними. Для удобства сваи размечают цифрами масляной краской. Каждую доставленную партию свай принимают по акту с учетом технических требований, предъявляемых к их качеству.

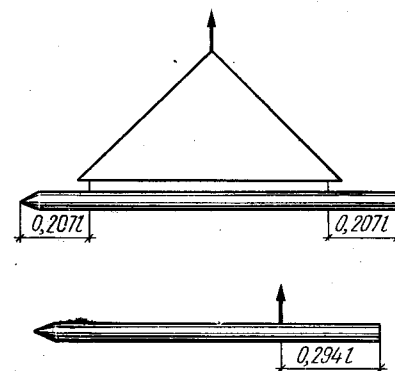


Рис. 4.3. Строповка железобетонных свай: вверху — траверса; внизу — схема строповки за один конец

2. Погружение свай забивкой

Для погружения свай этим способом выполняются следующие основные операции: передвижка копра или самоходной установки к месту погружения свай, подача свай к погружателю, точная установка ее на точку погружения и забивка сваи до заданной отметки, предусмотренной проектом.

Первые три операции обычно наиболее трудоемки во всем процессе забивки свай, особенно при погружении их копрами на рельсовом ходу. В зависимости от конструкций сваебойных установок на вспомогательные операции затрачивается от 50 до 70% общего времени. Поскольку много времени требуется для разворотов и передвижения копров и установок, в проекте производства работ необходимо уделить особое внимание разработке рациональной схемы движения сваебойных средств.

Состав звеньев для обслуживания сваебойных агрегатов, зависящий от их типа (копра и молота), назначают в соответствии с указаниями сборника ЕНиР гл. 12 (Свайные работы), как указано в таблице.

| Профессии рабочих | Тип копра и молота | | | | Самоходные агрегаты на базе тракторов и кранов-экскаваторов |
|------------------------------------|-----------------------|-----------------|---------|------------|---|
| | универсальный паровой | неуниверсальный | | | |
| | | дизельный | паровой | пневматич. | |
| Машинист копра | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Машинист компрессора | — | — | — | 1 | — |
| Помощник машиниста копра | 1 | — | 1 | — | — |
| Копровщики | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 |

Для обеспечения точности расположения железобетонных свай в плане, контроля вертикальности и глубины забивки их агрегатами на базе тракторов БашНИИстрой Минпромстроя СССР рекомендуется применять переносный стальной кондуктор, теодолит и нивелир. Кондуктор из уголков, открытый с одной стороны для заводки в нее свай, устанавливают непосредственно на грунт над точкой забивки свай и временно закрепляют его штырями. После проверки теодолитами правильности расположения свай по осевым рискам на сваях и погружения свай на глубину 1 м кондуктор снимают для установки его на новую точку. Нивелиром контролируют глубину погружения свай, совмещая риску на свае, соответствующую отметке погружения, с уровнем нивелира.

Технология и организация процессов погружения свай с применением кондуктора и геодезических инструментов описаны в карте трудовых процессов (издано бюро внедрения ЦНИИОМТП в 1971 г.).

Схема организации рабочего места показана на рис. 10.1 (см. гл. 10).

Сваи подают к копру и устанавливают в направляющие мачты копра чаще всего при помощи специальной лебедки копра. Для сокращения времени на эту операцию иногда целесообразно использовать стреловые краны. В тех случаях, когда склад свай находится в некотором удалении от места выполнения работ, сваи доставляют на вагонетках или сваеустановщиком и другими способами непосредственно к местам их погружения. Переводить сваи из горизонтального положения в вертикальное следует без рывков и ударов.

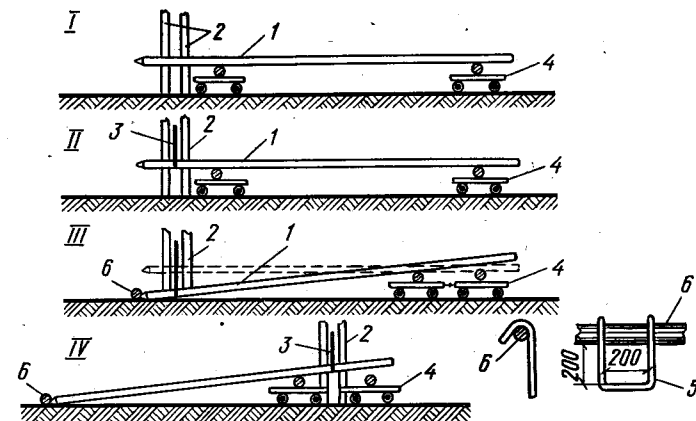


Рис. 4.4. Подача железобетонной сваи к копру на вагонетках: I, II, III и IV — последовательность подачи свай; 1 — сваи; 2 — мачта копра; 3 — подъемный трос; 4 — вагонетка; 5, 6 — упор с хомутом

Деревянные сваи подают к копру с надетыми на ее голову бугелем (металлическое кольцо, предохраняющее сваю от размачивания головы), а при необходимости — с металлическим башмаком на острие сваи. Сваи подтягивают к копру канатом лебедки, свободный конец которого закрепляют за скобу, вбитую в сваю, или зацепляют крюк крана за петлю, охватывающую сваю.

Сваи стропуют за подъемные петли, которые расположены в таких местах сваи, где изгибающие моменты при подъеме имеют оптимальные значения.

Сваи, подаваемые к копру грузоподъемным краном, стропуют за верхнюю подъемную петлю тросом копра, поддерживая тросом крана низ сваи и постепенно приближая ее к копру. Когда свая займет вертикальное положение, нижний строп освобождают.

Временно закрепляют железобетонные сваи в направляющих копра, обвязывая их тросами и заводя в наголовники.

Длинные железобетонные сваи можно доставлять к копровым установкам на вагонетках. При подъеме свай в этом случае к ней присоединяют тросы агрегата и применяют специальный упор (ось ската вагонетки) с хомутом.

В последний заводят острие сваи после подъема ее на некоторую высоту в наклонном положении. Затем трос, закрепленный на нижней подъемной петле, останавливают, а другим тросом, закрепленным на верхней петле, сваю приводят в вертикальное положение и удаляют вагонетки (рис. 4.4).

Железобетонные сваи, расположенные от мест забивки в пределах 5—10 м обычно подтаскивают канатом лебедки копра, пропущенным через отводной блок,

который укреплен на раме копра или мачте копровой установки на базе трактора или крана-экскаватора (рис. 4.5).

Для ускорения процесса установки сваи на точку ее погружения применяют приспособление в виде поворотной рамки, свободно подвешенной к наголовнику дизель-молота (см. рис. 3.6, в). После подтаскивания сваи к основанию мачты копровой установки голову сваи заводят в рамку при опущенном дизель-молоте.

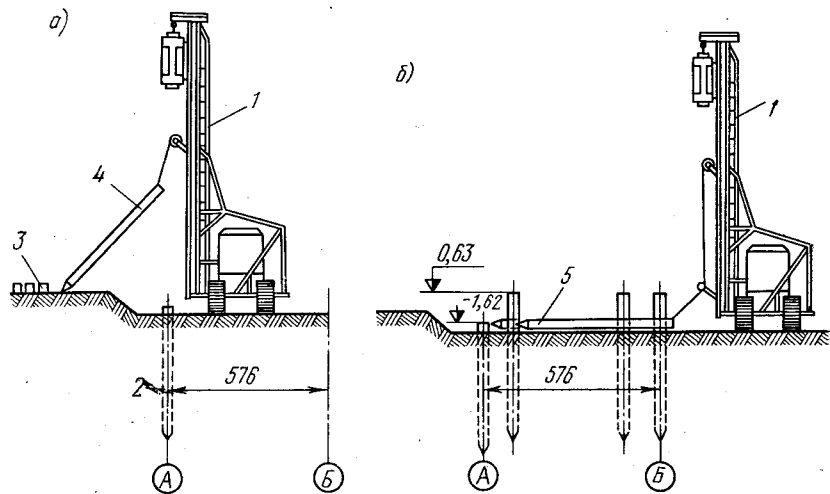


Рис. 4.5. Подтаскивание свай копровой установкой С-714:

1 — копровая установка С-714; 2 — забитая свая; 3 — штабель свай, забиваемых вдоль продольных осей А и Б; 4 — подтаскиваемая свая; 5 — штабель свай, забиваемых вдоль оси В

Для этого монтажную петлю освобождают от подъемного троса и на нее надевают карабин троса, присоединенного к рамке. Голову сваи заводят в наголовник после натяжения троса с карабином и прочного закрепления его конца на рамке планкой с отверстиями, в одно из которых вставляют шплинт (рис. 4.6). После этого наголовник с дизель-молотом и сваей поднимают вверх для установки ее на точку забивки.

Установив сваю острием на грунт, проверяют вертикальность и соосность ее с молотом и затем медленно опускают молот. Для того чтобы придать свае необходимое направление и избежать действия продольного изгиба, первые удары наносят при небольшом подъеме молота, а затем работают при нормальной высоте подъема и частых ударах. При работе нужно непрерывно наблюдать за плавностью погружения сваи и замерять отказы рейкой с делениями или специальным прибором — отказомером. Замеры отказов и другие данные об условиях выполнения работ заносят в журнал забивки свай (см. ниже «Технический контроль погружения свай и приемка работ»).

При погружении готовых свай забивкой в некоторые грунты наблюдается явление ложного отказа и засасывание (см. гл. 2). В этих случаях требуется «отдых» свай, а затем добивка их. Продолжительность «отдыха» перед добивкой свай зависит от состава и характера прорезаемых грунтов и грунтов под нижними концами свай.

Согласно ГОСТ 5686—69 (Метод полевых испытаний) продолжительность «отдыха» при прорезании песчаных грунтов принимают не менее 3 суток после окончания забивки и не менее 6 суток — в случае прорезания или залегания под нижними концами свай связанных, а также разнородных (связных и несвязных) грунтов.

Добивать сваи, как правило, желательно теми же агрегатами, которыми были забиты сваи, хотя это не всегда выполнимо. При расположении свай в несколько рядов и незначительном расстоянии между ними весьма затруднена возможность использования для этого агрегатов на базе тракторов, кранов-экскаваторов и большинства копров на рельсовом ходу. В таких случаях следует применять установку на базе крана МСТК-90, перемещающуюся по бровке котлована или по краям площадки, стреловой или башенный кран с подвешенным к его стреле механическим молотом соответствующего веса (если указанные машины могут оказаться на площадке).

На правильность погружения сваи влияет частота ударов. При большой частоте ударов грунт, разрыхляемый сваей, не успевает плотно охватить сваю. В результате уменьшается трение, а также вероятность образования у низа сваи уплотненного грунта в виде пробки, затрудняющей погружение сваи.

Резкая остановка сваи после нормального углубления показывает, что она встретила препятствие. Если при этом свая пружинит, а молот подсакивает, как бывает при сильных ударах, можно предположить, что свая попала на камень. Подскок молота после мягкого удара по остановившейся свае может происходить в результате того, что под сваей находится дерево.

Резкое уменьшение отказа, а затем восстановление погружения после следующих ударов или увеличение отказа, а также зна-

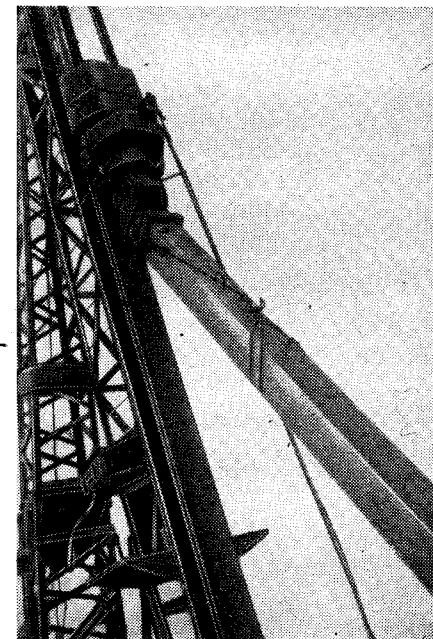


Рис. 4.6. Заводка сваи в наголовник дизель-молота с помощью поворотной рамки

чительное отклонение от проектного положения без уменьшения отказа свидетельствует о поломке сваи. Небольшое отклонение сваи от проектного положения (не более 1/100 длины сваи), замеченное в процессе забивки, можно выправить стяжкой ее канатом с соседней свайей при помощи лебедки. Сваи, значительно отклонившиеся от вертикали, выдергивают.

При забивке деревянных свай возможны случаи, когда в конце забивки, в отличие от ранее забитых, свая дает то уменьшающийся, то увеличивающийся отказ.

Это дает основание предположить, что с заостренного конца соскочил башмак, и основание сваи начало деформироваться. В таком случае рекомендуется сваю выдернуть. Если размочалился верх деревянной сваи, его необходимо срезать.

Металлические и железобетонные трубчатые сваи небольшого диаметра целесообразно забивать паровоздушными молотами двойного действия, подвешенными к грузовому крюку стрелового крана. Для того чтобы свае придать проектное положение, применяют направляющие мачты, прикрепляемые к грузовой стреле крана, или устанавливают сваю в направляющий кондуктор, конструкция которого зависит от длины и диаметра сваи.

Для обеспечения соосности молота, подвешенного к крюку крана и сваи, а также точного направления погружения ее целесообразно применять захваты, укрепляемые на молоте. Такими захватами могут служить стальные листы на резиновых прокладках, охватывающие сваю. Упругая конструкция захвата облегчает заводку сваи под молот и подъем его после забивки сваи.

Для обеспечения соосности молота, подвешенного к крюку крана и сваи, а также точного направления погружения ее целесообразно применять захваты, укрепляемые на молоте. Такими захватами могут служить стальные листы на резиновых прокладках, охватывающие сваю. Упругая конструкция захвата облегчает заводку сваи под молот и подъем его после забивки сваи.

Трубчатые железобетонные и металлические сваи можно погружать отдельными звеньями, которые соединяют муфтами или сваркой с ранее погруженным в грунт звеном. Для забивки металлической трубчатой сваи нижний конец трубы разрезают и заваривают на конус, а к верхней части крепят наголовник (рис. 4.7).

Для облегчения погружения железобетонных трубчатых свай в грунт к нижнему концу их в некоторых случаях приваривают металлический конусный наконечник. При необходимости трубы заполняют бетоном, а также устраивают в основании камуфлетное уширение для увеличения несущей способности сваи.

Трубчатые сваи, полости которых заполняют бетоном, относят к набивным (оболочка остается в грунте). Способы заполнения их бетоном и устройства камуфлетных уширений описаны в гл. 14.

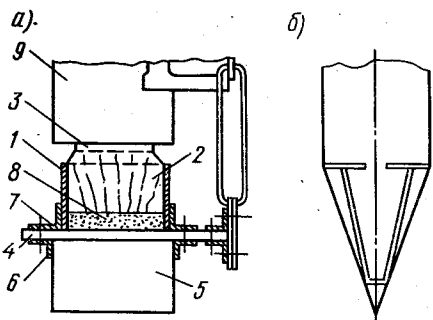


Рис. 4.7. Устройство наконечника и наголовника для погружения металлических трубчатых свай:

а — наголовник; б — наконечник; 1 — металлическая труба; 2 — деревянный коротыш; 3 — бутель; 4 — опорная плита; 5 — свая; 6 — уголки; 7 — болты; 8 — слой опилок; 9 — молот

Для предохранения от коррозии металлические сваи до погружения покрывают асфальтовой краской, каменноугольным лаком или другими антикоррозионными составами.

Трубчатые железобетонные сваи, составляемые из отдельных звеньев, можно погружать с помощью стального сердечника, опирающегося на стальной или железобетонный башмак, укрепленный на конце нижнего звена сваи. Для изготовления таких свай на сердечник надевают несколько звеньев железобетонной сваи, которые скрепляют стальными поясами с прокладками уплотняющей мастики (для обеспечения водонепроницаемости). Собранный сердечник забивают молотом. Нанося удары по трубе, молот основную часть энергии передает через подбашник на сердечник и только часть ее — на железобетонные звенья. В результате ударов молота башмак вместе с составной свайей погружается в грунт.

Для наращивания погруженной сваи следующими звеньями к сердечнику присоединяют новые секции и на них устанавливают железобетонные звенья (рис. 4.8). После забивки сваи на заданную глубину сердечник вынимают. В случае необходимости в полость сваи устанавливают арматурный каркас и укладывают бетонную смесь для получения монолитной сваи.

Процессы вдавливания, вибро вдавливания и завинчивания свай включают несколько операций, по своему характеру мало отличающихся от выполняемых при забивке свай. Кроме того, выполняют ряд других операций, зависящих от специфических особенностей устройства и условий применения машин, описанных в гл. 3.

3. Погружение свай и свай-оболочек вибропогружателями

Вибрационным способом погружают сваи с помощью копров, оборудованных вибропогружателями или вибромолотами, а также стреловых кранов соответствующей грузоподъемности. При использовании стрелового крана вибрационную машину с наголовником укрепляют на голове сваи (последнюю вместе с вибропогружателем устанавливают краном на место погружения). Для обеспечения точного направления погружаемой сваи применяют кондукторы каркасной конструкции, служащие подмостями для рабочих.

В начале погружения сваи скорость опускания крюка должна соответствовать скорости ее погружения, а грузовой трос не должен иметь слабину. Выпрямляют направление сваи с помощью троса лебедки. В процессе погружения замеряют глубину погружения и ведут записи в журнале работ по установленной форме.

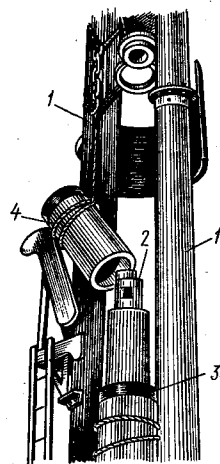


Рис. 4.8. Погружение трубчатых железобетонных свай наращиванием звеньев с помощью сердечника:

1 — рама копра (крана); 2 — сердечник; 3 — металлический пояс; 4 — секция наращиваемого сердечника

Железобетонные сваи-оболочки больших диаметров (от 1 до 6 м), применяемые под опоры мостов и для устройства фундаментов инженерных сооружений, погружают отдельными секциями длиной от 4 до 12 м. Последние соединяют между собой с помощью фланцев на болтах или сварных стыках на обечайках оболочек.

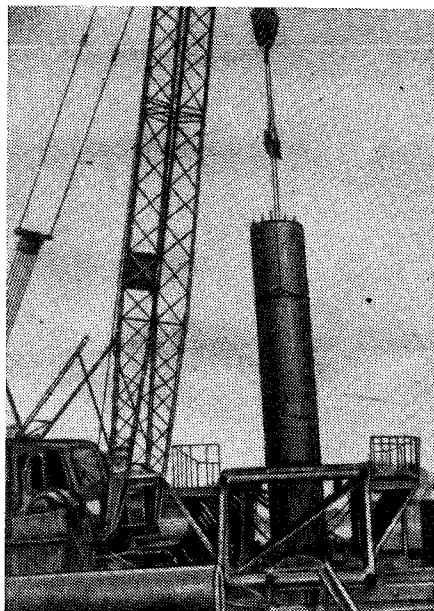


Рис. 4.9. Установка сваи-оболочки в кондуктор.

Секции сваи-оболочек диаметром до 1,6 м можно погружать вертикально и в наклонном положении. Оболочки погружают с закрытым и открытым снизу торцом. Для облегчения погружения свай оболочек диаметром 0,4—0,6 м крепят наконечники; при больших диаметрах сваи-оболочек применяют стальные ножи, прикрепляемые к фланцам оболочек.

Вибропогружатели с наголовником соединяют с оболочкой металлическим переходным патрубком на болтах.

Для обеспечения точности положения погружаемых оболочек применяют кроме кондукторов направляющие устройства в виде мачты или стрелы, последние подвешивают к порталным кранам, а специальные стрелы-фермы укрепляют на станине, перемещаемой по рельсовому пути. Для этой

же цели используют металлические инвентарные каркасы из швеллеров и уголков. Такие каркасы служат одновременно подмостями для рабочих, обслуживающих вибропогружатель. На рис. 4.9 показан процесс установки сваи-оболочки в кондуктор.

Для уменьшения сил трения грунта по внешней поверхности оболочки ведут подмыв водой, а также смазывают ее синтетическими смолами и глинами (см. § 5).

Для уменьшения трения грунта по внутренней поверхности оболочки и сопротивления грунта под ножом периодически извлекают грунт из внутренней полости ее грейфером или размывают его струей воды и удаляют пульпу с помощью эрлифта, гидроэлеватора или гидрожелонки.

Грейферы применяют одно- или четырехканатные только для удаления грунта из полости вертикальных свай оболочек. В раскрытом положении наибольший размер грейфера в плане по диагонали должен быть на 0,3 м меньше внутреннего диаметра сваи-оболочки.

Эрлифтами и гидроэлеваторами можно удалять слабосвязанные грунты (рис. 4.10). Для точного фиксирования положения всасывающего отверстия эрлифта или гидроэлеватора на продольной оси оболочки устанавливают специальные направляющие «фонари». При наличии в грунте мелких валунов и гальки их удаляют с помощью гидрожелонки. Последняя представляет собой гидроэлеватор с кольцевой насадкой, имеющей приемный бункер; в бункере осаждаются мелкие валуны и галька, а затем удаляются за пределы оболочки.

Слабые водонасыщенные грунты удаляют из полости оболочки до уровня на 0,5—1 м и выше ножа оболочки, чтобы исключить возможность наплыва грунта в оболочку при дальнейшем ее погружении.

Плотные связные грунты (глина, конгломераты и др.) при необходимости значительного заглубления в них сваи-оболочек предварительно разбуривают буровыми станками, а затем удаляют грунт одним из описанных выше способов.

После удаления размытого грунта из оболочки на глубину 0,4—0,5 м ниже ее торца включают вибропогружатель.

В ходе погружения сваи-оболочки необходимо проверять величину напряжения на всех трех фазах пульта управления. При разнице напряжения на фазах между показаниями более 5% работу вибропогружателя следует прекратить и установить причины, вызвавшие эту разницу. Напряжение в электрической сети должно быть не менее 360 в. Продолжительность работы вибромашии в зависимости от силы тока указана в таблице, приведенной ниже.

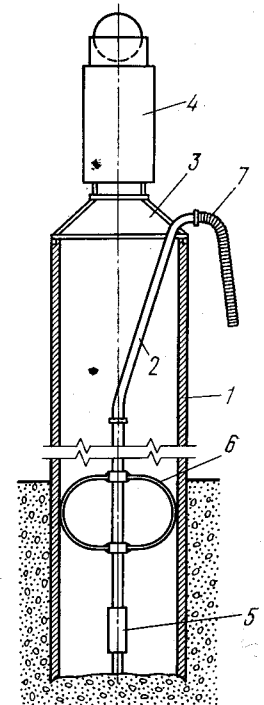


Рис. 4.10. Удаление грунта из полости сваи-оболочки эрлифтом:

1 — свая-оболочка; 2 — патрубок; 3 — наголовник; 4 — вибропогружатель; 5 — эрлифт; 6 — фонарь; 7 — резиновый шланг

| Ток вибратора | Ток, а | Максимальная продолжительность работы, мин |
|---------------|-------------|--|
| ВП-160 | До 400 | 15 |
| | » 500 | 10 |
| | » 560 | 5 |
| ВП-3 | Номинальный | 2,5 |

Длительность перерывов для охлаждения мотора вибропогружателя, зависящую от температуры наружного воздуха, назначают от 5 до 10 мин. Следует также контролировать скорость вибропогружения и амплитуду колебаний (см. гл. 3). Если они значитель-

но отличаются от нормальных, погружение сваи прекращают до выяснения причин, вызвавших нарушение режима работы. Режим работы вибропогружателя может быть нарушен в результате встречи ножа оболочки с плотным телом, препятствующим погружению.

Сваю-оболочку после погружения в грунт заполняют бетоном.

Погружает сваи-оболочки бригада в составе 6—8 человек в зависимости от объема вспомогательных работ. Подготовительные и вспомогательные работы занимают около 70—80% общего времени, расходуемого на погружение сваи-оболочки, включая размыв и удаление грунта из полости и подмыв водой.

4. Погружение свай с уширенными опорами

Уширенные опоры для повышения несущей способности свай могут находиться у основания или в их головах в виде оголовков или рубашки. Уширить основание сваи можно с помощью специального наконечника или образованием камуфлетной пяты взрывным способом.

Способы бурения скважин и устройства камуфлетных пят подробно изложены в разделе «Набивные сваи». В этой главе описаны только особенности погружения в скважины готовых свай с устройством уширенных оснований.

Примером образования уширенной опоры в основании полый железобетонной сваи наконечника является конструкция М. С. Грутмана (Киевский инженерно-строительный институт). Такая свая

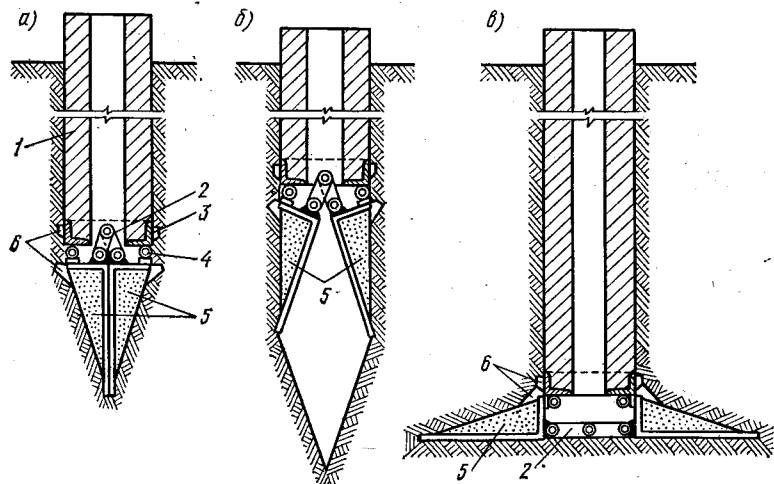


Рис. 4.11. Образование уширенной пяты железобетонной полый сваи с помощью расправляющегося наконечника:

а — свая, забитая в грунт на проектную глубину; б — свая, приподнятая для раскрытия наконечника; в — свая с раскрытым наконечником; 1 — полая свая; 2 — рычажно-шарнирное устройство; 3 — опорная рамка; 4 — неподвижный шарнир; 5 — лопасти наконечника; 6 — опоры

имеет в нижней части наконечник, шарнирно прикрепленный к стальной рамке из уголков и представляющий собой раздвижные металлические лопасти в виде Г-образных элементов с ребрами жесткости (рис. 4.11). Схема уширителя головы сваи показана на рис. 4.12.

Сваю погружают в грунт на заданную глубину при сомкнутом положении лопастей (рис. 4.11, а). Затем сваю поднимают на высоту около 1 м (равную высоте наконечника) и посредством штанги, вставленной в полость сваи, частично раскрывают наконечник (рис. 4.11, б). После этого погружают сваю еще на 1 м и на этой глубине лопасти наконечника раскрывают полностью. В полость, образующуюся в грунте между раскрытыми лопастями наконечника, нагнетают цементный раствор (рис. 4.11, в).

Раствор после затвердения предохраняет шарнирно-рычажное устройство от продольного изгиба при работе на выдергивание и защищает наконечник от коррозии. Более надежной защитой наконечника от коррозии является обмазка его слоем эпоксидной смолы толщиной около 0,3 мм.

Если нельзя поднять сваю на высоту, необходимую для начального раскрытия наконечника, а также при погружении сваи в плывуны, не позволяющие сохранить положение полостей наконечника при подъеме сваи, ее погружают при частично раскрытом наконечнике. При этом лопасти удерживают с помощью временной стальной затяжки со штырем. После погружения сваи на необходимую глубину штырь с помощью тросика выдергивают и добивают сваю с помощью инвентарной штанги на глубину, обеспечивающую полное раскрытие лопастей наконечника.

Железобетонные сваи-стойки погружают в скважины после устройства камуфлетного уширения и заполнения его и нижней части скважины бетонной смесью. Погружают сваю в неотвердевшую бетонную смесь с помощью сваебойного молота или вибропогружателя.

Работы по погружению свай с устройством камуфлетной пяты выполняют поточным методом: бурение скважины, опускание заряда ВВ, заполнение бетоном и т. д.

В Центральном научно-исследовательском институте транспортного строительства разработана технология возведения фундаментов из железобетонных свай-оболочек с устройством уширенной пяты. Наличие уширенной пяты позволяет уменьшить заглубление оболочек на 30—60% и повысить производительность труда при разработке и удалении грунта из полости сваи-оболочки на 30—40%.

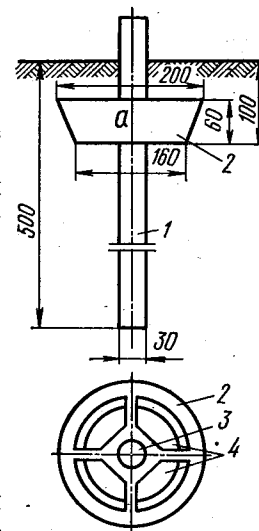


Рис. 4.12. Устройство уширения у головы свай:

1 — свая; 2 — коническая шайба; 3 — отверстие для сваи; 4 — сквозные полости для облегчения погружения шайбы в грунт

Способ устройства камуфлетного уширения после образования скважины и удаления грунта описан во втором разделе этой книги.

Уширенные опоры в виде оголовков значительно повышают несущую способность свай. Они бывают различной формы: в виде железобетонных шайб, цилиндров, усеченных конусов или пирамид. Такие оголовки имеют центральное сквозное отверстие для надевания их на голову предварительно погруженной сваи. В некоторых случаях устраивают боковые отверстия, облегчающие их заглубление в грунт. Для погружения оголовков целесообразно применять кран-экскаватор, оборудованный направляющей и стальной или чугунной бабой весом до 6 т, имеющей отверстие для пропуска сваи (рис. 4.12).

Опоры у головы свай могут иметь форму армированной грунтовой рубашки из арматурного каркаса, приваренного к арматуре сваи, который заполняют грунтом, обработанным раствором синтетической смолы.

В таком случае сваю погружают в предварительно разбуренную скважину глубиной до 1 м и диаметром на 3—5 см больше наибольшего размера поперечного сечения сваи. Верхнюю часть скважины уширяют для размещения каркаса рубашки из арматурной стали, который приваривают к выпускам вертикальных стержней арматуры сваи, выступающим над ее головой. Затем каркас заполняют обработанным грунтом.

Чтобы предохранить от повреждения выпуски стержней арматуры при погружении сваи в грунт, на голову ее устанавливают съемную железобетонную подушку толщиной 12 см с отверстиями для выступающих концов арматурных стержней.

5. Погружение свай с применением подмыва водой и электроосмоса

При погружении свай забивкой или вибрированием в песчаные, гравелистые, илесто-глинистые грунты, суглинки и глины средней плотности организуют подмыв струей воды основания сваи нагнетаемой под большим давлением, что уменьшает лобовое сопротивление и силы трения на боковой поверхности свай.

В некоторые грунты свая, погружаемая с подмывом водой, сравнительно легко опускается под действием легких ударов молота или вибрирования, а иногда только под действием веса и установленного на ней молота или вибропогружателя.

Подмывают водой основания чаще всего при погружении свай-оболочек и шпунта. Подмыв прекращают на глубине в 1—1,5 м до проектной отметки погружения сваи. Можно также чередовать подмыв и погружение. Для ускорения погружения шпунта иногда предварительно разрыхляют тяжелые грунты путем подачи воды в трубу, заглубленную в грунт на 3,5—4,5 м.

При значительной глубине погружения свай целесообразно сочетать подмыв с подачей сжатого воздуха, нагнетаемого в зону подмыва через воздухопроводящие трубки с плоскими наконечниками.

Эти трубки скрепляют с подмывными хомутами. Низ воздухопроводящих трубок должен находиться на 1 м выше подмывных трубок.

Для погружения с подмывом деревянных и железобетонных свай, призматического и круглого сечения по периметру их располагают подмывные (водопроводные) трубы, количество и диаметр которых зависит от сечения сваи. Число труб принимают из расчета 1 труба на 1—1,5 м периметра сваи, но не менее двух на каждую сваю. Подмывные трубы, опускаемые в грунт одновременно со сваями, на концах снабжены наконечниками — трубками, в которых могут быть, кроме осевого, боковые отверстия. К подмывным трубам воду подают насосом под давлением, величина которого зависит от рода грунта, глубины погружения и сечения сваи.

На рис. 4.13 показано расположение подмывных трубок при погружении сваи оболочки. Трубки в верхней своей части изгибаются по кривой или их при помощи отводов соединяют шлангом с трубопроводом, идущим от насосной установки.

Подмывные трубы, подвешенные к тросам через блоки, расположенные в головной части копра, могут свободно перемещаться вдоль сваи. При погружении свай сплошного сечения нижние концы труб опускают ниже острия сваи примерно на 0,25—0,5 м и заканчивают наконечниками.

Для предотвращения наплыва грунта в полые сваи трубки не доводят до низа сваи на 0,5—1 м. Чтобы трубки не засорялись, необходимо подачу воды под напором поддерживать в течение всего периода погружения сваи и попеременно опускать и поднимать трубки лебедкой. На рис. 4.14 показаны присоединения подмывных труб к сваям сплошного сечения и вид наконечника.

После окончания подмыва подмывную трубу вывертывают из наконечника, остающегося в грунте.

Для подмыва грунта водой при погружении наклонных свай-оболочек устанавливают две подмывные трубки в плоскости, проходящей наклонно через продольную ось оболочки, а третью по верхней грани. Концы трубок снабжают насадками с одним центральным отверстием диаметром 18—25 мм и четырьмя боковыми диаметром 8 мм.

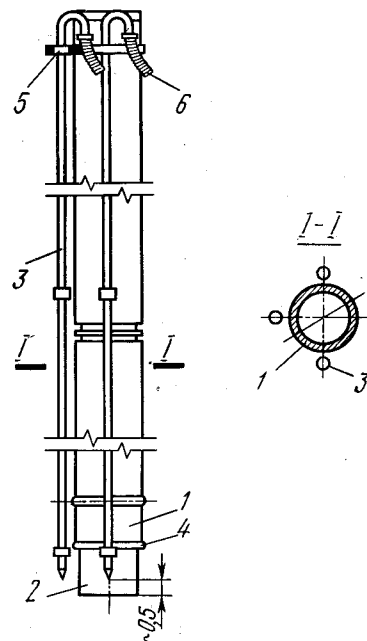


Рис. 4.13. Расположение подмывных трубок на свае-оболочке:

1 — свая-оболочка; 2 — нож; 3 — подмывная трубка; 4 — направляющий хомут; 5 — удерживающий хомут; 6 — резиновый шланг

Вода для подмыва подается насосом из расчета 40—50 м³/ч на каждую подмывную трубку давлением на выходе не менее 4 ат для песчаных грунтов и не менее 10 ат — для слабосвязанных грунтов.

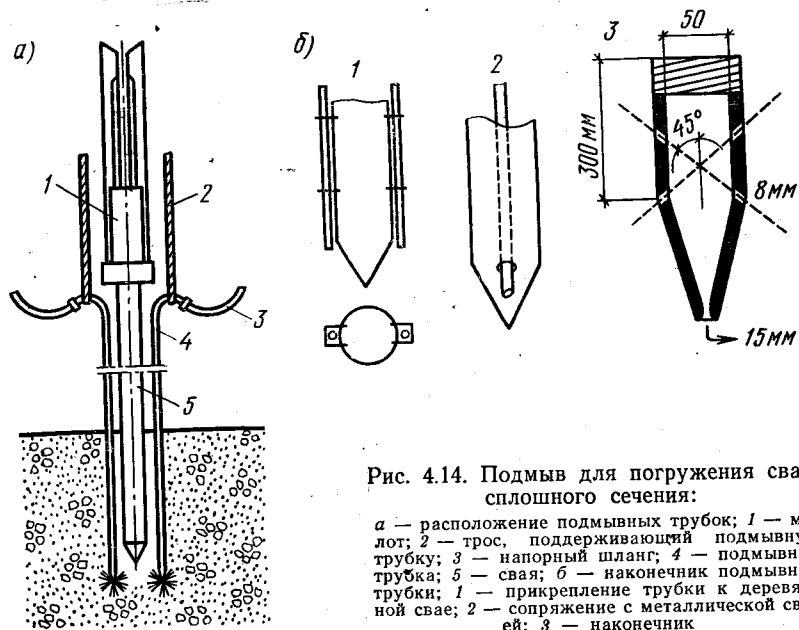


Рис. 4.14. Подмыв для погружения свай сплошного сечения:

а — расположение подмывных трубок; 1 — молот; 2 — трос, поддерживающий подмывную трубку; 3 — напорный шланг; 4 — подмывная трубка; 5 — свая; б — наконечник подмывной трубки; 1 — прикрепление трубки к деревянной свае; 2 — сопряжение с металлической свайей; 3 — наконечник

Ориентировочные данные о потребной величине напора и расходе воды для подмыва приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Параметры для подмыва грунта водой при погружении свай

| Грунты | Глубина погружения свай, м | Необходимый напор у острия свай, ат | Расход воды на сваю в л/мин при двух подмывных трубках d = 50 мм и диаметрах свай, см | | |
|---|----------------------------|-------------------------------------|---|-----------|-----------|
| | | | до 30 | 35—50 | 60—80 |
| Мелкозернистые пески, супеси, илы и илстые пески, мягкие глины | До 8 | 4—6 | 400—700 | 700—1000 | 1000—1200 |
| | 8—15 | 6—10 | 900—1200 | 900—1200 | 1200—1500 |
| | 15—25 | 8—12 | — | 1200—1500 | 1500—2000 |
| | 25—35 | 10—15 | — | 1500—2000 | 2000—2500 |
| | 35 и более | — | — | — | — |
| Слежавшиеся пески и супеси с примесью гравия и гальки; суглинки и глины средней плотности | До 8 | 15—20 | — | 2000—3000 | 2500—3500 |
| | 8—15 | 8—10 | 900—1200 | 1000—1500 | 1200—1500 |
| | 15—25 | 10—12 | 1200—1600 | 1400—1800 | 1500—2000 |
| | 25—35 | 10—15 | — | 1800—2200 | 2000—2500 |
| | 35 и более | 15—20 | — | 2000—3000 | 2500—3500 |
| | | 20—25 | — | 3000—4000 | 3500—5000 |

Таблица 4.2

Размеры трубок и шлангов для подмыва грунта водой

| Назначение трубок и шлангов | Диаметр, мм | Длина |
|---|--|---|
| Наконечник у острия свай | 10—37 | 5 диаметров подмывной трубки |
| Подмывная трубка | 37—75; ходовой 50 | На 2—3 м больше длины подмываемой свай |
| Шланги для соединения подмывных трубок с напорным трубопроводом | На 10—12 мм больше диаметра подмывных трубок | В зависимости от расстояния по месту расположения трубопроводов |
| Напорный трубопровод | 50—200; ходовой 100 | — |
| Всасывающий трубопровод | На 25—50 мм больше напорного трубопровода; ходовой — 150 | — |

Основные данные о трубках и шлангах, применяемых для подмыва грунта основания приведены в табл. 4.2.

Для уменьшения потерь давления в трубопроводах насосную установку следует располагать как можно ближе к месту погружения свай. Чтобы избежать повреждения насосной установки в случае закупорки отверстий наконечников грунтом, напорный трубопровод должен иметь предохранительный клапан.

Ускоренное погружение свай с помощью электроосмоса объясняется тем, что при кратковременном действии постоянного электрического тока во влажных глинистых грунтах возникает движение поровой воды от анода (электрода, соединенного с положительным полюсом генератора тока) к катоду (электроду, соединенному с отрицательным полюсом генератора). Если одну из свай погрузить обычным способом и присоединить ее к положительному полюсу генератора постоянного тока (аноду), а другую, непогруженную, к отрицательному полюсу того же генератора (катоду), то вблизи свай-анода образуется зона грунта с пониженной влажностью, а вокруг свай-катода — зона водонасыщенного грунта. Вследствие этого уменьшается трение свай о грунт, и она ускоренно погружается при загрузке молотом или вибрированием.

После погружения свай-катода и прекращения подачи тока восстанавливается нормальная влажность и несущая способность грунта погружающего сваю.

Наибольший эффект применения электроосмоса достигается при погружении свай в водонасыщенные плотные глинистые грунты, моренные суглинки и моренные глины.

На рис. 4.15 показана схема ускоренного погружения свай с однопольным применением электроосмоса. В некоторых случаях погружаемые сваи, присоединенные к аноду и катоду генератора (двухполюсное присоединение). С помощью электроосмоса можно погружать тяжелые железобетонные и металлические сваи в плотные

грунты обычными сваебойными молотами или вибропогружателями. Время погружения свай небольшого веса этим способом сокращается на 30—50%. Кроме того, способ электроосмоса позволяет избежать разрушения железобетонных свай от ударов и деформаций их от продолжительной вибрации.

Способ с помощью электроосмоса можно применять и для извлечения металлического шпунта из плотных грунтов. Чтобы устранить утечки постоянного тока, копер, применяемый для погружения

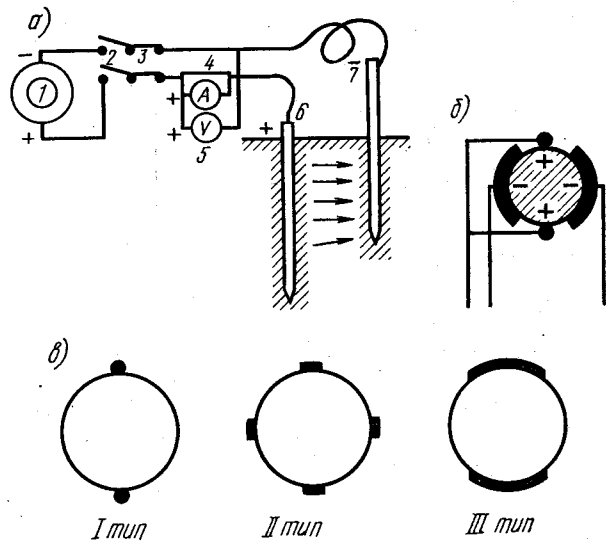


Рис. 4.15. Схемы электроосмотического способа ускорения погружения свай:

a — схема ускорения погружения однополюсных свай: 1 — генератор постоянного тока; 2 — рубильник; 3 — предохранитель; 4 — амперметр; 5 — вольтметр; 6 — забитая свая-анод; 7 — забиваемая свая-катод; *b* — поперечный разрез свай с двухполюсными электродами; *в* — расположение электродов по окружности деревянных свай: I — тип с проволочными электродами; II — тип с узкими полосовыми электродами; III — тип с широкими полосовыми электродами

свай с помощью электроосмоса, необходимо изолировать. Для этого рельсы, по которым перемещается копер, укладывают по деревянным шпалам. Не следует допускать падения на рельсы металлических предметов или тросов копра, соприкасающихся с землей. При расположении копра на эстакаде из двутавровых металлических балок ее изолируют от земли деревянными сваями, являющимися опорами. Для изоляции колес копра по балке укладывают два деревянных бруса в обойме из швеллеров для крепления к ним рельсов. Надежно изолируют копер от платформы пластмассовые вкладыши подшипников в осях колес.

К числу подготовительных работ для применения электроосмоса относится устройство на неметаллических сваях электродов, площадь которых должна составлять около 20—50% площади поверхности свай. Электроды могут иметь форму продольных полос из кровельной стали или продольных проволочных стержней, располагаемых симметрично по периметру вдоль свай; концы их присоединяют к стальным башмакам или стальным трубам с коническим башмаком.

На рис. 4.15, *в* показано расположение электродов на деревянной свае, которые прибиты гвоздями и присоединены к стальным башмакам на острие свай, их прикрепляют также к металлическому кольцевому бугелю или к кольцевому пояску из кровельной стали, укрепленному на голове свай.

При забивке железобетонных свай, в том числе свай-оболочек, можно применять следующие электроды: стальной башмак на конце свай со стержнями, полосы или уголки, располагаемые вдоль свай и привариваемые к арматурному каркасу свай или металлическому кольцу секции свай-оболочки, отрезок стальной трубы с коническим башмаком и продольные стержни на наружной поверхности свай. Типы электродов, зависящие от рода грунтов и степени их водонасыщенности, должны быть предусмотрены проектом производства работ, составленным на основании инженерно-геологических изысканий.

При погружении вибрационным способом железобетонных свай-оболочек с применением электроосмоса по их образующей на внешней стороне располагают от 4 до 8 стальных полос. Для того чтобы не отключать заземления вибропогружателя, необходимо изолировать катоды от арматуры и колец оболочек. Анодами могут являться соседние свай-оболочки с электродами или специально забитые стальные сваи. Поскольку стальные сваи, погружаемые с помощью электроосмоса, являются проводниками тока, их не оборудуют электродами. Но для устранения утечки тока, как и при погружении других свай, имеющих на поверхности стальные электроды, необходимо исключить возможность соприкосновения стальных свай с направляющими мачты копра. Для этого на концах соприкосновения стальных свай укрепляют деревянную подушку.

Для извлечения металлического шпунта с помощью электроосмоса шпунтовый ряд разбивают на звенья, в каждом из которых сначала обычным способом извлекают одну-две сваи через несколько штук. Оставшиеся сваи будут служить катодом, на котором создается большая плотность тока, облегчающая извлечение их. В качестве анода используют отдельные шпунтины или стальные сваи, забитые рядом.

Источниками постоянного тока могут быть генераторы типа СМГ-2, сварочных агрегатов СУТ-2РУ или САК-2. Для включения и выключения тока и измерений его устанавливают распределительный щит с рубильником, вольтметром на 120—150 в, амперметром на 200 а постоянного тока с предохранителем.

Для присоединения кабеля от генератора к стальной или железобетонной свае, имеющей сверху кольцо, приваривают болт, а в деревянную сваю вбивают металлический штырь с нарезкой, который соединяют проводом с электродами. Защищенный конец кабеля петлей надевают на болт или штырь и закрепляют гайкой.

В журнале работ, кроме записей, ведущихся при забивке свай обычным способом, заносят следующие данные: устройство и раз-

мер электродов, план расположения свай-электродов, напряжение тока, последовательность присоединения свай к разным полюсам и величину утечки тока.

6. Ускорение погружения свай с помощью обмазок

Для ускоренного погружения свай их можно обмазывать синтетическими полимерами и глинами в виде суспензий, наносимых на поверхность свай. Этим достигается экономия времени, энергии и повышается несущая способность грунта.

Защитное действие обмазок основано на способности молекул некоторых смол при взаимодействии с частицами глинистых грунтов сталкивать с поверхности этих частиц молекулы воды. Занимая их место, обмазки образуют пленку, прочно связанную с материалом свай. Пленка снижает трения по боковой поверхности свай, а часть смазки, проникая в грунт, упрочняет его, связывая минеральные частицы. Состав, концентрацию, температуру и консистенцию обмазок устанавливают опытным путем.

В качестве обмазок можно применять фурфуроланилиновую смолу (ФАС), карбамидные, полиакриламидный, эпоксидный полимер и др. Для погружения в глинистые грунты свай прямоугольного и круглого поперечного сечения рекомендуется обмазывать их фурфуроланилиновой и карбамидной смолами. Обмазки в виде смеси со слабым раствором соляной кислоты готовят на месте работ и наносят на поверхность свай кистью слоем толщиной 1—2 мм.

Обмазка из фурфуроланилиновой смолы, смешанной с полупроцентным раствором соляной кислоты, имеет температуру 60—80°С. Ее наносят на сваю перед погружением в горячем виде, так как через 15—20 мин обмазка отвердевает и после охлаждения теряет способность создавать пленку. В процессе погружения сваи раствор заполняет горизонтальные и вертикальные тонкие трещины в грунте (по отношению к свае) и пропитывает грунт на глубину 1—2 мм. Образованная таким путем система боковых «отростков» повышает несущую способность свай.

Целесообразно обмазывать сваи при погружении их вибрированием, так как при этом улучшаются условия взаимодействия молекул полимера с частицами грунта.

В качестве обмазки можно применять карбамидную смолу МФ-17 в виде тщательно перемешанной смеси с полупроцентным раствором соляной кислоты в количестве 1% от объема смолы. В результате в грунте образуется тончайшая пленка, причем процесс закрепления протекает несколько суток.

Обмазку можно подавать растворонасосом под давлением до 10 ат в трубки диаметром 10—12 мм или в вертикальные полости, устраиваемые в свае.

Из трубок или полостей через боковые отверстия, располагаемые через 1,2—2 м по длине свай, а также в нижней части, раствор в процессе погружения сма-

зывает ее поверхность и грунт. Шланг растворонасоса присоединяют к боковому выпуску трубки длиной 20—25 см, установленному в верхней части свай на 40—50 см ниже ее головы.

В сваи-оболочки раствор можно подавать по трубе или шлангу, присоединенным к кольцевому трубопроводу с отверстиями диаметром 5—6 мм, расположенному в оболочке. Из такой сваи предварительно удаляют грунт. Обмазку на поверхность свай можно подавать также через трубки, укрепленные сбоку свай.

Целесообразно обмазывать также винтовые полые сваи, нагнетая обмазку через трубку, установленную в полости сваи. Раствор

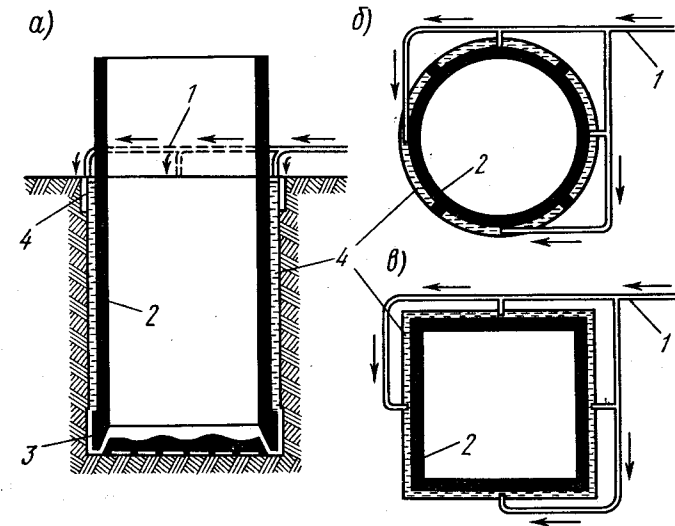


Рис. 4.16. Схема погружения сваи-оболочки:

а — в тиксотропной рубашке; б и в — планы цилиндрической и прямоугольной оболочек; 1 — трубопроводы для подачи суспензии; 2 — оболочка; 3 — ножевая часть оболочки; 4 — щель с постоянным уровнем суспензии в течение всего периода погружения

соответствующего состава облегчает погружение свай, предохраняет металл винтовой лопасти от коррозии и закрепляет грунт вокруг свай.

Для ускорения погружения свай в различные грунты рекомендуется применять бентонит — разновидность отбеливающих глин, состоящих в основном из минералов монтмориллонита и бейделита. Бентонит представляет собой мелкозернистый порошок, не растворимый в воде, но способный поглощать 7 вес. часть воды на 1 часть собственного веса. В отвердевшем состоянии бентонитовая суспензия обладает гидрофобными свойствами и может прочно связать частицы грунта, окружающие сваю. Такую обмазку готовят перемешиванием в воде молотого бентонита до получения консистенции густой сметаны.

Применение бетонитовых и других глинистых обмазок особенно эффективно для погружения свай-оболочек большого диаметра устройством тиксотропной рубашки. Для этой цели вокруг оболочки с помощью специальной машины устраивают кольцевую щель, в которую по трубопроводу подают суспензию в процессе погружения оболочки (рис. 4.16).

Описываемый способ был применен в 1965 г. в Кривом Роге при устройстве скиповой ямы мощной доменной печи. В последние годы в СССР с помощью тиксотропной рубашки построены свайные фундаменты для десятков сооружений.

7. Технический контроль погружения свай и приемка работ

Согласно правилам производства и приемки свайных работ, изложенным в СНиП III-Б. 6—62, сваи и оболочки располагают в плане в соответствии с проектом. На точность погружения свай и оболочек влияет ряд факторов: степень точности разбивки осей рядов и точек погружения, технические возможности применяемых средств, квалификация рабочих, состояние производственной дисциплины.

СНиП предусматривает допускаемые отклонения свай в плане от проектного положения в зависимости от их расположения, длины и диаметра. Значения допускаемых отклонений приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Допускаемые отклонения свай и оболочек при погружении в грунт

| Типы свай и их расположение | Допускаемые отклонения в плане для свай и оболочек длиной | |
|--|---|------------|
| | до 10 м | более 10 м |
| Сваи диаметром до 60 см: для однорядного расположения свай и оболочек | 0,20Д | 0,20Д |
| для кустов и лент с расположением свай и оболочек в 2 и 3 ряда то же, более чем в 3 ряда и для свайных полей | 0,30Д | 0,30Д |
| Оболочки диаметром 60 — 200 см | 0,40Д, но не более 40 см 0,4Д, но не более 40 см | 50 см |
| Оболочки диаметром более 200 см | Не более 60 см | |
| Свай фундаментов со сборными ростверками | Не более ± 5 см | |

Число свай или оболочек, имеющих отклонения от проектного положения, не должно превышать 25% общего числа их в свайном поле. Тангенс угла отклонения продольной оси сваи или оболочки от проектного положения не должен превышать 1/100.

Для обеспечения требуемой точности расположения свай в процессе работ необходимо проверять наличие и правильность размещения разбивочных колышков или штырей, контролировать соответствие положения направляющих мачты копра и других устройств проектному направлению погружения свай, следить за надежностью крепления наголовника погружения к свае и совпадением оси погружателя с осью сваи, устранять замеченное в начале погружения отклонение от проектного положения.

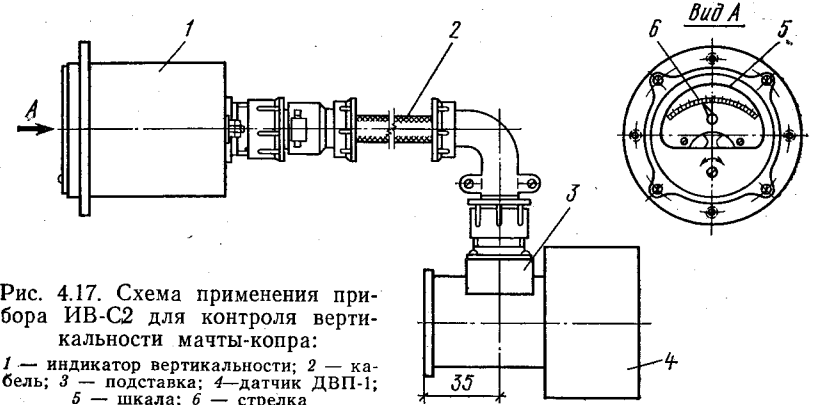


Рис. 4.17. Схема применения прибора ИВ-С2 для контроля вертикальности мачты копра:

1 — индикатор вертикальности; 2 — кабель; 3 — подставка; 4 — датчик ДВП-1; 5 — шкала; 6 — стрелка

Для контроля положения мачты копра пользуются приборами, фиксирующими отклонение ее от необходимого. Если сваепогружающий агрегат оснащен механизмами управления мачтой, машинист по показаниям прибора должен привести мачту в нужное положение.

Во ЦНИИОМТП разработан электрооптический прибор контроля вертикальности положения мачты копра ИВ-С2. Прибор состоит из измерительного устройства — индикатора, представляющего собой коробку с градуированной шкалой, располагаемой на пульте управления сваебойного агрегата и датчика, укрепляемого на мачте копра. С помощью электрического кабеля датчик и измерительное устройство соединены между собой. Измерительное устройство присоединено к источнику постоянного тока копровой установки (рис. 4.17).

Датчик состоит из двух групп фотосопротивления и пузырьковой ампулы уровня, освещаемой электролампой. Отклонение мачты от вертикального положения преобразуется датчиком в электрический сигнал соответствующей полярности и величины и подается на индикатор. В зависимости от конструкции сваепогружающего агрегата применяют один датчик и один индикатор, если мачта может отклоняться от вертикали только в одной плоскости, и два датчика, когда мачта отклоняется в двух плоскостях.

Для пользования таким прибором мачту копра с помощью гидравлического механизма управления устанавливают в вертикальное положение и проверяют одним или двумя теодолитами (при возможном отклонении мачты в двух плоскостях), а стрелку измерительного устройства устанавливают на нуле. Если после перемещения агрегата к новой стоянке мачта наклонится, датчик срабатывает и стрелка измерительного устройства покажет величину отклонения мачты. Машинист с помощью гидравлического механизма по этому показанию приводит мачту в вертикальное положение. Некоторые типы копров и машины для погружения свай имеют приборы другого устройства (см. гл. 3).

Кроме контроля за погружением свай для обеспечения точности расположения их в плане, определяют величину отказов свай путем периодических замеров глубины ее погружения.

После установки свай на точку погружения измеряют величину заглубления ее от собственного веса, а когда молот с наголовником опустится — глубину погружения от их общего веса. В начале забивки сваи отсчитывают число ударов на каждый метр погружения, а по мере приближения острия сваи к проектной отметке или при получении величины отказа, близкого к заданному проектом, сваи забивают так называемыми залогами — по 10 ударов, а

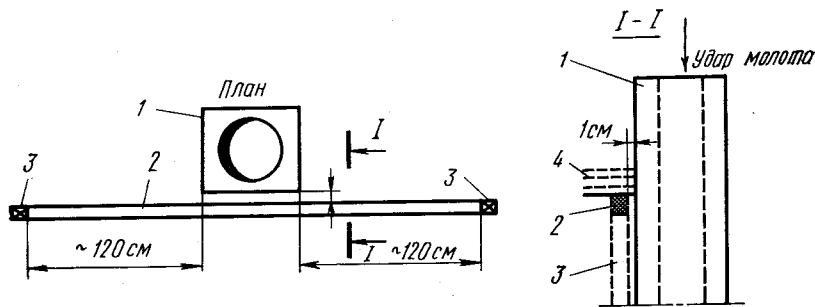


Рис. 4.18. Определение отказов нанесением рисок на свае по неподвижному реперу:

1 — свая; 2 — неподвижные реперы; 3 — опора репера; 4 — риски на свае после каждого удара молота

глубину погружения измеряют после каждого залога с точностью до 1 мм.

Среднюю величину отказа определяют делением глубины погружения сваи на количество ударов в залоге. При забивке свай молотом двойного действия величину погружения сваи определяют за 1 мин работы молота путем деления этой величины на паспортное число ударов молота в 1 мин. Измерять отказы следует при подъеме ударной части молота на ее полный ход и поддержании давления пара или воздуха в соответствии с данными паспорта.

Отказы замеряют нивелиром по полосе миллиметровой бумаги, приклеенной к деревянной рейке, располагаемой рядом с погружаемой свайей. Для этого на свае у ее головы закрепляют жесткий металлический хомут с указателем в виде металлической полосы, который перемещается вместе со свайей.

Широко применяется способ определения отказа путем нанесения после каждого залога ударов рисок на свае, беря отсчеты от неподвижного репера (рис. 4.18). Вследствие того, что при измерении отказов такими способами не учитывается затрата энергии удара на упругие перемещения грунта и сваи, в ряде случаев результаты измерений не характеризуют реальную величину сопротивления сваи.

Более точные результаты можно получить применением специальных приборов — отказомеров. Отказомер, разработанный Институтом оснований и подземных сооружений Госстроя СССР, позволяет автоматически получать диаграмму отказов — отказограмму, характеризующую остаточную и упругую часть отказа при динамических испытаниях свай (рис. 4.19).

Основные части этого прибора следующие: лентопротяжная кассета 1, в которой перемещается бумажная лента шириной 120 мм для записи на ней диаграммы отказов; регистрирующая часть 2, представляющая собой стержень, жестко прикрепленный струбциной 5 к свае, на свободном конце которого укреплен карандаш; блок питания 3 (четыре батареи типа КБС), являющийся источником тока для микроэлектродвигателя 4, и кабель 6, соединяющий блок питания с микроэлектродвигателем. Для уменьшения влияния удара на запись со-трясений и вибраций грунта

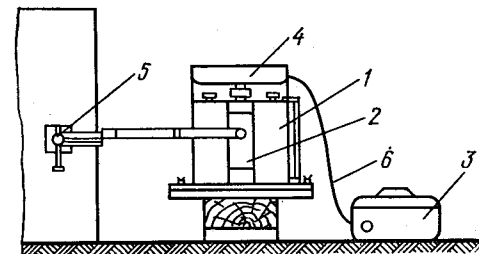


Рис. 4.19. Устройство отказомера

при забивке свай прибор устанавливают перед свайей на деревянной подставке. С одной установки прибора можно регистрировать до 20 ударов молота с точностью записи 0,5 мм. Обслуживает прибор один человек. Отказомер внедрен в строительных организациях Москвы, Риги, Рязани и Калининграда.

Максимальная величина погружения сваи в момент удара молота, записываемая прибором на отказограмме, представляет собой сумму $(e+c)$, где e — фактическое погружение сваи от одного удара — остаточная часть отказа, а c — его упругая часть.

В динамических формулах используют величину $e+c/2$, характеризующую суммарный отказ. Степень четкости записи указывает также и на качество производства работ.

Для получения четкой отказограммы необходимо соблюдать следующие условия: удары молота должны быть центральными, для чего ось сваи и стрелы копра нужно строго совмещать; размеры наголовника не должны быть больше поперечного сечения свай. Не допускается перекося наголовника, т. е. негоризонтальность плоскости, воспринимающей удары молота.

На рис. 4.20 показан образец отказограммы железобетонной сваи длиной 12 м и поперечным сечением 35×35 см. Цифры в кружках и индексы при e и c указывают номера ударов молота по свае.

Величины e и c на отказограмме измеряют циркулем или наложением на планшет миллиметровой кальки. За основную отсчетную линию принимают линию, которую прочерчивают карандашом перед началом записи до удара молота. Отказ сваи e определяют как расстояние между двумя линиями, проведенными параллельно

основной линии через точки, соответствующие двум смежным ударам (см. рис. 4.20, б). Сумма $e + c$ соответствует величине погружения сваи по сравнению с первоначальным положением в момент удара молота за промежуток времени t_1 .

Сумма $t_2 + t_3 + t_4 + t_5$ выражает время затухания упругих деформаций. Упругая часть отказа выражается суммой $c = c' + c''$, где c' соответствует разности отметок наивысшей точки «пик» графика удара и горизонтальной линией, прочерчиваемой карандашом прибора после удара, а c'' — временная осадка грунта и вместе с ним прибора в процессе удара.

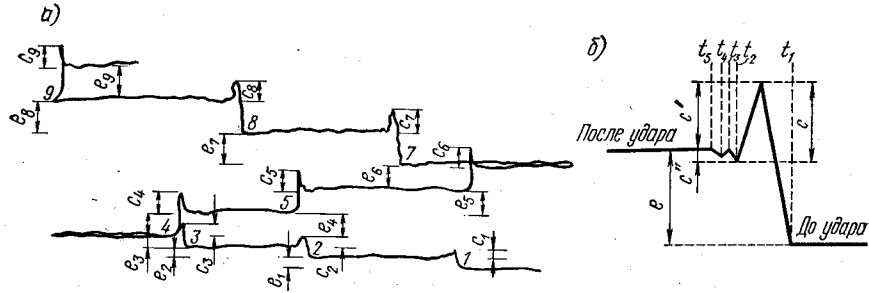


Рис. 4.20. Образец отказограммы и обобщенный график перемещения свай: а — отказограмма; б — обобщенный график перемещения свай от удара молота

Результаты измерений отказа для каждой сваи записывают в таблицу, а затем переносят в журнал погружения свай.

Журнал погружения свай и сводную ведомость забитых свай ведут по формам, приведенным в табл. 4.4 и 4.5.

Таблица 4.4

Журнал № 3 забивки свай

Наименование строительной организации *трест «Рязаньжилстрой»*
 Объект: *жилой дом серии 1-464А по ул. Дзержинского*
 № свай № 10
 Система копра на базе трактора С-100 конструкции Рязаньжилстрой
 Тип молота *дизельный штанговый С-268*
 Вес ударной части молота *1800 кг*
 Энергия удара молота (по паспорту) *1600 кг·м*
 Давление пара (воздуха) по паспорту —
 Характеристика наголовника *наголовник с шарнирным креплением к дизель-молоту*

Свая № 10 по плану
 Дата забивки *30 октября 1973 г.*
 № свай по журналу изготовления —
 Длина свай *6 м*
 Поперечное сечение свай *30×30 см*
 Отметка поверхности грунта у свай *135,5*
 (проектная)
 Отметка острия свай *141*
 (фактическая)
 Проектный отказ *0,6 см*

Продолжение табл. 4.4

Давление пара (воздуха) по манометру ... ат

| № залага | Высота подъема ударной части молота, см | Число ударов в залега | Продолжительность работы молота, мин | Глубина погружения свай, см | Отказ свай, см | Примечание |
|----------|---|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------------|----------------|------------|
| 2 | 130 | 12 | | 100 | 8,3 | |
| 10 | 150 | 14 | 30 | 10 | 0,7 | |

Подписи: Мастер
 Старший производитель работ
 Заказчик

Таблица 4.5

Сводная ведомость №
 Титульный лист забитых свай
 Наименование строительной организации
 Объект

| № п/п | № свай | | Длина свай, м | Поперечное сечение свай, см | Дата забивки | Глубина забивки, м | | Тип молота | Энергия удара, кг·м | Отказ, см | | Примечание |
|-------|----------|-------------------------|---------------|-----------------------------|--------------|--------------------|-------------|------------|---------------------|-------------|-------------|------------|
| | по плану | по журналу изготовления | | | | по проекту | фактическая | | | при забивке | при добивке | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |

Подписи:

Для приемки выполненных свайных работ комиссии должны быть предъявлены следующие технические документы:

- утвержденный проект и рабочие чертежи основания;
- паспорты готовых свай и элементов сборных ростверков;
- журналы погружения свай и сводные ведомости свай;
- акты геодезической разбивки и исполнительные акты расположения свай с планом расположения свай, на котором у каждой сваи указывают размер отклонения от проектного положения с обозначением направления этого отклонения от осей, а также дополнительные сваи (если они были забиты);

данные контрольных динамических и статических испытаний. При наличии в проекте специальных указаний или когда у комиссии возникают сомнения в несущей способности свай, производят контрольные испытания путем контрольной добивки их или статической нагрузкой. Для контроля делают от 3 до 5 ударов по свае молотом и определяют фактический отказ ее.

1. Виды и конструкции шпунтовых свай

В условиях строительства на площадках с высоким стоянием грунтовых вод или на акваториях требуются водонепроницаемые ограждения котлованов.

Более распространено устройство водонепроницаемых ограждений забивкой сплошных рядов специальных шпунтовых свай. Для создания водонепроницаемости такие шпунтовые сваи с одной стороны конструируют с гребнем, а с противоположной — с соответствующим пазом. При забивке сплошных рядов гребень одной шпунтовой сваи входит в паз другой и таким образом создается наиболее плотное примыкание.

Первоначально применялись деревянные шпунтовые ограждения, в последние же годы во многих случаях устраивают ограждения из стальных или железобетонных шпунтовых свай.

Выбор материала для изготовления шпунтовых свай зависит от ряда условий. Забитые деревянные шпунтовые ограждения, когда надобность в них отпадает, почти невозможно извлечь из грунта без значительных поломок, т. е. повторное использование деревянных шпунтин практически исключено.

Металлические (стальные) шпунтовые сваи можно многократно забивать и извлекать из грунта, они инвентарны, удобны для перевозки и, в конечном счете, более рентабельны, чем деревянные.

Железобетонные шпунтовые сваи, как правило, не извлекают для повторной забивки, а используют как составную часть (внешнюю оболочку) фундамента.

Различные виды шпунтовых свай показаны на рис. 5.1 и 5.2. Деревянные шпунтовые сваи изготавливают из брусков, выбирая паз и гребень, или же делают составными, сбитыми из досок на гвоздях.

Конструкции железобетонных шпунтовых свай разработаны недостаточно. Железобетонные шпунтовые сваи применяют

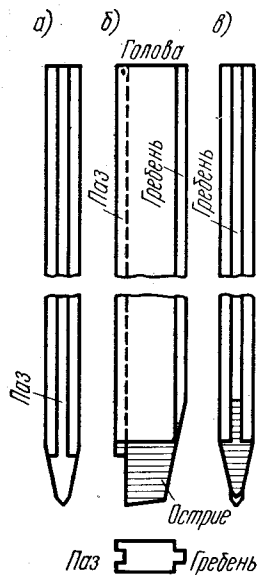


Рис. 5.1. Деревянная шпунтовая свая:

а — вид со стороны паза; б — вид сбоку; в — вид со стороны гребня

главным образом при строительстве набережных, в сооружениях по укреплению берегов и в строительстве мостов. В плане железобетонные шпунтовые сваи имеют прямоугольную форму, с трапециевидными пазом и гребнем. Длина железобетонных шпунтовых свай, как правило, не превышает 15 м. При большей длине во время транспортировки могут образоваться трещины.

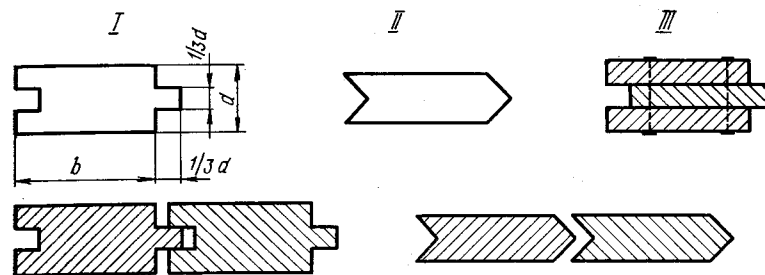


Рис. 5.2. Поперечные сечения деревянных шпунтовых свай: I — шпунтина, изготовленная из бруса, с прямоугольными пазом и гребнем; II — то же, с треугольными пазом и гребнем; III — то же, из досок

Стержни продольной арматуры (рис. 5.3) располагают во всех углах сечения и по сторонам сваи. Так как продольную арматуру приходится вводить в гребни и пазы, применение спиральной обмотки становится затруднительным. Поэтому в железобетонных шпунтовых сваях в качестве поперечной арматуры устанавливают хомуты из тонкой арматурной стали или проволоки.

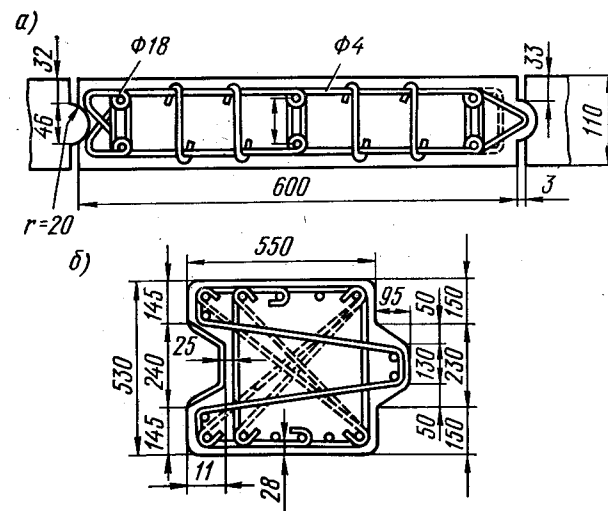


Рис. 5.3. Поперечные сечения железобетонных шпунтовых свай:

а — для меньшей высоты ограждения; б — то же, для большей высоты

Более распространены стальные шпунтовые ограждения. В Советском Союзе стальной шпунт прокатывают трех различных профилей: плоский, «корытный» и типа «Ларсен». Выбор типа шпунта определяется, в основном, глубиной ограждаемого котлована. Чем глубже котлован, тем больше должен быть момент инерции сечения шпунта. В табл. 5.1 указан сортамент стального шпунта плоского и коробчатого по ГОСТ 4781—55 и коробчатого типа «Ларсен» по техническим условиям ЧМТУ 5154—55.

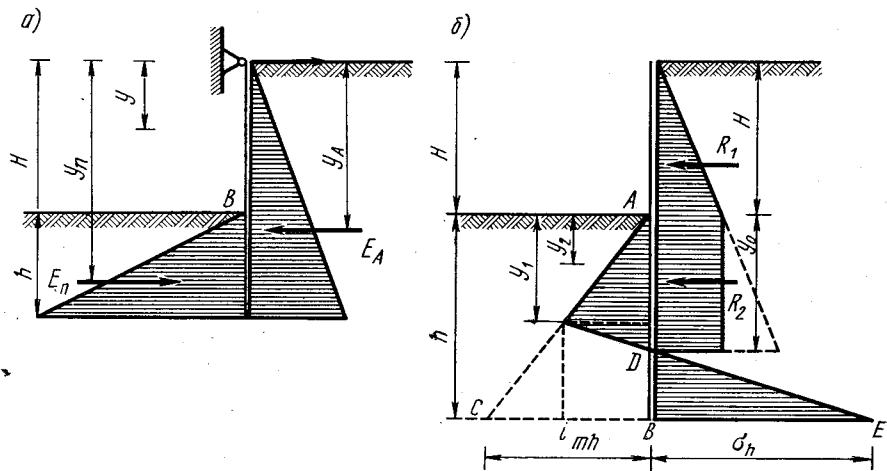


Рис. 5.4. Основные схемы для расчета шпунтовых стенок:

а — для заанкеренной шпунтовой стенки; б — для свободностоящей шпунтовой стенки

Шпунтовые ограждения по конструкции представляют собой тонкие подпорные стенки, устойчивость которых обеспечивается глубокой заделкой в грунт.

Различают три разновидности шпунтовых стенок: свободностоящие, подкосные и анкерные. Устойчивость свободностоящей стенки обеспечивается только глубиной заделки (рис. 5.4, б) подкосной или анкерной стенки, кроме заделки в грунт, действием анкеров или подкосов. Поэтому глубина заделки таких стенок может быть меньшей (рис. 5.4, а).

Анкерное крепление шпунтовых стенок удобнее подкосного ввиду того, что оно не загромождает котлован и не мешает работать в нем.

Глубину заделки шпунтовых стенок определяют расчетом на устойчивость, а размеры сечения — расчетом на изгиб. Ввиду того, что шпунтовые стенки являются временными сооружениями, расчет их по второму предельному состоянию — по деформациям — не производится.

Величины активного давления (распора) и пассивного сопротивления (отпора) грунта можно определять различными методами. Обычно, учитывая временность шпунтового сооружения, зна-

Таблица 5.1

Сортамент стального шпунта

| Схематический профиль | Условное обозначение профиля | Размеры, мм | | | | | Площадь поперечного сечения F , см ² | Вес l , кг | Момент инерции I , см ⁴ | Момент сопротивления W , см ³ |
|-----------------------|------------------------------|-------------|-------|------|-----|-----|---|--------------|--------------------------------------|--|
| | | B | H | h | d | t | | | | |
| | ШП-I | 400 | 103 | 81 | — | 10 | 82 | 64 | 332 | 73 |
| | | 400 | 168 | 34 | — | — | — | — | — | — |
| | ШК-I | 400 | 110 | — | 10 | 10 | 64 | 50 | 730 | 114 |
| | | 400 | 204,5 | 35,5 | 11 | — | — | — | — | — |
| | Л-III Л-IV Л-V | 400 | 196 | 36 | 13 | 21 | 127 | 100 | 50943 | 2962 |
| | | 420 | 204,5 | 35,5 | 11 | — | — | — | — | — |

По ГОСТ 4781—55

По ЧМТУ 5154—55

чения распора и отпора грунта принимают по формуле Кулона, а расчеты на устойчивость и на изгиб ведут по упрощенным схемам.

Для сокращения написания формул введем следующие обозначения:

коэффициент распора грунта

$$\operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) = K_a;$$

коэффициент отпора грунта

$$\operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) = K_n,$$

где φ — угол внутреннего трения грунта.

Наиболее встречающиеся значения функций угла внутреннего трения приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Некоторые значения функций угла φ

| φ° | $\operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)$ | $K_a = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)$ | $\operatorname{tg}\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right)$ | $K_n = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right)$ |
|-----------------|--|--|--|--|
| 10 | 0,839 | 0,704 | 1,192 | 1,421 |
| 15 | 0,767 | 0,588 | 1,303 | 1,698 |
| 20 | 0,700 | 0,490 | 1,428 | 2,039 |
| 25 | 0,637 | 0,406 | 1,570 | 2,465 |
| 30 | 0,577 | 0,333 | 1,732 | 3,000 |
| 35 | 0,521 | 0,271 | 1,921 | 3,690 |
| 40 | 0,466 | 0,217 | 2,145 | 4,601 |
| 45 | 0,414 | 0,171 | 2,414 | 5,827 |

Для расчета устойчивости заанкеренной шпунтовой стенки рассмотрим условия ее равновесия. Справа на стенку (см. рис. 5.4, а) действует активное давление грунта E_a по всей высоте стенки AC . Слева действует пассивное сопротивление грунта E_n по заделанной в грунт части стенки BC . Кроме того, в точке A приложена опорная реакция анкерной тяги.

Момент всех сил относительно точки A

$$M_a = E_a y_a - E_n y_n = 0, \quad (5.1)$$

где

$$E_a = \frac{(H+h)^2}{2} \gamma_0 K_a; \quad y_a = \frac{2}{3} (H+h);$$

$$E_n = \frac{h^2}{2} \gamma_0 K_n; \quad y_n = H + \frac{2}{3} h.$$

Умножив обе части равенства (5.1) на 2 и разделив на значение объемного веса грунта γ_0 , получим;

$$\frac{2}{3} (H+h)^3 K_a = h^2 \left(H + \frac{2}{3} h\right) K_n, \quad (5.2)$$

где H — глубина котлована; h — глубина заделки шпунта в грунт.

Выражение (5.2) представляет собой уравнение третьей степени относительно h , поэтому значение безопасной глубины заделки шпунтовой стенки обычно находят подбором.

В необходимых случаях в выражении (5.2) предусматривают запас устойчивости путем введения в его коэффициента устойчивости. Очевидно,

$$K_{уст} = \frac{h^2 (3H+2h) K_n}{2(H+h)^3 K_a}. \quad (5.3)$$

Обычно в расчетах задают некоторое значение коэффициента устойчивости $K_{уст}$ и принимают $h = \alpha H$. Тогда выражение (5.3) примет вид

$$K_{уст} = \frac{\alpha (3+2\alpha) K_n}{2(1+\alpha)^3 K_a}. \quad (5.4)$$

Для расчета конструкции стенки на изгиб находят опорную реакцию анкера A на 1 м стенки

$$A = \frac{(H+h) E_a - h E_n}{3(H+h)}. \quad (5.5)$$

Наибольший изгибающий момент будет действовать в сечении, где поперечная сила Q равна нулю. Следовательно,

$$\left. \begin{aligned} \text{поперечная сила} \quad Q = A - \frac{\gamma_0 y^2}{2} K_a = 0; \\ y = \sqrt{\frac{2A}{\gamma_0 K_a}}; \\ \text{изгибающий момент} \quad M_y = Ay - \frac{\gamma_0 y^3}{2} K_a. \end{aligned} \right\} \quad (5.6)$$

Зная изгибающий момент, находят необходимое сечение шпунтовой сваи.

Приведенная схема расчета является наиболее простой. В основу расчета положены условия, что уровень воды за стенкой совпадает с уровнем засыпки или вода совсем отсутствует, стенка водонепроницаема и анкерные тяжи уложены заподлицо с поверхностью засыпки. Отклонение от любого из этих условий необходимо учитывать при расчете шпунтовой стенки.

Рассмотрим более сложный случай расчета свободностоящей шпунтовой стенки (см. рис. 5.4, б). Свободностоящая стенка удерживается от опрокидывания только заделкой в грунт. При этом точка D , вокруг которой возможен поворот стенки, лежит ниже уровня дна котлована. Справа на стенку, сверху вниз, до точки D должно действовать активное давление грунта, а ниже точки D —

пассивное сопротивление. Слева, на стенку сверху вниз, от точки B до точки D будет действовать пассивное сопротивление, а ниже точки D — активное давление. С учетом некоторых упрощений можно получить эпюру давлений, изображенную на рис. 5.4, б.

Для составления условий равновесия введем обозначение $\gamma_0(K_{II} - K_a) = m$ и примем, что

$$R_1 = \frac{\gamma_0 H^2}{2} K_a \quad \text{и} \quad R_2 = \frac{\gamma_0 H y}{K_a}.$$

Тогда, составляя уравнение проекций всех сил на горизонтальную ось и уравнение моментов относительно точки B и произведя соответствующие сокращения, получим напряжение в точке B грунта

$$\sigma_h = \frac{[mh^2 - 2(R_1 + R_2)]^2}{mh^3 - 6R_1\left(\frac{H}{3} + h\right) - 6R_2\left(h - \frac{y_0}{2}\right)} - mh. \quad (5.7)$$

Будем считать, что напряжение в грунте на глубине $H + h$ не может быть больше разности между пассивным сопротивлением и активным давлением. Тогда

$$\sigma_{\max} = \gamma_0 HK_{II} + \gamma_0 h (K_{II} - K_a). \quad (5.8)$$

Исходя из этих условий для расчета свободностоящей шпунтовой стенки обычно принимают глубину забивки h равной или несколько больше глубины котлована H , т. е. $h \geq H$ и ординату y_0 равной 0,75 от глубины забивки, т. е. $y_0 = 0,75 h$.

Подставляют принятые значения h и y_0 в выражение (5.7) и сравнивают значения σ_h и σ_{\max} . По условию σ_h должна быть положительной и меньше σ_{\max} , т. е.

$$0 < \sigma_h \leq \sigma_{\max}. \quad (5.9)$$

Если это условие удовлетворяется, то для дальнейшей проверки вычисляют значение y_1 :

$$y_1 = h - \frac{mh^2 - 2(R_1 + R_2)}{mh + \sigma_n}, \quad (5.10)$$

полученное значение y_1 подставляют в выражение

$$y_0 = h - \frac{\sigma_h}{\sigma_h + m y_1} (h - y_1). \quad (5.11)$$

Если полученное после проверки значение y_0 отличается от первоначально принятого не более чем на 5%, расчет на устойчивость считают законченным. В противном случае надо изменить значение h и повторить весь расчет.

Для расчета на изгиб, так же как и для расчета заанкеренной стенки, находят:

поперечную силу

$$Q = R_1 + \gamma_0 HK_a y_2 - \frac{m y_2^2}{2} = 0;$$

ординату

$$y_2 = \frac{\gamma_0 HK_a \pm \sqrt{(\gamma_0 HK_a)^2 + 2m R_1}}{m}; \quad (5.12)$$

момент

$$M_{\max} = R_1 \left(\frac{H}{3} + y_2 \right) + \frac{\gamma_0 HK_a y_2^2}{2} - \frac{m y_2^3}{6}.$$

Приведенная схема расчета отвечает условиям, когда уровень воды и засыпки совпадают, а стенка водонепроницаема. При отклонении от этих условий в расчет необходимо внести соответствующие изменения. Во всех расчетах объемный вес грунта, когда это проявляется, принимают с учетом взвешивающего действия воды.

2. Подготовительные работы

До устройства шпунтового ограждения осуществляют ряд подготовительных работ, частично аналогичных выполняемым при устройстве свайных фундаментов. Состав и объем этих работ зависят от местных условий.

Железобетонный шпунт доставляют и складывают с соблюдением требований, предъявляемых к железобетонным сваям.

Следует особое внимание уделять приемке, хранению и транспортировке стального шпунта, не допуская возможности появления остаточных деформаций. Для перевозки на всех видах транспорта шпунтовые сваи нужно укладывать на прокладки из досок толщиной 5 см, располагаемые по длине шпунтовых свай через 3—2,5 м. На складах и у мест выполнения работ их также нужно укладывать на деревянные подкладки из двухкантного бруса, располагаемого через 2—3 м по длине шпунта, а в штабели между рядами шпунтовых свай должны быть уложены деревянные прокладки. Для облегчения застропки шпунтин между их рядами и отдельными шпунтами в ряду оставляют промежутки не менее 10 см.

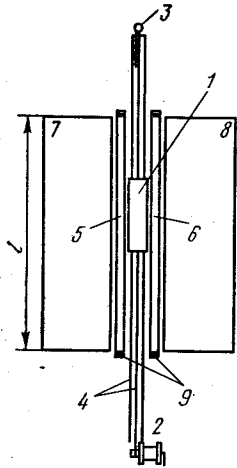
До начала работ разбивают оси шпунтовых ограждений и фиксируют места погружения шпунта путем установки маячных свай из швеллеров или труб, закрепляют инвентарные закрепляющие устройства. В процессе погружения шпунта направляющие последовательно переставляют на подготовляемые участки возводимой шпунтовой стенки.

Заготавливают шаблоны для определения мест установки отдельных шпунтовых свай или пакетов их, устройства отверстий в металлическом шпунте для присоединения к крюку стрелового крана или крепления к ним вибрационной машины, а также для установки тяжелей анкерных устройств.

Для выполнения этих и других работ по подготовке шпунтовых свай к погружению в непосредственной близости со складом предусматривается площадка и наличие грузового крана для перемещения шпунта.

До начала работ по погружению шпунта протаскиванием специального шаблона проверяют также правильность и сохранность замков шпунтовых свай. Шаблон изготовляют из отрезка шпунтовой сваи того же профиля длиной 1,5—2 м.

Для протаскивания шаблона используют механизированное приспособление, показанное на рис. 5.5. На тележке 3 прикреплены два шаблона 1, причем один выступает за край тележки левым замком, а другой правым. При помощи лебедки 2 и отводного блока 4 тележка перемещается по рельсовому узкоколейному пути, расположенному между стеллажами 5—7 с упорами. На стеллажах 6 перекладывают из штабеля шпунтовую сваю так, чтобы замок левого шаблона при движении тележки плотно вошел в замок шпунта. После протаскивания шаблона по длине всей сваи их перекладывают на стеллажах 7 для протаскивания второго шаблона при движении тележки в обратном направлении. После проверки замков шпунтовые сваи укладывают в штабель.



В ряде случаев при подготовке металлического шпунта к погружению производят резку длинных или наращивание стандартных шпунтовых свай до проектного размера.

Для присоединения наголовника погружателя к шпунтовой свае в ней делают прямоугольное отверстие размером по высоте 80 мм и ширине 110 мм. Разметку прямоугольного отверстия на стальном шпунте делают при помощи специального шаблона из листовой стали, накладываемого на шпунт.

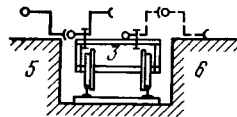


Рис. 5.5. Схема устройства приспособления для проверки металлических шпунтовых свай

Отверстие, располагаемое по вертикальной оси шпунтовой сваи на расстоянии 150 мм от верхнего конца, должно быть вырезано тщательно. Неправильно вырезанное отверстие не обеспечивает необходимой жесткости соединения шпунтовой сваи с наголовником, снижает скорость погружения и может вызвать поломку вибропогружателя или сваи выше отверстия. Замки стального шпунта для облегчения его погружения смазывают солидолом.

После проверки состояния шпунта, устранения дефектов, снятия заусенцев и наплывов в торцах и вырезки отверстий шпунт маркируют, нанося несмываемой краской на расстоянии 1—0,7 м от головы порядковые номера шпунтовых свай.

3. Погружение деревянного шпунта

Деревянный шпунт погружают в грунты, не содержащие твердых включений, на глубину не более 6 м. Сначала погружают маячные сваи, расстояние между которыми принимают 2—4 м, затем к ним укрепляют на болтах схватки и между ними заводят шпунтовые сваи — по одной или пакетом из двух-трех штук (рис. 5.6).

До установки шпунта между направляющими брусками ставят прокладку такой же толщины, как и шпунтовые сваи, снимаемые по мере их погружения. Направляющие схватки устанавливаются возможно выше, а при высоком ограждении — в два ряда (верхний и нижний). После забивки шпунта на 0,5 м ниже уровня нижнего ряда схваток последние удаляют.

Погружать шпунт по направлению от одной сваи к другой следует *гребнем вперед*, так как в этом случае в пазы не попадает грунт и ряд получается плотным. Для достижения большей плот-

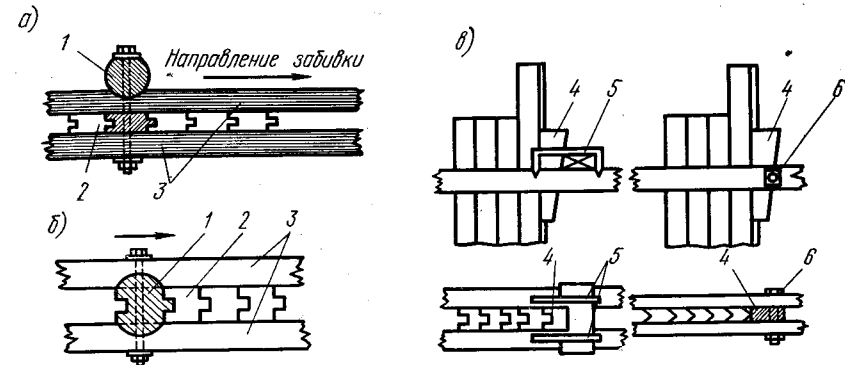


Рис. 5.6. Последовательность подготовки деревянного шпунта к погружению: а и б — установка в направляющие рамы дощатых и брусчатых шпунтовых свай; в — раскрепление шпунтовых свай клином во время забивки; 1 — маячная свая; 2 — шпунтовая свая; 3 — схватка; 4 — клин; 5 — скоба; 6 — болт

ности ряда на конце шпунтовых свай у них острия делают скос в направлении погружения, а также применяют клин из обрезков шпунта, который упирают в брусок, закрепленный скобами, забитыми в направляющие рамы.

При небольших объемах работ и заглублении шпунта в грунт на 1—1,5 м маячные сваи и деревянный шпунт забивают подвесным механическим молотом, а при больших объемах работ и заглублении шпунта в грунт более 2 м применяют паровоздушные молоты, дизель-молоты и вибропогружатели с наголовниками. Последние присоединяют к шпунтовым сваям болтами, пропущенными в отверстие, сделанные в головах шпунта.

При возведении шпунтовых рядов с поверхности земли копер или стреловой кран перемещают по спланированной полосе вдоль шпунтового ряда. Для устройства шпунтового ограждения в воде забивают шпунт с подмостей плотов и понтонов, на которых устанавливают кран или копер.

4. Погружение стального и железобетонного шпунта

Стальной шпунт, применяемый при заглублении в грунт свыше 6 м, можно погружать ударным и вибрационным способами. Для погружения стального шпунта ударным способом применяют два

метода. Первый заключается в предварительном выставлении всего ряда или его части в направляющие с последующей добивкой шпунта до проектной глубины, при втором методе шпунтовые сваи забивают сразу на всю глубину.

Шпунтовые сваи забивают паровоздушным молотом двойного действия, подвешенным на копре или к грузовому крюку стрелового крана. Стреловой кран при снятом или подвешенном молоте можно сначала использовать для выставления шпунта в ряд, а затем им же забивают выставленные сваи. Для предварительного выставления их можно использовать второй кран. Более экономично

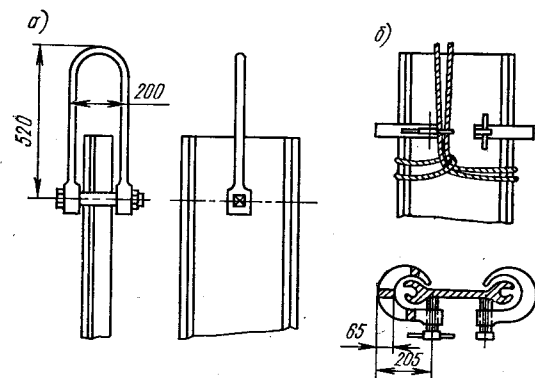


Рис. 5.7. Строповка стального шпунта при его подъеме и установке:

а — установка скобы, закрепляемой на шпунтине болтом; б — строповка тросом с захватами

на применение стрелового крана с двумя крюками, к одному из которых подвешивают молот, а второй используют для подтаскивания и выставления шпунтовых свай. Шпунт погружают в направляющих схватках, прикрепленных болтами к маячным сваям. Для установки шпунтовых свай на месте забивки к верхнему концу крепят скобу болтом, пропускаемым в заранее просверленное отверстие или стропуют тросом с захватами (рис. 5.7). На нижнем конце шпунтовой сваи закрепляют оттяжку, предупреждающую раскачивание ее при повороте стрелы крана. Следующую шпунтовую сваю устанавливают строго отвесно над наружным пазом предыдущей. После попадания ее в паз и легких вращательных движений вручную свая начинает под действием собственного веса скользить по пазу. Чтобы дать возможность шпунтовой свае с большой скоростью опускаться вниз, освобождают трос крана от тормоза и уже после этого приступают к забивке ее молотом.

Предварительно молот и сваю центрируют и плавно опускают ее так, чтобы голова сваи входила в паз наголовника или захват подбабка. Пока свая не войдет в грунт, молот работает при уменьшенном пуске пара, а по мере ее углубления количество ударов увеличивают.

Для устойчивого положения молота на свае к нему прикрепляют деревянную или металлическую раму высотой до 3 м с отверстием в верхней части для продевания троса крана, к которому подвешен молот. Наголовник, представляющий собой стальную открытую коробку с уложенной деревянной подушкой, подвешивают к молоту двумя болтами и двумя серьгами так, чтобы он мог перемещаться в вертикальном направлении на 5 см.

Удары молота можно передавать через наголовник и подбабок, представляющий собой обрезок шпунтовой сваи, к широким сторонам которого прикреплены два швеллера, образующие захват, в который входит забиваемая свая. Подбабок присоединяют к наголовнику болтом.

При выполнении работ краном к крюку его бывает постоянно подвешен паровоздушный молот. Поэтому необходимо на время подъема и установки шпунта удерживать молот двумя тросами-оттяжками, один из которых, на случай обрыва какого-либо троса, запасной. Это гарантирует от падения молота и в том случае, когда машинист по ошибке может подтянуть трос с висющим на нем молотом выше высоты допускаемой длины оттяжек.

Шпунт можно погружать в естественный грунт или в намывтый предварительно слой песка. В первом случае каждую шпунтовую сваю забивают вслед за ее установкой, а во втором забивку на участке ведут после установки всех свай. В последнем случае сокращается время на подъем молота и его оттягивания после забивки каждой сваи, а также на подъем молота на большую высоту, необходимую для забивки шпунта на значительную глубину. Кроме того, предварительная установка шпунтовых свай позволяет опустить (на время их установки) молот вниз и обеспечить безопасное выполнение работ.

Для забивки металлического шпунта на небольшую глубину (4—5 м) можно применять бескопьевые дизель-молоты типа ДБ-45, делающие 95—100 ударов в 1 мин. Такой дизель-молот крепят к шпунту тремя штырями и двумя болтами, надеваемыми на шкворень, который вставляют в отверстие, заранее просверленное в шпунте. Время забивки таким молотом шпунтовой сваи в грунт средней плотности на глубину 4 м составляет 10—15 мин.

Практически вес молота должен превышать вес забиваемой шпунтовой сваи в 2,5 раза.

Применять копры-краны с подвешенными молотами нежелательно из-за ряда недостатков. В процессе забивки могут появиться деформации шпунта, требуется много времени на вспомогательные работы (доставка и монтаж копра, устройство рельсовых путей и др.). Более эффективен вибрационный метод погружения шпунта. При этом каждую шпунтовую сваю погружают последовательно на полную проектную глубину. Шпунтовые сваи зетообразного и корытообразного профиля целесообразно погружать по две (пакетами). Для этого сваи зетообразного профиля схватывают специальными сжимами, а корытообразные сваи соединяют по длине электросваркой в нескольких местах или путем сильного обжатия замков гидравлическим прессом.

Вибропогружатели позволяют погружать стальной шпунт весом до 1,5 т в водонасыщенные песчаные грунты на глубину до 12—13 м, в слабые пластинчатые глинистые грунты до 10 м. Вибромолотами такой шпунт можно погружать в водонасыщенные грунты на глубину до 18 м и в глинистые грунты средней плотности до 12 м.

Максимально возможную глубину вибропогружения шпунта уточняют пробным погружением. Скорость погружения задают для вибропогружателей не менее 0,3 м/мин, а для вибромолотов — 0,2 м/мин.

Для погружения шпунтовых свай выполняют следующие операции:

укладывают с помощью крана сваю верхним концом на подставку в положение, удобное для присоединения к ней вибромашины; закрепляют верхний конец сваи в наголовнике вибропогружателя способом, описанным в гл. 3, и к ее нижнему концу подвязывают два конца каната длиной по 12—15 м;

поднимают сваю вместе с вибрационной машиной краном и переносят к месту погружения, удерживая нижний конец от раскачивания при помощи канатов;

опускают шпунт сначала до уровня направляющей, а затем до уровня грунта и включают электродвигатель вибрационной машины;

после погружения шпунта до заданной отметки освобождают вибрационную машину;

заводят очередную сваю в замок погруженной.

Шпунтовые сваи типа ШП и ШК длиной более 18 м рекомендуется поднимать двумя кранами. Второй кран необходим для поддержания нижней части шпунта на стропе до того момента, пока поднимаемая свая не займет вертикального положения и строп от нее освободится.

Для обеспечения проектного положения шпунта первые три сваи устанавливают в направляющие с проверкой их положения по отвесу в двух плоскостях. Вертикальность положения шпунта в процессе его погружения, помимо направляющих, нужно обеспечить расчалками.

Для направления на замок сваи, ранее погруженной, крановщик поворачивает стрелу крана, совмещая его с частичным подъемом или опусканием ее и последующим стравливанием троса.

Заправлять сваю в замок можно с поверхности земли, с приставной лестницы или специальных передвижных подмостей (рис. 5.8).

Легче заводить замок шпунтовой сваи, ранее погруженной, с помощью рамки-ловителя. Она представляет собой отрезок длиной 15—20 см шпунта того же профиля со срезанными кулачками и приваренными четырьмя пальцами для насадки ее на шпунтовую сваю, смежную с погружаемой. Когда рамка насажена на шпунт, к нему плотно приставляют замком вновь погружаемую сваю, и при ослаблении троса крана подвешенная шпунтовая свая скользит по рамке, а затем по замку погруженной ранее сваи.

После заведения шпунтовой сваи в замок к моменту погружения в грунт ее приводят краном в вертикальное положение.

При погружении в плотные грунты возможно отклонение шпунтовых свай от вертикали в плоскости стенки, веерность, которая образуется при попадании грунта в неплотно соединенные пазы и вызывает расклинивание шпунтин. В результате неточного центриро-

вания молота или вибропогружателя по отношению к погружаемой свае она может отклоняться от проектной плоскости стенки. Для избежания таких отклонений рекомендуется низ шпунтовых свай срезать под углом так, чтобы при погружении в грунт нижний конец их не нажимал, а отходил от ранее погруженной сваи, а также следить за соосностью молота (вибропогружателя) по отношению к шпунтине. Если отклонения при забивке получились на небольшую глубину, для устранения веерности оттягивают часть шпунтового ряда талью или тросом лебедки, присоединенным через отверстие к крайней свае и вводят очередную, которую погружают на половину проектной глубины. Если применяют вибропогружатель, то ряд свай оттягивают одновременно с вибрированием, причем трос плавно натягивают в сторону, противоположную отклонению ряда до полного его выправления.

Если этим приемом выправить отклонения не удастся, применяют клиновидные сваи, изготовляемые из двух продольных половинок шпунтовой сваи, прикрепляемых внахлестку к вырезанному по шаблону листу котельной стали.

Клинообразность шпунтовых свай не должна превышать величины $(b_1 - b_2) : l$, где b_1 — большая сторона сваи; b_2 — меньшая сторона ее и l — длина.

Кроме указанных видов отклонений шпунтовых стенок, могут быть такие дефекты, как увод шпунта, т. е. погружение его ниже проектной отметки, и свеча — погружение шпунтины выше проектной отметки. Увод может быть вызван тем, что вновь погружаемая свая из-за неисправности замкового соединения тянет вниз соседнюю ранее погруженную, заводя ее на глубину ниже проектной. Для устранения этого дефекта уведенную сваю наращивают до соответствующей длины.

Недопогружение одной или нескольких свай до проектной отметки (свеча) особенно нежелательно при вибрационном способе погружения без последующей добивки молотом, что иногда применяют для погружения шпунта в плотные грунты.

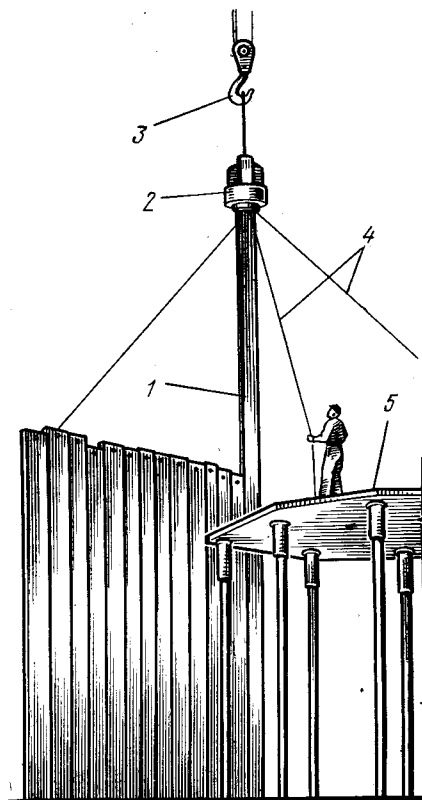


Рис. 5.8. Погружение металлического шпунта вибропогружателем:

1 — металлическая шпунтовая свая; 2 — вибропогружатель с наголовником; 3 — крюк крана; 4 — оттяжки; 5 — подмости

Наличие свечи не позволяет вибратору погружать следующую сваю на требуемую глубину, так как размеры в плане не дают возможности вибропогружателю опуститься ниже верха недопогруженной шпунтины. Для устранения этого дефекта свечу срезают или очередную за свечой сваю наращивают на величину выступающей части свечи, а потом ее срезают до отметки верха шпунтового ряда. После этого можно погружать следующие сваи нормальной длины.

В процессе работ ведут контрольные замеры глубины погружения шпунта. По окончании забивки участка шпунтовой стенки необходимо закрепить ее прочными прижимными брусками, а последние, при необходимости, стяжками присоединить к анкерам.

После погружения шпунта для уменьшения фильтрации шпунтовых стенок через замковые неплотности зазоры в пазах засыпают мелким песком, шлаком, смазывают тавотом или отработанным густым мазутом, а при сильно фильтрующих грунтах или при наличии валунов, не позволяющих погружать шпунт на глубину более 2—3 м, с помощью водолазов укладывают у основания шпунтовой стенки мешки с песком, производят отсыпку или намыв грунта.

Железобетонный шпунт погружают в той же последовательности и такими же способами, как и металлический. Конструкция паза и гребня железобетонного шпунта позволяет совмещать паз погружаемой сваи с гребнем ранее забитой, не поднимая ее на большую высоту. При погружении устанавливают сваю гребнем вперед в направляющие рамы, укрепленные на шпунтовых сваях (ниже их голов) на погруженной части шпунтового ряда и маячных сваях. Направляющие крепят на готовой части шпунтового ряда вертикальными сжимами и болтами, пропускаемыми через закладные трубки в головах четных или нечетных шпунтин.

5. Устройство анкерных креплений

Шпунтовые стенки во всех случаях необходимо закреплять оттяжками к анкерным металлическим шпунтинам или к стенке из железобетонных плит, уложенных в траншее, открываемой параллельно шпунтовой стенке. На рис. 5.9 показано укрепление берега шпунтовой стенкой 1, закрепленной анкерным устройством. Последнее состоит из анкерного металлического шпунта 2 и анкерных тяжей 3. После возведения шпунтового ограждения и его заанкеривания анкерное устройство засыпают грунтом и асфальтируют набережную 4. Такие стенки возводят с берега, если не требуется устройства специальной эстакады для передвижения самоходного крана или копра, но в большинстве случаев шпунт стенки погружают плавучим копром или краном, а также с понтонов, на которых размещают кран или копер. Складывают шпунтовые сваи на суше, откуда шпунт, подготовленный к установке, подтягивают к крану или копру для присоединения к наголовнику вибропогружателя или молота.

Для устройства анкерных шпунтовых стенок используют обрезки шпунта, оставшиеся от возведения основной стенки. Эти обрезки

можно забивать при помощи ручных пневматических молотов двойного действия. После погружения и выправления основной шпунтовой стенки при помощи нивелира делают на ней разметку мест отверстий для анкерных тяг и установки продольных связей, а также размечают места отверстий на анкерной стенке; затем прорезают для анкерных тяг и болтов отверстия, которыми крепят продольные связи, после чего устанавливают анкерные тяги и связи на основной и анкерной стенках. До установки анкерных тяг тщательно измеряют расстояние между внутренними гранями основной и анкерных стенок.

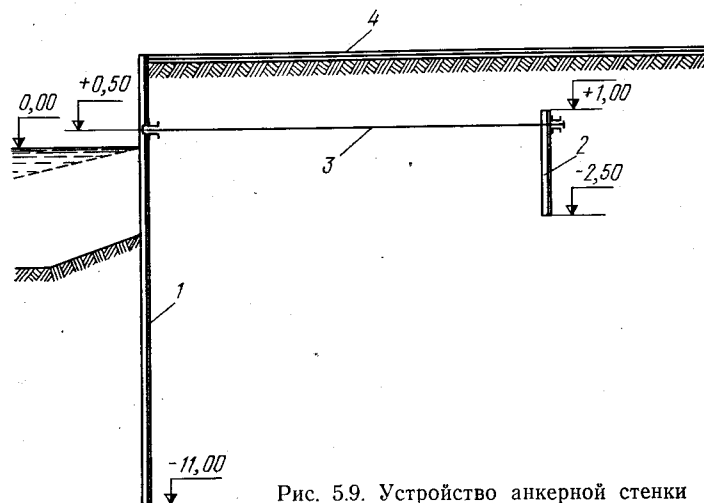


Рис. 5.9. Устройство анкерной стенки

Тяги подбирают и соединяют со специальными муфтами — талрепами (приспособлениями для регулирования длины тяг) на монтажной площадке, откуда их доставляют к местам установки. Здесь тяги укладывают средней частью на временные переносные опоры, а затем протаскивают их в отверстия анкерных стенок.

Для достижения одинакового натяжения тяг посредством талрепов регулируют длину их до получения расстояния между внутренними плоскостями гаек, равного замеренному ранее расстоянию. До натяжения тяг перед анкерной стенкой должен быть отсыпан грунт на высоту, предусмотренную проектом, для получения расчетной призмы отпора.

Для устройства анкерной стенки из сборных железобетонных плит, укладываемых в траншее, дно ее должно быть спланировано до отметки, указанной в проекте. Затем укладывают и трамбуют слой щебня толщиной 10—15 см, а по нему делают бетонную подготовку толщиной 15—20 см. Ввиду того, что по этой подготовке укладывают железобетонные плиты с заранее оставленными отверстиями в них для пропуска анкерных тяг, вертикальная и горизонтальная разбивки должны быть сделаны особенно тщательно.

6. Особенности выполнения работ с плавучих средств и со льда

При небольшой глубине водоемов шпунт погружают с подмостей на сваях, соединяющих водоем с берегом. В глубоких водоемах, а также при значительном удалении от берега работы ведут с понтонов, барж, используя плавучие копры и краны.

На рис. 5.10 показана схема производства работ по постройке причала в Ленинградском порту в 1967 г.

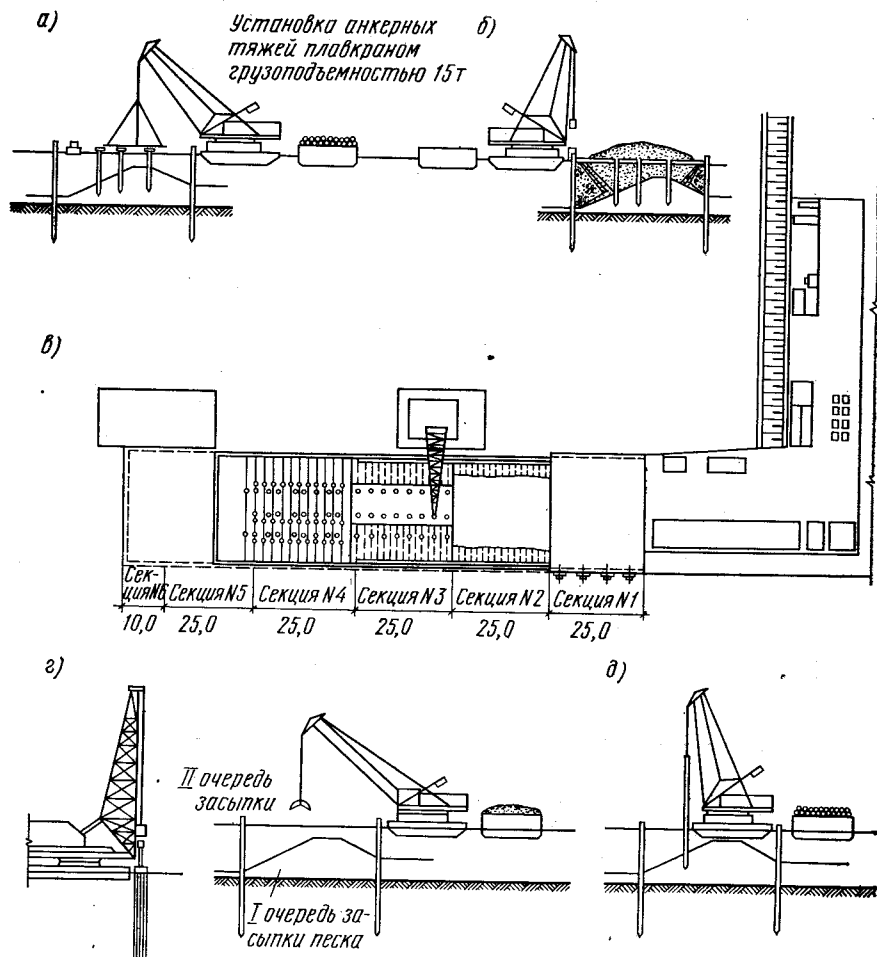


Рис. 5.10. Схема строительства причала в Ленинградском порту поточным способом:

а — установка анкерных тяжей плавучим краном грузоподъемностью 15 т; б — устройство железобетонной надстройки; в — плавучий копер в плане; г — забивка железобетонного шпунта копрами; д — забивка деревянного шпунта

Для погружения шпунта с воды при устройстве причалов, пирсов и других сооружений разбивают оси шпунтовых рядов, направление которых закрепляют створными знаками, располагаемыми на железобетонных площадках, устраиваемых на головах предварительно забитых кустов свай. Такую площадку можно использовать и для установки геодезических приборов, с помощью которых ведется разбивка и контроль процесса погружения свай. Створные знаки можно устанавливать также на якорных буйах. Плавучий копер закрепляют натяжением до отказа якорной цепи и швартовых концов для повышения точности забивки свай.

Погружать шпунтовые сваи копром или краном, установленным на понтоне, можно при расположении их в торцах понтона или на борту. Остойчивость и равномерность загрузки понтона обеспечивается контргрузом в виде балласта на платформе, которая может перемещаться по узкоколейному пути, уложенному по поперечной оси понтона.

Копер устанавливают на клетке из шпал или брусев. К копру или крану шпунт подают на баржах или понтоне.

При использовании универсального копра все операции по перегрузке и подъему шпунта выполняют этим копром. Плавучие копры и понтоны перемещают от одной шпунтины к другой и от ряда к ряду на якорях и тросах, расчаливающих понтоны. Якорные тросы, сгибающие тумбы у бортов судна, выбирают или стравляют при помощи ручных или приводных лебедок, расположенных на палубе понтонов или плавучего копра. По мере продвижения копра якоря перекалывают, при этом трос закрепляют так, чтобы он проходил над головами забитых свай.

При работах на воде особое внимание нужно уделять соблюдению требований охраны труда, надежности конструкции направляющих устройств, организации доставки шпунта к месту погружения, процессам захвата, скрепления и подъема свай. Погружать сваи можно при волнении до 2 баллов, но и в этих случаях не всегда можно добиться точности погружения их.

Зимой при достаточной толщине ледяного покрова он может заменить подмости и плавучие средства. Если толщина льда не гарантирует безопасного производства работ, его следует усилить подливкой воды.

Рельсовые пути копра необходимо укладывать по дощатому настилу на длинных бревнах (для передачи давления от него на большую площадь). Для погружения шпунта во льду создают канал (майну) необходимой ширины. Майна образуется с помощью взрывов зарядов аммонита или тротила. Вес и расстояние между зарядами и их рядами зависят от толщины льда. Это расстояние принимают равным учетверенной толщине льда, а глубину погружения зарядов ВВ — в 2,5 раза больше толщины льда.

Вес заряда ВВ в кг рассчитывают по формуле

$$Q = kh^3,$$

где h — глубина погружения заряда; k — коэффициент, принимаемый равным для аммонита — 1 и для тротила — 0,8.

Лед из майны удаляют грейфером или другими средствами. Погружают шпунт способами и средствами, применяемыми в летних условиях. Более надежными в работе зимой являются вибропогружатели.

7. Извлечение металлического шпунта и вспомогательные работы

Металлический шпунт временных ограждений извлекают для повторного использования с помощью паровоздушных молотов двойного действия, вибропогружателей и вибромолотов.

Паровоздушный молот двойного действия подвешивают к крюку крана в опрокинутом положении. Трос, оплетающий молот, присоединяют к стропу, проходящему через отверстие в шпунтине. Ударник молота через плиту передает выдергивающее усилие на шпунт. Поскольку для паровоздушного молота требуется громоздкое оборудование и он создает большие динамические усилия, приводящие к деформированию свай и даже разрушению их, более целесообразно извлекать шпунтовые сваи вибрационным методом.

В ряде случаев нижние части шпунта, погруженного в дно водоемов, содержащие валуны, деформируются, и извлечь его молотом или вибратором трудно, тогда сваи срезают с помощью водолазов. Для извлечения шпунта иногда предварительно расчищают основание его от грунта, отсыпанного при устройстве шпунтового ряда. В зимних условиях приходится откалывать мерзлый грунт в котлованах со шпунтовой стенкой, подлежащей разборке.

Извлечение шпунта вибрированием включает следующие основные операции:

- подготовку отверстий для крепления наголовника вибропогружателя или вибромолота;
- установку краном и закрепление вибратора на извлекаемой шпунтовой свае;
- предварительное вибрирование;
- извлечение из грунта свай при работающем вибраторе;
- извлечение свай краном без вибрации;
- снятие вибратора и укладку шпунта в штабель.

Для извлечения металлического шпунта целесообразно применять вибропогружатели с подрессорной пригрузкой типа ВПП-2 и вибромолоты, подвешиваемые к крюку самоходных кранов, грузоподъемность которых должна быть в 2,5—3 раза больше суммарного веса вибропогружателя и извлекаемой шпунтовой сваи.

Для извлечения шпунта виброспособом необходимо правильно установить оптимальный момент дебалансов. Ориентировочно значение его можно принимать на одну ступень выше, чем при погружении. В зависимости от веса извлекаемого шпунта значения оптимального момента дебалансов следующие:

| Вес шпунтовых свай, T | Оптимальный момент дебалансов, $кг \cdot см$ | Угол между подвижной и неподвижной частями эксцентров, град |
|-------------------------|--|---|
| до 0,5 | 550 | 45 |
| 0,5—1 | 700 | 30 |
| 1—1,5 | 850 | 15 |
| Более 1,5 | 1000 | 0 |

Вибромолот при извлечении шпунта наносит удары вверх. Для этой цели в верхней части корпуса закрепляют наковальню шпильками с пружинами.

При извлечении шпунта вибропогружателями и вибромолотами, не имеющими подрессорных моторов, их подвешивают к крану на пружинах амортизаторов для уменьшения величины динамического усилия на стрелу крана. Направление тягового усилия должно строго соответствовать оси шпунтовой сваи.

Подбор грузоподъемности и мощности крана, проверку прочности стрелы и устойчивости крана ведут с учетом усилия P , действующего на крюке крана при извлечении шпунта вибрированием, по формуле

$$P = 1,2(S + Q), \quad (5.13)$$

где S — максимальное сопротивление грунта извлечению, при вибрировании, T ; Q — суммарный вес вибропогружателя (вибромолота), шпунта и амортизатора, T .

Согласно инструкции по погружению и извлечению стального шпунта вибропогружателем (СН—59—57) сопротивления песчаных, супесчаных и суглинистых грунтов извлечению шпунтовых свай, находящихся в грунте не менее года, ориентировочно можно принимать в зависимости от глубины погружения.

При глубине погружения шпунта 5 м сопротивление грунта его извлечению равно 1,5 T , при 8 м соответственно 3 T , при 10 м — 7 T , при 12 м — 12 T и при 14 м — 20 T .

Сопротивление грунта извлечению свай, находящихся в грунте не более одного месяца, принимают в 2 раза меньшим, а сопротивление извлечению шпунта из глинистого грунта увеличивается на 50%.

Вибропогружатель (вибромолот) должен быть жестко закреплен на свае. Отверстие в ней для закрепления наголовника вырезают так же, как и при подготовке шпунта к погружению.

Для уменьшения сопротивления сваи извлечению ее предварительно вибрируют в течение 1—1,5 мин при небольшом натяжении подъемного троса. Затем плавно увеличивают подъемное усилие до того момента, когда витки нижних пружин вибропогружателя начнут смыкаться. Это служит признаком того, что сваи еще не сорвана из грунта и подъемного усилия недостаточно. Подъем

временно прекращают, и в дальнейшем извлечение сваи происходит за счет сил упругости пружин. Когда пружины распрямятся, возобновляют подъем при работающем вибраторе на высоту, примерно равную $\frac{1}{3}$ длины части сваи, находящейся в грунте. Дальнейшее извлечение ее производят без вибрирования.

При извлечении шпунта крановщик должен следить, чтобы направление приложенного тягового усилия совпадало с осью извлекаемой сваи. Незначительная несоосность может вызвать перекося и заклинивание замков, что сильно затрудняет извлечение.

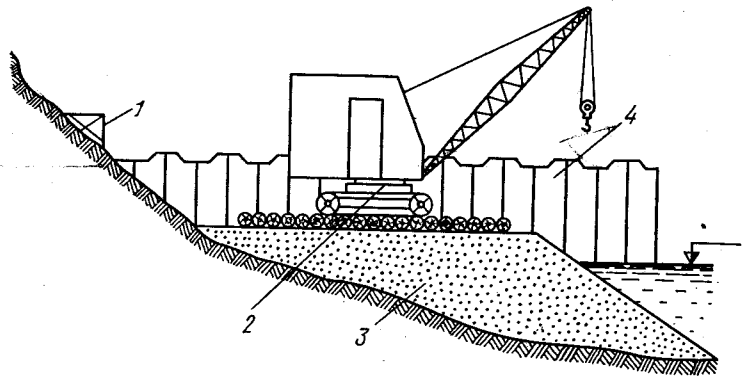


Рис. 5.11. Схема работ по извлечению металлического шпунта (вибропогружатель ВПП-2 условно не показан):
1 — лебедка для оттаскивания извлеченного шпунта; 2 — кран-экскаватор Э-505; 3 — бетонное сооружение; 4 — разбираемое шпунтовое ограждение

Иногда для извлечения шпунта применяют подмыв водой, но он не всегда снижает усилия, необходимые главным образом для преодоления сопротивлений, возникающих от перекосов замков во время погружения шпунта.

На рис. 5.11 показана схема установки крана при извлечении шпунта на разборке шпунтового ограждения котлована, расположенного на крутом откосе берега реки.

Длина стрелы должна обеспечивать полную высоту подъема H (в м):

$$H = h + b + 1,0,$$

где h — наибольшая длина шпунта; b — высота вибратора вместе с подъемным тросом; 1,0 — запас по высоте, м.

На извлечение шпунта затрачивается от 13 до 8% от общего времени, требуемого на выполнение всех операций, включая подготовительные и вспомогательные работы. К вспомогательным работам, на которые затрачивается часто до 30% рабочего времени, относятся следующие процессы: разборка подмостей, настила для крана, передвижка крана, очистка голов шпунта от грунта и гра-

зи, срезание деформированных голов свай и анкерных тяг, газовая резка шпунтовых свай с деформированными замками и основаниями, оттаскивание извлеченных свай и др.

8. Контроль за погружением шпунта и приемка выполненных работ

Приемку стального шпунта на заводе или складе до его погружения нужно вести по специальным техническим условиям с проверкой основных размеров, а также документов, содержащих механические свойства и химический состав металла шпунтовых свай.

В процессе погружения положение каждой сваи в плане проверяют по разметке, делаемой на направляющих, а вертикальность — по отвесу. Кроме того, производят контрольные замеры после погружения каждых 10—15 свай, что позволит современно предотвращать дефекты в шпунтовых ограждениях.

Промежуточную приемку шпунтовых работ с составлением акта проводят для отдельных свай и участков шпунтовой стенки, отклонение которых от проектного положения превышает допускаемые. Отклонения при освидетельствовании погруженного шпунта проверяют до его срезки и выправления.

Окончательную приемку погруженного шпунта ведут путем осмотра выполненных работ и на основании следующих материалов:

- схем и актов разбивки осей шпунтового сооружения;
- геологических разрезов на месте погружения шпунта;
- рабочего или технического проекта шпунтового сооружения со всеми изменениями, согласованными с проектной организацией в процессе выполнения работ;
- журнала и сводной ведомости погружения шпунта;
- промежуточных актов приемки работ;
- исполнительного профиля погруженного шпунта;
- журнал и сводную ведомость погружения шпунта составляют по установленным формам (см. ниже).

В журнале погружения шпунта делают записи данных, характеризующих работу, выполняемую ежедневно каждым комплектом оборудования, непосредственно у места работ. По окончании смены данные журнала переносят в «Свободную ведомость погружения шпунта», а журнал передают следующей смене или производителю работ.

Для удобства заполнения журнала предварительно составляют рабочие чертежи или схемы, содержащие разбивку строящегося сооружения на ячейки, участки, звенья с нумерацией шпунтовых свай и указанием их проектной глубины забивки, отметки верха и т. п. На каждую ячейку вычерчивают развернутый профиль с нумерацией и указанием длины шпунта, глубины забивки и т. п., а также места сварки свай.

В журнале по каждой свае отмечают применение клиновидного шпунта с указанием его размеров и способа соединения.

В примечаниях указывают причины и длительность задержек в выполнении работ, повреждения частей вибропогружателя, наголовника, обслуживающих кранов, а также существенные повреждения свай при их подъеме и установке (изгиб при подъеме, значительные отклонения в плане и от вертикальной плоскости и т. п.).

Допускаемые отклонения шпунтового ряда в плане от проектного положения приведены в табл. 5.3, а форма заглавного листа журнала погружения работ — в табл. 5.4.

Таблица 5.3

Сводная ведомость погружения грунта

| Виды шпунта | Допуск |
|--|---------------------------|
| Деревянные шпунтовые ряды плотин и шлюзов | 1,3 толщины шпунта |
| Деревянные шпунтовые ряды набережных и двухрядных перемычек Деревянный шпунт прочих сооружений от отметки верха (срезки) шпунта | Толщина шпунта |
| Деревянный шпунтовый ряд перемычек (без подкоса) | 300 мм |
| Железобетонный шпунт на поверхности грунта | 100 мм |
| Стальной шпунт при погружении плавучим копром: на отметке верха шпунта » » поверхности грунта | Не более 300 мм 150 мм |
| Стальной шпунт при погружении с суши: на отметке верха грунта » » поверхности грунта | 150 мм 100 мм |

Таблица 5.4

Журнал погружения шпунта

СССР

Министерство _____

Гл. управление _____

Трест № _____ Сооружение _____
(название объекта, при сооружении которого устраивают шпунтовое ограждение)

Журнал № _____

Погружение шпунта вибропогружателями

за период с _____ 197__ г. по _____ 197__ г.

Вибропогружатель _____
(тип, вес и номер, если на площадке работает несколько вибропогружателей)

Шпунт _____
(тип и вес 1 м)

Кран _____
(тип, вылет стрелы, высота подъема и грузоподъемность)

Производитель работ _____

В журнале страниц _____

Бригадир _____
(фамилия)

№ ячейки, участка или звена _____

| Дата погружения шпунтовой сваи | Смена | № сваи на плане | Длина сваи, м | Отметки верха сваи | Величина срезки (наращивания) сваи, м | Глубина погружения сваи, м | | Время чистого погружения сваи | Примечание |
|--------------------------------|-------|-----------------|---------------|--------------------|---------------------------------------|----------------------------|-------------|-------------------------------|------------|
| | | | | | | проектная | фактическая | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | | | | | | | | |

Подписи: _____

Форма сводной ведомости погружения шпунта показана в табл. 5.5.

СССР
 Министерство строительства
 Главное управление
 Трест № _____
 Сооружение _____

Сводная ведомость погружения шпунта

| № шпунтовой свай | № журнала погружения шпунта | Тип шпунта (поперечные размеры) | Длина шпунта, м | Отметка верха шпунта | | Величина срежки (-) или наращивания (+) в песе погружения, м | Отметка низа шпунта | | Необходима (-) или (+) инициальная | Глубина погружения от проектной отметки грунта, м | | Примечание |
|------------------|-----------------------------|---------------------------------|-----------------|----------------------|-------------|--|---------------------|-------------|------------------------------------|---|-------------|------------|
| | | | | по проекту | фактическая | | по проекту | фактическая | | по проекту | фактическая | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| | | | | | | | | | | | | |

ГЛАВА 6. ОСОБЕННОСТИ ПОГРУЖЕНИЯ СВАЙ В СЕЗОННОМЕРЗЛЫЕ ГРУНТЫ

1. Подготовка сезонномерзлых грунтов к погружению свай

В зависимости от физико-механических свойств и толщины слоя промерзшего грунта погрузить в него сваи можно как с подготовкой грунта, так и без нее.

При толщине мерзлого грунта более 0,4 м обычно проводится его предварительная подготовка из-за высокой механической прочности его.

Прочность мерзлого грунта зависит от количества содержащейся в нем воды, степени связанности его частиц, температуры наружного воздуха и др. Показатели механической прочности грунтов при замерзании приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Механическая прочность мерзлых грунтов

| Вид грунтов | Временное сопротивление мерзлого грунта при температуре -10°C , кг/см ² | |
|--------------------|--|------------|
| | на сжатие | растяжение |
| Суглинок | 35—50 | 10—15 |
| Супесь | 55—80 | 15—25 |
| Песок | До 120 | 30—40 |

Погружение свай без подготовки мерзлого грунта резко снижает степень точности их в плане и увеличивает трудоемкость и стоимость работ по устройству свайных фундаментов.

Одним из основных способов подготовки мерзлых грунтов к погружению свай является образование лидерных скважин, а также оттаивание грунта в местах погружения свай.

Для образования скважин применяют различные способы бурения: вращательное (ямобурами и бурильно-крановыми машинами), ударное, вибрационно-ударное, термическое и термомеханическое бурение. Машины и станки, применяемые для образования скважин, описаны в гл. 12.

Эффективность бурового оборудования в значительной мере зависит от конструкции режущей части рабочего органа — бура.

Высокой производительностью отличаются буры с твердосплавными резцами. Размещение резцов с интервалом 25—40 мм позволяют не резать, а скалывать грунт.

Варианты конструктивных схем бура такого типа показаны на рис. 6.1, 6.2. Наличие съемных зубьев в отличие от сплошной режу-

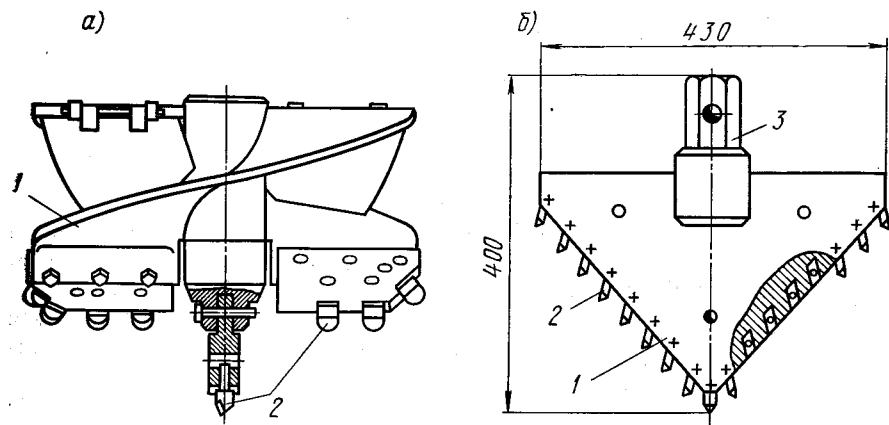


Рис. 6.1. Бур со съемными резцами:

а — лопастного типа; б — двухребенчатый; 1 — корпус бура; 2 — резцы; 3 — штанга

щей кромки позволяет повысить их давление на грунт без увеличения мощности двигателя бурильной машины.

Процесс бурения скважины состоит из следующих операций: переезда агрегата к месту бурения; приведения буровой штанги в вертикальное положение; центрирования бура над точкой бурения; погружения и извлечения бура.

До начала бурения скважины необходимо разметить место положения свай на участке. Эту работу выполняют обычно двое рабочих из звена копровщиков.

Для образования лидерных скважин, предназначенных для погружения в них готовых свай, применяют также трубчатые буры — лидеры. Последние погружают в мерзлый грунт при помощи дизель-молота или вибромолота.

Трубчатые буры представляют собой стальные трубы со стенками толщиной 12—19 мм, скрепленные верхним торцом с рабочим органом сваепогружающего агрегата. На боковой поверхности труб имеется отверстие для удаления керна из внутренней полости лидера, куда поступает грунт. Нижняя часть лидера имеет

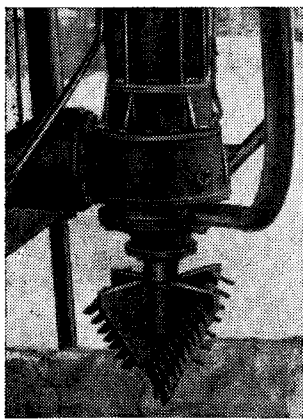


Рис. 6.2. Четырехребенчатый бур

Таблица 6.2
Затраты времени на бурение скважин в песчаном грунте

| Операции | Продолжительность бурения, мин |
|---|--------------------------------|
| Уточнение мест образования скважин | 0,5—1,0 |
| Установка бура на точку бурения и приведение его в вертикальное положение | 0,5—1,0 |
| Погружение бура | 2,0—4,0 |
| Извлечение бура | 1,0—1,5 |
| Переезд агрегата на новую позицию | 1,0—1,5 |
| Итого . . . | 6,0—9,0 |

наконечник, изготовленный из сталей повышенной прочности. Он позволяет получить скважину на 10—20 мм больше наружного диаметра трубы и извлекать керн (грунт) диаметром на 10—12 мм меньше внутреннего диаметра трубы (рис. 6.3).

Трубчатыми бурами с использованием дизель-молота копровой установки скважины образуют в следующей последовательности: устанавливают бур на точку будущей скважины (рис. 6.4); погружают лидер на заданную отметку; извлекают лидер из скважины тяговым тросом агрегата.

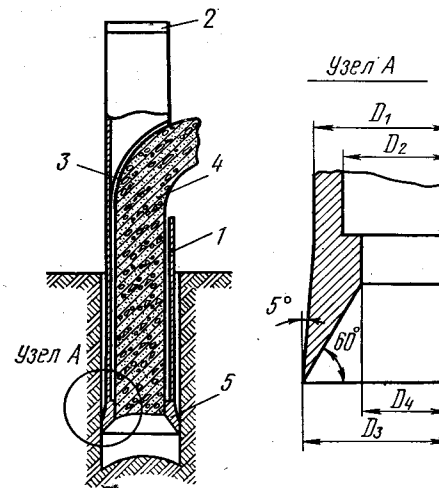


Рис. 6.3. Трубчатый бур с режущей частью кессонного типа:

1 — корпус; 2 — торцевая часть бура; 3 — отрагатель; 4 — мерзлый грунт; 5 — режущая часть бура



Рис. 6.4. Бурение скважины трубчатым буром

Для уменьшения начального усилия, необходимого для извлечения лидера, его следует оснащать специальным устройством (рис. 6.5), состоящим из нижней 1 и верхней плит 2 и пружин 4, прикрепленных к плитам болтами 3. При соприкосновении нижней подвижной плиты с поверхностью мерзлого грунта она, поднимаясь вверх, сжимает пружины, напряжение которых значительно снижает начальные усилия.

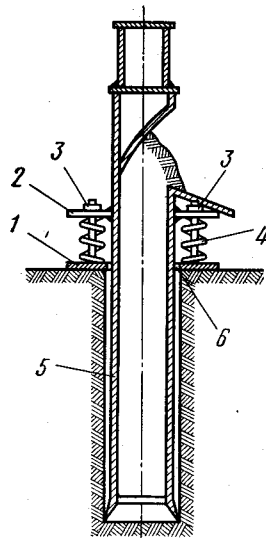


Рис. 6.5. Бур с отталкивающим устройством

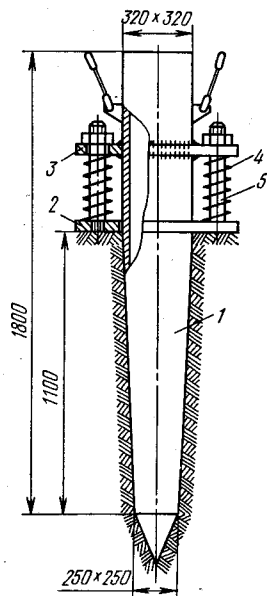


Рис. 6.6. Подпружиненный клин конструкции НИИПромстроя:

1 — корпус; 2 — нижняя плита; 3 — верхняя плита; 4 — пружина; 5 — болт

В ряде случаев, особенно при строительстве на засоренных территориях (места свалок), где бурение скважин трубчатыми бурами затруднено, применяют пробойники и клинья. На рис. 6.6 показана схема пробойника, применяемого на объектах г. Уфы.

В табл. 6.2 приведены средние затраты времени для образования в слое глинистого грунта скважин $d=350-400$ мм на глубину 0,8—1,2 м трубчатым буром конструкции ВНИИстройдормаша с использованием дизель-молота.

Технико-экономические показатели образования скважин глубиной до 0,9 м в сезонномерзлых грунтах для погружения свай сечением 30×30 см приведены в табл. 6.3.

Таблица 6.3

Технико-экономические показатели образования скважин в сезонномерзлых грунтах

| Способ | Количество обслуживающих рабочих | Сменная производительность агрегатов по подготовке грунта, скважин | Трудоёмкость подготовки одного места, чел-ч | Стоимость подготовки одного места, руб. |
|---|----------------------------------|--|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Бурение скважин ямобурами на базе тракторов . . . | 2 | 50—60 | 0,23—0,28 | 0,35—0,45 |
| То же, бурильно-крановыми машинами на базе автомобилей | 2 | 40—50 | 0,30—0,34 | 0,35—0,45 |
| Образование скважин трубчатыми бурами с использованием ударной части сваебойных агрегатов на базе кранов-экскаваторов | 3 | 70—75 | 0,21—0,23 | 0,55—0,60 |
| То же, на базе тракторов . | 3 | 65—70 | 0,24—0,35 | 0,60—0,65 |
| Пробивка скважин клином с амортизирующим устройством | 3 | 40—45 | 0,45—0,55 | 0,70—0,85 |

2. Способы оттаивания мерзлых грунтов

Мерзлый грунт в местах погружения свай отогревают с применением теплоэлектронагревателей: ТЭНов, электродов, а также газовых горелок и другими способами.

Сущность этих способов в том, что тепло, вводимое в мерзлую толщу грунта, расплавляет почвенный лед, и грунт оттаивает.

Важное значение имеет выбор направления распространения оттаивания, которое зависит от способа передачи тепла от нагревательного прибора к грунту. При оттаивании грунта с помощью электроэнергии по схеме «Снизу вверх» применяют, как правило, глубинные электроды. При использовании горизонтальных электродов и местных тепляков с проволочными электродами грунт отогревается сверху вниз.

При радиальном направлении оттаивания тепловой поток распространяется во все стороны перпендикулярно к установленному ТЭНу в мерзлой зоне грунта. Шпур для ТЭНов бурят диаметром 40—100 мм и глубиной не менее $\frac{3}{4}$ толщины мерзлого слоя. В этом случае применяют различные типы электродов и нагревателей: трубчатые электроды, электронагреватели коаксиальные, инфракрасного излучения, паровые иглы и др.

Трубчатые электронагреватели представляют собой стальные бесшовные трубы диаметром 13—25 мм, внутри которых на изоляторах помещают нихромовые спирали. Пространство между стен-

ками трубки и спиралью заполняют прессованным порошком плавленной окиси магния. Последний хорошо проводит тепло, обладает жаростойкостью и высоким электрическим сопротивлением. Выводные стержни от трубки изолируются проходными изоляторами (рис. 6.7).

Технические характеристики трубчатых электронагревателей серии НВС следующие: номинальная мощность 2 кВт, номинальное напряжение 220 в, номинальный ток 4,6 а. Спираль из нихромовой проволоки имеет диаметр 0,6 мм и длину 20,0 м, сопротивление — 48,4 ом.

В технологической схеме подготовки грунта этим способом предусмотрены следующие операции: бурение скважин-шпуров

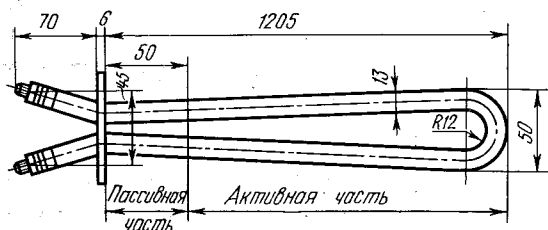


Рис. 6.7. Схема трубчатого электронагревателя

Для утепления скважин после установки в них электродов применяют шлаковату, стекловату, шевелин, опилки. Подключать ТЭНов можно через однофазные понижающие трансформаторы типа «ТБ» и «ТМ».

Следует учитывать, что сварочные трансформаторы типа «СТЭ» рассчитаны на режим работы с перерывами, поэтому при длительной работе нагрузка на них должна быть на 30—40% ниже, чем при сварке.

При отсутствии понижающих трансформаторов ТЭНов можно подключать к сети напряжением 220/380 в. В этом случае в каждую фазу последовательно включают до 50—70 ТЭНов, в зависимости от запаса мощности электроэнергии.

Основное влияние на скорость оттаивания грунтов оказывает режим работы нагревателя и способ его установки в шпур.

Для отогрева грунта в местах погружения свай наилучшие результаты можно получить при чередовании прогрета с термоосным выдерживанием.

Так, при оттаивании мерзлых суглинистых грунтов естественной влажности (21—25%) в радиусе 20—30 см от центра вертикально установленных ТЭНов более высокие показатели возможны при режиме (10л+4т), что составляет 10 ч прогрета и 4 ч термоосного выдерживания.

Важное значение имеет также величина удельной мощности электронагревателя и диаметр шпура. Более целесообразно применять электронагреватели удельной мощности от 1,5 до 2,8 вт/см². Более мощные нагреватели могут перегреть и высушить контакт-

ный слой грунта у стенок шпура, что увеличивает продолжительность отогрева, теплотери и удельную энергоёмкость.

При температуре 500—700°С поверхности свободно установленных нагревателей становятся источником инфракрасного излучения и количество передаваемой от них энергии резко возрастает. Так, примененные на объектах г. Челябинска такие нагреватели при температуре нагрева до 500—700°С позволяют отогреть за 5—6 ч зону грунта в диаметре 40—50 см и температуре наружного воздуха —25°С.

Нагревательный прибор этого типа (рис. 6.8) состоит из трех электрических трубчатых генераторов 1, заключенных на изоляторах 2 в металлический кожух 3, имеющих съемную крышку 4 и ручки ограничителя 5.

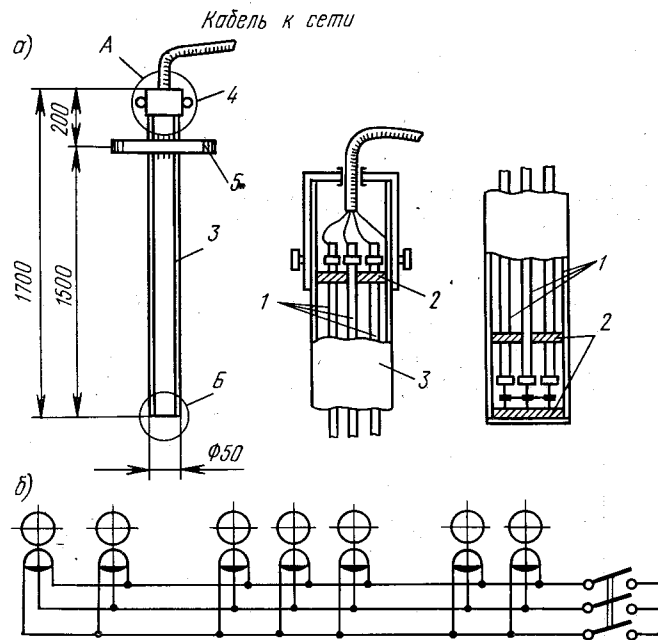


Рис. 6.8. Теплонагреватели инфракрасного излучения

Мощность этого прибора 1,8 кВт. Комплект состоит из 7 нагревательных приборов, питаемых четырехжильным кабелем от сети (четвертый провод заземляющий).

Электронагреватели инфракрасного излучения, так же как и ТЭНов, устанавливают в предварительно пробуренные шпуры.

В последнее время широко применяют для отогрева грунтов коаксиальные электронагреватели системы Т. Ф. Благушко и Ю. Т. Благушко, представляющие собой две трубы разного диаметра (одна вставлена в другую соосно, рис. 6.9).

В качестве проводников электрического тока можно использовать также обыкновенные водопроводные трубы диаметром 1" и 1/2".

Внутреннюю трубу можно заменить стержнем такого же диаметра. Пространство между трубами заполняют кварцевым песком (SiO_2). С одного конца трубы заварены, а с другого имеют контактные пластины, необходимые для подачи напряжения. Коаксиальная конструкция нагревателей обеспечивает безопасность эксплуатации и позволяет устанавливать их в контакте с грунтом любой влажности. Между собой нагреватели соединяют медными или алюминиевыми шинами сечением 120—160 мм.

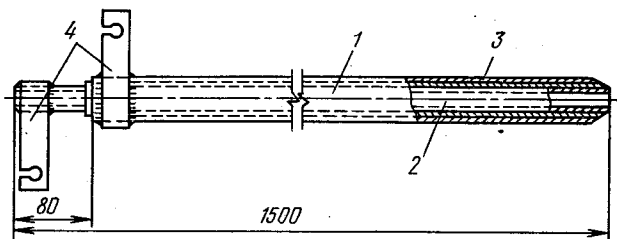


Рис. 6.9. Схема коаксиального электронагревателя:
1 — наружная труба; 2 — внутренняя труба; 3 — песок; 4 — контактные пластины

В качестве источников питания используют силовые трансформаторы или передвижные электростанции. При числе нагревателей до 40 шт. целесообразно использовать обыкновенные сварочные трансформаторы со вторичным напряжением 60 в.

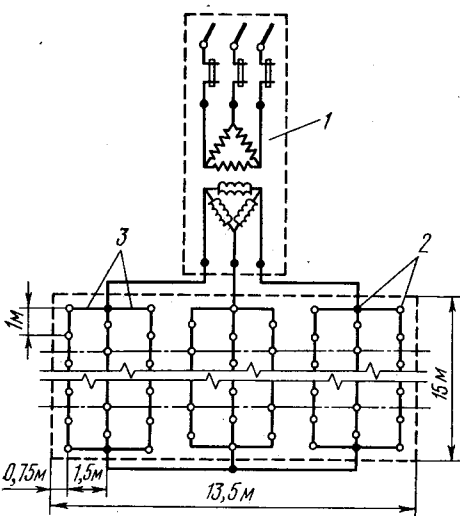


Рис. 6.10. Схема обогрева грунта коаксиальными электронагревателями:

1 — трансформаторная установка; 2 — коаксиальный электронагреватель; 3 — шины

Схема обогрева грунта ТЭНами с использованием установки, состоящей из трех трансформаторов типа ТБ-20, показана на рис. 6.10. Способ установки коаксиальных электронагревателей и их утепление аналогичен вышеприведенному при применении ТЭНов.

Для обогрева грунта штыревыми электродами мерзлый грунт включают в электрическую сеть. В качестве электродов применяют стержни из арматурной стали сечением 12—19 мм.

По одному из вариантов этого способа электроды заглубляют в мерзлый грунт лишь на глубину 30—40 см. Грунт обогревается сверху вниз за счет передачи тепла от слоя опилок, которыми укрывают места установки электродов на площади

диаметром в 60—70 см. Для повышения электропроводности опилок их заливают водным раствором поваренной соли. После 4—6 ч прогрева грунт прогревается на 30—40 см и электроды снова заглубляют.

Более эффективен другой вариант обогрева, когда электроды погружают на глубину, превышающую на 20—30 см слой мерзлого грунта. В этом случае грунт обогревается встречными потоками тепла: сверху вниз и снизу вверх. Сверху нагревается слой опилок, от которых тепло передается верхним слоям грунта, а снизу тепло от электронагревателей движется через слой талого грунта, нагревая вышележащие слои.

Штыревые электроды целесообразнее погружать в предварительно образованные шпуров диаметром на 2—3 мм меньше диаметра электрода. В местах обогрева грунта электроды забивают кустами по 3—4 шт. Расстояние между электродами принимают 20—25 см, что обеспечивает обогрев грунта в зоне диаметром 40—50 см за 16—20 ч.

Мощность электроэнергии, потребляемая одним кустом из 4 электродов, составляет 0,8—1,0 квт. Захватку с 30—40 кустами электродов можно обеспечить электроэнергией при нормальном подключении двух однофазных понижающих трансформаторов типа ТБ-20.

Термохимический способ оттаивания грунта карбидом кальция заключается в сжигании в грунте выделяющегося ацетилена. Для этого на месте будущей скважины помещают металлический цилиндр диаметром, равным диаметру скважины. Цилиндр загружают карбидом кальция (1 кг), заливают водой и после выделения ацетилена поджигают. По истечении 20—30 мин грунт обогревается на глубину 25—30 см.

После удаления талого грунта в образованную скважину вновь устанавливают цилиндр с новой порцией карбида кальция. Процесс сжигания ацетилена повторяют до достижения заданной глубины скважины. Горение ацетилена можно ускорить и усилить путем подвода в скважину кислорода по трубке $d=4-5$ мм. При этом нужно соблюдать правила пожарной безопасности.

3. Технические средства бурения шпуров для установки электронагревателей

Шпуров для установки электронагревателей можно бурить машинами шнеково-вращательного бурения, термобурами, а также ручными и колонковыми электросверлами. Технические характеристики машин шнеково-вращательного бурения приведены в табл. 6.4.

Для бурения шпуров, необходимых для установки ТЭНов, в мерзлых грунтах диаметром 40—80 мм и глубиной до 1,5 м можно применять ручные воздушные термобуры типа РТВ-В8, РТВ-В1, РТВ-В2, РТВ-В3, РТВВ-50 (табл. 6.5).

Таблица 6.4
Основные характеристики буровых машин вращательного действия

| Параметры | Модели | | | | | |
|---|--------------------------------------|---|---|---|--------------------------------------|---|
| | БТС-60 Минтранс- строя СССР | М-1 Омского треста «Стройме- ханизация» | МУМБ-2 треста «Донбасс- экскава- ция» | С-1035С конструк- ции ВНИИ стройдор- маша | БМГ-1.7 Минпром- строя БССР | Установка треста «Восток» гидрострой на прицепе к трактору |
| Марка базовой ма- шины | ДТ-54А | ДТ-54А | ДТ-54 | ДТ-75 | Т-40 | ДТ-54 |
| Глубина бурения, м | 2 | 2 | 1,5 | 2,5 | 1,7 | 2,0 |
| Количество рабочих органов, шт. . . . | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Производительность (на один рабочий орган) в смену, м | 270 | 250—300 | 120—200 | 250—300 | 250—280 | 200—240 |

Бурить шпурь термобурами особенно эффективно в грунтах, включающих валуны, а также для образования скважин на местах бывших свалок.

Термобур состоит из трех основных элементов: камеры сгорания, штанги и узла, регулирующего подачу топливных компонентов. В качестве топлива используют бензин (керосин) в сочетании с воздухом. Схема термобура типа РТБ-В1 показана на рис. 6.11.

В камеру сгорания подают бензин и воздух под давлением 5—6 кг/см². Бензиновоздушную смесь поджигают, а продукты сгорания внутрикамерным давлением выбрасываются через сопло со скоростью 1200—1300 м/сек.

Схема работы термобура типа ТБВ-50 изображена на рис. 6.12. Воздух от компрессорной установки 6 подается по шлангу 5 к топливному баку 4 и дальше по шлангам 2 и 3 в камеру сгорания термобура 1.

Сущность термического способа разрушения состоит в том, что мерзлый грунт при воздействии сверхзвуковой высокотемпературной газовой струи (800—1500°С) интенсивно нагревается, превращая в пар тающий лед, связывающий частицы мерзлой породы. Сжатый воздух, раскаленные газы и пар с большой скоростью вырываются между стенками трубы и скважины.

Более интенсивно процесс разрушения грунта происходит на расстоянии 40—60 мм от среза сопла до забоя шпура, так как на этом участке температура и скорость газовой струи достигают максимальных величин.

В комплект оборудования установки для бурения скважин в мерзлых грунтах термобурами входит: термогазоинструмент, комплект шлангов длиной 20—30 м, герметичный топливный бачок, передвижной воздушный компрессор типа ЗИФ-55, ДК-9, щиток для защиты оператора и противозвуковые наушники.

Таблица 6.5

Технические характеристики ручных термобуров

| Показатели | Модели термобуров | | | | | | | | Конструкция ЦНИЭП- сельстроя |
|---|-------------------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|---------------------------------|
| | РТБ-В8 | РТБ-В2 | РТБ-В2У | РТБ-В4 | РТБ-В5 | РТБВ-50 | РТБВ-50 | РТБВ-50 | |
| Диаметр шпура, мм | 40—45 | 75—85 | 75—85 | 60—80 | 40—45 | 65—80 | 65—80 | 65—80 | 70—80 |
| Глубина бурения, м | 1,6 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,4 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,4 |
| Скорость бурения, м/ч | 10—60 | 10—60 | 10—60 | 20—65 | 20—65 | 10—50 | 10—50 | 10—50 | 20—60 |
| Расход воздуха, м ³ /мин | 3—4 | 3,5—4,5 | 3,5—4,5 | 4,0 | 3,0 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 4—4,5 |
| Расход горючего, л/мин | 0,08—0,1 | 0,1—0,18 | 0,1—0,18 | 0,2—0,25 | 0,15—0,18 | 0,1—0,12 | 0,1—0,12 | 0,1—0,12 | 6,1 |
| Вес (без шлангов), кг | 5,5 | 9 | 9 | 8 | 4,5 | 8 | 8 | 8 | |

В отличие от кислородных термобуров, для работы которых требуется интенсивное водяное охлаждение, камера сгорания и сопла бензовоздушных термобуров охлаждаются воздухом, что значительно упрощает их эксплуатацию. Кроме того, применение в качестве окислителя дешевого сжатого атмосферного воздуха, подаваемого в термобур от компрессора, существенно снижает стоимость бурения и расширяет область их применения.

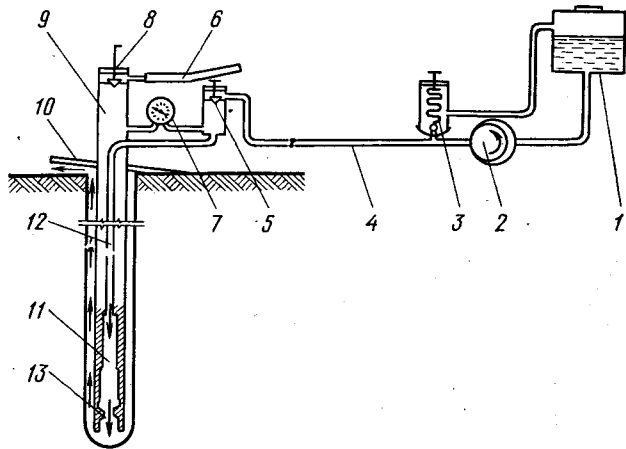


Рис. 6.11. Схема ручного термобура типа РТВ-В1:

1 — топливный бак; 2 — топливный насос; 3 — редукционный клапан; 4 — топливный шланг; 5 — топливный кран; 6 — воздушный шланг; 7 — манометр; 8 — воздушный кран; 9 — штанги; 10 — шток; 11 — камера сгорания; 12 — топливная трубка; 13 — сопло

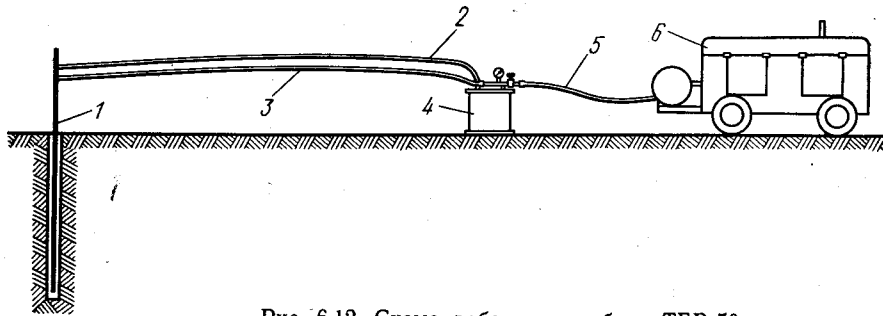


Рис. 6.12. Схема работы термобура ТВВ-50

Ручные электросверла применяют для бурения шпуров диаметром 40—50 мм на глубину до 2 м.

Буровой снаряд электросверла состоит из резца и штанги. Буровые штанги для электросверла изготавливают из ромбической стали сечением 30×16 и 35×18 мм, завиваемой в спираль в горячем состоянии.

Таблица 6.6

Технические характеристики ручных электросверл

| Показатели | ЭР-15 (ЭР-4) | ЭР-16 (ЭР-5) | ЭРЦ-20* (ЭРЦ-6) | СЭР-19 (ЭРБ-19) | СЭР-19Д ЭРБ-19Д* | СЭР-20 | СЭР-20Д |
|--|-----------------|-----------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------|---------|
| Вес без кабеля бура и колонки, кг | 15 | 16 | 20 | 19 | 19 | 20 | 20 |
| Мощность электродвигателя, квт | 1 | 1 | 1 | 1,2 | 1,2 | 1,4 | 1,4 |
| Напряжение, в | 127 | 127 | 127 | 127 | 127 | 127 | 127 |
| Число оборотов электродвигателя в минуту | 2800 | 2800 | 2800 | 2800 | 2800 | 2800 | 2800 |
| Габариты, мм: | | | | | | | |
| длина | 335 | 340 | 420 | 414 | 414 | 441 | 441 |
| ширина | 316 | 316 | 316 | 316 | 316 | 316 | 316 |
| высота | 245 | 245 | 270 | 230 | 230 | 230 | 230 |

* Электросверло ЭРЦ-20 имеет принудительную подачу на забой с усилием до 600 кг и скоростью до 500 мм/мин.

** Буква Д в марке означает, что сверло имеет дистанционное управление (другие электросверла с ручным управлением).

Таблица 6.7

Технико-экономические показатели способов оттаивания грунтов электронагревателями для погружения свай 30×30 см

| Способ оттаивания мест погружения свай | Количество рабочих | Трудоемкость подготовки одного места, чел.-ч | Стоимость подготовки одного места, руб. |
|--|--------------------|--|---|
| ТЭНами | 2 | 0,80—0,90 | 0,50—0,70 |
| Коаксиальными электронагревателями | 2 | 0,80—0,90 | 0,45—0,60 |
| Трубчатыми нагревателями инфракрасного излучения | 2 | 0,30—0,35 | 0,35—0,40 |
| Штыревыми электродами | 2 | 1,1—1,2 | 0,80—0,90 |

Технические характеристики основных ручных электросверл даны в табл. 6.6. Основные технико-экономические показатели способов оттаивания мерзлых грунтов электронагревателями для погружения свай сечением 30×30 см приведены в табл. 6.7.

1. Общие сведения

Строительство на вечномерзлых грунтах ведут согласно указаниям СНиП II-Б.6—66 по двум основным принципам их использования в качестве основания под здания и сооружения.

Сущность первого принципа заключается в поддержании мерзлого состояния грунта в течение всего периода эксплуатации сооружений, а по второму принципу грунты могут находиться в оттаивающем или оттаявшем состоянии.

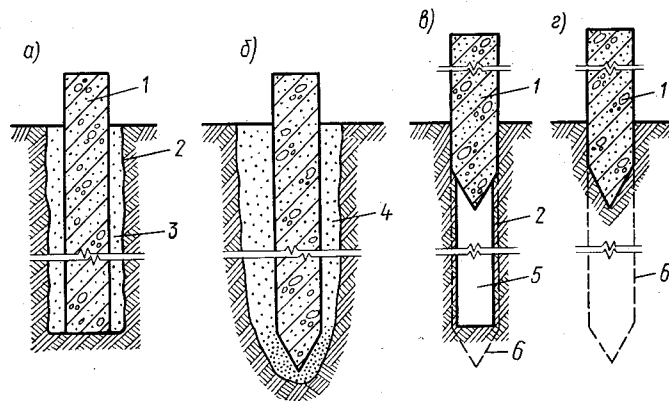


Рис. 7.1. Основные способы погружения свай в вечномерзлые грунты:

1 — свая; 2 — стенка скважины; 3 — грунтовой раствор; 4 — оттаянный грунт; 5 — лидерная скважина для бурозабивной скважины; 6 — проектное положение свай

При устройстве свайных фундаментов на вечномерзлых грунтах применяют следующие способы погружения свай:

1) установка свай при помощи грузоподъемных механизмов в пробуренные скважины с заполнением их грунтовым раствором (рис. 7.1, а);

2) погружение свай в предварительно оттаянный грунт в местах погружения паровыми или электроиглами (рис. 7.2, б);

3) забивка свай в пробуренные лидерные скважины, диаметр которых меньше наименьшего размера поперечного сечения свай (рис. 7.1, в). Этот способ принято называть бурозабивным;

4) забивка свай в вечномерзлый грунт без предварительной подготовки (рис. 7.2, г).

Первые два способа более эффективны при наличии твердомерзлых грунтов, к которым относятся прочно сцементированные песчаные и глинистые грунты, имеющие температуру от минус 0,3—1,5°С и ниже. Для этих грунтов характерно относительно легкое (хрупкое) разрушение.

Погружение свай бурозабивным и забивным способами распространено при устройстве фундаментов в тех районах, где вечномерзлые грунты находятся в пластичном мерзлом состоянии. Такие грунты хотя и сцементированы льдом, но обладают свойствами вязкости. При передаче нагрузок они способны сжиматься.

Способ проходки скважин зависит как от мерзлотно-грунтовых условий площадки, так и от способа погружения свай. Так, при погружении их бурозабивным способом поверхность стенок скважины

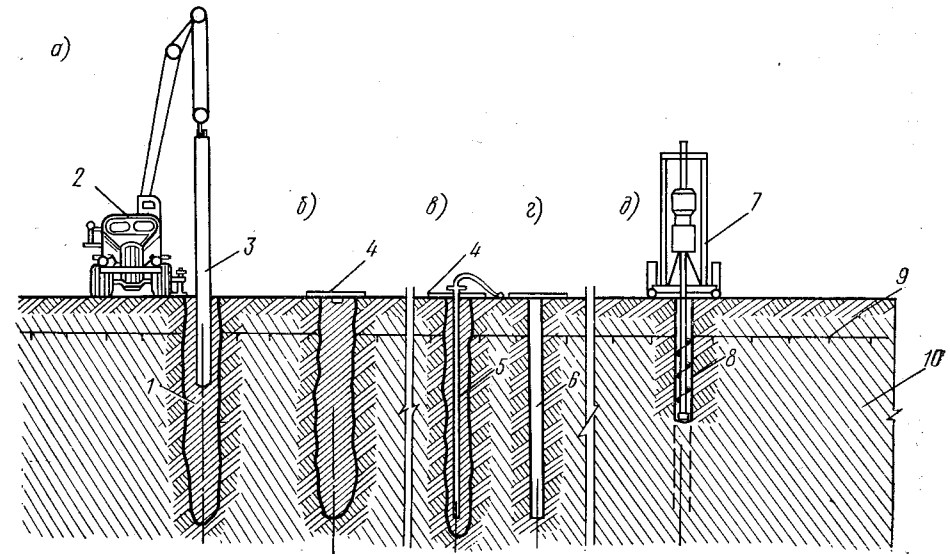


Рис. 7.2. Схема работ по погружению свай в предварительно пропаренные скважины:

а — погружение свай в скважину; б — отогревая скважина; в — пропаривание скважины; г — пробуренная скважина; д — бурение скважины; 1 — талый грунт; 2 — автокран; 3 — погружаемая свая; 4 — деревянный щит; 5 — перфорированная паровая игла; 6 — буровая скважина; 7 — буровой станок; 8 — шнек; 9 — граница вечной мерзлоты; 10 — вечномерзлый грунт

должна быть ровной, а поперечные размеры соответствовать проектным. Для образования таких скважин применяют машины вращательного бурения (БМ-801, БМ-802, НБО-1) и трубчатые буры. При бурении скважин трубчатыми бурами, как правило, используют те же машины, что и для забивки свай.

Технология погружения свай в скважины заключается в разбуривании и заливке ее грунтовым раствором и установке свай в сва-

жину. Возможен вариант заливки раствором и после установки свай. В ряде случаев скважины заполняют до установки свай глинистым раствором, последний опускаемой сваей отжимается вверх и плотно заполняет пазухи между стенками сваи и скважиной.

При заливке скважины после установки свай применяют как глинистый, так и песчаный раствор. В практике строительства чаще используют глинистые растворы, которые не требуется уплотнять в отличие от песчаных растворов.

Контроль за качеством заполнения пазух глинистым раствором значительно упрощается: выход раствора из устья скважины на поверхность указывает на достаточность заполнения скважины. Песчаный раствор неудобен и в перевозке, поскольку крупные фракции песка оседают и перед заливкой такой раствор надо снова перемешивать.

В летнее время для приготовления глинистых растворов нередко используют буровой шлам глинистых грунтов, извлекаемый из скважин в процессе их проходки. В случае излишней влажности шлама (свыше 30—40%) к нему добавляют песчаный или глинистый грунт. Рекомендуемые составы растворов, заливаемых в скважину перед установкой свай, и примерные сроки смерзания свай, установленных в такие скважины, приведены в табл. 7.1 и 7.2.

Составы грунтовых растворов

| Характеристика раствора | Температура наружного воздуха | |
|-------------------------|--|--|
| | положительная | отрицательная |
| Состав | 1:4÷1:8 по объему (глинистый грунт, мелкий песок) | |
| Консистенция | Осадка конуса 10÷13 см, влажность 30—40% | |
| Температура при укладке | Без подогрева раствора, температура 5—20°C | С подогревом раствора, температура 20—40°C |
| Условие приготовления | На растворном узле или на строительной площадке, без подогрева | На растворном узле, с подогревом |

Для установки свай в скважины, кроме башенных и стреловых кранов, применяют буровые агрегаты, оснащенные дополнительными тросами и лебедками.

В зимнее время перед погружением свай в скважины их очищают ото льда и обдувают паром или отогревают в тепляках. Летом и осенью, во избежание обрушения стенок скважин, сваи погружают в скважину сразу после их пробуривания. Перерыв между образованием скважины и погружением сваи не должен превышать 3 ч. При более продолжительных перерывах устья скважин укрепляют обсадной трубой на глубину, равную толщине оттаявшего слоя грунта.

Таблица 7.2

Примерные сроки смерзания свай, погруженных в скважины, заполненные раствором*

| Способ погружения | Температура мерзлого грунта, °С | | | | | | | |
|--|--|------|------|------|----------------|------|------|------|
| | -0,5 | -1,0 | -1,5 | -3,0 | -0,5 | -1,0 | -1,5 | -3,0 |
| | Продолжительность смерзания свай, сут. | | | | | | | |
| | лето—осень | | | | зима—весна | | | |
| В разбуренные скважины с заливкой их грунтовым раствором | 60 | 40 | 25 | 12 | 50 | 30 | 15 | 6 |
| В пропаренные скважины | Не применяются | | 140 | 70 | Не применяются | | 120 | 150 |

* По данным Ю. М. Гончарова.

Для ускорения смерзания свай с грунтовым раствором применяют различные способы промораживания грунтов. К числу их относятся предварительное охлаждение скважины наружным воздухом — отсасыванием воздуха из скважины вентилятором или компрессором, а также охлаждение холодным воздухом свай, имеющих специальные полости для нагнетания воздуха.

Двухлопастные сваи конструкции Г. А. Пчелкина вследствие естественной их вентиляции наружным холодным воздухом позволяют промораживать грунт, окружающий сваи, как в процессе их устройства, так и при эксплуатации сооружения.

В способе ускоренного смерзания свай с грунтом, предложенном С. П. Галеевым, в скважинах размещают системы труб, заполненных керосином. Охлаждаясь в верхней части системы, керосин, как более тяжелый, опускается вниз и охлаждает стенки скважины. Циркуляция прекращается только тогда, когда температура наружного воздуха становится выше, чем у мерзлого грунта.

2. Особенности бурения скважин в вечномерзлых грунтах

Для бурения скважин в вечномерзлых грунтах применяют станки ударно-канатного бурения типа УКС, БС-1М, БМ-20-М; машины вращательного бурения типа БМ, МБМ, НБО-1, БМ-801С (последние в исполнении для Севера) и термобуры ТБА-1, ТБА-2, АБУ. Технические характеристики буровых станков приведены в гл. 12.

Ударно-канатные станки оборудованы специальными долотами для разрушения мерзлого грунта, который удаляют из скважин с помощью желонки. Для повышения скорости бурения в скважину заливают воду, подогретую до 30—50°C. Применение подогретой воды увеличивает диаметр скважин и предотвращает появление наледи на стенках.

Если льдистость грунта менее 300 кг/м^3 , от действия горячей воды могут обвалиться стенки скважины; для сохранения их устойчивости подают в скважины охлажденную воду. При льдистости грунта менее 200 кг/м^3 и наличии в нем крупнообломочных включений для предотвращения обрушения скважин применяют обсадные трубы.

Буровой шлам, извлекаемый из скважин, можно использовать для последующей их заливки. С этой целью шлам собирают в специальные емкости, которые утепляют зимой и применяют электроподогрев.

Производительность станков ударно-канатного бурения при проходке скважин диаметром до $0,6 \text{ м}$ составляет $4-10 \text{ м}$ в смену, а стоимость погонного метра скважины колеблется от $5-10$ до $20-30$ руб. Станками ударно-канатного бурения можно разрабатывать грунты различной структуры, однако производительность их невысока и необходимо применять воду, что усложняет производство работ.

Бурильно-крановая машина вращательного бурения МБМ оснащена шнековыми бурами с твердосплавными резаками.

Буровые машины БМ-802С и БМ-801С для образования скважин диаметром от $0,3$ до $0,65 \text{ м}$ снабжены комплектами шнеков и грузоподъемными приспособлениями для установки свай в скважины.

Технологический процесс бурения скважин и установка в них свай выполняется в следующей последовательности: 1) переезд машины к месту бурения скважины; 2) опускание выносных опор и центрирование бура над точкой бурения; 3) бурение скважины; 4) строповка свай, подтягивание ее к скважине, заводка и опускание в скважину.

3. Установка свай в пропаренные скважины

Технологическая схема погружения свай в предварительно пропаренные скважины, показанная на рис. 7.2, предусматривает следующие операции:

строповку свай и подтаскивание ее к агрегату;
подъем свай вертикально и центрирование ее над точкой погружения;

резкое опускание свай в скважину с высоты $2-3 \text{ м}$;

выравнивание установленной свай.

Погружать свай в пропаренные скважины под действием собственного веса рекомендуется в глинистые, суглинистые и супесчаные грунты. При наличии песчаных грунтов желательно применять вибропогружатели. В этом случае грунт вокруг свай уплотняется больше, увеличивается ее несущая способность, а продолжительность оттаивания скважины паром можно сократить вдвое по сравнению с погружением свай под действием собственного веса.

Источником пара для отогрева грунта могут служить передвижные локомобильные котлы и паропреобразователи. Технические характеристики таких котлов приведены в табл. 7.3.

Таблица 7.3

Технические характеристики локомобильных котлов

| Параметры | Марки котлов | |
|---|--------------|------|
| | П-38 | П-75 |
| Рабочее давление пара, кг/см^2 | 15 | 12 |
| Поверхность нагрева котла, м^2 | 10,2 | 21,7 |
| То же, пароперегревателя, м^2 | 5,1 | 10,0 |
| Температура рабочего пара, $^{\circ}\text{C}$ | — | 300 |
| Основные размеры, см : | | |
| длина | 321 | 434 |
| ширина | 230 | 199 |
| высота (при опущенной трубе) | 249 | 305 |
| Вес, кг | 2000 | 7000 |

На монтаж и демонтаж локомобильных котлов П-38 и П-75 уходит много времени. Эффективнее оттаивать паром вечноммерзлые грунты двухбарабанным водотрубным котлом с пароперегревателем, смонтированным на прицепе 2ПН-4. Такие котлы имеют следующие параметры:

| | | | |
|---|-------|---|------|
| Паропроизводительность, кг/ч | 1200 | Вес, т | 5,95 |
| Температура пара, $^{\circ}\text{C}$ | 185 | Размеры в транспортном положении, см : | |
| Давление пара, кг/см^2 | 8 | длина | 245 |
| Общая поверхность нагрева, м^2 | 32,3 | ширина | 230 |
| Топливо | мазут | высота | 305 |

Для небольшого объема работ по оттаиванию грунта целесообразно использовать паропреобразователь типа Д-163Б, состоящий из парового котла, машинного отделения, арматуры и шасси со следующими параметрами:

| | | | |
|---|-----------------|---|------|
| Паропроизводительность, кг/ч | 500 | Поверхность подогрева, м^2 | 11,7 |
| Давление пара, кг/см^2 | 10 | Вес, т | 27 |
| Температура пара, $^{\circ}\text{C}$ | 183 | Основные размеры, см : | |
| Топливо | соляровое масло | длина | 450 |
| Расход топлива, кг/ч | 45 | ширина | 203 |
| | | высота | 270 |

Пар к месту использования подают по паропроводам из водогазопроводных труб, диаметр которых зависит от величины расхо-

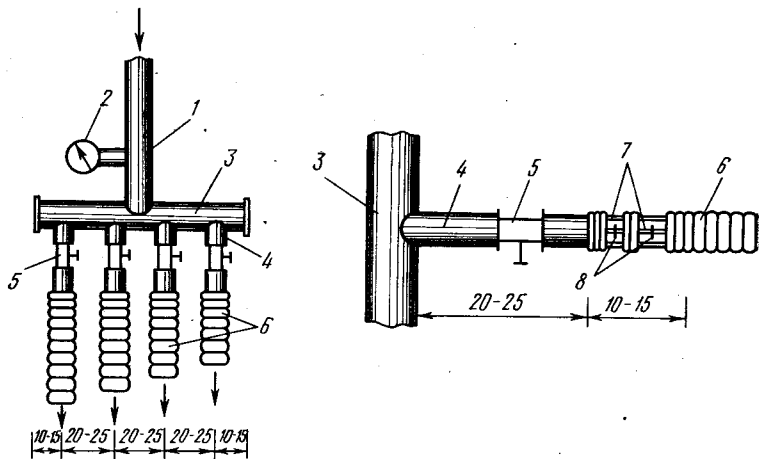
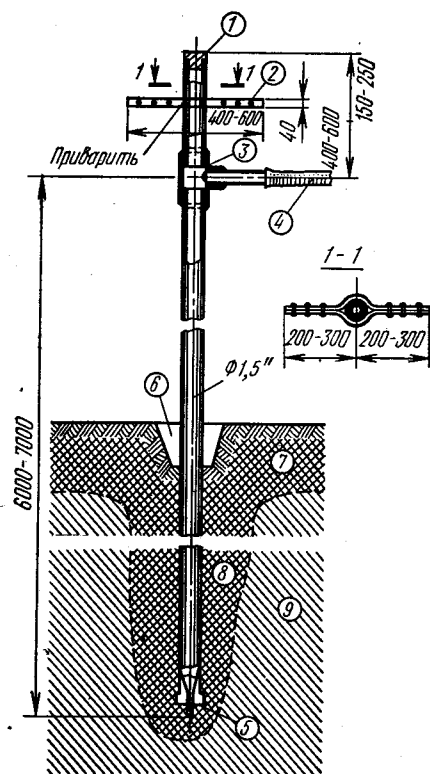


Рис. 7.3. Подсоединение паровых игл к распределительной гребенке:

1 — распределительный паропровод; 2 — манометр; 3 — распределительная гребенка; 4 — отводы распределительной гребенки; 5 — вентиль; 6 — гибкий шланг; 7 — хомуты; 8 — болты



да пара. На паропроводе в местах, близких к пропариванию грунта, монтируют распределительные гребенки, к которым при помощи гофрированных шлангов подсоединяют паровые иглы (рис. 7.3).

Магистральные и распределительные паропроводы изолируют теплоизоляционными материалами и укладывают на низких козелках.

Паровые иглы изготовляют из цельнотянутых труб или из труб буровой стали, стенки которых могут быть сплошными или перфорированными. Длина паровых игл (рис. 7.4) должна соответствовать длине погружаемой сваи. Парообразователи располагают в пониженных местах по отношению

Рис. 7.4. Конструкция паровой иглы:
1 — заглушка; 2 — рукоятка; 3 — тройник; 4 — гибкий шланг; 5 — наконечник; 6 — разработанная лунка или траншея; 7 — зона сезонноталого грунта; 8 — зона оттаянного грунта; 9 — зона вечномерзлого грунта

к местам потребления пара. При этом необходимо предусмотреть меры, исключающие попадание горячей воды в фундаменты рядом стоящих зданий.

Паровые иглы имеют наконечники; в зависимости от конструкции и формы их иглы подразделяют на нормальные, скоростные и рыхлительные. Область применения паровых игл указана в табл. 7.4.

Таблица 7.4

Область применения паровых игл

| Типы игл | Область применения |
|--------------|---|
| Нормальные | В зимнее и весеннее для вечномерзлых грунтов с низкой температурой при погружении одиночных свай |
| Скоростные | В высокотемпературных мерзлых грунтах. При работе летом и забивке кустов свай. |
| Рыхлительные | В пылевато-илистых грунтах. При дополнительной пропарке оттаянного грунта с целью уменьшения трудоемкости погружения свай в местах и в плотных крупнозернистых грунтах |

При использовании обычных паровых игл оттаивание ведут в следующей последовательности: установка паровой иглы; соединение иглы с распределительной гребенкой; пуск пара, выдерживание паровой иглы и ее погружение.

Для закрепления паровых игл над местом оттаивания грунта применяют металлические или деревянные кондукторы (рис. 7.5).

Для отогрева грунта одной скважины устанавливают одновременно несколько паровых игл, количество которых зависит от вида грунта, его температуры и требуемого диаметра скважины. Устанавливают иглы через 0,5 м.

Продолжительность выдерживания паровой иглы под паром на одной отметке, зависящая от вида грунтов зоны отогрева, можно принимать для глинистых, суглинистых и супесчаных грунтов 10—15 мин, для мелкозернистых песков средней плотности — 15—20 мин.

После отогрева грунта на установленной отметке иглу погружают вниз до отказа при ее одновременном повороте вокруг своей оси и закрытых вентилях на распределительной гребенке.

Продолжительность проходки 1 м скважины в глинистых, суглинистых и супесчаных грунтах составляет 20—30 мин, а в мелкозернистых песках — 30—40 мин.

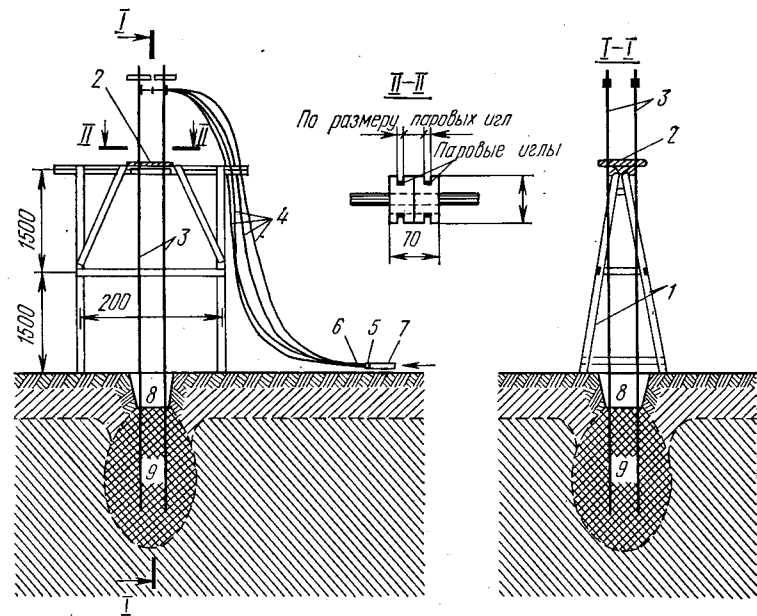


Рис. 7.5. Схема установки паровых игл:

1 — кондуктор; 2 — площадка для погружения паровой иглы; 3 — паровые иглы; 4 — гибкие шланги; 5 — распределительная гребенка; 6 — вентиль на отводе распределительной гребенки; 7 — распределительный паропровод; 8 — лунка; 9 — зона постоянного вечномерзлого грунта

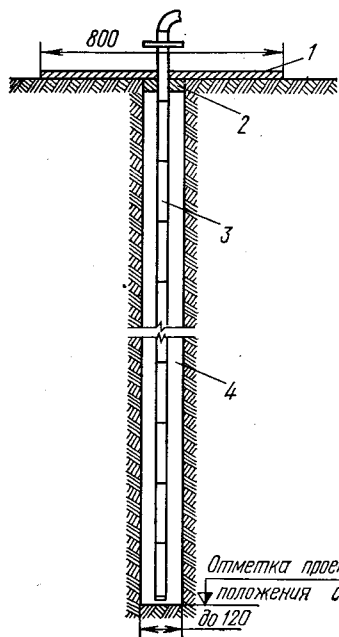


Рис. 7.6. Схема установки паровой иглы в пробуренную скважину:

1 — деревянный щит; 2 — деревянная пробка; 3 — перфорированная паровая игла; 4 — скважина

Красноярский институт «ПромстройНИИпроект» предложил технологию отогрева скважин перфорированными иглами путем одновременного пропаривания всей глубины скважины. Для этого в скважины диаметром 80—120 мм опускают перфорированные паровые иглы (рис. 7.6).

Применение паровой иглы этого типа обеспечивает более равномерное паротопгревание по всей глубине скважины.

Показатели трудовых затрат на операции по погружению свай в скважины, оттаиваемые паром, приведены в табл. 7.5.

Таблица 7.5
Трудовые затраты на погружение свай при оттаивании грунта паром

| Операции | Трудовые затраты, чел.-ч |
|---|--------------------------|
| Передвижение и установка бурового станка БС-110/25 на точку | 0,25 |
| Бурение скважины диаметром 110 мм на глубину 6 м | 1,43 |
| Подготовка к оттаиванию грунта | 1,26 |
| Оттаивание грунта скважины паром | 2,35 |
| Извлечение иглы и проверка скважины иглой-шаблоном | 0,45 |
| Перемещение и установка грузоподъемного крана | 0,17 |
| Строповка и подтаскивание свай | 0,32 |
| Погружение свай в скважину | 2,34 |
| Выборка вертикальности свай | 0,42 |
| Срубка голов свай (при 16% недопогруженных) | 0,77 |
| Выработка и подача пара | 2,75 |
| Всего | 12,51 |

Область применения свай по этому методу ограничена низкотемпературными вечномерзлыми грунтами, а также грунтами с каменными включениями не более 30%. Трудоемкость работ по погружению свай в скважину приведена в табл. 7.6.

Таблица 7.6
Трудовые затраты на погружение свай в низкотемпературные мерзлые грунты

| Операции | Трудовые затраты, чел.-ч |
|--|--------------------------|
| Бурение скважин диаметром 450 мм на глубину 7 м станками БС-1 и БУ-20-2М | 12,6 |
| Замер скважины | 0,3 |
| Передвижение бурового станка к последующей скважине и установка в точку | 1,8 |
| Прием раствора | 0,1 |
| Заливка раствора в скважину | 0,5 |
| Очистка свай и погружение ее в скважину | 1,3 |
| Выравнивание и закрепление свай | 0,4 |
| Всего | 17 |

4. Бурозабивной и забивной способы погружения свай

Для пластичномерзлых грунтов, которыми занята большая часть южной зоны вечной мерзлоты, способ погружения свай скважины большого диаметра при подготовке грунта пропариванием скважин непригоден, так как процесс смерзания свай с грунтом в северо-восточных районах занимает длительное время (от нескольких недель до года).

В таких грунтах СНиП II-Б. 6—66 рекомендует применять бурозабивной и забивной способы погружения свай. Первый способ заключается в забивке свай в пробуренные скважины диаметром, меньшим размера поперечного сечения свай, второй — в забивке свай непосредственно в пластичномерзлые грунты. Забивка свай в скважины меньшего диаметра в условиях вечномерзлых грунтов впервые была осуществлена в 1951 г. С. С. Вяловым, и в последние годы этот способ применяется широко.

Для обеспечения расчетной несущей способности бурозабивных свай необходимо прежде всего точно определить диаметр скважины. При этом отношение площади поперечного сечения забоя скважины F к площади поперечного сечения сваи F_1 , называемое коэффициентом забуривания, колеблется в пределах 0,75—0,95. Первое значение принимают в тех случаях, когда поперечное сечение сваи квадратное, а второе, если сваи и скважины имеют в поперечном сечении форму круга.

Глубина скважин должна быть равна длине сваи без учета размера острия.

При погружении свай в твердомерзлые грунты глубину скважины увеличивают с учетом того, что в пробуренную часть скважины осыпается $1/2$ — $2/3$ грунта при погружении свай.

Когда стенки скважин находятся в пластичномерзлом состоянии, при погружении бурозабивной сваи образуются грунтовые пробки на глубине от 10 до 15 диаметров сваи. Такие пробки значительно снижают скорость погружения свай и отжимают оттаявший грунт на поверхность.

При погружении бурозабивной сваи в скважину, стенки которой зимой находятся в твердомерзлом состоянии, грунтовой пробки не возникает. Препятствующий внед-

рению свай грунт скалывается и обрушается в забой; частично оттаявая, он выжимает грунт стенок скважины на поверхность. Технология погружения свай в пластичномерзлые грунты аналогична технологии их погружения в талые грунты.

Погружать забивные сваи сплошного сечения более эффективно машинами ударного и виброударного действия. Использовать для этих целей вибропогружатели, как правило, не рационально, поскольку при этом грунт сильно нагревается, что удлиняет срок смерзания свай с грунтом и передачу на них нагрузок.

Погружение забивных свай ударным способом происходит под воздействием большой энергии удара. В результате под острием сваи возникают большие давления, приводящие к плавлению льда и уменьшению прочности грунта. Образующийся у боковых поверхностей сваи тонкий слой оттаявшего грунта облегчает процесс погружения сваи и способствует быстрому вмерзанию ее в грунт. Такую сваю можно нагружать почти сразу после забивки.

Летом, когда верхний слой сезоннопромерзающих грунтов оттаивает, перед забивкой свай пробуривают лидерные скважины диаметром 400 мм и глубиной на 80% мощности мерзлого грунта. Скважины проходят методом вращательного бурения (см. выше), а также трубчатыми бурами с использованием рабочих органов и виброударного действия сваепогружающих агрегатов (рис. 7.7).

При образовании скважин виброударным методом полый стальной цилиндр (лидер) с открытым нижним концом и специальным

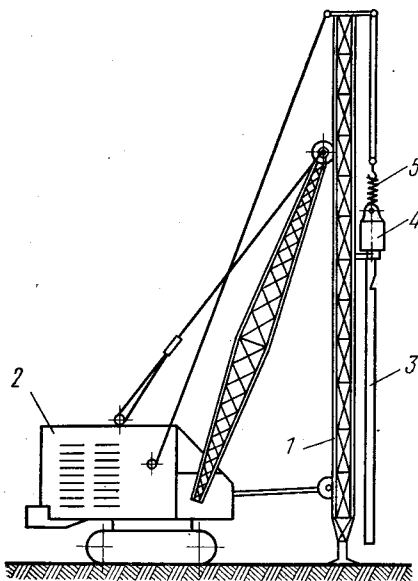


Рис. 7.7. Экскаватор с устройством для проходки скважины:

1 — навесное копровое оборудование; 2 — экскаватор; 3 — лидер для проходки скважин; 4 — вибромолот (вибропогружатель или дизель-молот); 5 — пружинный амортизатор

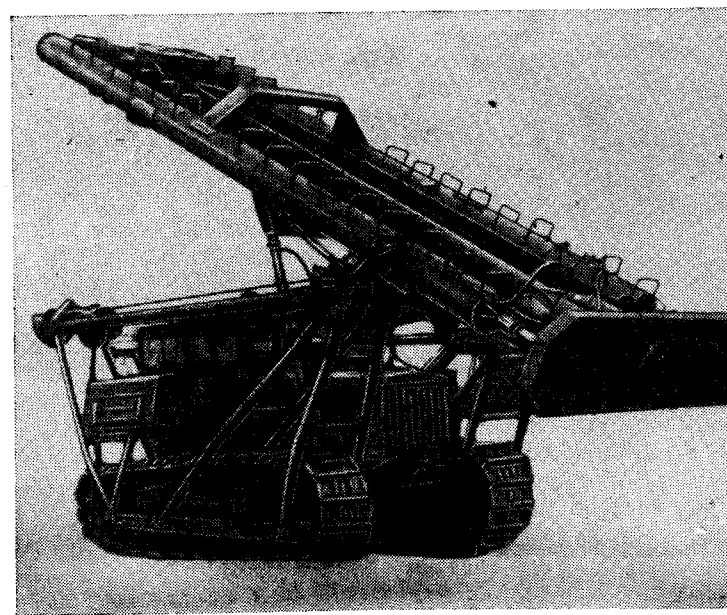


Рис. 7.8. Виброударная машина на базе трактора Д-804

режущим наконечником погружают в грунт до проектной отметки. Затем его извлекают вместе с зашедшим внутрь грунтом, в грунте же образуется скважина соответствующей глубины и формы. После этого в скважину забивают железобетонную сваю, площадь поперечного сечения которой больше площади сечения скважины.

При таком методе проходки скважин грунт прорезается только по их периметру. Извлекаемый из скважины грунт не разрыхляется, в связи с чем на проходку скважины затрачивается меньше энергии и времени, чем при бурении грунта. Для этого применяют виброударную машину (рис. 7.8), смонтированную на тракторе Д-804. Характеристики такой машины и скважин, образуемых ею, следующие:

| | | | |
|--|---------------|--------------------------------------|-------|
| Диаметр скважин, мм . . . | до 426 | Усилие пригруза, Т . . . | 10 |
| Глубина ее, м | » 6 | Габариты, м: | |
| Поперечное сечение железобетонных свай, см | до 30×30 | рабочая высота . . . | 10,25 |
| Длина, м | » 7,5 | длина | 7 |
| База машины | трактор Д-804 | ширина | 3,4 |
| Тип рабочего органа . . . | БМС-1 | Вес, т | 39 |
| Мощность, квт | 57 | Производительность, свай в смену: | |
| Вес ударной части, кг . . . | 2850 | на проходке скважин | до 25 |
| Возмущающая сила, Т . . . | до 12,5 | на погружении свай . . . | » 25 |
| Генератор синхронный мощностью, квт | 200 | Обслуживающий персонал, чел. | 2 |
| Грузоподъемность извлекаемого механизма, Т | до 65 | | |

Принцип действия машины следующий. При вращении дебалансов вибромолота в противоположные стороны возникает знакопеременная вертикально направленная возмущающая сила, вызывающая колебания на пружинах ударной части вибромолота. Последний носит удары по наковальне лидера или сваи, что обеспечивает быстрое погружение их. Для увеличения скорости погружения лидеру дополнительно сообщается пригруз весом 10 Т, что значительно увеличивает давление на грунт под острием сваи.

Проходка скважин с помощью этой машины ведется в последовательности, описанной ниже. После подъезда машины к месту бурения направляющую раму с лидером и вибромолотом приводят в требуемое вертикальное или наклонное положение над точкой бурения, а опорную плиту опирают на грунт. Затем включают пригруз и вибромолот, под влиянием динамического воздействия которого лидер быстро погружается в грунт до проектной отметки. Грунтовый Kern из лидера при следующем погружении его вытесняется новым объемом и выпадает в окно лидера.

Перед забивкой свай в подготовленные скважины лидер заменяют свайным наголовником. Производительность этой машины в вечномерзлых грунтах с включением гальки и щебня значительно

выше производительности ударно-канатных станков и буровых машин.

Для получения скважин глубиной до 4 м в вечномерзлых грунтах III—IV категорий можно применять виброударную машину БВУ-321, смонтированную на базе трубоукладчика ТО-12-34. Внутри вертикальной направляющей рамы перемещается вибромолот, упруго соединенный с полый трубой — лидером. Рабочий орган — вибромолот ВМ-7у — поднимается и опускается лебедкой трубоукладчика и трособлочной системой. Электродвигатели вибромолота получают ток от генератора, приводимого в действие от вала двигателя трубоукладчика.

Машина БУ-321 позволяет бурить скважины глубиной 4 м и диаметром 35—45 см. Рабочий орган машины — ВМ-7у, потребляемая мощность его — 14 квт, вес ударной части — 650 кг. Мощность генератора 30 квт. Вес навесного оборудования — 2,8 т; полный вес машины — 21,8 т. Высота в рабочем положении равна 8,8 м; обслуживают машину два человека. Сменная производительность — 20—30 скважин.

В состав работ по устройству ростверков, в зависимости от их конструктивного решения, входят: срубка (срезка) голов свай, устройство опалубки, установка арматурных каркасов и бетонирование (для монолитных и сборно-монолитных ростверков); срубка голов свай и монтаж элементов ростверка при сборных ростверках.

К устройству ростверков приступают после погружения свай на всем свайном поле или на захвате, предусмотренном проектом производства работ.

Фактическое положение погруженных свай (в плане и по высоте) должно быть подтверждено актом приемки свайного поля и в частности исполнительной схемой свайного поля.

1. Способы подготовки голов свай к сопряжению с элементами ростверка

Состав работ по подготовке голов свай к сопряжению с ростверком зависит от его конструктивного решения. Согласно рекомендаций СНиП II-Б.5—67 в свайном фундаменте, работающем на вертикальные нагрузки, головы свай оголяют и заделывают в ростверк на 25 см и не менее чем на 40 см в свайном фундаменте, работающем на горизонтальные нагрузки. В первом случае концы свай должны быть заделаны на глубину не менее 5 см и во втором — не менее чем на 10 см.

Сопрягать монолитный ростверк со сваями, работающими на вертикальные нагрузки, можно и без заделки арматуры в ростверк. В этом случае считается вполне достаточным заделывать головы свай в ростверк на глубину 5—10 см. В конструкции плитных ростверков, разработанной в институте Моспроект-1, предусмотрено опирание их по слою раствора, уложенного на выровненную поверхность торцов свай.

В практике строительства подготовку голов свай ведут следующими способами: обрубают их отбойными (пневматическими или электрическими) молотками; раздавливают головы свай гидростановками клещевого типа; срезают их струей огня; спиливают головы свай дисковыми пилами с алмазными резами.

При устройстве монолитных, сборномонолитных и сборных ростверков можно применять все названные способы.

Для подготовки голов свай к опиранию плитного или панельного ростверка, если требуется ровная торцовая поверхность свай,

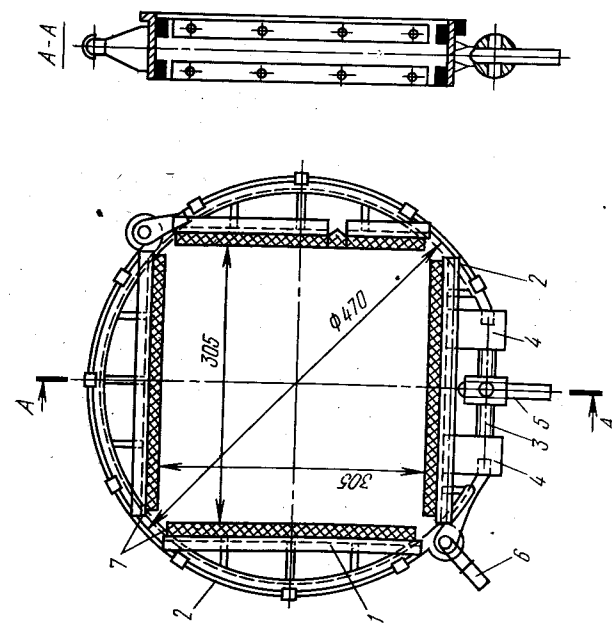


Рис. 8.1. Инвентарный обжимной хомут:
1 — щека хомута; 2 — стяжной пояс; 3 — стяжной пояс; 4 — стяжной винт; 5 — соединительная гайка; 6 — упорная гайка; 7 — резина для резки свай

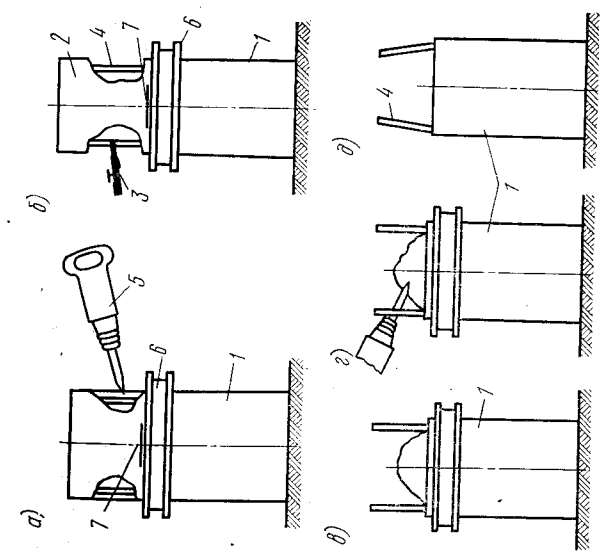


Рис. 8.2. Последовательность срубки свай:
а — установка хомута и оголение арматуры; б — перерезка арматуры; в — удаление срубленной части свай; г — выравнивание торца свай; д — снятие обжимного хомута; 1 — свай; 2 — удаляемая часть свай; 3 — бензорез; 4 — выпускная арматура; 5 — отбойный молоток; 6 — обжимной хомут; 7 — линия срубки свай

целесообразно применять установки типа С-998, обеспечивающие горизонтальность верха срезаемых свай.

В случаях срубки голов свай отбойными молотками, во избежание околлов и трещин ниже линии срубки, применяют инвентарный металлический хомут, рис. 8.1, с помощью которого предварительно обжимают бетон свай. Срубка концов свай с применением отбойного молотка и инвентарного обжимного хомута выполняется в последовательности, показанной на рис. 8.2: *а* — оголение арматуры; *б* — срезка арматуры; *в* — удаление конца сваи; *г* — зачистка торца сваи и *д* — снятие хомута.

Хомут на сваю устанавливают в раскрытом состоянии, для чего из шарнира вынимают соединительную чеку и расслабляют стяжной винт. После совмещения верхних кромок щек хомута с рисками, обозначающими линию сруба, в шарнир вставляют чеку и, вращая стяжной винт воротком, стягивают хомут. Наличие на внутренних гранях щек хомута резиновых прокладок обеспечивает плотность прилегания хомута к бетону и его равномерное обжатие.

В процессе срубки обжимной хомут можно использовать как опору пики отбойного молотка, что улучшает условия срубки.

Оголенную арматуру срезают бензорезом или кислородным резаком 3, после чего верх сваи сваливают, а ее конец 4 зачищают.

В последние годы чаще всего применяют механизированные средства для удаления голов свай. К их числу относятся специаль-

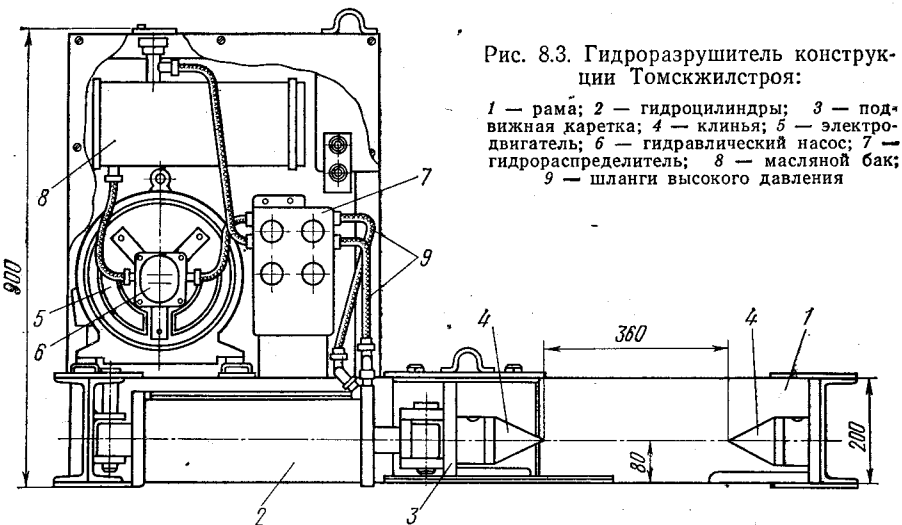


Рис. 8.3. Гидроаппарат конструкции Томскжилстроя:

1 — рама; 2 — гидроцилиндры; 3 — подвижная каретка; 4 — клинья; 5 — электродвигатель; 6 — гидравлический насос; 7 — гидрораспределитель; 8 — масляный бак; 9 — шланги высокого давления

ные гидроаппараты, работа которых основана на силовом раздавливании бетона сваи. Принципиальная схема такого устройства приведена на рис. 8.3.

Гидроаппараты, применяемые в тресте «Томскжилстрой» и в Главленинградстрое состоят из жесткой замкнутой станины 1, гидродомкрата 2, подвижной каретки и съемных клиновых челюстей 4. Замкнутая станина представляет собой сварную конструк-

цию, на траверсе которой установлена клиновья челюсть, обращенная остриями внутрь рамы. Подвижная рама своими направляющими скользит по продольным балкам станины, на траверсе которой смонтирована клиновья челюсть, обращенная остриями навстречу остриям челюсти, установленной на станине.

С помощью крана или другого грузоподъемного механизма гидроаппараты устанавливают на ствол срезаемой сваи. После этого, включив насосную станцию, приводят в действие клиновидные челюсти, которые и разрушают бетон сваи. Полный цикл разрушения конца сваи сечением 350×350 мм составляет 4—7 мин.

Технические характеристики установок, работающих по принципу гидроаппарата ствола сваи, приведены в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Характеристика гидроаппаратов концов свай

| Параметры | Конструкция гидроаппаратов | | |
|---|----------------------------|--|-------------------------|
| | Главквбас- стройка | Томского УМ Министерства строительства | Главленин- градстрой |
| Наибольшее сечение срезаемых свай, мм | 350×350 | 300×300 | 400×400 |
| Высота зоны оголения арматуры, мм | 250 | 250 | 250 |
| Продолжительность цикла срезки свай, мин | 5—7 | 5—6 | 4—6 |
| Вес установки, кг | 700 | 650 | 1080 |
| Максимальное рабочее давление в гидро- системе, кг/см ² | 300 | 120 | 400 |
| Габаритные размеры, мм: | | | |
| длина | 1860 | 1590 | 1840 |
| высота | 1140 | 900 | 1190 |
| ширина | 630 | 630 | 700 |
| Наибольшее усилие раздавливания дом- крата, Т | 150 | 32—35 | 200 |

Из-за больших габаритов конструкций указанных выше гидроаппаратов невозможно применять на объектах при двух-трехрядном и кустовом расположении свай, а потребность в грузоподъемном механизме (автокране) значительно снижает их технико-экономические показатели.

На объектах Главдальстроя для срезки голов свай применяется установка (рис. 8.4), состоящая из двух рычагов 1, соединенных в нижней части рамой 2, а в верхней через полиспаст — гибкими связями 3. Рабочий орган представляет собой две пары ножей 4 и 5, возвратное 6 и монтажное устройство 7. Установку навешивают на крюк грузоподъемного механизма 8 и опускают на сваю 9; на последнюю предварительно закрепляется струбцина 10. После этого с монтажных крючьев снимают канаты и подают команду для подъема тягового блока. При этом рычаги сходятся совместно с закрепленными на них ножами.

После разрушения бетона и оголения арматур прекращают подъем тягового блока, и по мере опускания его рычаги под действием возвратного устройства становятся в исходное положение.

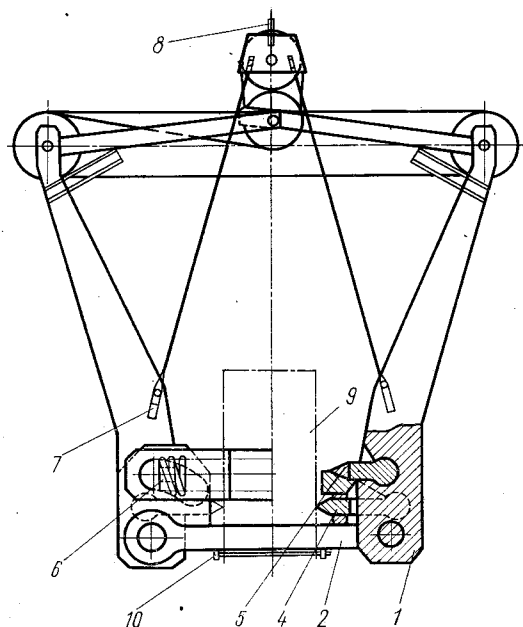


Рис. 8.4. Устройство для срезки голов свай типа клещевых захватов

Монтажные канаты надевают на крючки и установку снимают со срезаемой сваи. Параметры описанной установки приведены ниже.

| | |
|---|---------------|
| Наибольшее сечение срезаемых свай, мм | 300×300 |
| Высота зоны оголения арматуры, мм | 250—300 |
| Производительность в смену, свай | 90—120 |
| Максимальное усиление на тяговую петлю, Т | 3 |
| Максимальное усиление на ножах, Т: | |
| нижних | 220 |
| верхних | 128 |
| Максимальный ход ножей, мм: | |
| нижних | 110 |
| верхних | 300 |
| Габаритные размеры, мм | 1900×1600×600 |
| Вес, кг | 1100 |

Более мобилен гидроразрушитель головок свай на базе колесного экскаватора типа Э-1514, применяемый в тресте «Кемеровожилстрой». Этот гидроразрушитель, являющийся сменным оборудованием к экскаватору Э-1514, состоит из двух плит серповидной формы, между которыми установлен силовой цилиндр, и двух челюстей, раздавливающих бетон сваи.

Силовой цилиндр приводится в действие от насоса, смонтированного на раме экскаватора и получающего вращение от вала

отбора мощности. Масло для работы разрушителя подводится из бака гидросистемы экскаватора. Управляют работой силового цилиндра с пульта управления экскаватора. В течение 1 ч этим устройством можно разрушить 10—15 голов свай сечением 30×30 см.

Вариантом мобильной установки для срезки свай сечением 30×30 см является установка, смонтированная на базе гусеничного трактора КТС-5Э. Она состоит из стрелы, шарнирно закрепленной на поворотной платформе, рукоятки, крюковой подвески, рабочего органа и гидронулжниц для резки арматуры. Имеющаяся в установке строповочная вилка обеспечивает падение срезанной части сваи в заданном направлении.

Преимуществами этой установки являются маневренность, возможность срезки с одной стоянки нескольких свай и высокая проходимость в условиях строительной площадки. Техническая характеристика установки приведена ниже:

| | |
|--|---------|
| Грузоподъемность, кг | 1500 |
| Наименьший вылет стрелы от ребра опрокидывания сваи, м | 8,6 |
| Наибольшая высота подъема крюка, м | 8,7 |
| Угол поворота рабочего органа (с поворотной платформы), град | 270 |
| Усиление резания, кг: | |
| рабочим органом | 451 000 |
| гидронулжницами | 6640 |
| Общий вес установки, т | 18,3 |
| Производительность, шт/ч | 10—15 |

Способ огневой резки голов железобетонных свай основан на свойстве бетона разрушаться под действием высокотемпературного нагрева факелом горелки ракетного типа. Горючую смесь (кислород, керосин, сжатый воздух) подают к горелке по шлангам от специальной передвижной станции, смонтированной на трехтонном принципе (рис. 8.5).

В зависимости от сечения свай и расположения арматуры головы их отрезают струей огня с двух противоположных сторон до

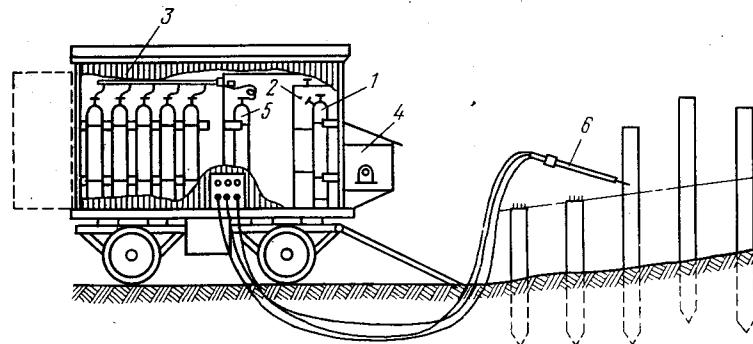


Рис. 8.5. Схема установки для огневой срезки концов свай:
1 — емкость для горючего; 2 — емкость для охлаждающей воды; 3 — перепускная рама; 4 — насосы для горючего; 5 — сжатый воздух; 6 — термобур

места заложения арматуры или срезают арматуру с четырех углов сваи.

Как и при механических способах разрушения, вначале размечают линии срезки свай, затем ведут резку до пересечения арматуры. Срезка свай струей огня показана на рис. 8.6. Подрезанную часть сбивают отбойным молотком или кувалдой. Затем сверху в торцевой части сваи пробуривают одно или несколько отверстий (в зависимости от сечения сваи) глубиной 15—20 см, чтоб легче разрушать концы свай. Бетон, нагретый при бурении, легко удаляется, что ускоряет зачистку монтажных концов арматуры.

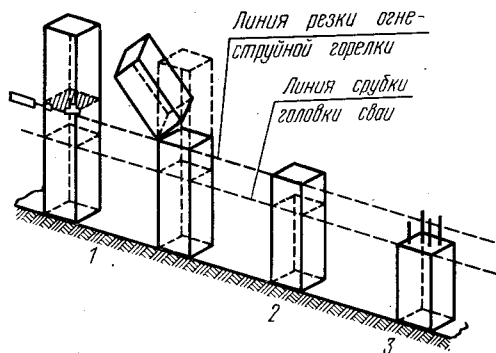


Рис. 8.6. Последовательность огневой резки свай:

1 — резка свай и удаление срезанной части; 2 — бурение шпура; 3 — оголенная арматура

Продолжительность цикла подготовки сваи к соединению с ростверком занимает 13—20 мин. Этот способ более целесообразен для свай с большим количеством стержней. Но недостатком

этого способа — потребность в компрессоре или другом источнике воздуха для отбойного молотка. Кроме этого, для охлаждения реактивной горелки требуется много воды (350—400 л/ч).

Описанные способы подготовки голов свай к сопряжению с ростверком не обеспечивают строгой горизонтальности срезаемых частей свай, что крайне важно при устройстве сборных ростверков без промежуточных оголовков, т. е. при опирании плитных или панельных ростверков непосредственно на выровненную поверхность срезаемых свай.

Горизонтальность поверхности сваи можно обеспечить при срезке свай установкой С-993. Принцип ее работы основан на сплипании свай на заданном уровне вращающимися дисками, в режущей части которых имеются карборундовые или алмазные вставки. Параметры установки С-993 следующие:

| | |
|--------------------------------|---------|
| Сечение спливаемой сваи, см | 30×30 |
| Алмазно-металлические диски: | |
| количество, шт. | 2 |
| диаметр, мм | 320 |
| толщина, мм | 2 |
| Срок службы дисков, ч | 500—600 |
| Производительность, свай в час | 6—7 |
| Мощность электродвигателя, квт | 9,5 |
| Вес машины, кг | 600 |
| Габариты машины, мм: | |
| длина | 1200 |
| ширина | 900 |
| высота | 600 |

Установка С-993 (рис. 8.7) состоит из станины и суппорта с двумя режущими дисками. Для продольного перемещения суппорта станина имеет направляющие. Внутри станины расположены гидрозажим 3 для крепления машины на свае 1, бак с насосом для воды, два гидроцилиндра, передвижные суппорты со шлангами 4

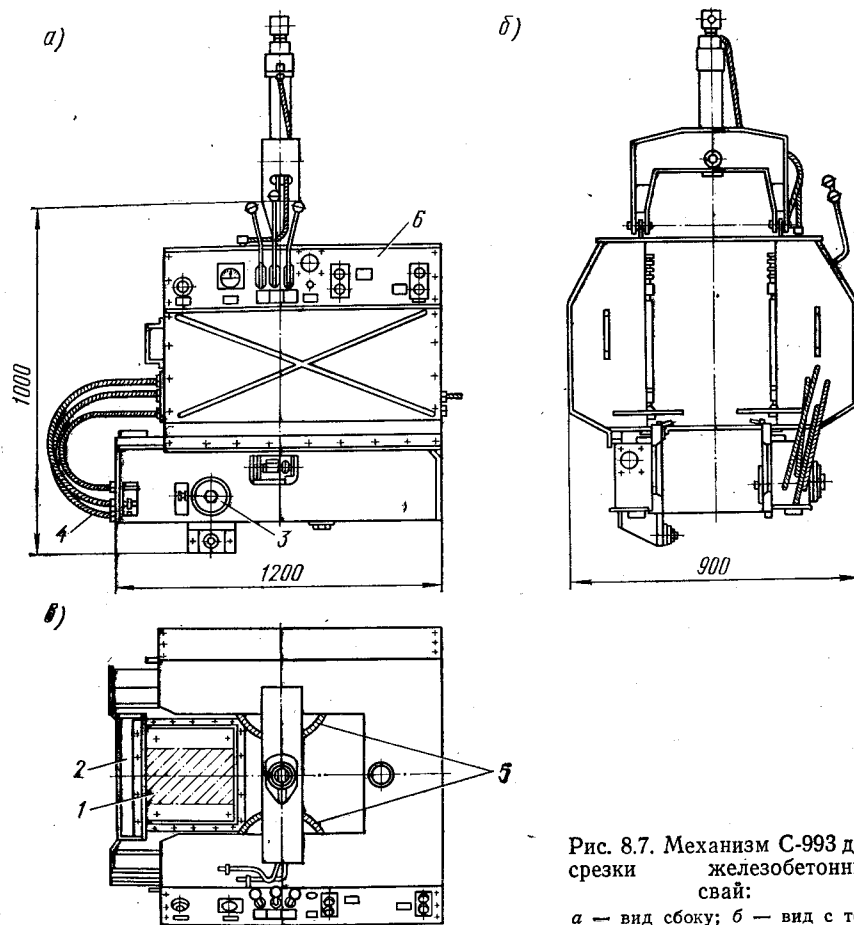


Рис. 8.7. Механизм С-993 для резки железобетонных свай:

а — вид сбоку; б — вид с торца; в — то же, в плане

и ограждающий уголок 2. В суппорте установлены два режущих алмазно-металлических диска 5 с электродвигателями, гидронасос и пульт управления 6.

Для спливания сваи установку С-993 краном или другим грузоподъемным механизмом устанавливают на головку сваи и закрепляют гидрозажимами в положении, обеспечивающем расположе-

ние дисков на уровне линии срезки. После этого включением электродвигателей приводят в действие алмазно-металлические диски. Поступательное движение вращающихся дисков возможно при перемещении суппорта, на котором они укреплены. После спиливания сваи суппорт отводят, отключают гидрозажимы и установку переносят на другую сваю.

Продолжительность полного рабочего цикла спиливания составляет 8—10 мин, а чистое время резания сваи сечением 30×30 см — 3—4 мин. Установку обслуживают крановщик и рабочий оператор. В процессе срезки диски охлаждаются водой. В течение смены ее расходуется от 300 до 600 л.

2. Устройство монолитных ростверков

Монолитные ростверки устраивают преимущественно тогда, когда нижняя поверхность их опирается на поверхность грунта (низкий ростверк). Примером может служить ростверк свайного фундамента 12-этажного здания серии II-18. В этом случае монолитный ростверк имеет форму лент сечением 50×120×130 см.

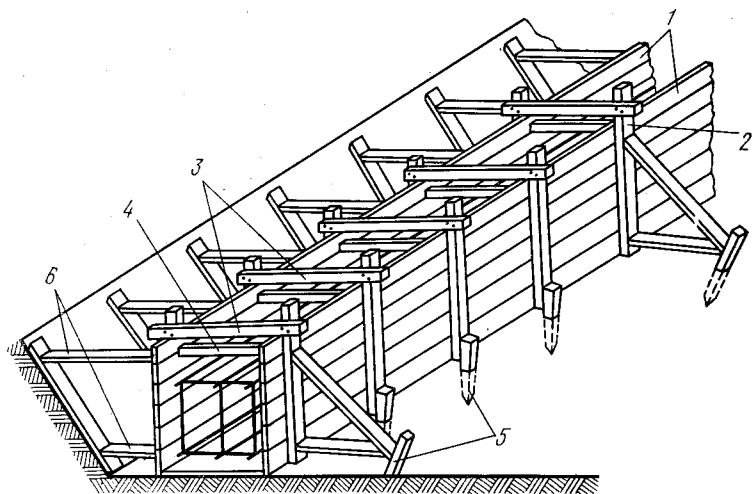


Рис. 8.8. Сборно-разборная опалубка:

1 — щиты; 2 — шпильные планки; 3 — схватки; 4 — временные распорки; 5 — колья; 6 — упоры

В некоторых случаях монолитные ростверки устраивают поднятые над поверхностью грунта (высокие ростверки).

Перед устройством низкого монолитного ростверка проверяют нивелиром уровень его расположения относительно нулевой отметки и определяют глубину отрывки траншеи.

Грунтовое основание должно быть очищено от растительных и органических примесей и при необходимости уплотнено. Для предотвращения возможного пучения монолитного ростверка на связ-

ных грунтах по дну траншеи или котлована устраивают подушки в 10—15 см из сыпучих дренирующих материалов: щебня, шлака или крупнозернистого песка.

По выровненному основанию устраивают опалубку и устанавливают арматуру. Опалубку выполняют из деревянных щитов, изготовляемых на месте или доставляемых на объект (рис. 8.8).

При устройстве однотипных монолитных ростверков, имеющих конструкцию прямоугольной формы (рис. 8.9) квадратной или же

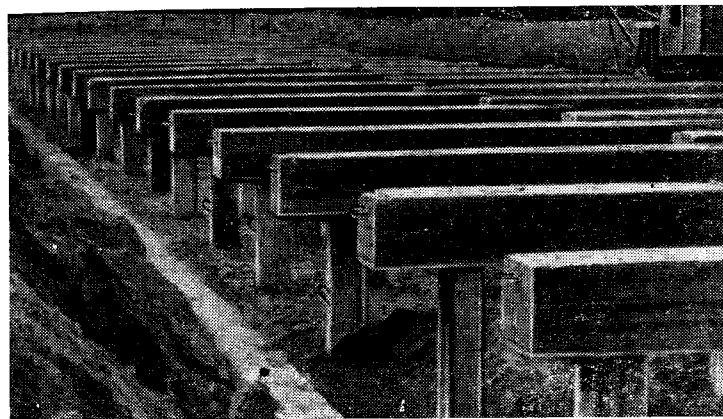


Рис. 8.9. Монолитный ростверк

трапецидальной, целесообразно применять сборно-разборную металлическую опалубку (рис. 8.10).

В качестве арматуры обычно используют сталь марок А-I, А-II или А-III. На заводах изготовляют плоские или пространственные каркасы, устанавливаемые на объекте строительства.

До укладки бетонной смеси необходимо проверить правильность установки опалубки и армирования, очищают опалубку от мусора и грязи, а арматуру от ржавчины и оформляют акт на скрытые работы.

Бетонную смесь, доставляемую на объект самосвалами или автобетоновозами, выгружают в поворотные бадьи. Бадью с бетоном к месту укладки подают мобильными грузоподъемными ме-

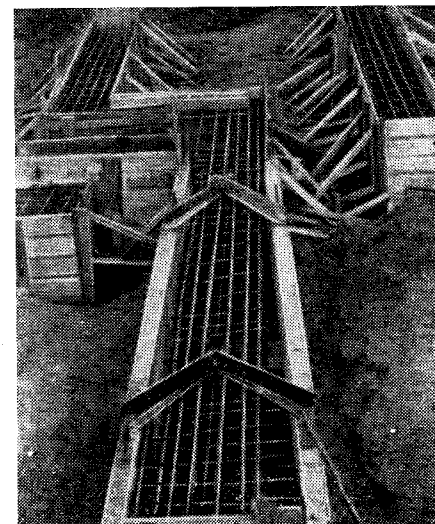


Рис. 8.10. Сборно-разборная металлическая опалубка для устройства ростверков

ханизмами (автокранами или кранами-экскаваторами), кранами нулевого цикла на рельсовом ходу или бетоноукладчиками.

На рис. 8.11 изображена схема подачи бетонной смеси в конструкцию ростверка здания серии П-18-01/12 краном-экскаватором Э-801. При этой схеме кран-экскаватор, последовательно перемещающийся по периметру котлована, подает бетонную смесь.

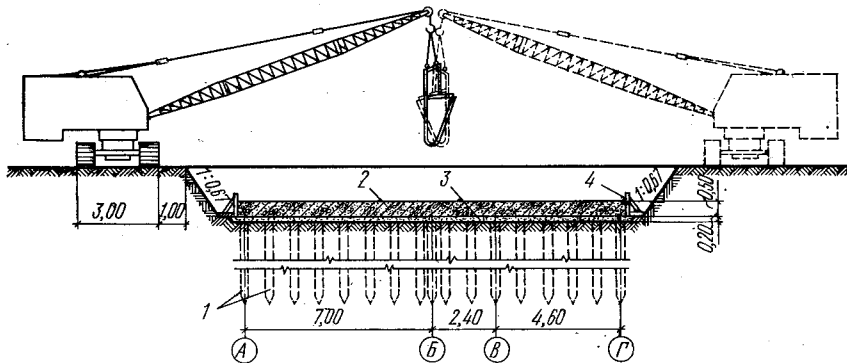


Рис. 8.11. Схема подачи бетонной смеси в конструкцию ростверка:
1 — свая; 2 — ростверк; 3 — песчаная подготовка; 4 — опалубка

Уложенную бетонную смесь уплотняют глубинными вибраторами. Снимать опалубку разрешается при достижении бетоном 25% прочности от проектной; начинать загрузку ростверка можно при достижении бетоном прочности 70% от требуемой и 100% — к моменту окончания загрузки.

Значительная трудоемкость работ по устройству монолитных ростверков снижает экономическую эффективность свайных фундаментов. Для выполнения этих работ в зимнее время требуются дополнительные затраты, что увеличивает сроки строительства. Учитывая это, в последние годы все больше применяют свайные фундаменты со сборным ростверком.

3. Устройство сборных ростверков

Как было отмечено выше, устройство элементов как монолитного, так и сборного ростверков начинают с подготовки голов свай. На рис. 8.12 показана последовательность монтажа сборного оголовка.

Проектное положение уровня оголовков обеспечивают установкой на сваю монтажных хомутов (рис. 8.12, а), низ расположения которых определяют по нивелиру.

При помощи крана монтажники устанавливают оголовки на монтажный хомут (рис. 8.12, б), после чего центрируют его положение в плане по взаимопересекающимся осям. Для этого на грани свай и оголовка предварительно наносят риски. После окончания

монтажа выверенные оголовки замоноличивают бетонной смесью марки 200 (рис. 8.12, в).

Монтажные хомуты после набора бетоном необходимой прочности снимают (рис. 8.12, г). Далее по сборным оголовкам мон-

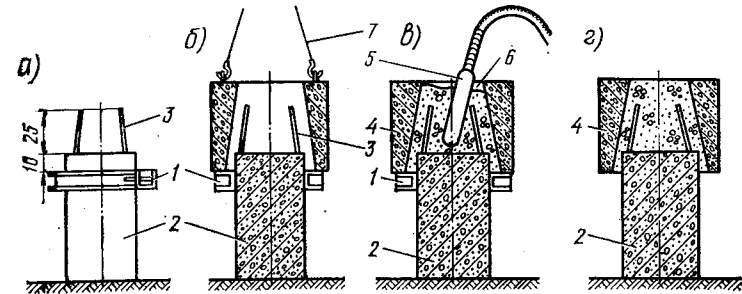


Рис. 8.12. Последовательность монтажа сборных оголовков:
а — установка монтажного хомута; б — монтаж железобетонного оголовка; в — бетонирование; г — снятие монтажного хомута; 1 — хомут монтажный; 2 — свая; 3 — выпуск арматуры; 4 — оголовки; 5 — вибратор; 6 — бетонная смесь; 7 — строп

тируют балки ростверка. Монтажный горизонт оголовков обеспечивают укладкой нужного слоя цементного раствора. По балкам ростверка монтируют плиты перекрытия.

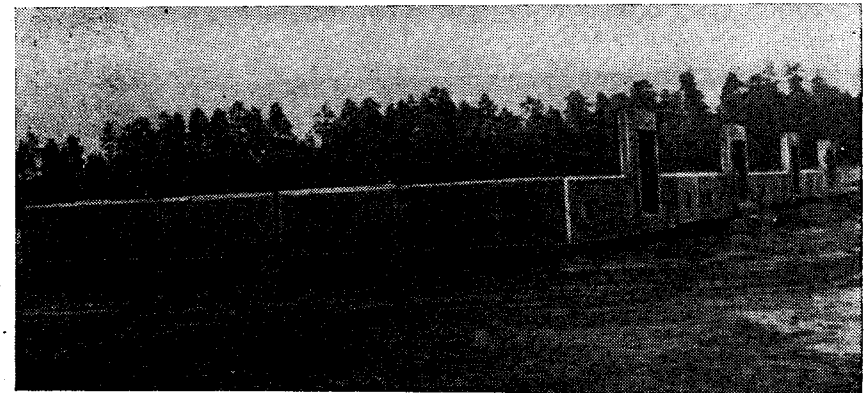


Рис. 8.13. Цокольные панели, установленные по оголовникам свай

Соединение балок ростверка с железобетонными оголовками обычно выполняют на сварке, для чего в оголовках и балках ростверка предусматривают закладные детали. На оголовки, расположенные по поперечным и продольным наружным осям, монтируют цокольные панели (рис. 8.13).

Работы по монтажу элементов сборного ростверка выполняет звено монтажников, входящее в состав комплексной бригады по устройству подземной части здания.

При устройстве безростверковых свайных фундаментов (т. е. когда поперечные балки исключены из конструкции ростверка) плиты перекрытия опирают непосредственно на оголовки свай (рис. 8.14), а на оголовки свай, расположенных по наружным осям здания, монтируют цокольные панели.

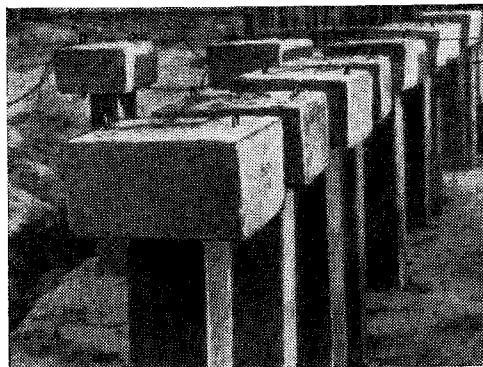


Рис. 8.14. Вид свай с установленными на них оголовками

Цокольные панели и плиты перекрытия технического подполья соединяют между собой сваркой расположенных в них закладных деталей. Штыки цокольных панелей заделывают герметиком, предварительно зачеканив их цементным раствором.

ГЛАВА 9. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПО УСТРОЙСТВУ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

1. Состав проекта производства работ

По требованиям СНиП III-A. Б—62, п. 12 строительные работы на объектах можно выполнять при наличии утвержденных проектов производства работ (ППР). Проект производства свайных работ (ППР) разрабатывают на основании рабочих чертежей зданий и сооружений и утвержденного проекта организации строительства. Этот проект должен содержать наиболее эффективные решения технологии всего комплекса работ по устройству свайных фундаментов.

В состав проекта производства работ входят следующие документы:

- строительный генеральный план объекта;
- технологические карты или технологические схемы производства работ;
- календарный план производства работ;
- график доставки на объект свай и других конструкций и материалов;
- график движения рабочих по профессиям;
- график работ основных строительных машин и оборудования;
- краткая пояснительная записка, в которой приводят обоснование принятых методов погружения свай, устройства ростверков, а также технико-экономические показатели;
- основные технические решения по охране труда.

ППР на свайные работы разрабатывает генеральная подрядная организация или субподрядная, выполняющая эти работы.

При особой сложности проектного решения свайных фундаментов к разработке ППР привлекают тресты Оргтехстрой или проектные организации.

Потребность в рабочей силе и основных механизмах определяют на основе единых норм и расценок (ЕНиР).

Экономическую оценку вариантов ППР с одинаковой продолжительностью строительства определяют по формуле

$$\mathcal{E} = (C_1 - C_2) + E_n (K_1 - K_2), \quad (9.1)$$

где $C_1 - C_2$ — разница в себестоимости строительных работ по сравниваемым вариантам (учитывают только затраты, величина

которых меняется в зависимости от принятых решений); E_n — нормативный коэффициент эффективности в строительстве; K_1-K_2 — разница в стоимости основных и оборотных производственных фондов по сравниваемым вариантам.

Если сравниваемые варианты различаются по продолжительности строительства, то дополнительно учитывают эффект от влияния фактора времени по инструкции СН 47—67 Госстроя СССР о порядке составления и утверждения проектов организации строительства и проектов производства работ.

2. Строительный генеральный план (стройгенплан)

Этот документ, сокращенно называемый стройгенпланом, составляют на основании инструкции СН 47—67. Для разработки ППР на устройство свайных фундаментов требуется:

план разрабатываемого котлована, а при его отсутствии план свайного поля (без указания мест погружения свай).

На стройгенплане показывают также:

временные сооружения;
дороги и пути движения транспорта для перевозки свай и материалов;

въезды и выезды на площадку или в котлован;

места раскладки свай и площадки для них;

направление движения сваебойных агрегатов и места расположения компрессоров и других механизмов и оборудования, занятых на устройстве свайных фундаментов;

проектируемые и действующие подземные коммуникации, а также воздушные линии энергоснабжения и места расположения силовых электрощитов.

Кроме того, на стройгенплане следует указать сооружения, подлежащие сносу, а в пояснительной записке дать характеристику состояния территории и указать помехи, которые могут оказать влияние на производство работ.

В приведенном варианте стройгенплана (рис. 9.1) сваи складировать на бровке котлована, перпендикулярно продольной оси свайного поля. Это позволяет сваебойному агрегату типа ПМК-3-12 подтаскивать сваи к месту погружения без привлечения дополнительных грузоподъемных средств (автокрана, трубоукладчика), что облегчает выполнение работ.

При большой глубине котлована и стесненных условиях строительства сваи можно складировать в котловане с помощью автокрана.

Оптимальным вариантом схемы складирования свай является раскладка их в рабочей зоне сваепогружающего агрегата. Следует иметь в виду, что технологические параметры различных типов таких агрегатов требуют и разных схем раскладки свай. Применение сваебойной установки мостового типа дает возможность сложить потребное число свай непосредственно на дне котлована.

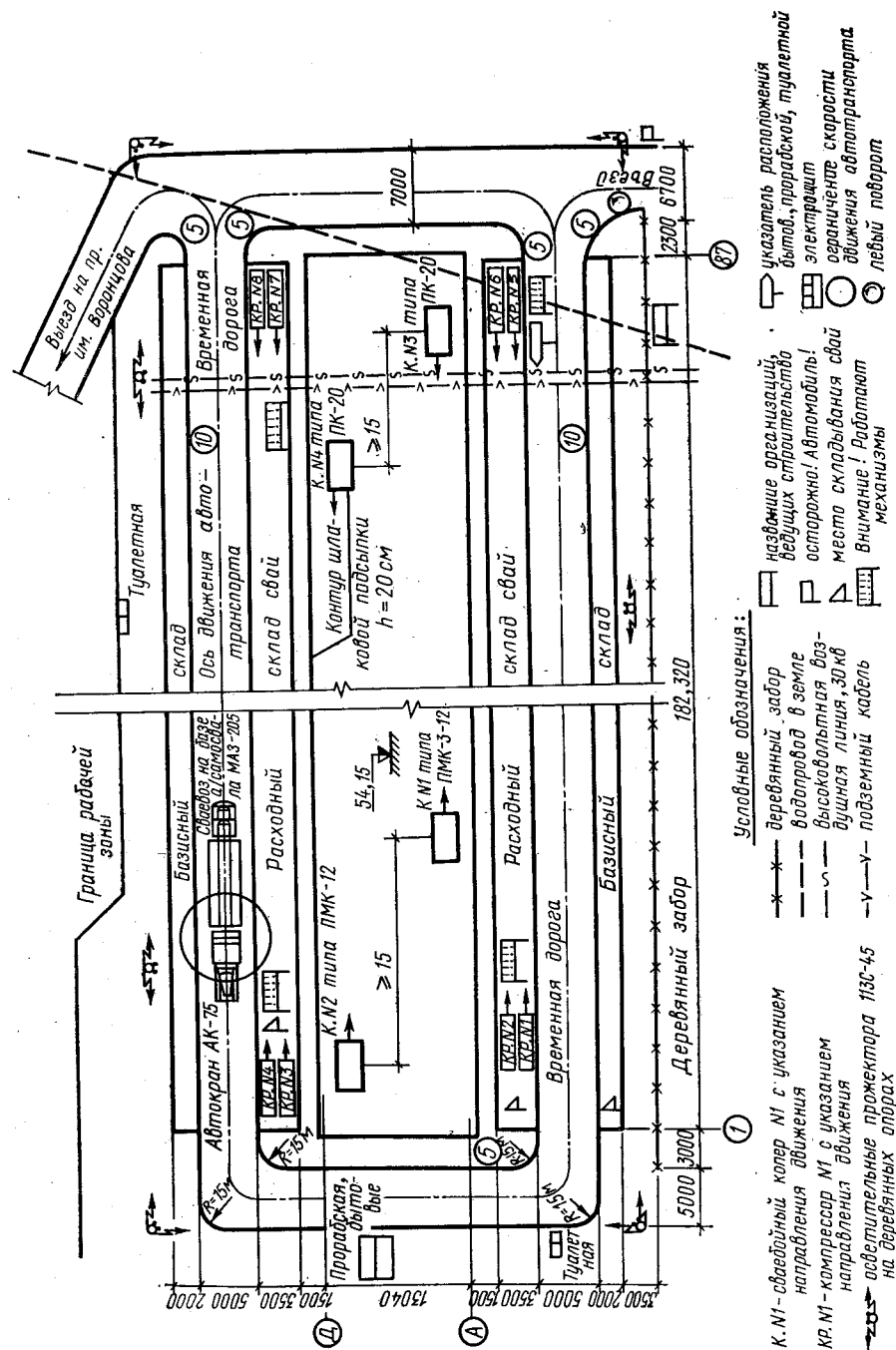


Рис. 9.1. Стройгенплан на стадии возведения свайного фундамента

3. Технологические карты и схемы комплексной механизации

Весьма важным разделом ППР являются технологические карты, составляемые на сложные объекты и в случаях специфических условий производства работ.

В технологическую карту входят: технологическая схема производства работ, предусматривающая эффективную организацию рабочих мест, направление перемещения рабочих установок при погружении свай, а также машин и рабочих при выполнении других процессов; основные указания о последовательности и методах работ и организации труда, график выполнения работ, калькуляция затрат труда и стоимости машин, ведомость потребности в материально-технических ресурсах и основные технико-экономические показатели по объектам.

В ряде случаев ограничиваются составлением технологической схемы производства работ.

При разработке графической части технологической схемы погружения свай на плане свайного поля показывают расположение машин (копровых установок, средств транспорта, компрессора), зону их действия и границы захваток, последовательность погружения свай и выполнение других видов работ, а также складирование свай и способ подачи к копровым установкам.

На разрезах показывают размеры котлована (при наличии его), отметку его дна относительно уровня пола первого этажа, расположение сваепогружающей установки и других машин, свай погруженных и мест складирования свай, подлежащих погружению.

Пример технологической схемы погружения свай копровой установкой мостового типа приведен на рис. 9.2. На рис. 9.3 показаны схемы выполнения основных технологических процессов при устройстве свайного фундамента со сборным ростверком.

Технологические карты предусматривают применение комплексной механизации производства работ. Один из примеров схем комплексной механизации показан на рис. 9.4.

4. Выбор сваепогружающего оборудования

На выбор сваепогружающего оборудования влияют вес и длина применяемых свай, размеры, конфигурация свайного поля и расположение в нем свай, геологические условия строительной площадки и заданный срок выполнения работ.

При выборе сваепогружающих агрегатов (сваепогружателя и копрового оборудования) определяют способ погружения свай, типы рабочего органа погружателя и копрового оборудования. Эффективность применения того или иного типа сваепогружающих агрегатов необходимо обосновать расчетами путем сравнения технико-экономических показателей (стоимость, трудоемкость и др.) нескольких вариантов.

Основные способы погружения свай и область их возможного применения приведены в табл. 9.1.

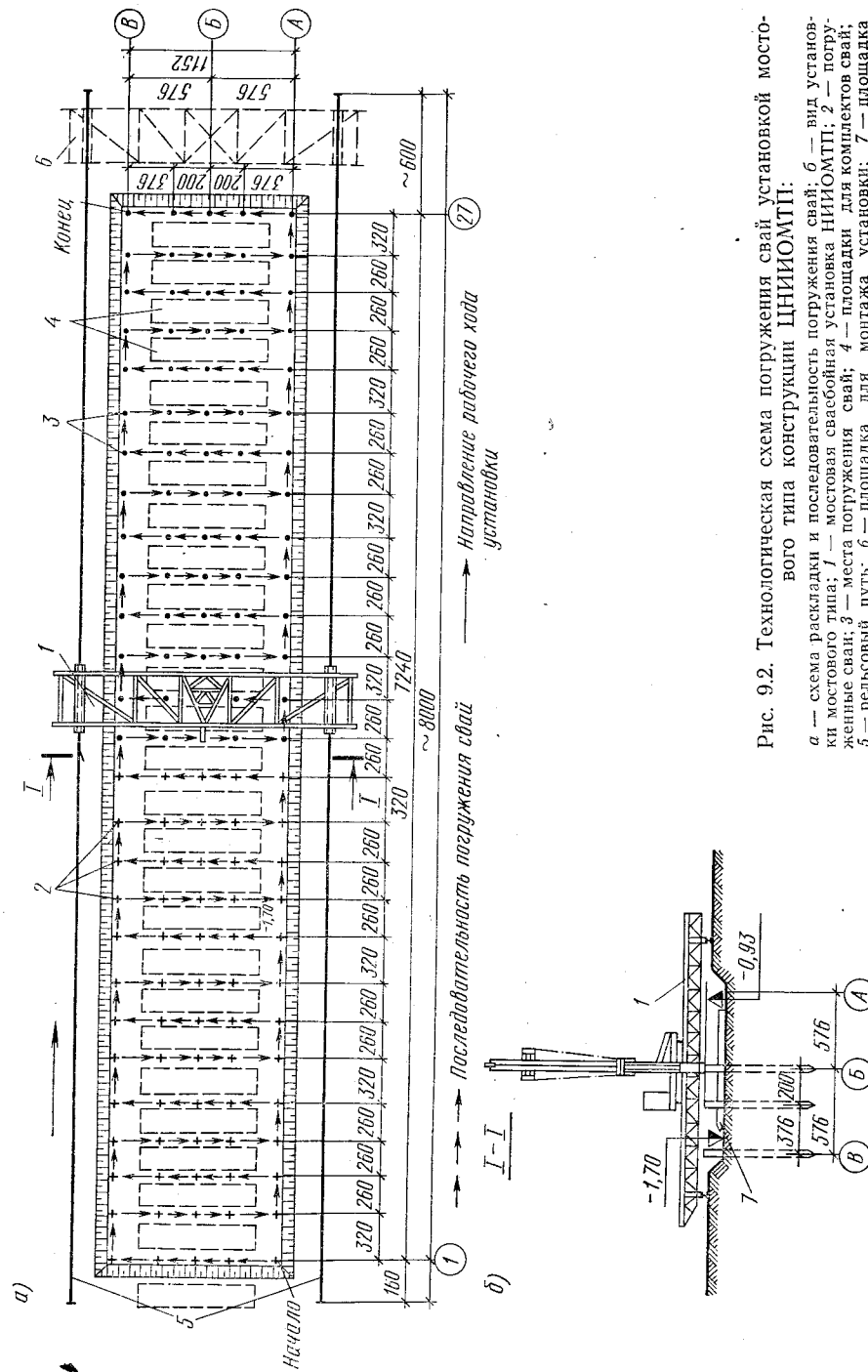


Рис. 9.2. Технологическая схема погружения свай установкой мостового типа конструкции ЦНИИОМТП:

а — схема раскладки и последовательность погружения свай; б — вид установки мостового типа; 1 — мостовая сваепогружная установка ЦНИИОМТП; 2 — погруженные сваи; 3 — места погружения свай; 4 — площадки для комплектов свай; 5 — рельсовый путь; 6 — площадка для монтажа установки; 7 — площадка

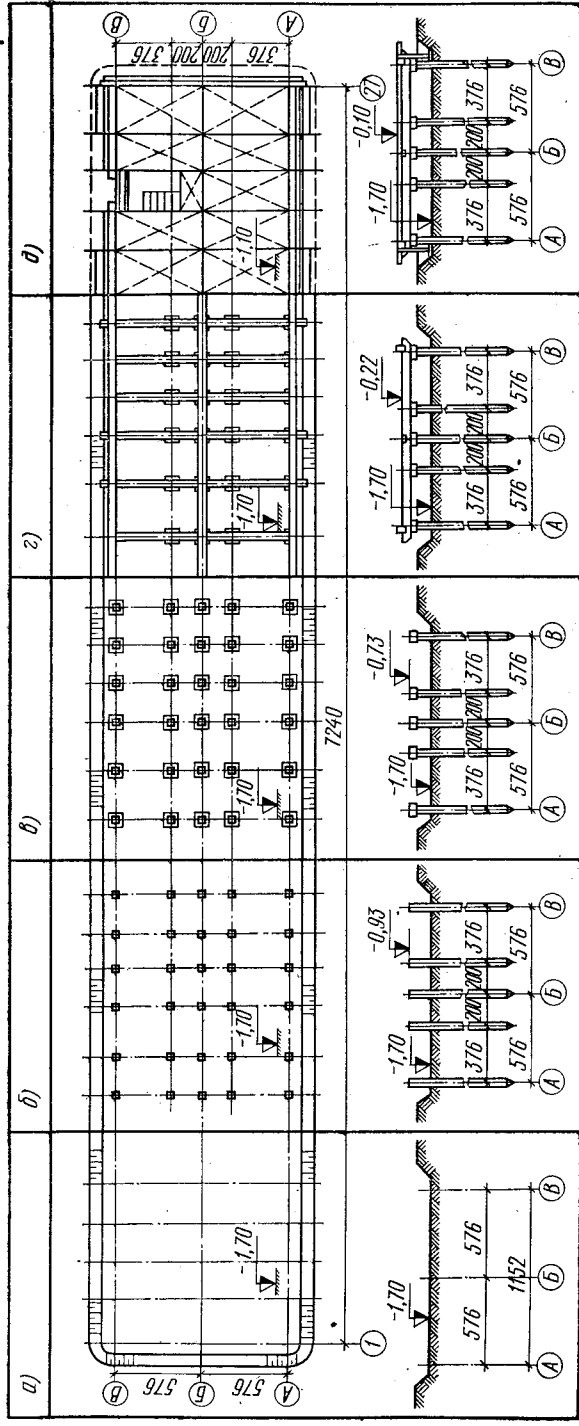


Рис. 9.3. Сводные схемы выполнения комплексных процессов работ:

а — отрывка котлована; б — погружение свай; в — монтаж оголовков; г — монтаж балок; д — монтаж плит перекрытия

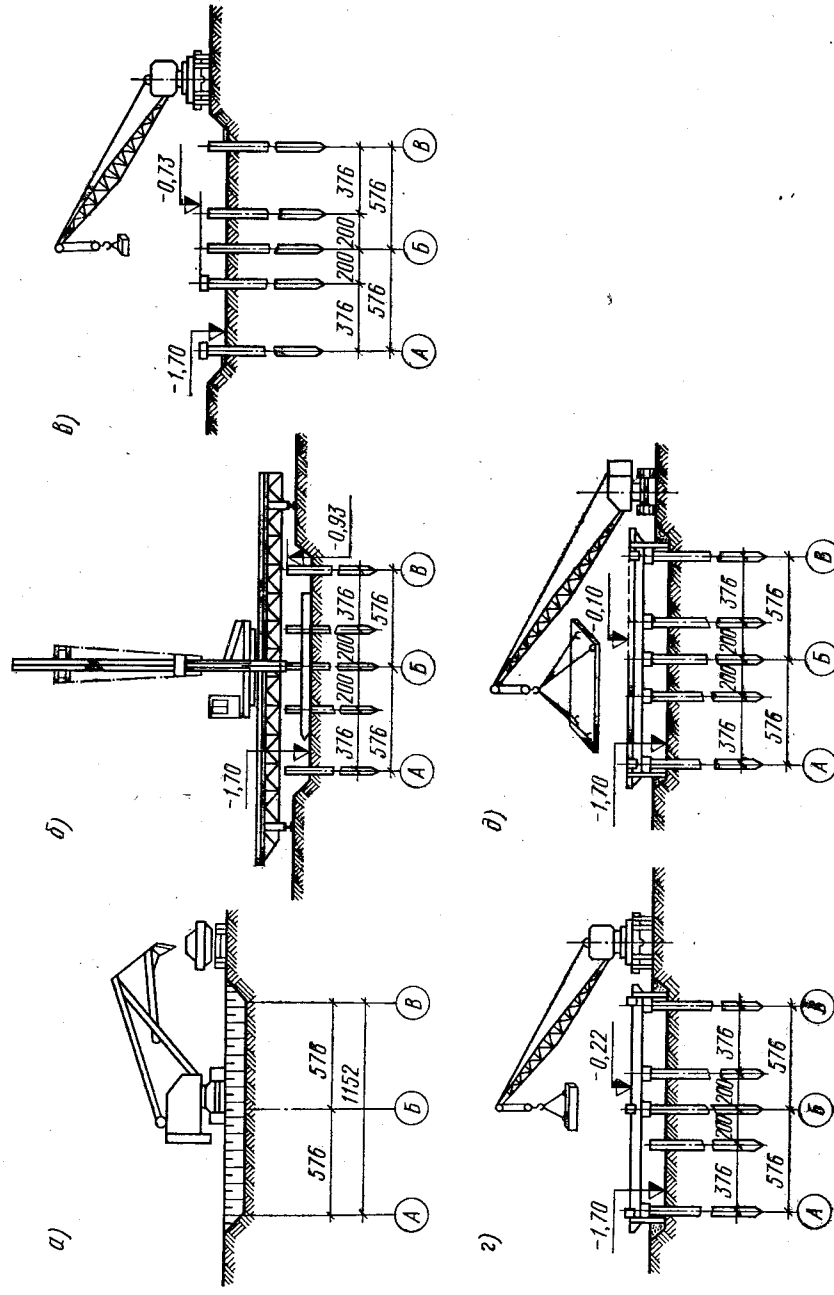


Рис. 9.4. Схемы комплексной механизации основных технологических процессов:

а — отрывка котлована; б — погружение свай установкой мостового типа; в — монтаж оголовков; г — монтаж сборного ростверка; д — монтаж плит перекрытия

Таблица 9.1

Способы погружения свай в различные грунты

| Способы погружения | Вид грунта |
|-------------------------|---|
| Ударный Вибрационный | Все виды сжимаемых грунтов Слабые водонасыщенные песчаные грунты и связные грунты текучей и текуче-пластичной консистенции |
| Вибровдавливание | Слабые пылеватые песчаные грунты, а также связные грунты текучей и текуче-пластичной консистенции |
| Вдавливание | Глинистые и суглинистые грунты текучей и текуче-пластичной консистенции |

После выбора способа погружения определяют тип рабочего органа — погружателя. От выбора последнего в значительной мере зависит возможность погружения свай на заданную отметку и обеспечение ее несущей способности. При неправильном выборе рабочего органа возможны недобивка свай или их разрушение при погружении в плотные грунты.

Молоты одиночного действия, а также штанговые дизель-молоты подбирают с учетом отношения веса ударной части Q к весу свай q и вида прорезаемых грунтов. Числовые значения отношения Q/q , рекомендуемые СНиП III-Б.6—67, приведены в табл. 9.2.

Таблица 9.2

Величины Q/q для разных видов грунтов

| Отношение Q/q | Длина погружаемых свай, м | Характеристика грунтов |
|-----------------|---------------------------|---|
| Не менее 1,5 | До 8—12 | Погружение в плотные грунты и прорезка плотных прослоек |
| » » 1,25 | » 8—12 | Грунты средней плотности |
| » » 1,0 | Более 12 | Водонасыщенные и слабые грунты |

Для применения трубчатых молотов, имеющих по сравнению со штанговыми молотами большую энергию удара, соотношение Q/q можно уменьшить до 0,6—0,8.

Для погружения тяжелых свай, а также при работе на плотных грунтах можно применять паровоздушные молоты. Области возможного применения рабочих органов ударного типа указаны в табл. 9.3.

Таблица 9.3

Области применения свайных молотов

| Тип свайного молота | Вес ударной части, Т | Длина погружаемых свай, м |
|-----------------------|----------------------|---------------------------|
| Паровоздушные молоты: | | |
| одиночного действия | Более 2,5 | Более 10 |
| то же | 3,25—2 | До 8—10 |
| двойного действия | До 1,2 | » 6—8 |
| Дизель-молоты: | | |
| штангового типа | 1,8—2,5 | 8—10 |
| то же | До 1,8 | 4—8 |
| трубчатого типа | Более 1,8—2,5 | 10—15 |
| то же | До 1,25 | 8—10 |

При погружении свай в слабые грунты, в которых затруднен запуск дизель-молота, можно применять механические молоты.

Тип молота выбирают по энергии удара. Необходимую для погружения свай энергию удара в зависимости от их расчетной несущей способности можно приближенно определить по эмпирической формуле

$$E \geq 25 P_{пр}, \quad (9.2)$$

где E — энергия удара молота, $кГ \cdot м$; $P_{пр}$ — предельная несущая способность свай по грунту, Т, принимаемая равной удвоенному значению расчетной несущей способности свай P_p :

$$P_{пр} = 2P_p. \quad (9.3)$$

Подобранный по этому соотношению молот нужно проверить на соответствие его весу забиваемой свай по формуле

$$K \geq (Q + q) : E,$$

где K — коэффициент применимости: для подвесных молотов $K \leq 3$, для молотов одиночного действия и штанговых дизель-молотов $K \leq 5$, для молотов двойного действия и трубчатых дизельных $K \leq 6$; Q — вес молота, $кГ$.

Для забивки стального шпунта и свай из стальных труб и двутавровых балок и при подмыве свай любого типа указанные в табл. 9.3 значения можно увеличить в 1,5—2 раза.

Данные для ориентировочного применения некоторых типов сваепогружателей ударного действия при погружении свай в грунты средней плотности приведены в табл. 9.4.

При выборе низкочастотных вибропогружателей, используемых для погружения как шпунта, так и свай и свай-оболочек в глины, суглинки и пески, следует выполнять условие, при котором число, выражающее момент эксцентров вибропогружателей в $кГ \cdot м$,

Таблица 9.4

Области применения дизельных и паровоздушных молотов для забивания свай

| Тип молота | Марка молота или индекс | Длина забиваемых свай, м |
|---|-------------------------|--------------------------|
| Дизельный молот трубчатого типа | C-858, C-995 | 8—10 |
| | C-996, C-859 | 10—12 |
| | C-1047, C-949 | 9—14 |
| | C-1048, C-974 | 12—16 |
| Дизельный молот штангового типа | C-222 | 4—6 |
| | C-268 | 6—8 |
| | C-330 | 8—10 |
| Паровоздушный молот одиночного действия | МПВП-2000 | 4—8 |
| | МПВП-3000 | 7—10 |
| | МПВП-4000 | 10—12 |
| | МПВП-6000 | 12—16 |
| | МПВП-8000 | 16—20 |

должно превосходить не менее чем в 7 раз вес вибросистемы в кг (вес вибропогружателя, наголовника и свай или оболочек) для легких грунтов и не менее чем в 11 раз — для средних и тяжелых грунтов.

Данные по выбору вибропогружателей, рекомендованные институтом «Оргтрасстрой», приведены в табл. 9.5.

При выборе копровой установки следует учитывать, что высокую производительность и меньшие трудовые и материальные затраты обеспечивают сваебойные агрегаты с техническими характеристиками, наиболее соответствующими конструктивным решениям свайных фундаментов и геологическим условиям площадки.

Для устройства полносборного свайного фундамента жилого дома с однорядной схемой расположения свай в свайном поле более целесообразно применять копровые установки, обеспечивающие погружение свай с высокой точностью. К ним относятся С-860, СП-50, С-878, СП-49 и установки мостового типа.

Для погружения свай, располагаемых кустами, следует применять копровое оборудование на базе кранов-экскаваторов, дающих возможность забивать с одной стоянки несколько свай. Данные, характеризующие область применения копровых агрегатов, приведены в табл. 9.6.

При выборе комплекса машин и оборудования, необходимых для устройства свайных фундаментов, по каждому объекту разрабатывают несколько вариантов схем комплексной механизации работ и сравнивают их технико-экономические показатели.

Схемы комплексной механизации разрабатывают, учитывая предусмотренные проектом размеры котлована, количество и тип

Таблица 9.5

Рекомендуемые типы вибропогружателей

| Сваи и их размеры, м | Мягкопластичные глины и суглинки, рыхлые пески | | Тугопластичные глины и суглинки, пески средней плотности | | Плотные глины, суглинки и пески |
|---|--|--------|--|--------|---------------------------------|
| | Глубина погружения, м | | | | |
| | до 15 | до 25 | до 15 | до 25 | до 15 |
| Тип вибропогружателя | | | | | |
| Деревянный шпунт | ВП-4 | — | ВП-2 | — | — |
| Стальной шпунт | ВП-4 | ВП-2 | ВП-2 | ВП-IV | ВП-IV |
| Деревянные сваи диаметром до 0,3 | ВП-2 | — | ВП-IV | — | ВП-30 |
| Железобетонные сваи 0,3×0,3 и 0,4×0,4 | ВП-1 | ВП-30 | ВП-30 | ВП-30 | ВП-30 |
| | ВП-IV | ВП-30 | ВП-30 | ВП-30 | ВП-30 |
| Железобетонные оболочки диаметром 0,4—0,6 | ВП-30 | ВП-30 | ВП-30 | ВП-30 | ВП-30 |
| | ВП-30 | ВП-30 | ВП-30 | ВП-80 | ВП-80 |
| То же, 0,8—1,0 | ВП-30 | ВП-30 | ВП-30 | ВП-80 | ВП-80 |
| | ВП-3 | НВП-56 | НВП-56 | ВП-80 | ВП-80 |
| То же, 1,2—1,4 | ВП-30 | ВП-80 | ВП-80 | ВУ-1,6 | ВУ-1,6 |
| | НВП-56 | ВУ-1,6 | ВУ-1,6 | ВУ-1,6 | ВУ-1,6 |
| То же, 1,6—2,0 | ВП-80 | ВУ-1,6 | ВП-160 | ВП-170 | ВП-170 |
| | ВУ-1,6 | ВП-160 | ВП-160 | ВП-170 | ВП-170 |
| То же, 2,0—3,0 | ВП-160 | ВП-170 | ВП-170 | ВП-250 | ВП-250 |

свай, подлежащих забивке, и конструкции ростверков, в такой последовательности:

устанавливают процессы, входящие в комплекс устройства свайных фундаментов, и определяют объемы работ по каждому процессу;

намечают возможные схемы механизации и выполнения отдельных процессов, исходя из общего срока выполнения работ;

выбирают ведущий механизм (сваепогружающий агрегат), а также машины и оборудование для выполнения всех других процессов, входящих в технологический комплекс устройства свайных фундаментов (срубка свай, монтаж элементов ростверка и др.). При этом следует иметь в виду, что технические параметры машин должны соответствовать конструкциям элементов свайных фундаментов и обеспечивать выполнение работ поточным методом;

определяют следующие технико-экономические показатели вариантов комплексной механизации работ: трудоемкость, стоимость, отнесенные к 1 м² площади подземной части здания, а также и продолжительность работ;

сравнивают технико-экономические показатели вариантов, после чего делают окончательный выбор варианта комплексной механизации.

Область применения копровых агрегатов

| Тип копровых установок | Длина погружаемых свай, м | | Расположение свай в свайном поле | Конфигурация и размеры свайного поля | Особенности применения агрегатов |
|--|---|--|---|---|----------------------------------|
| | 1 | 2 | | | |
| На базе тракторов и трубоукладчиков: С-870 С-714 С-878 С-878-М СП-49 КО-16 | До 8 » 8 » 8 » 10 » 12 » 16 | Предпочтительно однорядное ленточное | Желательно прямоугольное без криволинейного очертания | С одной стойки забивается одна свая. При погружении свай крайних рядов свайного поля, находящегося в котловане, требуется дополнительное уширение его | |
| На базе кранов-экскаваторов: С-860 СП-50 Э-801, Э-1004, Э-10011 Э-1252, Э-1258, МКГ-25 СП-51 | » 8 » 12 » 12—14 » 12—15 » 16 | Любое | Любая, в том числе и криволинейного очертания | С одной стойки можно погрузить несколько свай, находящихся в радиусе действия агрегата | |
| Универсальные полноповоротные коп- ры на рельсовом ходу: ПМК-3-8 ПМК-3-12 С-955 С-908 СП-56 КП-20 КУ-20 СП-55 | » 8 » 12 » 12 » 16 20 20 20 25 | Кустовое, 2—3- рядное | Прямоугольное, желательнее большой протяженности | Требуется силовое энергоснабжение и подкрановые пути С одной стойки можно погрузить несколько свай | |

Продолжение табл. 9.6

| Тип копровых установок | Длина погружаемых свай, м | | Расположение свай в свайном поле | Конфигурация и размеры свайного поля | Особенности применения агрегатов |
|---|---------------------------|---|--|---|----------------------------------|
| | 1 | 2 | | | |
| Мостового типа: конструкции ЦНИИОМТП конструкция «Строймаш» конструкция Ленинградоргтех- стра | До 8—12 » 14 » 9 | Любое, но предпочтительно однорядное То же Любое | Прямоугольное, желательнее большой протяженности То же » | При ширине котлована поверху не более 15 м Требуется силовое энергоустройство Устройство подкрановых путей не требуется | |
| На базе крана нулевого цикла: МСТК-100 КБ-404 (проект) | 8 12 | » » | Прямоугольное, ширина на свайного поля не более 11,0 м Прямоугольное, при ширине свайного поля до 15—16 м | Требуется устройство подкрановых путей | |
| На базе автомашин: СО-8 КО-8 УСА | До 8 » 8 » 10 | Однорядное или в виде отдельных опор | | Для рассредоточенных объектов с небольшим числом свай и при надежных подъездных путях | |

Ниже приведены некоторые из вариантов схем комплексной механизации устройства полносборного фундамента жилого дома серии I-464Д-68, разработанные ЦНИИОМТП на основе следующих исходных данных: размеры свайного поля в плане 125,4 × 13,04 м; сваи железобетонные длиной 8 м и сечением 30 × 30 см; количество свай — 478 шт.; продолжительность работ — 30—40 календарных дней; сваи будут погружаться в котловане, заглубленном на 0,8 м от отметки планировки; грунт — твердопластичная глина; строительство будет вестись в летних условиях; площадка строительства обеспечена силовым энергоснабжением; чистое время погружения одной сваи — 18 мин.

Устройство свайного фундамента состоит из следующих процессов:

планировки строительной площадки и разработки котлована; доставки, раскладки и погружения железобетонных свай; подготовки свай к монтажу оголовков свай с их последующим обетонированием;

доставки и монтажа балок ростверка и цокольных панелей;

доставки и монтажа панелей перекрытий.

Возможные схемы комплексной механизации для выполнения указанных процессов приведены в табл. 9.7.

В этом примере варианты отличаются типом копровых установок для погружения свай. Все другие процессы выполняются аналогичными машинами.

При сопоставлении вариантов схем комплексной механизации следует определять экономию накладных расходов от сокращения

Таблица 9.7

Схемы механизации для устройства свайных фундаментов

| Комплексный процесс | Виды работ | Варианты | | |
|---------------------|---|------------------------------|-------|--------------------------|
| | | I | II | III |
| | | Используемые машины | | |
| I | Планировка строительной площадки и разработка котлована | Бульдозер Д-494А или Д-687 | | |
| II | Комплектация, раскладка и погружение свай | Гусеничный кран Э-1258 С-860 | С-870 | Установка мостового типа |
| III | Подготовка свай к монтажу ростверка | Компрессор | | |
| IV | Установка сборных оголовков | Автокран К-64 (К-63) | | |
| | Раскладка балок ростверка и цокольных панелей | То же | | |
| V | Монтаж балок ростверка и цокольных панелей | Гусеничный кран Э-1258 | | |
| | Раскладка и монтаж панелей перекрытия | Автокран К-64 (К-63) | | |
| VI | Обратная засыпка пазух фундаментов | Бульдозер Д-494А или Д-687 | | |

сроков производства работ и экономию накладных расходов от снижения затрат по заработной плате. Для этой цели предварительно определяют основные показатели комплексной механизации, при этом затраты труда и машинного времени принимают по сборникам ЕНиР и опытным данным. Для рассматриваемого примера стоимость работ машин, подсчитанная по установленным ценам машино-часа, приведена в табл. 9.8, а показатели вариантов — в табл. 9.9.

Таблица 9.8

Стоимость работы машин при возведении подземной части дома серии I-464-86 на свайных фундаментах

| Название машины | Цена машино-часа, руб. | Варианты схем комплексной механизации | | | | | |
|---|------------------------|---------------------------------------|-------|-------|---------------|--------|--------|
| | | I | II | III | I | II | III |
| | | Продолжительность работ, маш-ч | | | Затраты, руб. | | |
| Бульдозер Д-687 | 2,70 | 80,7 | 80,7 | 80,7 | 217,9 | 217,9 | 217,9 |
| Гусеничный кран Э-1258 | 4,25 | 466,4 | 466,4 | 466,4 | 1982,2 | 1982,2 | 1982,2 |
| Автокран К-64 | 2,73 | 33,0 | 33,0 | 33,0 | 90,1 | 90,1 | 90,1 |
| Копер С-860 на экскаваторе Э-652 | 4,29 | 277,2 | — | — | 1189,2 | — | — |
| Копер С-870 на тракторе С-100 | 4,23 | — | 255,3 | — | — | 1079,9 | — |
| Мостовая установка конструкции ЦНИИОМТП | 5,12 | — | — | 202,9 | — | — | 1038,8 |
| Итого | | | | | 3479,4 | 3370,6 | 3375,1 |

Таблица 9.9

Показатели сравниваемых вариантов комплексной механизации свайных работ

| Наименование показателей | Единица измерения | Варианты схем комплексной механизации | | |
|--|-------------------|---------------------------------------|--------|---|
| | | I | II | III |
| Тип применяемой установки | — | С-860 | С-870 | Мостовая установка конструкции ЦНИИОМТП |
| Стоимость эксплуатации всех строительных машин (см. табл. 9.8) | руб. | 3479,4 | 3370,1 | 3375,1 |
| Затраты труда на погружение свай | чел.-ч | 4499,1 | 4414,9 | 4062,6 |
| Продолжительность строительства | чел.-дн | 548,7 | 538,7 | 495,4 |
| Средняя часовая тарифная ставка | руб. | 0,531 | 0,531 | 0,531 |
| Заработная плата рабочих на погружении свай | » | 2388 | 2344 | 2157 |
| Общая стоимость работ | » | 5867,4 | 5714,1 | 5532,1 |

Из таблицы 9.9 видно, что по затратам денежных средств и продолжительности работ лучшим является вариант III. Для определения экономической эффективности этого варианта по стоимости и трудоемкости работ, отнесенной к одной свае, необходимо предварительно подсчитать размер накладных расходов по вариантам II и III и полученную экономию от сокращения продолжительности работ по последнему варианту.

Инструкцией по определению годовой экономии в результате внедрения новой техники (СН 248—63) установлены следующие нормативы накладных расходов: норматив накладных расходов, зависящих от трудоемкости работ — 0,4 и норматив накладных расходов, зависящих от заработной платы — 0,15. В этой инструкции изложен метод определения экономии условно-постоянных накладных расходов путем сокращения продолжительности работ по формуле

$$\mathcal{E} = 0,6H \left(1 - \frac{T_1}{T_2}\right), \quad (9.4)$$

где H — общая сумма накладных расходов; T_1 и T_2 — сроки выполнения работ по сравниваемым вариантам.

Порядок определения суммы накладных расходов по вариантам II и III показан в табл. 9.10.

Таблица 9.10

Варианты определения годовых накладных расходов

| Накладные расходы | Вариант II | Вариант III |
|---|------------------------------|-------------------------|
| Зависящие от зарплаты, руб. | 0,15 · 2344 = 351,6 | 0,15 · 2157 = 323,55 |
| Зависящие от трудоемкости работ, руб. | 0,4 · 538,4 = 213,76 | 0,4 · 495,4 = 198,16 |
| Условно-постоянные при норме накладных расходов 16%, руб. | 0,6 · 0,16 · 5114,1 = 548,56 | 548,56 — 21,94 = 526,62 |
| Итого | 1113,92 | 1048,33 |

Экономия условно постоянных расходов вследствие сокращения продолжительности работ по варианту III

$$\mathcal{E} = 548,56 \left(1 - \frac{33,5}{34,9}\right) = 21,94 \text{ руб.}$$

Общая себестоимость работ, включая стоимость эксплуатации всех строительных машин, указанных в табл. 9.8, составит:

вариант II 5714,1 + 1113,92 = 6828,02 руб.

вариант III 5532,1 + 1048,33 = 6580,43 руб.

Себестоимость погружения одной сваи (с учетом стоимости земляных работ):

по варианту II 6882,02 : 478 = 14,39 руб.

по варианту III 6580,43 : 478 = 13,76 руб.

Трудоемкость погружения одной сваи (с учетом затрат труда на вспомогательных работах):

вариант II 538,4 : 478 = 1,13 чел.

вариант III 495,4 : 478 = 1,03 чел.

5. Календарный план производства работ

В календарном плане необходимо предусматривать поточные методы выполнения работ. В зависимости от конкретных условий потоки могут быть ритмичными и неритмичными. В первом случае звенья (бригады), выполняющие одноименную работу (частные потоки), должны переходить с захватки на захватку через одинаковый промежуток времени. Для ритмичного потока общая продолжительность работ

$$T = K(m + n - 1), \quad (9.5)$$

где T — общая продолжительность работ; K — ритм потока; m — количество захваток; n — количество процессов.

В потоках, в которых выполнение одной или нескольких операций обусловлено особенностями всего технологического процесса (например, твердение бетона при устройстве монолитных ростверков) появляются технологические перерывы времени.

Продолжительность ритмичных потоков с технологическими перерывами определяют по формуле (9.6)

$$T = (m + n - 1)K + \sum \Delta t, \quad (9.6)$$

а неритмичных — по формуле (9.7)

$$T = (m + n - 1)K + \sum t_0 + \sum \Delta t, \quad (9.7)$$

где $\sum t_0$ — сумма промежутков разрывов по времени между отдельными процессами на каждой захватке.

Ниже приведен пример расчета поточного способа выполнения работ по устройству свайного фундамента жилого 9-этажного дома серии II-49.

Исходными данными для определения количества процессов — частных потоков — и ритма их являются перечень, объем работ и их трудоемкость, приведенные в табл. 9.11.

Из перечня работ следует, что в комплексный поток по устройству свайного фундамента может входить 7 частных потоков (погружение свай, обрубка голов, устройство опалубки, бетонирование и снятие опалубки).

Первый поток — погружение свай — выполняет бригада копровщиков из двух звеньев, что позволяет вести работы в две смены. Все другие работы, входящие в состав шести частных потоков, следует выполнять шестью звеньями, объединенными в комплексную бригаду. Перечень работ, входящих в состав частных потоков, трудоемкость их и состав звеньев указаны в табл. 9.12.

Виды работ, их объем и трудоемкость

Таблица 9.11

| § ЕНПР | Виды работ | Единица измерения | Объем работ | Норма времени на единицу измерения, чел.-ч | Трудоемкость работ на весь объем, чел.-ч |
|--|---|---------------------------|-------------|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| § 12-21 | Погружение свай длиной $l = 8$ м сваебойными агрегатами на базе экскаватора при чистом времени погружения одной сваи — 15 мин | шт. | 320 | 1,59 | 508,8 |
| § 12-27, табл. № 1 | Срубка голов свай сечением 30×30 см | шт. | 320 | 0,30 | 96,0 |
| МНГМС, § 1-62 | Резка арматурных стержней | 100 | 12,8 | 2,3 | 29,4 |
| § 12-28 | Отгиб арматурных стержней на уровне срубленного бетона | перерезов 100 | 12,8 | 1,85 | 23,7 |
| § 19-29 1-11, № 6; 1-6 табл. 2 2-1-42 табл. 1 № 1а | Устройство песчаной подготовки под монолитный ростверк с разравниванием и уплотнением | отгибов 100 м^2 | 5,2 | 29,5 | 153,4 |
| МНГМС 10-1-67 № 2 | Установка деревянной опалубки из готовых щитов размером $0,45 \times 3$ м | м^2 | 681,5 | 0,57 | 388,4 |
| 4-1-33, табл. 2 п.а | Установка арматурных сеток весом до 20 кг с разметкой мест установки и выверкой установленных сеток | 1 сетка | 139,0 | 0,17 | 23,6 |
| 4-1-33, табл. 2 п.б | То же, весом до 50 кг | 1 сетка | 62,0 | 0,25 | 15,5 |
| 4-1-33 табл. 2 п.в | То же, до 100 кг | 1 сетка | 86,0 | 0,37 | 31,8 |
| 4-1-34 | Установка отдельных стержней арматуры диаметром 8 мм | т | 0,04 | 18,0 | 0,8 |
| МНГМС 8-1-67 № 2а 4-1-42 № 19 | Укладка бетонной смеси в опалубку ростверка с приемом ее из кузова самосвала | м^3 | 169,2 | 1,8 | 304,5 |
| 4-1-42 № 7 | Поливка бетонной поверхности водой | 100 м^2 | 7,52 | 0,15 | 1,1 |
| 4-1-42 № 8 | Покрытие бетонной поверхности рогожами или матами | 100 м^2 | 3,76 | 0,20 | 0,8 |
| 4-1-27 табл. 2 № 26 | Разборка щитовой опалубки площадью до 2 м^2 с очисткой щитов от бетона и складированием | м^2 | 544,80 | 0,13 | 70,8 |
| То же, табл. 2 № 1б | То же, площадью до 1 м^2 | м^2 | 136,80 | 0,155 | 21,2 |
| 38-1-9 № 15 прим. К-0,75 | Мелкий ремонт щитов опалубки с устранением перекосов, пришивкой части или, целой доски | м^2 | 430 | 0,16 | 68,8 |
| 2-1-44 табл. 2 № 16 | Засыпка пазух ростверка грунтом II группы с последующим трамбованием | м^3 | 94,5 | 16,9 | 159,7 |
| Всего . . . | | | 1898,3 | | |

Таблица 9.12

Виды работ и затраты труда на устройстве свайных фундаментов поточным методом

| № частей потоков | Вид работ, входящих в частные потоки | Трудоемкость, чел.-смен | | Перевыполнение норм выработки, % | Состав звена |
|------------------|--|-------------------------|--|----------------------------------|---|
| | | по ЕНПР | принятая с учетом перевыполнения нормы выработки | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Погружение свай | 508,8 | 442,8 | 14,8 | Машинист 6-го разряда — 1, копровщик 3-го разряда — 1 |
| 2 | Обрубка голов свай с перерезкой арматуры и отгибом стержней | 149,1 | 147,6 | 1,1 | Бетонщик 2-го разряда — 1, арматурщик 3-го разряда — 1 |
| 3 | Устройство песчаной подготовки под основание монолитного ростверка | 153,4 | 147,6 | 3,3 | Землекоп 3-го разряда — 2 |
| 4 | Устройство щитовой опалубки и установка арматурных каркасов и отдельных стержней | 460,1 | 442,8 | 3,9 | Плотник 3-го разряда — 2, плотник 2-го разряда — 2, арматурщик 3-го разряда — 2 |
| 5 | Укладка бетонной смеси с последующим уходом за ней | 306,4 | 295,2 | 3,9 | Бетонщик 4-го разряда — 2, бетонщик 3-го разряда — 2 |
| 6 | Снятие опалубки и ее ремонт | 160,8 | 147,6 | 8,9 | Плотник 3-го разряда — 1, плотник 2-го разряда — 1 |
| 7 | Засыпка пазух ростверка грунтом | 159,7 | 147,6 | 8,3 | Землекоп 3-го разряда — 2 |
| Всего . . . | | 1898,3 | | 7,2 | |

Для удобства выполнения работ свайное поле разбиваем на пять захваток. Продолжительность работ на каждой из них — ритм потока — принимаем равной одному дню, т. е. подчиняем ритму ведущего потока по забивке свай.

Развитие потока во времени и пространстве показано на циклограмме (рис. 9.5). По вертикали отложены захваты, а по горизонтали — рабочие дни. Первая наклонная линия соответствует работе и передвижению по захватке бригады по погружению свай, вто-

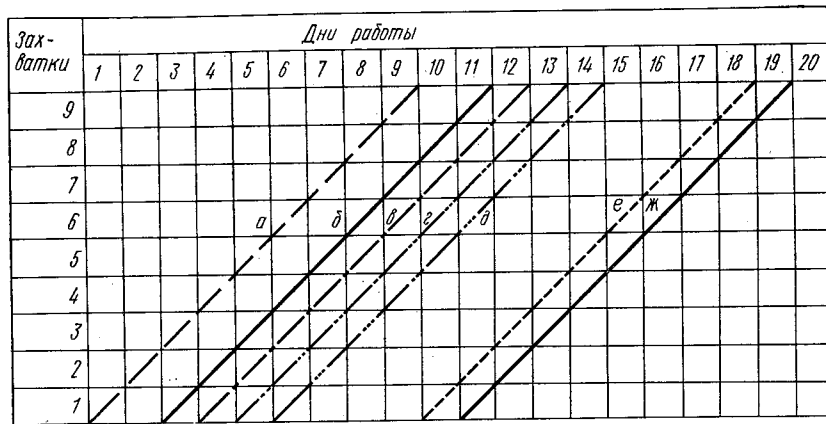


Рис. 9.5. Циклограмма устройства свайного фундамента с низким монолитным ростверком:

а — погружение свай; б — срубка голов свай; в — устройство основания под монолитный ростверк; г — устройство опалубки и установка арматуры; д — укладка бетонной смеси; е — снятие опалубки; ж — засыпка пазух ростверка грунтом

рая — срубке их голов, третья — выравниванию основания, четвертая — устройству опалубки, пятая — укладке бетонной смеси. Наклонная линия *e* обозначает работу по разборке опалубки.

Промежуток времени между укладкой бетонной смеси и снятием опалубки по технологическим соображениям при температуре наружного воздуха 25°С принимаем равным четырем дням. Продолжительность технологических перерывов в каждом конкретном случае принимают по расчету.

Так как в рассматриваемом примере ритмы равны, общую продолжительность работ *T* определяем по формуле равномерного потока с учетом продолжительности технологических перерывов, равной в рассматриваемом примере четырем дням.

$$T = (m + n - 1)K + \sum \Delta t = (9 + 7 - 1)1 + 4 = 19 \text{ дней.}$$

На основании приведенных выше данных объемов работ, их трудоемкости, расчета состава звеньев и циклограммы составляют линейный календарный план работ по установленной форме.

6. Техничко-экономические показатели механизированных процессов

Основными технико-экономическими показателями оценки эффективности вариантов технологии строительных процессов при устройстве свайных фундаментов являются трудоемкость и стоимость единицы работ, энерговооруженность рабочих и продолжительность работ.

Трудоемкость единицы продукции механизированного процесса m_e , в том числе транспортных работ, определяют в чел.-сменах по формуле

$$m_e = (\sum m_m + \sum m_p + \sum m_b) : V, \quad (9.8)$$

где $\sum m_m$ — трудоемкость механизированных операций, чел.-смен; $\sum m_p$ — то же, ручных операций, чел.-смен; $\sum m_b$ — то же, вспомогательных работ, чел.-смен; V — общий объем выполняемых работ (штук погруженных свай, уложенной бетонной смеси, смонтированных конструкций), m^3 .

При определении суммарной трудоемкости работ по устройству свайных фундаментов, выполняемых с применением механизмов, учитывают затраты труда рабочих по эксплуатации машин. Время на их доставку, монтаж и демонтаж, а также на устройство подкрановых путей (при использовании рельсовых копров и установок мостового типа в чел.-сменах), относят к вспомогательным работам.

Для определения суммарной трудоемкости ручных операций учитывают затраты ручного труда на выполнение основных строительных (обрубка голов свай, устройство опалубки, установка арматуры, бетонирование, монтажные работы и др.).

Себестоимость единицы работы в рублях механизированного процесса

$$C_e = (1,08 \sum C_{m.-cm} + 1,53 + C_{ед}) : V, \quad (9.9)$$

где $\sum C_{m.-cm}$ — общая стоимость машино-смен, руб.; $C_{ед}$ — единовременные затраты, связанные с выполнением процессов и неучтенные в стоимости машино-смен, руб.; 3 — заработная плата рабочих, участвующих в выполнении вспомогательных строительных работ, руб.; 1,08 и 1,5 — коэффициенты, учитывающие накладные расходы на эксплуатацию машин и на зарплату рабочих, участвующих в выполнении работ.

1. Организация труда на свайных работах

Труд рабочих необходимо организовать в соответствии с требованиями основных положений по организации труда, изложенных в гл. 7 части III раздела А Строительных норм и правил (СНиП III-A. 7—62) и с учетом достижений передовых строительных организаций, работающих по планам научной организации труда. Такие планы, учитывая особенности выполнения свайных работ, предусматривают следующие мероприятия:

применение наиболее совершенных машин и оборудования, исключающее ручной труд вовсе или значительно снижающее потребность в нем;

внедрение прогрессивной технологии, приспособлений и приемов работ, используемых передовыми рабочими;

рациональное расчленение производственного процесса на операции и соответствующее распределение обязанностей между рабочими;

объединение коллективов рабочих в бригады специализированные, комплексные, конечной продукции и комплексные хозяйственные;

научная организация рабочих мест и бесперебойное обеспечение всеми материально-техническими ресурсами;

обеспечение санитарно-гигиенических, эстетических и безопасных условий выполнения работ;

применение прогрессивных норм выработки и форм оплаты труда;

сочетание материального поощрения (выплата денежных премий и др.) с моральными стимулами.

Затраты труда и стоимость свайных работ по основной заработной плате определяют по сборнику № 12 Единых норм и расценок на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы (ЕНиР) — «Свайные работы», выпущенному в 1969 г.

В этом сборнике перечислены основные операции, изложены краткие указания по выполнению работ, указаны составы звеньев, тарифные разряды рабочих, нормы времени и расценки на погружение одной сваи или на единицу работы по устройству свайных фундаментов (подготовительные, вспомогательные и сопутствующие).

Особенность применения норм времени для погружения свай заключается в том, что нормы общего времени, необходимого на погружение свай, включая вспомогательные операции, зависят от времени, затрачиваемого на процесс погружения свай в грунт после установки ее под погружатель.

Вследствие этого для определения нормы времени на одну сваю предварительно делают пробное погружение ряда свай до проектной отметки или до получения проектного отказа, затраты времени фиксируют с момента первого удара молота по свае или с момента включения вибратора. Все перерывы в работе молота или вибратора в замер времени не включают.

Длительность пробного погружения свай в грунт определяют как среднее арифметическое из всех сделанных замеров времени.

Полная норма времени на погружение одной сваи представляет сумму времени, затрачиваемую звеном рабочих на погружение ее в грунт и на выполнение вспомогательных операций (строповка, подтягивание, установка, выверка положения свай и др.).

Так как затраты времени на выполнение вспомогательных операций составляют от 40 до 70% общего времени, необходимого для погружения свай, при составлении проекта организации труда рабочих стремятся снизить затраты времени на эти работы: применяют соответствующее оборудование и приспособления и выполняют мероприятия, предусмотренные планом НОТ.

При устройстве свайных фундаментов под здания сваи погружают специализированные бригады, состоящие из двух звеньев (экипажей) при работе в две смены и трех — при работе в три смены. Такие бригады выполняют работы по месячному плану и аккордным нарядам, предусматривающим сдельно-премиальную оплату труда.

За досрочное выполнение работ и высокое качество их бригадам выплачиваются в установленных размерах денежные премии. Так, при сдаче свайных фундаментов жилых домов с устройством перекрытия по ростверку и цоколя за каждый процент сокращения нормативного срока экипаж сваепогружателя получает денежную премию при выполненных работах по устройству фундаментов: с оценкой удовлетворительно — 0,5%, хорошо — 0,75%, отлично — 1% от суммы сдельной оплаты труда.

Работы по устройству ростверков и монтажу других конструкций подземной части здания, выполняемые после погружения свай, производят комплексные бригады конечной продукции, включающие рабочих разных специальностей, владеющих несколькими профессиями.

Такие бригады возводят подземную часть здания в сравнительно короткие сроки благодаря четкой организации труда.

Так, в тресте «Рязаньжилстрой» комплексные бригады, состоявшие из двух звеньев по 10 человек, возводили подземную часть 100-квартирного жилого дома со сборно-монолитным ростверком, выполняя работы в две смены (по одному звену в смену). В комплекс работ таких бригад входили следующие процессы: срубка голов свай, устройство шпонки и траншей, установка опалубки и арматуры, укладка бетонной смеси, установка цокольных панелей, балок ростверков, плит

перекрытий и др. Для выполнения этих работ в составе бригад имелись монтажники конструкций, арматурщики-бетонщики (они же плотники); бетонщики-землекопы, электросварщики-арматурщики.

В тресте «Калининжилстрой» работы по устройству свайных фундаментов жилого дома серии I-464А со сборным ростверком выполняли две комплексные бригады: одна по погружению свай и другая — по монтажу ростверков. В первую бригаду входило двое такелажников и машинист крана и, кроме того, два звена, обслуживающие сваебойный агрегат по 3 человека, включая машиниста. Звено такелажников при работе в одну смену обеспечивало разгрузку и раскладку свай в котловане, а звенья, обслуживавшие сваебойный агрегат, погружали сваи в две смены. Монтаж сборных ростверков выполняла комплексная бригада из четырех звеньев. В бригаду входило звено бетонщиков по срубке голов свай из 7 человек, включая машиниста компрессора и газорезчика; звено монтажников из 6 человек, включая машинистов крана, работавшее в две смены — по 3 человека в каждой, два электросварщика, работавшие по одному в смену; звено, выполнявшее вспомогательные работы из шести человек — по три в смене.

В обязанность руководителя бригады по погружению свай входит приемка свай, руководство раскладкой их в соответствии с принятой схемой. Бригадир должен обеспечить своевременную подготовку фронта работ, следить за сохранностью обносков и разбивочных знаков, а также за состоянием в надлежащем виде подъездов и проездов грузового крана и сваебойного агрегата.

Аккордные наряды на выполнение комплекса работ по устройству свайных фундаментов составляют на основании калькуляций. Пример составления калькуляции на погружение сборной железобетонной оболочки с подмывом водой и удалением из внутренней полости грунта и другими сопутствующими работами приведен в сборнике ЕНиР № 12, 1969 г.

В тресте «Севморгидрострой» свайные работы выполняют комплексные бригады с высокими показателями. В 1967 г. одна из комплексных бригад

Охрану труда рабочих на устройстве свайных фундаментов и шпунтовых ограждений организуют по правилам и требованиям, изложенным в гл. 11-й части III раздела А СНиП (изд. 1972 г.).

Устройство дорог, проходов, расположение материалов и изделий, ограждение территории стройплощадки и т. п. должны отвечать требованиям, содержащимся в пункте «Общие положения» и «Организация строительной площадки» СНиП III-А. 70.

Мероприятия по охране труда рабочих, занятых непосредственно на объектах, изложены в пунктах 23.1—23.21 указанного СНиПа.

Особое внимание необходимо обращать на правильное устройство рельсовых путей копров и контроль за их состоянием, на соблюдение требований безопасного производства погрузочно-разгрузочных работ и на обеспечение безопасных условий работы на передвижных компрессорах при пользовании пневматическими молотками и обслуживанием других механизмов, потребляющих сжатый воздух.

В связи со случаями травматизма нужно также строго соблюдать требования электробезопасности и предупреждать несчастные случаи при выполнении сварочных работ.

Рельсовые пути необходимо устраивать с обеспечением надежной эксплуатации их по правилам, изложенным в гл. III указанного СНиП.

При работе с универсальными и полууниверсальными копрами с обоих концов рельсового пути выключающие линейки устанавливают так, чтобы после отключения рычага конечного выключателя между ними и рамой копра оставался 1 м рельсового пути. При работе с самоходными копрами устанавливают инвентарные упоры; рельсовый путь должен быть заземлен.

Состояние пути проверяют перед началом каждой смены и в процессе работы копра.

Нивелировку рельсового пути положено проводить не реже одного раза в 7 дней и после ливневых дождей. При работе копров вблизи котлованов и траншей положение рельсового пути нивелируют не реже одного раза в смену.

Монтаж и демонтаж копров ведут по паспортной схеме или по инструкции, утвержденной главным инженером строительного управления и непосредственно под руководством механика, прораба или мастера. До начала монтажа копра, в соответствии с требованиями Госгортехнадзора, тщательно проверяют грузоподъемные приспособления.

Место монтажа копра ограждают и все работы при подъеме или опускании копра прекращают в радиусе, равном длине поднимаемой части плюс 5 м.

При монтаже копра запрещается находиться под поднимаемыми конструкциями, работать на высоте без предохранительного пояса, вести работы наверху копра в гололедицу, при ветре более 3 баллов, в туман и грозу. При обнаружении неисправностей в та-

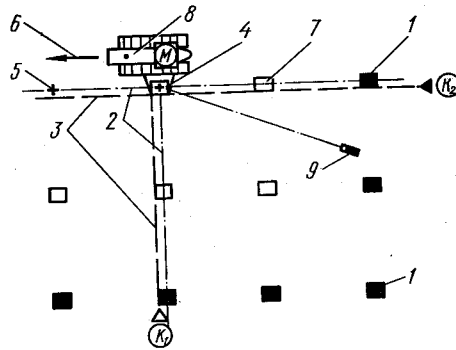


Рис. 10.1. Организация рабочего места при погружении свай-колонн:

1 — погруженные сваи; 2 — оси рядов свай; 3 — линии визирования; 4 — кондуктор и погружаемая свая; 5 — теодолит; 6 — направление движения агрегата; 7 — маячная свая; 8 — сваебойный агрегат; 9 — нивелир; K_1 и K_2 — копровщики

конечной продукции благодаря четкой организации труда построила причал в Ленинградском торговом порту на 3 месяца раньше срока и с оценкой работ «отлично». Бригада состояла из специализированных звеньев, включавших копровщиков, монтажников, плотников, бетонщиков и др.

В проекте производства работ строительства причала поточно-расчлененным методом были предусмотрены: разбивка объекта на захватки, организация механизированных технологических процессов на захватках. В результате этого все бригады перевыполняли нормы в среднем на 170—180%.

В ряде трестов Оргтехстрой и нормативно-исследовательских станций разработаны типовые карты трудовых процессов по устройству свайных фундаментов. Такие карты состоят из описательно-расчетного материала и способов последовательно выполняемых производственных процессов.

На рис. 10.1 показана схема организации рабочего места при погружении свай-колонн с применением стального кондуктора и геодезических инструментов, приведенная в карте трудовых процессов, разработанной в БашНИИстрое.

Звено из машиниста и двух копровщиков выполняет следующие операции: запускает дизель-молот (M и K_1), погружает сваю на глубину 1 м (M и K_2), разбирает стальной кондуктор и выверяет положение сваи колонны теодолитом и нивелиром (K_1 и K_2). Затем рабочие M и K_2 вторично запускают дизель-молот и все трое погружают сваю на проектную глубину.

келаже или копре подъем должен быть немедленно прекращен, а поднимаемая деталь опущена.

Стальные тросы (канаты) должны иметь сертификат завода-изготовителя об их испытании. Крепление каната к барабану лебедки должно исключать возможность его перетираания. Запрещается применять канаты (тросы) с петлеобразными изгибами, а также сращенные.

Длина каната при опускании грузового крюка до нижнего рабочего положения должна обеспечивать наличие не менее 1,5 витка на барабане лебедки.

После монтажа делают пробный, холостой пуск копра.

Погрузку и разгрузку свай ведут только с помощью механизмов.

Стреловые самоходные краны должны быть оборудованы прибором типа СКМ-3, автоматически сигнализирующим о величине наклона крана в поперечном и продольном направлениях. Наличие такого прибора особенно необходимо при использовании крана на площадке, имеющей уклон. Прибор СКМ-3, располагаемый в кабине крана, состоит из двух узлов: датчика крана и панели сигнализации с релейным блоком. Приборы могут быть включены в командное устройство, запрещающее опасные подъемные операции или же автоматически удерживающие платформу в горизонтальном положении.

При наклонах крана ось маятника сохраняет вертикальное положение, а ось корпуса датчика отклоняется от вертикали вместе с краном. При достижении платформой крана предельно допустимого угла и рассогласованности осей маятника и корпуса датчика появляется электрический сигнал, подаваемый на реле, переключающее сигнальные лампы на панели. Зеленая лампа сигнала указывает нормальное положение крана, красная — о повышении допустимого угла крана.

По указателям угла наклона и его направления машинист с помощью выносных опор или механизма автоматического сохранения горизонтальности приводит платформу в горизонтальное положение.

Грузоподъемные стропы должны соответствовать требованиям Госгортехнадзора и иметь с учетом угла наклона ветвей стропа коэффициент запаса прочности не менее 6. Грузоподъемность и дату испытания стропа указывают на бирках, прикрепленных к стропам и другим такелажным приспособлениям.

Кроме периодических испытаний, такелажные приспособления (стропы и пр.) ежедневно до начала работы подвергают внешнему осмотру; при наличии дефектов стропы должны быть обязательно заменены исправными.

Сваи длиной до 6 м, поднимаемые в горизонтальном положении, стропуют не менее чем двумя стропами. Для строповки и подъема свай длиной более 6 м применяют специальные траверсы.

Сваи разгружают с автомобилей по команде сигнальщика специально обученными рабочими-стропальщиками. При погрузке и выгрузке свай шоферу запрещается находиться в кабине автомобиля.

Сваи и шпунт размещают на строительной площадке с соблюдением рекомендаций, изложенных в главах 4 и 5 настоящей книги.

Место для складирования свай выравнивают и утрамбовывают, а зимой очищают от снега и льда.

Свай разрешается укладывать за пределами призмы обрушения грунта — на расстоянии не менее 1 м от бровки котлована. Запрещается прислонять штабель свай или шпунтин к стенам зданий, заборам и т. д.

Необходимо соблюдать ряд требований при подтаскивании и установке свай в направляющие мачты копра и в процессе погружения свай (см. гл. 4).

При установке копра в котловане принимают меры против обрушения грунта незакрепленных откосов.

Копер должен быть оборудован звуковой сигнализацией. На копре устанавливают ограничители подъема молота. Предельный вес молота и свай указывают на мачте или раме копра.

Рабочих-копровщиков обеспечивают предохранительными поясами, касками и очками с небьющимися стеклами.

Работу копров при ветре более 6 баллов (скорость ветра от 9,9 до 12,4 м/сек) прекращают, а копер закрепляют рельсовыми захватами. При ветре более 15 м/сек копер дополнительно закрепляют растяжками.

В нерабочее время все пусковые приспособления необходимо отключить и запереть на замки, а копер закрепить противоугонными захватами. Ремонт механизмов копра во время его работы запрещается.

Рабочие площадки копра и лестницы для подъема ограждают перилами высотой не менее 1,2 м и бортовыми досками. На лестницах с углом подъема более 75° устраивают, начиная с 3 м, ограждения в виде дуг (колец) с тремя продольными связями (полосами). В зимнее время площадку копра очищают от снега, льда и посыпают песком или шлаком.

Для обеспечения устойчивости копра на раме устанавливают противовесы (железобетонные блоки, металлические болванки, ящики с песком) общим весом, указанным в паспорте копра.

К свайным работам приступают при наличии письменного разрешения организаций, эксплуатирующих подземные коммуникации, и принятия мер по защите подземных сооружений и коммуникаций от возможных повреждений при ведении работ.

Приступая к работе, копровщики обязаны застегнуть монтажные пояса, заправить спецодежду и надеть каски.

Перед началом работы копровщик обязан убедиться: в исправности копра и его механизмов, затяжке всех болтов; в наличии достаточного освещения рабочего места вечером; осмотреть крюк и грузозахватывающие приспособления, проверить наличие бирок и клемм на них.

После внешнего осмотра необходимо включить рубильник, открыть на магистрали доступ воздуха к копру и вхолостую опро-

бовать все механизмы, проверить действие тормозов и сигнальное устройство.

Запрещается начинать забивку свай, не сняв стропа, на котором подвешен наголовник к молоту.

Подтаскивать сваи разрешается только через отводной блок, закрепленный у основания копра, и только по прямой линии в пределах видимости для машиниста лебедки.

Всем запрещается находиться на пути перемещаемых свай, поправлять или задерживать их. Направление свай изменяют, когда она остановлена.

При подаче свай к копру краном грузовой канат должен находиться в вертикальном положении над центром тяжести свай.

Подъем свай весом, близким к предельной грузоподъемности крана (лебедки копра), производят в два приема; сначала поднимают на высоту 20—30 см, потом проверяют крепление строп, устойчивость крана (копра), действие тормозов, после чего плавно поднимают сваю на полную высоту.

Для безопасного подъема шпунтовых железобетонных свай и заводки их в замки ранее погруженных необходимо строго соблюдать правила выполнения операций, изложенные в гл. 5.

Следует обращать особое внимание на то, что находится под свайей во время ее подъема и установки в наголовник запрещается.

Устанавливать сваи (шпунт) и сваебойное оборудование необходимо до полного закрепления, не оставляя их на весу. Если невозможно закончить установку и закрепление свай, их опускают на грунт или прочный настил.

При подъеме свай удерживают от раскачивания и кручения расчалками. Установленную в мачте копра сваю допускается вращать только при помощи разворотного ключа с рукояткой длиной не менее 1,5 м.

Для установки шпунта в замок ранее забитого пользуются веревкой, прикрепленной к нижнему концу подаваемого шпунта.

Строповать сваю для заводки ее в наголовник нужно специальным тросом с петлей на «удавку» (но не за монтажные скобы).

Начинают забивку свай по команде бригадира.

В процессе работы копра запрещается: оставлять механизмы без присмотра; поправлять трос при наматывании его на барабан лебедки, резко тормозить при подъеме и опускании груза, а также резко переключать управление с прямого хода на обратный; надевать на блок канат, соскочивший во время движения; загружать лебедку более ее грузоподъемности; зачаливать сваю на молот и забивать ее при незастопоренной платформе копра.

Не разрешается также поднимать молот до высоты срабатывания конечного выключателя, находиться у работающего молота ближе чем на 3 м; исправлять положение забиваемой свай или наголовника при работающем молоте.

Запрещается оставлять молот во время перерыва и в подвешенном состоянии: необходимо опустить его вниз, а если свая забита — опустить на нее.

При разрушении головы забиваемой сваи следует прекратить работу.

В случае резкого увеличения скорости погружения свай под ударами молота работу прекращают, сообщая об этом производителю работ или мастеру.

По окончании работ на копре необходимо: закрепить копер противоугонными захватами; опустив молот, закрепить его с помощью шкворня; ослабить трос, на котором подвешен молот; закрыть на магистрали вентиль подачи сжатого воздуха; отключить рублильники и закрыть их на замок; собрать и высушить воздушные шланги (запрещается оставлять их после работы вне помещения, особенно зимой).

О всех неисправностях и неполадках в механизмах копра, выявленных при работе, нужно сообщить следующей смене и записать в журнал приема и сдачи смен. Если высота копра превышает 12 м и он остановлен на длительное время, необходимо закрепить его растяжками.

Запрещается забивать сваи при наличии боковых колебаний наголовника или молота: зазор между направляющим копра и приливами молота допускается не более 10 мм.

Грузоподъемность кранов, применяемых для погружения и извлечения свай вибропогружателем, должна быть не менее удвоенного суммарного веса вибропогружателя и погружаемой сваи.

При работе с вибромолотами и вибропогружателями нужно не менее двух раз в смену тщательно осматривать болтовые соединения электродвигателя, привода, шарнирные подвески, концевые соединения силового кабеля.

Вибропогружатель можно включать лишь после того, когда он под действием собственного веса опустится на сваю; при этом свая и вибропогружатель должны находиться в направляющих.

Крюк крана оборудуют устройством, предотвращающим самопроизвольное соскакивание подвески вибропогружателя.

Свая должна надежно соединиться с вибропогружателем. При ударе его о сваю следует прекратить работу и подтянуть болты клина.

В процессе работы контролируют режим работы вибропогружателя — скорость погружения, амплитуда колебания и напряжение в сети.

Безопасная работа навесных копров на кранах-экскаваторах зависит от состояния площадки, на которой ведут свайные работы. Они должны иметь спланированную, плотную поверхность, позволяющую перемещаться экскаватору с навесным оборудованием.

Персонал, обслуживающий навесную копровую установку, при работе должен руководствоваться инструкцией по эксплуатации.

Запрещается перемещать копровую установку на кране-экскаваторе по строительной площадке с поднятой свайей и молотом выше 2 м.

Запрещается поднимать или опускать решетчатую стрелу крана-экскаватора, если молот поднят на высоту более 2 м от основания.

При забивке свай длиной 12 м и более паровоздушным молотом с весом ударной части 6,5 Т навесную мачту копра нужно опирать на опорную плиту.

Каждую смену необходимо проверять состояние тормоза стрелоподъемной лебедки, не допускать замасливания ленты и поддерживать исправное состояние пружины.

Для обеспечения безопасной работы на передвижных компрессорах и с пневматическими молотами соблюдают требования, изложенные ниже. Воздушные компрессоры на обеих ступенях сжатия оборудуют манометрами и предохранительными клапанами, которые пломбируют. При превышении предельного давления для данного компрессора работать запрещается.

Манометры положено проверять не реже одного раза в год.

Передвижные компрессорные установки располагаются на ровных площадках на расстоянии не менее 10 м от ацетиленовых агрегатов с закреплением колес во время работы.

Внутренние стенки цилиндров компрессора очищают керосином; применять для их очистки бензин или газолин запрещается. Установившие цилиндры после чистки можно не ранее чем через 3 ч после их протирки насухо.

Передвижные компрессорные станции должны быть освидетельствованы эксплуатирующей их организацией.

Работу компрессорной установки необходимо прекратить в следующих случаях: при появлении стука в двигателе или компрессоре; повышении давления воздуха в воздухохранильнике выше предельно допустимого, а в первой ступени более чем на 2,2 кг/см²; в случае повышения температуры нагнетаемого воздуха более чем на 140° С.

Во время работы компрессорной станции необходимо несколько раз в смену проверять ресивер. Спускать накопившийся конденсат следует через нижний краник.

При срубании голов железобетонных свай предусматриваются меры, чтобы обрубаемая часть упала в противоположную сторону от обрущика. Находиться другим людям ближе 5 м от обрубаемой сваи запрещается.

Присоединять и разъединять шланги от магистрали можно только после прекращения подачи воздуха. Перед присоединением шланги необходимо продуть.

Подавать воздух разрешается лишь после установки инструмента в рабочее положение — шланги к трубопроводам сжатого воздуха подключают только через вентили, установленные на отводах от магистрали.

Запрещается во время работы натягивать и перегибать шланги пневмоинструмента и паровоздушного молота.

Условия безопасного выполнения работ при монтаже сборных железобетонных ростверков и других элементов свайных фундаментов изложены в пункте 14 (1—33) СНиП III-A. 11—70, а производства бетонных работ — в п. 12 той же главы СНиП.

Поскольку при ведении свайных работ широко используют электроэнергию, мероприятиям по электробезопасности необходимо уделять особое внимание.

Временную электропроводку на строительной площадке выпол-

няют из изолированного провода и подвешивают ее на высоте не менее 2,5 м над рабочим местом, 3 м — над проходами и 5 м — над проездами. При высоте менее 2,5 м от земли электрические провода заключают в трубу или короба.

Осветительные электролампы напряжением 110 и 220 в подвешивают на высоте не менее 2,5 м. Если светильники нужны ниже 2,5 м над уровнем земли, обязательно применяют низковольтное освещение напряжением не выше 36 в.

Ввертывать и вывертывать электрические лампы под напряжением запрещается; в исключительных случаях эту работу разрешается выполнять электромонтеру в диэлектрических перчатках и очках.

Запрещается применять стационарные светильники в качестве ручных переносных ламп.

На копре должны находиться клейменные диэлектрические перчатки, хранящиеся в закрытом ящике. Перед надеванием перчатки тщательно осматривают и вывертывают. Запрещается пользоваться диэлектрическими перчатками, имеющими проколы и трещины.

Металлические части копра и механизмов с электроприводом заземляют.

Запрещается работа копра и стреловых кранов под проводами действующих линий электропередач любого напряжения. В охранной зоне высоковольтной линии работу ведут по разрешению организации, эксплуатирующей линии, и после прохождения рабочими специального инструктажа по технике безопасности.

Охранную зону высоковольтной линии определяют параллельными прямыми, отстоящими от крайних проводов на расстоянии: при напряжении до 20 кВ — 10 м, при 35 кВ — 15 м и при 110 кВ — 20 м.

Расстояния по горизонтали между крайней точкой копра или стреловых кранов, грузовыми канатами или грузом и ближайшим проводом линии электропередачи принимают не менее указанных ниже.

| | | | | | | |
|---|------|------|--------|-----|-----|---------|
| Напряжение линии электропередачи, кВ | До 1 | 1—20 | 35—110 | 154 | 220 | 330—500 |
| Допустимые расстояния по горизонтали, м | 1,5 | 2 | 4 | 5 | 6 | 9 |

Копры и стреловые краны перемещают в охранной зоне под непосредственным наблюдением производителя работ. При передвижении копров и стреловых кранов, а также при перевозке оборудования (свайного и др.) под проводами действующих линий электропередач расстояния по вертикали между самой верхней точкой перемещаемого механизма или оборудования и нижней точкой провисания провода не должны быть менее указанных ниже.

| | | | | | | |
|---------------------------------------|------|------|--------|---------|-----|-----|
| Напряжение линии электропередачи, кв | До 1 | 1—20 | 35—110 | 154—220 | 330 | 500 |
| Допустимое расстояние по вертикали, м | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

Если соблюсти указанные условия невозможно, с линией электропередачи снимать напряжение как на время работы копра, стрелового крана или другого механизма, так и на время их перемещения.

Временную кабельную линию для питания копра электроэнергией прокладывают по деревянным козелкам. Перекладывать электрокабель во время работы разрешается только после его отключения от напряжения.

В случае прекращения подачи электроэнергии рубильники необходимо немедленно отключить. Рубильники помещают в кожухи и ящики, не имеющие открытых отверстий и щелей для перемещения рукоятки. Металлические кожухи должны быть заземлены.

Рабочих-копровщиков необходимо обучить приемам освобождения от линии электрического тока пострадавших лиц и оказания им первой помощи.

Копровые установки, питающиеся электроэнергией, а также вибропогружатели обеспечивают огнетушителями.

Электросварочные работы, газовую сварку и резку нужно выполнять с соблюдением требований безопасности, изложенных в пунктах 5 (1—66) и 7 (1—32) СНиП III-A.11—70.

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ НАБИВНЫЕ СВАИ

ГЛАВА 11. ВИДЫ И КОНСТРУКЦИИ НАБИВНЫХ СВАЙ

1. Предварительные сведения

Набивные сваи имеют различные виды, изготавливаемые разными методами. Для всех видов набивных свай принципиально общей является основная технологическая схема: в грунте тем или иным способом изготовляют скважину и затем заполняют ее бетоном.

Если до заполнения скважины бетоном в нее опускают стальной арматурный каркас, то получается железобетонная набивная свая.

Применение того или иного способа устройства скважины и способа заполнения ее бетоном или железобетоном зависит от многих факторов: геолого- и гидрогеологических условий строительной площадки, эксплуатационных требований к устраиваемому свайному фундаменту, механовооруженности строительства и т. п.

Впервые в истории строительной техники устройство набивных свай предложил русский инженер А. Э. Страусс, который применил их в 1899 г. на строительстве зданий управления Юго-Западных железных дорог.

За короткое время устройство набивных свай получило в начале XX в. широкое распространение. Кроме набивных свай Страусса, появились и другие системы: «Компрессоль» (Франция, 1900 г., предложена Дюлаком), «Симплекс» (США, 1903 г., предложена Ф. Шуманом), «Франки» и «Франкиньюль» (Франция, 1909 г., предложены Ф. Франкиньюлем) и многие другие.

К настоящему времени в разных странах разработано большое количество различных видов бетонных и железобетонных набивных свай.

В Советском Союзе набивные сваи применялись в мостостроении при строительстве крупных зданий, особенно высотных в Москве, при сооружении Белгородской ЦЭС и Кинешемской ТЭС и ряде других новостроек, а также для усиления фундаментов ранее выстроенных зданий (Малый театр в Москве, 1929 г.) и др.

Ограниченное применение набивных свай в довоенный период объясняется в основном их относительно высокой стоимостью по сравнению со стоимостью устройства других видов фундаментов. Поэтому набивные сваи применялись, главным образом, в тех случаях, когда нельзя было использовать забивные сваи из-за вибраций, возникающих в грунте в процессе их забивки, а устройство фундаментов без свай оказывалось нецелесообразным.

Возросшие возможности техники бурения, вибропогружения, взрывания в шпурах, бетонирования, а также появление новых машин для устройства набивных свай — все это вызвало в последнее

десятилетие повышенный интерес к устройству набивных свай и обусловило появление новых их конструкций.

С этой точки зрения характерно массовое применение в настоящее время буронабивных свай на многих стройках Украины и на строительстве Камского автомобильного завода в Набережных Челнах.

Характерными тенденциями в области устройства набивных свай в настоящее время являются следующие:

создание различных способов увеличения несущей способности набивных свай путем увеличения площади их опирания на грунт; применение коротких набивных свай (2,5 + 6,0 м) в массовом жилищном строительстве;

создание специализированных строительных организаций, выполняющих работы по устройству набивных свай.

При описании способов выполнения свайных работ одновременно с технологией изготовления набивных бетонных и железобетонных свай будет рассмотрено устройство так называемых грунтовых свай. Скважины для таких свай делают, в основном, теми же способами, что и для набивных бетонных свай, а затем заполняют их грунтом.

По конструктивному назначению, размещению в плане и последующей работе в грунте между бетонными сваями и грунтовыми существует принципиальное различие. Бетонные или железобетонные набивные сваи представляют собой жесткие стержни, составляющие основную часть свайного фундамента. Конструктивное назначение таких свай, как и любых других фундаментов, заключается в том, чтобы передать нагрузку от сооружения расположенному под ним грунту.

Понятие же «грунтовая свая» является условным. Назначение таких свай состоит только в уплотнении грунта, залегающего ниже подошвы фундамента. По окончании работ по уплотнению грунта грунтовыми сваями они физически перестают существовать и вместе с уплотненным грунтом образуют более или менее однородное искусственное основание. Чем больше материал грунтовых свай по своим свойствам и составу приближается к свойствам и составу уплотняемого грунта, тем однороднее будет искусственное основание.

В настоящем разделе описаны современные методы изготовления набивных бетонных и железобетонных свай, применяемых в отечественной и зарубежной практике, а также особенности конструкций фундаментов на набивных сваях.

2. Виды набивных свай и способы их изготовления

С учетом материала, конструкции и способов изготовления различают следующие виды набивных свай:

по материалу — бетонные, железобетонные, песко- и грунтобетонные, песчаные, грунтовые, комбинированные с применением металлической, асбоцементной и синтетических оболочек, сборного железобетона, дерева;

по глубине заложения — короткие (до 6 м) и длинные (более 6 м);

по степени заделки — со свободной головкой и заделанные в бетон ростверка или фундаментной плиты;

в зависимости от расположения свай в плане — одиночные сваи, свайные кусты, свайные полосы, свайные поля;

по отношению оси к горизонтальной плоскости — вертикальные и наклонные;

от горизонтального сечения ствола — круглые сплошные и кольцевые;

от вертикального сечения ствола — цилиндрические, гофрированные, конические, с уширенной пятой;

по характеру работы в грунте — висячие сваи, сваи-стойки и анкерные.

Способами изготовления скважин являются бурение, вибро- и термомеханическое бурение, пробивка отверстий конусом (штампом) или лидерной трубой, бурение под глинистым раствором, взрывной метод.

Применяют следующие способы бетонирования ствола: прямое бетонирование, с применением вертикально-перемещающейся трубы (ВПТ), под глинистым раствором, под защитой обсадной трубы, бетонирование с трамбованием, пневмо- и гидропрессование, раздельное бетонирование и др.

Способы образования уширений стволов возможны следующие: механическое трамбование, механическое разбуривание сухое или под глинистым раствором, гидро- и электромеханическое раздавливание, термомеханическое бурение, вибрирование, пневмо- и гидропрессование, взрывным методом и вручную.

Учет способов устройства скважин и методов бетонирования положен в основу предлагаемой в настоящей работе классификации набивных свай.

На практике применяют два основных способа образования скважин под набивные сваи для последующего заполнения их бетоном. При первом способе скважины образуют бурением. В зависимости от рода грунта скважины можно бурить без укрепления их стенок или с укреплением их глинистым раствором, а также под защитой обсадных труб.

При втором способе скважины пробивают (в зависимости от рода грунта) сердечниками или трубами с глухим нижним концом, трубами с теряемым башмаком или трубами-оболочками с глухими нижними концами, которые остаются в грунте. Последний способ является переходным к способу установки забивных полых свай с глухим нижним концом.

Схема перечисленных способов образования скважин для устройства набивных свай показана на рис. 11.1. Как видно из этой схемы, методы устройства набивных свай можно разделить на шесть основных групп. Первые три группы охватывают те виды набивных свай, для устройства которых скважины образуют бурением. Эти группы получили общее название буронабивных свай.

Три группы набивных свай, для устройства которых скважины пробивают, пока еще не имеют объединяющего названия. Ниже дана краткая характеристика шести групп свай с учетом методов их устройства.

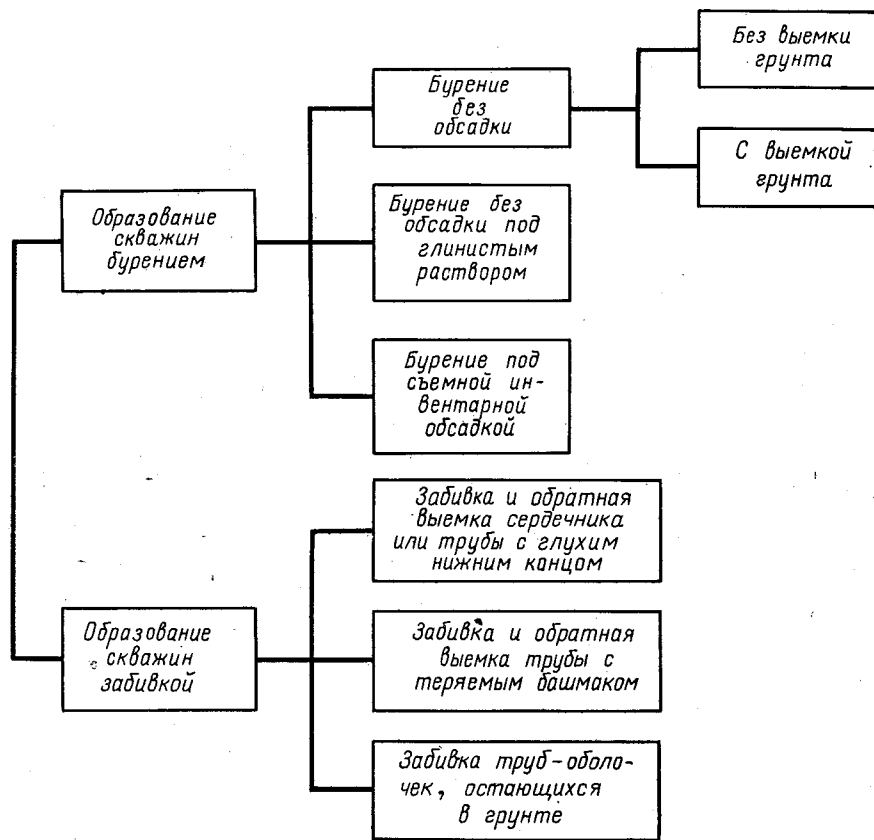


Рис. 11.1. Схема возможных способов образования скважин для набивных свай

I группа — сваи, скважины для которых образуют бурением сухим способом без глинистого раствора и обсадных труб:

со скважинами, пробуренными роторным или другим способом без уширения ствола или пяты или с уширением (сваи камуфлетные, с разбуриваемой пятой, лучевидные и др.);

с лидерным буровым шпуром и последующим увеличением диаметра скважины до заданных размеров с помощью взрыва (гофрированные сваи и др.);

образованные при роторном бурении из разбуриваемых пород с добавлением цемента (грунтобетонные сваи).

II группа — сваи, скважины для которых образуют роторным бурением без обсадных труб, а бетонирование ведут под глинистым раствором:

сваи диаметром до 1,0 м (системы НИИСП Госстроя СССР и др.);

сваи диаметром более 1,0 м — буровые опоры (системы ЦНИИС Минтранстроя и др.).

III группа — сваи с буровыми скважинами и обсадной трубой, когда бетонирование производят под защитой постепенно извлекаемой осадной трубы:

бетонирование ведут механическим трамбованием бетона, подаваемого в скважину (сваи системы Страусса, Беното и др.);

сваи бетонировать пневматическим прессованием бетона (сваи системы Вольфсхольца, Грюна и Бильфингера, Медведева, Боженкова и Гузеева);

бетонирование ведется гидравлическим прессованием бетона (сваи системы «Маст-Михаэлис» и др.).

IV группа — сваи, для которых отверстие в грунте образуется штампом и бетонирование производится без осадки:

сваи, для которых отверстия в грунте пробивают конусом-штампом (сваи системы «Компрессоль», Пангаева, опоры в вытрамбованных котлованах и др.);

отверстия в грунте для свай образуют виброметодом или вдавливанием (сваи конусные и др.).

V группа — сваи со скважинами, образуемыми забивкой в грунт массивной оболочки со съемным башмаком или раскрывающимся наконечником; бетонирование производится с постепенным извлечением оболочки (сваи систем «Симплекс», «Або-Лоренц», «Франки», частотрамбованные и др.).

VI группа — сваи со скважинами, образуемыми забивкой в грунт металлической оболочки, остающейся в грунте:

в грунт забивают металлическую оболочку с сердечником (или без него), затем сердечник удаляют и оболочку заполняют бетоном (сваи системы Штерна, Раймонда, Монотюба, Макартур, Вильгельми, Луги и др.);

забитую в грунт массивную металлическую оболочку заменяют на более тонкую, остающуюся в грунте с последующим бетонированием (сваи систем «Макартур», «Вестерн» и др.).

Обозначенные в приведенной классификации границы между различными группами свай условны и подвижны. На практике применяют набивные сваи всевозможных комбинированных конструкций. Например, в классификации камуфлетные сваи отнесены к I группе и описаны в соответствующей главе. В то же время этот же тип свай изготовляют под защитой обсадных труб (II группа), в скважинах, образуемых забивкой оболочки (V группа) и т. д.

Предпочтение в данном случае отдано I группе по методическим соображениям как наиболее простому случаю устройства камуфлетных свай. Кроме того, учтен большой удельный вес применения этого варианта в практике последних лет.

На выбор способа устройства набивных свай, зависящий от многих факторов, прежде всего оказывают влияние геологические и гидрогеологические условия строительной площадки.

Решая вопрос о применении буронабивных свай или же тех скважины для которых устраивают забивкой, всегда следует иметь в виду, что в случаях устройства набивных свай IV, V и VI групп околосвайный грунт уплотняется, вследствие чего несущая способность таких свай близка несущей способности забивных свай.

Конструкция распространенных в настоящее время буронабивных свай целесообразна тем, что она позволяет применять сваи больших диаметров, облегчает устройство уширенной пяты. В конечном счете можно применять набивные сваи с несущей способностью, значительно превосходящей несущую способность забивных и набивных свай IV—VI групп.

Современная технология изготовления буронабивных свай с помощью комплексных агрегатов дает возможность устройства их с уширенной пятой. Поэтому в дальнейшем тексте рассмотрены отдельные, вошедшие в практику строительства приемы изготовления буронабивных свай как с уширенной пятой, так и без нее.

3. Способы устройства уширенной пяты

Во многих случаях целесообразно увеличить площадь опирания буронабивных свай для повышения несущей способности их.

Ниже рассмотрены шесть основных способов устройства уширенных пят свай:

1) различными приемами механического трамбования бетона в скважине;

2) применением виброударного способа изготовления набивных свай;

3) путем пневматического прессования ствола набивной сваи. Метод применим при устройстве свай Вольфсхольтца, Боженкова и Гусеева, Грюна, т. е. для свай II типа;

4) специальными разрушающими механизмами, с помощью которых ниже забоя скважины образуется шаровидное пространство с диаметром, значительно превышающим диаметр скважины. Образованную шаровидную полость заполняют бетоном;

5) с помощью камуфлетного взрыва. В скважину опускают заряд взрывчатого вещества, затем часть скважины заполняют пластичным или литым бетоном, после чего производят взрыв. Полость ниже забоя скважины, образующаяся после взрыва, тотчас заполняется бетоном, поступающим из ствола скважины;

6) при помощи электромеханического или электрогидравлического устройства, раздвигающего (раздавливающего) грунт в основании скважины.

В последние годы для изготовления набивной сваи были созданы комплексные механизмы, в которых способ устройства самой сваи и образования уширенной пяты жестко увязаны. Например, известный свайный агрегат фирмы «Беното» позволяет получать

уширенную пяту разрушиванием, а сам ствол сваи — бурением под обсадкой.

При описании работы таких комплексных агрегатов технологию устройства набивных свай приходится рассматривать совместно с устройством уширенной пяты.

4. Конструктивные особенности фундаментов из набивных свай

Конструкции фундаментов и подземных частей зданий на сваях отличаются от ленточных фундаментов точечным характером передачи нагрузки на грунты основания. В этом отношении столбовые фундаменты, забивные и набивные сваи различных видов имеют много общего.

Особенности конструкции набивных свай состоят в следующем. Набивная свая может воспринимать значительные сосредоточенные нагрузки, достигающие до 1000 Т, что дает возможность в ряде случаев отказаться от устройства ростверка, необходимого при любом другом решении, или значительно сократить его размеры. Набивные сваи особенно целесообразны при возведении высотных зданий с большими нагрузками на их фундаменты.

В цехах и промышленных зданиях точечные нагрузки на объектах металлургии достигают 4000 Т, в главных корпусах электростанций — 1000 Т. Применение конструкций с нагрузками на колонны порядка 400—600 Т в ряде отраслей составляет примерно 30%. В жилом и гражданском строительстве при высоте зданий в 16—25 этажей колонны несут нагрузки 600 Т и более. В то же время набивные сваи можно устраивать и под небольшие нагрузки, что важно в сельском строительстве.

Конструкции набивных свай можно легко видоизменять в соответствии с различными грунтовыми условиями, схемами, нагрузками и т. д. Более того, у таких систем набивных свай, как камуфлетные, пневмо- и гидронабивные, в процессе сооружения можно изменять размеры в обратной зависимости от несущей способности грунта.

С целью обеспечения надежной работы конструкций стен и эффективного использования несущей способности материалов свайных фундаментов при привязке проектов можно изменять шаг свай, сечение ствола (комплект рабочих органов различного диаметра), величину уширения, глубину бурения (в пределах характеристики бурового агрегата), марку бетона и т. п.

Главное преимущество набивных свай заключается в незначительных абсолютных и относительных осадках сооружений. Кроме того, создание узла «свая — колонна», затрудненное при сооружении фундаментов на забивных сваях, легко реализуется в любых вариантах набивных свай. Верх набивной сваи и соответственно ростверк (монолитный или сборный) можно расположить на любой отметке без устройства дополнительных переходных элементов, что затруднительно при забивных сваях.

Высокая несущая способность набивных свай нередко позволяет обойтись одиночной свайей вместо куста и необходимого для него ростверка, сводя земляные работы к срезке растительного слоя, благодаря чему монтажные работы можно вести на неразрушенной поверхности. При этом нет необходимости в ручной доработке грунта, уплотнении оснований; исключается просадка полов и отмок. Важно и то, что с применением набивных свай значительно уменьшается количество типоразмеров сборных элементов.

Набивная свая состоит из следующих элементов: ствола (тела) сваи, головы (верха) сваи и пяты, которая может оканчиваться уширенным основанием.

Ствол сваи, как отмечалось выше, можно изготавливать из различных однородных материалов монолитной или сборно-монолитной конструкции. В последнем случае в отечественной практике стволы обычно имеют вид железобетонных стоек-колонн заданной длины, погруженных на проектные отметки в монолитные уширенные пяты. В случаях значительной длины и больших нагрузок или в неблагоприятных гидрогеологических условиях сваи имеют оболочки из металла, железобетонных труб или колец. В зарубежной

практике смешанные конструкции применяют чаще всего в виде свай Раймонда — гофрированных стальных оболочек, заполненных бетоном.

Армируют ствол набивной сваи преимущественно в оголовке для связи с опирающейся на нее конструкцией. Сплошное армирование ствола требуется только при значительных изгибающих усилиях, а также использовании свай в качестве анкеров. В этом также одно из отличий набивных свай от забивных, где армирование необходимо для сохранности сваи при транспортировке и в процессе забивки.

Возможность значительного увеличения пяты является одним из основных преимуществ набивной сваи и источников ее экономичности. Диаметр уширения больше диамет-

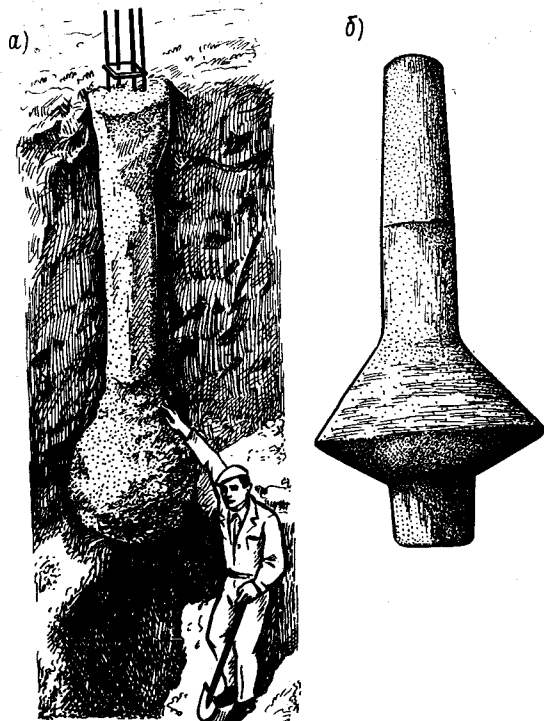


Рис. 11.2. Набивные сваи различной конструкции, извлеченные из грунта: а — свая с камуфлетной пятой; б — свая с пятой, образованной сухим разбуриванием

ра ствола обычно в 2,5—3,5 раза, что соответствует 7—12-кратному увеличению площади опирания на грунт. Пределы уширения и геометрия пяты обусловлены избранным типом набивной сваи и применяемым оборудованием (рис. 11.2).

Увеличить несущую способность сравнительно коротких набивных свай можно путем устройства нескольких уширений на стволе (рис. 11.3).

Лабораторией оснований и фундаментов УралпромстройНИИпроекта проведены исследования несущей способности набивных свай. Данные этих испытаний с разным числом уширений свай приведены в табл. 11.1.

Голова набивной сваи в зависимости от конструкции, опирающейся на нее, и нагрузки может иметь два варианта: под ростверк (бетонная площадка, арматурные выпуски) и под колонну — штыревой, монтажный столик, монтажный стакан.

На рис. 11.4 показаны основные конструкции оголовков набивных свай, а на рис. 11.5 — возможные варианты стыков сборных рандбалок. Монолитные роствер-

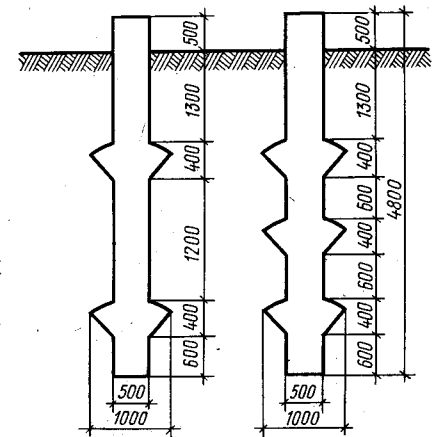


Рис. 11.3. Схема набивной сваи с несколькими уширениями на стволе

Таблица 11.1
Предельные сопротивления свай при различных видах нагрузки

| Тип сваи | Предельное сопротивление свай | | | |
|------------------------------|-------------------------------|-------|---------------------------|-------|
| | при выдергивающей нагрузке | | при вдавливающей нагрузке | |
| | T | % | T | % |
| Без уширения | 17,0 | 100,0 | 23,5 | 100,0 |
| С одним уширением | 28,0 | 165,0 | 42,0 | 179,0 |
| С двумя уширениями | 36,5 | 215,0 | 57,0 | 243,0 |
| С тремя уширениями | — | — | 60,0 | 255,0 |

ки по набивным сваям ничем не отличаются от аналогичных решений на забивных сваях.

В элементах сборных ростверков — рандбалках — узлы сопряжений (стыков) имеют два варианта: при сборном стыке — закладные детали, свариваемые между собой накладными пластинами, или арматурные выпуски, фиксирующие положение рандбалки через специальные каналы; при сборномонолитном стыке — арматурные выпуски.

Ниже описаны характерные конструкции фундаментов на набивных сваях. Примерами таких фундаментов для зданий могут служить подземные части основных конструктивных схем домов с техническим подпольем и бесподвальные с продольными несущими стенами, поперечными несущими перегородками и каркасные.

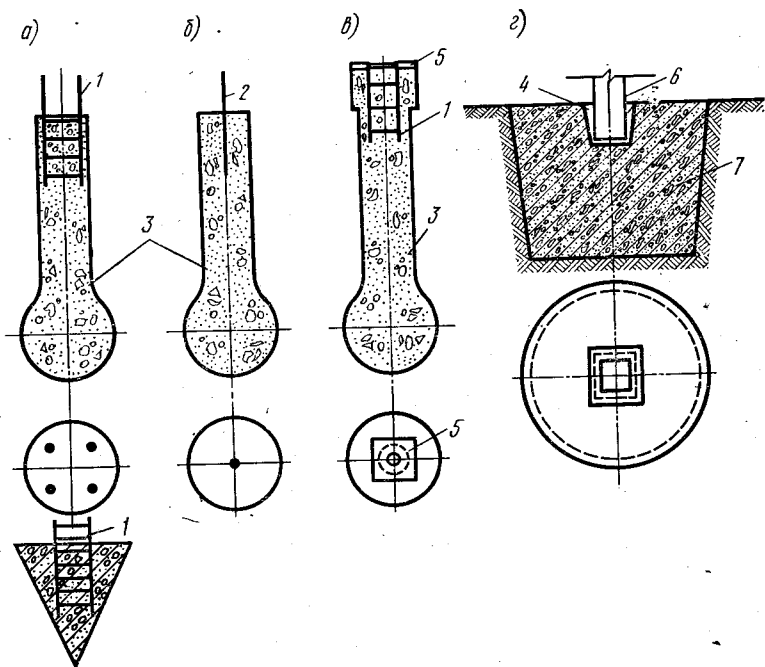


Рис. 11.4. Конструкция элементов сопряжения набивных свай:

а — свая с арматурным стержнем для сопряжения с рандбалкой; б — свая со штыревым сопряжением с колонной; в — свая с монтажным столиком; г — свая со стаканом для колонны; 1 — армокаркас; 2 — стержень; 3 — тело сваи; 4 — стакан; 5 — пластина; 6 — колонна; 7 — фундаментный башмак

На (рис. 11.6) показан фундамент на набивных сваях в стадии монтажа рандбалок. Конструкция эта характерна для бесподвального решения. Этот дом, сооруженный в Киеве по предложению канд. техн. наук Д. А. Романова, был первым в отечественной практике сооружением на короткомерных набивных сваях.

Под каждую поперечную несущую стену-перегородку были предусмотрены две сборные рандбалки, каждая из них опирается на четыре сваи с камуфлетным уширением. Сборные рандбалки соединены с головами свай арматурными стержнями.

На рис. 11.7 показаны план, разрез и развертки стен подземной части 5-этажного дома на набивных сваях, построенного в Москве.

Набивные (камуфлетные) сваи соединены сборным железобетонным ростверком.

Все сваи рассчитаны на нагрузку в 50 Т, запроектированы одного размера и отличаются только характером закладных элементов. Диаметр сваи — 40 см, уширения — 100 см; длина сваи с учетом радиуса пяты — 3,0 м. Всего под трехсекционное пятиэтажное здание площадью 1790 м² жилой площади потребовалось 111 свай.

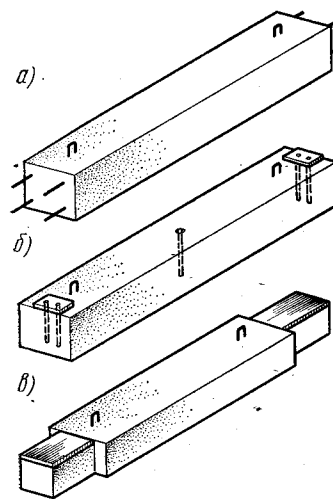


Рис. 11.5. Конструкции стыков сборных рандбалок:

а — с выпусками арматуры для монолитного стыка; б — со сквозными каналами для пропуска арматуры свай; в — с закладными деталями для последующей сварки между собой



Рис. 11.6. Сборные рандбалки по набивным сваям в бесподвальном жилом доме

В типовом проекте было предусмотрено три варианта конструкции подземной части с применением камуфлетных свай: сборные стойки и рандбалки; монолитные сваи и рандбалки и смешанный — монолитные сваи и сборные рандбалки. Осуществлены два последних варианта.

Расположением свай в плане (рис. 11.7, в) было предусмотрено равномерное распределение нагрузок. Шаг свай под наружные стены — 2,40 м (21 т/м · 2,4 м = 50 Т), под внутренние — 1,75 м (28,6 т/м · 1,5 м = 50 Т). Расстояние между сваями под внутренние поперечные стены принято в 3,18 м.

Сборный железобетонный ростверк расположен на отметках в двух уровнях: под наружные стены непосредственно по сваям, а под продольную среднюю стену поднят на отметку — 0,73. Весь ростверк смонтирован из 49 рандбалок пяти марок. Для соединения их со сваями в балках предусмотрены вертикальные каналы сечением 80 × 80 мм. Каналы после монтажа были заполнены раствором, а балки соединены сваркой.

Для того чтобы свести к минимуму земляные работы, отметка пола техподполья поднята до — 1,40 м по всему подвалу, кроме помещений элеваторного пункта и щитовой, где грунт разрабатывается до отметки — 2,60 м. Высота подполья, предназначенного для коммуникаций, составляет 1,1—1,2 м.

При таком решении на него сводятся ручные земляные работы по засыпке, уплотнению пазух внутри и вне здания, планировке полов в техподполье. Работы

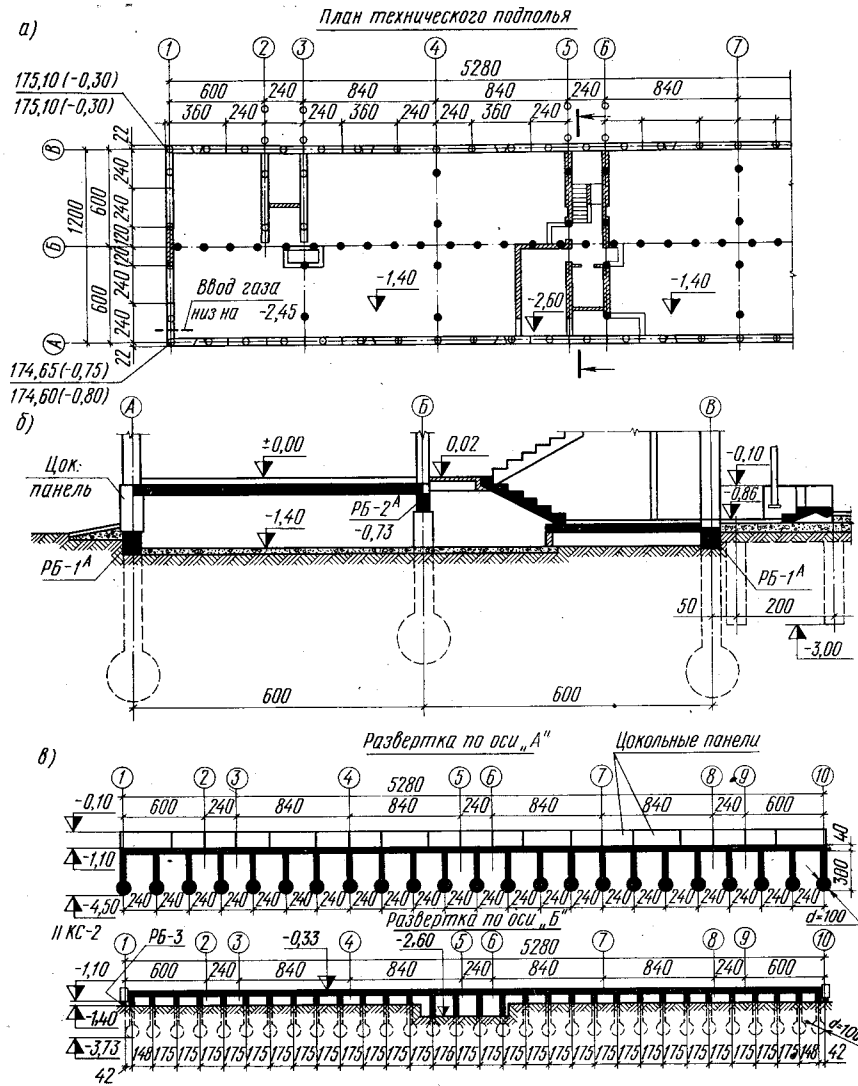


Рис. 11.7. Подземная часть жилого дома с продольными несущими стенами на набивных камуфлетных сваях:
 а — план; б — разрез; в — развертки продольных стен

по устройству фундаментов (бурение, монтаж и т. п.) ведутся с неразрушенной поверхностью, что создает благоприятные условия, особенно при производстве работ в условиях глинистых грунтов.

Несколько иное конструктивное решение имеет фундамент на камуфлетных сваях дома серии I-480. Камуфлетные сваи применены здесь двух типов при одной глубине заложения — 2,5 м до центра заряда — и отличаются друг от друга величиной камуфлетного уширения (100 и 120 см).

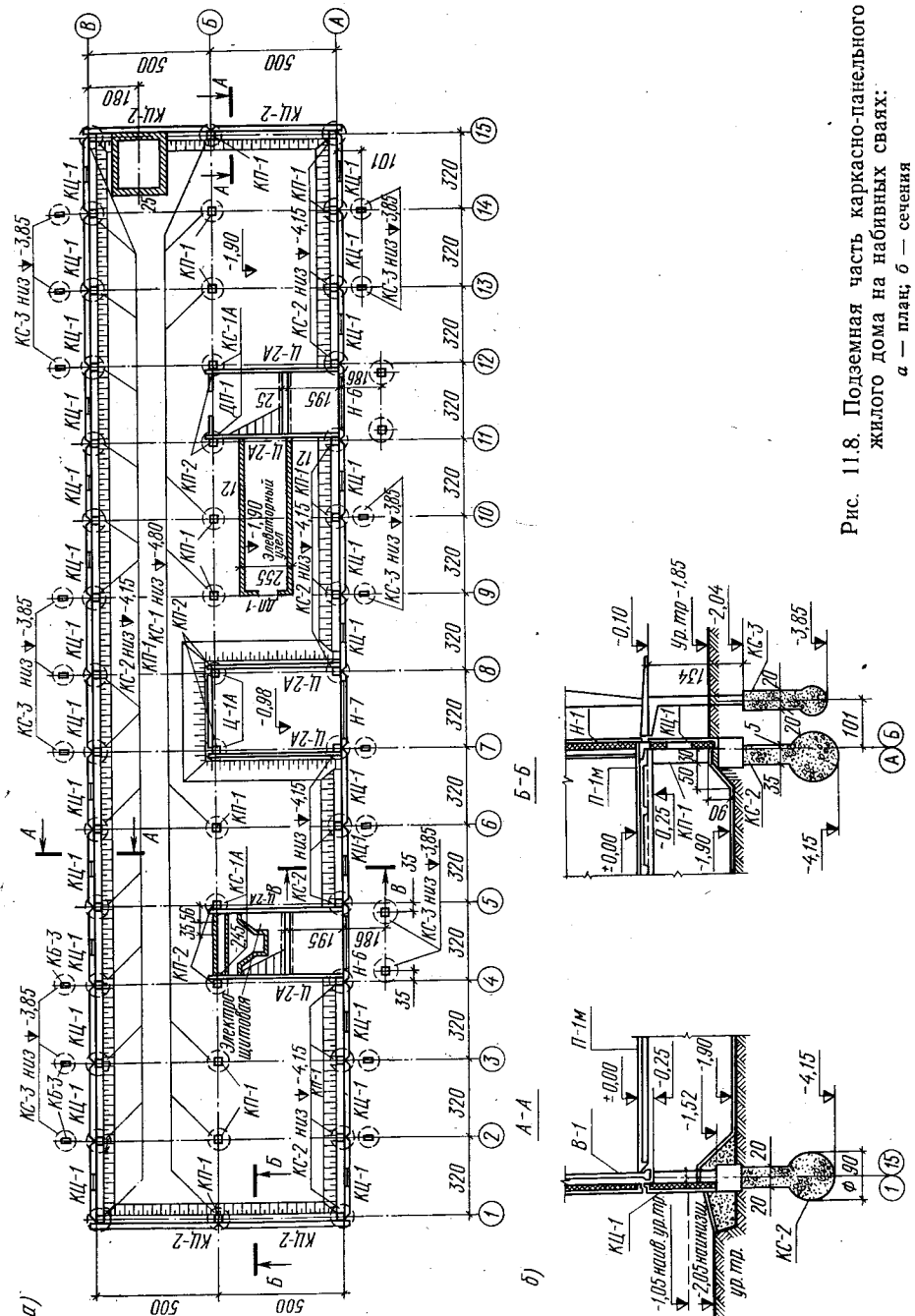


Рис. 11.8. Подземная часть каркасно-панельного жилого дома на набивных сваях:
 а — план; б — сечения

Расположение свай в плане сделано иначе, чем в жилом доме серии 1-515. Здесь сваи и соответственно рандбалки размещены в строгом соответствии с конструкцией надземной части здания в точках пересечения осей. Для равномерного распределения нагрузок введен второй тип камуфлетного уширения. Шаги свай под наружные и внутренние продольные стены приняты 2,60 и 3,20 м, под поперечные — 2,5 м.

В проекте серии 1-515 ростверк по оси Б поднят на отметку низа перекрытия в отличие от проектов, описанных выше. Хотя технометия производства работ несколько усложнена, однако при такой конструкции меньше расходуется сборного железобетона, так как низ средней продольной стены до отметки перекрытия заменяется сваями.

В фундаменте описываемой конструкции дома ростверк устроен сборно-моноклитный. Рандбалки соединены между собой сваркой выпусков арматуры, к ко-

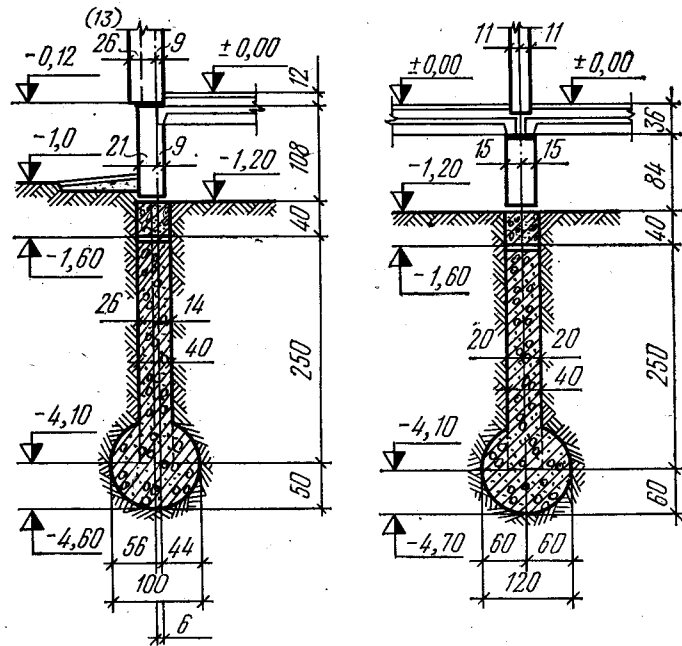


Рис. 11.9. Сечения набивных камуфлетных свай со сборными стойками:
слева — по внешней стене; справа — по внутренней

торым приварены два стержня, выходящие из сваи. Затем стык был обетонирован. Сборно-моноклитный ростверк жестче сборного, он легче воспринимает возможные неравномерные напряжения. Недостатком такого сопряжения является большая его трудоемкость, особенно в зимний период.

Конструкцию фундамента для каркасно-панельного дома можно применять для любых других каркасных зданий с нагрузками на колонну в пределах несущей способности одной сваи (рис. 11.9). Обычно фундаменты для таких домов выполняются из сборных железобетонных башмаков-подколонников и колонн с консолями, на которые опираются цокольные панели.

В проекте предусмотрено три типа свай. Свая типа КС-1 для внутреннего ряда колонн имеет уширение 120 см. Верх сваи оканчивается монтажным столиком

50×50 см из стального листа толщиной 10 мм, приваренного к выпускам арматурного каркаса.

Свая КС-2 для наружного ряда колонн в соответствии с меньшей нагрузкой имеет меньшее уширение — 90 см. Оголовок сваи увеличен до 70×70 см, прилив 70×20 см служит консолью для опирания цокольных панелей. Уширение свай КС-3 под балконные стойки ввиду незначительных нагрузок ограничено 60 см. Сборные колонны сечением 30×20 см оканчиваются монтажными столиками.

Сваи с колоннами стыкуют путем сварки монтажных столиков. Ряд аналогичных зданий построен со сборными железобетонными стойками (рис. 11.9).

5. Определение несущей способности набивных свай

Несущую способность набивных свай, как и забивных, определяют по наименьшему из значений, полученных по расчету несущей способности по грунту, и по расчету сопротивления материала сваи.

При расчете несущей способности набивных свай по материалу (бетону) расчетное сопротивление бетона следует определять с учетом коэффициента условий работы $m_b = 0,85$, как это предусмотрено СНиП II-V.1—62* для сжатых элементов, бетонированных в вертикальном положении. Кроме того, вводят дополнительный коэффициент условий работы, учитывающий влияние способа производства работ.

Значение дополнительного коэффициента условий работы принимается равным:

в глинистых грунтах, консистенция которых позволяет бурить скважины и бетонировать без крепления их стенок, а также в грунтах, при которых крепление скважин и бетонирование осуществляются с применением извлекаемых обсадных труб, при отсутствии воды в скважинах (т. е. при бетонировании «сухим» способом) — $m_b = 0,9$;

в грунтах, при которых скважины бурят с креплением обсадными трубами, а бетонирование — под водой или скреплением глинистым раствором (без обсадных труб) — $m_b = 0,7$.

Бетонирование под водой или под глинистым раствором рекомендуется вести методом ВПТ (вертикально перемещающейся трубы), подводное бетонирование свай другими методами не допускается.

Несущая способность набивных свай по грунту так же, как и забивных, зависит от сопротивления грунта под нижним концом сваи и по ее боковой поверхности. В общем виде несущую способность набивной сваи можно определить из выражения

$$P = km (R^n F + u \sum m_j f_i^n l_i), \quad (11.1)$$

где P — расчетная несущая способность сваи, T ; $k = 0,7$ — коэффициент однородности грунта; $m_n = 1$ — коэффициент условий работы грунта; R^n — нормативное сопротивление грунта под нижним кон-

Значения коэффициентов A_k^0 , B_k^0 , α и β к выражению (11.2)

| Обозначения коэффициентов | Коэффициенты при значениях φ^H , град | | | | | | | | |
|---------------------------|---|------|------|------|------|------|-------|-------|------|
| | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 | 40 | |
| A_k^0 | 9,5 | 12,6 | 17,3 | 24,4 | 34,6 | 48,6 | 71,3 | 108,0 | |
| B_k^0 | 18,6 | 24,6 | 32,8 | 45,5 | 64,0 | 87,6 | 127,0 | 185,0 | |
| α при $h:d$ | 4,0 | 0,78 | 0,79 | 0,80 | 0,82 | 0,84 | 0,85 | 0,85 | 0,86 |
| | 5,0 | 0,75 | 0,76 | 0,77 | 0,79 | 0,81 | 0,82 | 0,83 | 0,84 |
| | 7,5 | 0,68 | 0,70 | 0,71 | 0,74 | 0,76 | 0,78 | 0,80 | 0,82 |
| | 10,0 | 0,62 | 0,65 | 0,67 | 0,70 | 0,73 | 0,75 | 0,77 | 0,79 |
| | 12,5 | 0,58 | 0,61 | 0,63 | 0,67 | 0,70 | 0,73 | 0,75 | 0,78 |
| | 15,0 | 0,55 | 0,58 | 0,61 | 0,65 | 0,68 | 0,71 | 0,73 | 0,76 |
| | 17,5 | 0,51 | 0,55 | 0,58 | 0,62 | 0,66 | 0,69 | 0,72 | 0,75 |
| | 20,0 | 0,49 | 0,53 | 0,57 | 0,61 | 0,65 | 0,68 | 0,72 | 0,75 |
| | 22,5 | 0,46 | 0,51 | 0,55 | 0,60 | 0,64 | 0,67 | 0,71 | 0,74 |
| 25,0 | 0,44 | 0,49 | 0,54 | 0,59 | 0,63 | 0,67 | 0,70 | 0,74 | |
| β при $d_n, м$ | 0,8 | 0,29 | 0,26 | 0,24 | 0,23 | 0,22 | 0,21 | 0,20 | 0,18 |
| | 4,0 | 0,21 | 0,19 | 0,17 | 0,17 | 0,16 | 0,16 | 0,15 | 0,14 |

Таблица 11.3

Нормативные сопротивления глинистых грунтов под нижним концом набивных свай и свай-оболочек, погружаемых с выемкой грунта и заполнением полости бетоном R^H , $т/м^2$

| Глубина заложения нижнего конца свай, м | Консистенция B глинистых грунтов | | | | | | |
|---|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 |
| | R^H под концом набивных свай и свай-оболочек | | | | | | |
| 3 | 85 | 75 | 65 | 50 | 40 | 30 | 25 |
| 5 | 100 | 85 | 75 | 65 | 50 | 40 | 35 |
| 7 | 115 | 100 | 85 | 75 | 60 | 50 | 45 |
| 10 | 135 | 120 | 105 | 95 | 80 | 70 | 60 |
| 12 | 155 | 140 | 125 | 110 | 95 | 80 | 70 |
| 15 | 180 | 165 | 150 | 130 | 110 | 100 | 80 |
| 18 | 210 | 190 | 170 | 150 | 130 | 115 | 95 |
| 20 | 230 | 210 | 190 | 165 | 145 | 125 | 105 |
| 25 | 280 | 260 | 230 | 200 | 170 | 150 | 130 |

цом свай, принимаемое в зависимости от способа образования свай по табл. 2.1 из выражения (11.2) t/m^2 ; F — площадь опирания свай на грунт, принимаемая по площади поперечного сечения свай или по поперечному сечению уширенной пяты, m^2 ; u — периметр поперечного сечения ствола свай, принимаемый по диаметру скважины или обсадной трубы, m ; m_f — коэффициент условий работы ствола свай, принимаемый по табл. 13.3; f^H — нормативное сопротивление грунта на боковой поверхности свай, принимаемое по табл. 2.2, t/m^2 ; l_i — толщина i -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью свай, m .

Выражение (11.1) позволяет установить несущую способность по грунту на вертикальную сжимающую нагрузку для всех видов набивных свай. Однако в зависимости от способа изготовления свай и наличия уширенной пяты, значения нормативного сопротивления грунта R^H , коэффициента условий работы ствола свай m_f и расчетное значение толщины слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью свай, имеют различные значения.

Нормативное сопротивление грунта под нижним концом свай R^H для набивных частотрамбованных свай принимают по табл. 2.1, т. е. таким же, как и для забивных свай. Это указание СНиП II-Б.5—67* может быть распространено и на другие виды набивных свай со скважинами, образуемыми забивкой в грунт оболочек при закрытом нижнем конце.

Для всех остальных видов набивных свай, устраиваемых в песчаных грунтах или в крупнообломочных с песчаным заполнением, R^H определяют по выражению

$$R^H = 0,65\beta (\gamma_0 d A_k^0 + \alpha \gamma_1 h B_k^0), \quad (11.2)$$

где α , β , A_k^0 и B_k^0 — безразмерные коэффициенты, принимаемые по табл. 11.2 в зависимости от значения нормативного угла внутреннего трения основания грунта φ^H ; γ_0 — объемная масса грунта в основании набивной свай с учетом взвешивающего действия грунтовых вод, t/m^3 ; γ_1 — приведенная объемная масса грунтов, расположенных выше нижнего конца набивной свай; d — диаметр набивной свай или ее уширения для свай с уширенной пятой, m ; h — глубина заложения нижнего конца набивной свай или уширенной пяты, отсчитываемая от природного рельефа (или от планировочной отметки при планировке срезкой), а для опор мостов — от дна водоема с учетом размыва, m .

Для тех же видов набивных свай, устраиваемых в глинистых грунтах, R^H определяют по табл. 11.3.

Во всех расчетах величину заглубления набивной свай в грунт, принятый за основание нижних концов свай, полагают не менее диаметра (для свай без уширенной пяты) или диаметра уширения, но не менее 2 m .

Для промежуточных значений φ^H , $h:d$ и d_n величины коэффициентов A_k^0 , B_k^0 , α и β определяют по интерполяции.

Значения коэффициента условий работы ствола сваи m_f принимают по табл. 11.4. При этом для свай с уширенной пятой сопротивление грунта по боковой поверхности сваи учитывают только на участке от верха сваи до места пересечения ствола сваи с поверхностью воображаемого конуса. Такой конус в качестве образующей имеет линию, касающуюся границы уширения под углом $\varphi/4$ к продольной оси сваи, где φ — среднеарифметическое значение угла внутреннего трения грунта, залегающего в пределах указанного конуса (см. рис. 11.3).

Таблица 11.4

Значения коэффициента m_f

| Вид свай и способы их устройства | m_f при грунтах, прорезаемых сваями | | | |
|---|---------------------------------------|---------|-----------|--------|
| | песках | супесях | суглинках | глинах |
| Набивные частотрамбованные при забивке инвентарной трубы | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| Буронабивные, в том числе с уширенной пятой, бетонизируемые: | | | | |
| при отсутствии воды в скважине («сухим способом») | 0,7 | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| под водой или глинистым раствором | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| Свай-оболочки, погружаемые вибрированием с выемкой грунта | 1,0 | 0,9 | 0,7 | 0,6 |

Полагая, что уширенная пята имеет форму шара, можно установить, что длина части ствола сваи, не учитываемая в расчете ее несущей способности, равна

$$l_2 = \frac{D-d}{2} \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{4} - \frac{D}{2} \left(1 - \sin \frac{\varphi}{4}\right), \quad (11.3)$$

где φ — угол внутреннего трения грунта; D — диаметр уширенной пяты; d — диаметр ствола сваи.

Из рис. 11.10 видно, что размер l_2 может составлять значительную часть общей длины ствола сваи и будет тем больше, чем меньше угол внутреннего трения грунта.

При проектировании фундаментов из свай с уширенной пятой следует иметь в виду, что при наличии пяты приходится увеличивать размеры многорядных ростверков. Минимальные размеры ростверка устанавливаются исходя из того, что для свай без уширенной пяты минимальное расстояние между сваями в осях равно $3d$, где d — диаметр сваи. Для свай с уширенной пятой минимальное расстояние

между сваями в осях равно $D+100$ см, где D — диаметр уширенной пяты (рис. 11.11).

Приняв свес ростверка равным 20 см, получим, что ширина многорядного ростверка из n рядов свай B_p соответственно будет равна: при отсутствии уширенной пяты

$$B_p = (n-1)3d + d + 40 \text{ см}; \quad (11.4a)$$

при наличии уширенной пяты

$$B'_p = (n-1)(D+100) + d + 40 \text{ см}. \quad (11.4б)$$

Отсюда увеличение ширины ростверка составит

$$B'_p - B_p = (n-1)(D+100-3d).$$

Из последнего выражения следует, что у однорядных ростверков наличие уширенной пяты не сказывается на их ширине. Во всех остальных случаях ширина их значительно увеличивается тем больше, чем больше рядов свай в фундаменте.

При выборе системы свайного фундамента следует иметь в виду и то, что несущая способность набивных свай с уширенной пятой, как правило, значительно выше, чем у свай без уширенной пяты. Поэтому вместо нескольких рядов свай без уширенной пяты иногда можно применить один или два ряда свай с уширенной пятой, что в свою очередь поведет к уменьшению размеров ростверка.

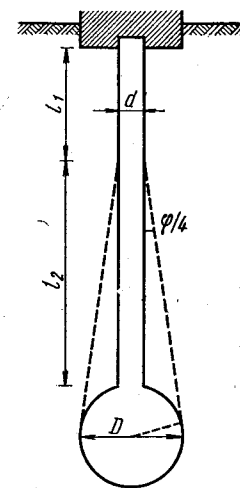


Рис. 11.10. Схема к определению участка ствола набивной сваи с уширенной пятой

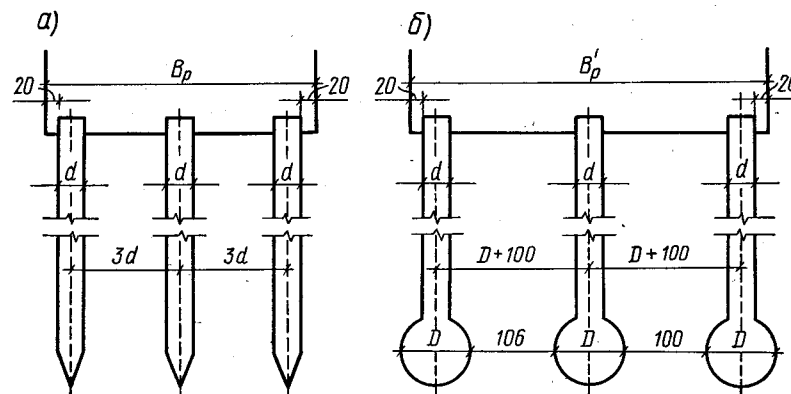


Рис. 11.11. Схема к определению ширины ростверка: а — на сваях без уширенной пяты; б — на сваях с уширенной пятой

6. Область применения набивных свай

В целом необходимо признать универсальность свайных фундаментов, возможность их устройства в любых грунтовых условиях и для любых сооружений.

Однако каждый из видов свай имеет свою целесообразную область применения. Например, невозможно применять набивные сваи в условиях агрессивных грунтовых вод, а забивные сваи — в отложениях, содержащих включения камней и валунов и т. д.

Госстроем СССР утверждены рекомендации по применению свай различных конструкций.

Буронабивные сваи различных видов (с уширенной пятой или без нее) рекомендуются для зданий и сооружений любого назначения при больших сосредоточенных вертикальных и горизонтальных нагрузках, а также на площадках со сложными геологическими и другими условиями строительства, при которых затруднено применение забивных свай.

К площадкам, исключаям применение забивных свай, относятся следующие:

1) такие, в пределах которых отметки заложения плотных грунтов, образующих несущий слой под нижними концами свай, резко меняются;

2) когда придется прорезать сваями насыпи с твердыми включениями (в виде остатков разрушенных частей каменных, бетонных, железобетонных конструкций и т. п.) или слои грунта природного сложения в виде глинистых грунтов твердой консистенции с часто встречающимися валунами и т. п., не позволяющие производить забивку или вибропогружение готовых свай;

3) на стесненных площадках, где сложно транспортировать и устанавливать готовые сваи;

4) вблизи существующих зданий и сооружений, если в несущих конструкциях их могут возникнуть недопустимые деформации при забивке или вибропогружении готовых свай.

Буронабивные сваи рекомендуется применять при потребной длине их более 10 м. Буронабивные сваи меньшей длины под легкие и средние нагрузки следует применять только в тех случаях, когда отсутствует база, необходимая для изготовления и применения готовых железобетонных свай. Такие сваи применяют также в тех случаях, когда их устройство обосновано экономическими расчетами.

В тех случаях, когда грунты строительных площадок являются глинистыми твердой, полутвердой и тугопластичной консистенции, в том числе просадочными и набухающими, и когда положение горизонта грунтовых вод в период строительства ниже пяты свай, рекомендуется применять буронабивные сваи длиной до 30 м, устраиваемые без крепления стенок скважин.

На глинистых грунтах мягкопластичной и текучепластичной консистенции рекомендуется применять буронабивные сваи длиной до 20 м, устраиваемые под глинистым раствором.

В тех случаях, когда грунты строительных площадок глинистые водонасыщенные неоднородные текучей консистенции имеют прослойки из песков и супесей, рекомендуется применять буронабивные сваи длиной до 50 м, устраиваемые под защитой обсадных труб.

Если буронабивные сваи устраивают при помощи специальных станков с закреплением стенок скважин извлекаемыми стальными (инвентарными) трубами, то такие сваи длиной до 60 м можно устраивать на любых грунтах, а также в тех случаях, когда сваи опираются нижними концами на скальные или другие виды плотных грунтов высокой несущей способности (твердые глинистые, крупнообломочные и плотные пески).

Набивные сваи длиной до 20—22 м, устраиваемые при помощи забивки извлекаемых инвентарных труб с теряемым башмаком или при помощи копровых установок, с проходкой скважин путем забивки инвентарных обсадных труб с ядром из плотно утрамбованной жесткой бетонной смеси в нижней части труб, рекомендуется применять в условиях, аналогичных условиям применения забивных свай. Набивные сваи целесообразны в тех случаях, когда отсутствуют железобетонные сваи, либо тогда, когда отметки залегания плотных грунтов несущего слоя резко колеблются. В таких условиях применение набивных свай позволяет избежать непроизводительных потерь железобетона в результате недопогружения части забитых свай до проектных отметок и срубки верхних концов этих свай.

1. Общие сведения

При устройстве набивных свай одним из основных процессов является бурение скважин. Для бурения и устройства скважин применяют разнообразное оборудование в зависимости от вида набивных свай.

Поскольку многие машины созданы для устройства определенного вида свай, понимание процесса их изготовления будет затруднено, если попутно не описать соответствующее оборудование. В то же время для изготовления набивных свай используют машины и агрегаты, предназначенные для других целей. Ряд машин описан в предыдущих разделах (копры, вибропогружатели и т. п.). В настоящей главе описано буровое неспециализированное оборудование, применяемое для изготовления различных видов набивных свай.

Буровые работы состоят в бурении цилиндрических полостей — скважин и шурфов. Как известно, скважинами называют полости цилиндрической формы диаметром более 75 мм, шурфами — полости диаметром до 75 мм и глубиной до 5 м.

Эффективность бурения скважин в конкретных грунтах зависит от правильного выбора способа бурения и типа бурового оборудования. Для бурения скважин и шурфов применяются различные способы, разделяемые на две основные группы: механические и физические.

Механические способы бурения для свайных работ в свою очередь можно подразделить на три подгруппы: 1) вращательное бурение сплошным и кольцевым забоем с применением различных типов сверл, коронок, шарошечных долот; 2) ударное бурение, к которому относится ударно-канатное и бурение перфораторными молотками; 3) вибробурение различными по конструкции трубчатыми бурами-желонками.

К физическим способам бурения относят термический, гидравлический, электрогидравлический и некоторые другие. Из таких способов начинают применять термический и термомеханический; другие методы находятся пока в стадии экспериментов.

Вращательное бурение скважин основано на разрушении пород в забое скважины резами рабочего органа (коронки) под действием осевого давления, создаваемого весом бурового снаряда или специальным механизмом, и окружного усилия, создаваемого механизмом вращения.

По способу бурения различают бурильные машины с непрерывным погружением рабочего органа, отрывающие скважину за один проход, и бурильные машины с периодическим погружением рабочего органа, отрывающие скважину за несколько проходов. На бурильных машинах первого типа в качестве рабочего органа применяют длинные шнеки, а на машинах второго типа — лопастные буры и короткие шнеки.

При использовании шнекового бура основная масса вынимается за 1—2 захода. При действии лопастного бура грунт, разрыхляясь кромками лопастей, оканчивающихся ножами, попадает на их винтовую плоскость, которой извлекается на поверхность. Извлеченный на поверхность грунт при включении повышенной скорости под действием центробежных сил разбрасывается вокруг скважины. За один заход разрабатывается от 40 до 80 см скважины.

В грунтах, имеющих отдельные твердые включения, целесообразно применять шнековые буры. При работах в тяжелых грунтовых условиях (мерзлота, галечник и т. п.) к лопастным бурам присоединяют съемные наконечники.

К преимуществам станков вращательного бурения следует отнести простоту и маневренность в работе, возможность бурения глубоких скважин, высокую их производительность. Недостатки таких станков — резкое снижение производительности при бурении крепких пород.

При шарошечном бурении породы разрушаются зубцами или штырями шарошек, которые, свободно вращаясь в опорах, перекатываются по забою. Внедряются шарошки в породу под действием осевого усилия, в результате чего под инструментом создается давление, превышающее сопротивление породы. Разрушенные частицы при шарошечном бурении выносятся на поверхность струей воды, сжатым воздухом или воздушно-водяной смесью. Недостатки этого способа — необходимость дополнительных процессов и устройств для извлечения разрушаемых пород на поверхность.

Буровой снаряд при ударно-канатном бурении состоит из следующих деталей: долота — главной ударной части снаряда с резом в нижней части, ударной штанги, буровых ножиц, служащих для отрыва долота от породы забоя, и канатного замка, соединяющего

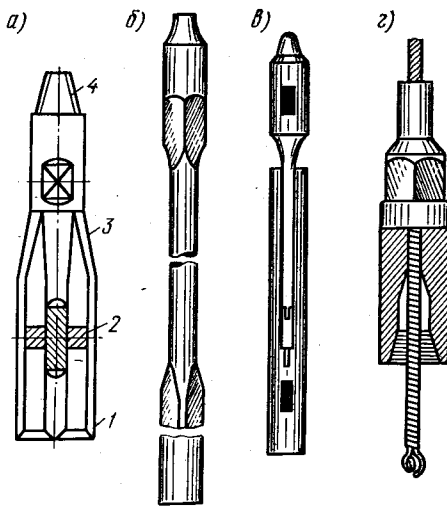


Рис. 12.1. Элементы бурового снаряда для ударно-канатного бурения:

а — долото; 1 — резец; 2 — ключевые выемки; 3 — тело; 4 — корпус с винтовой нарезкой; б — ударная штанга; в — ножицы; г — замок

Технические характеристики оборудования для бурения скважин

снаряд с тросом, на котором этот снаряд подвешен (рис. 12.1).

При ударном бурении, производимом соответствующими станками, происходит последовательный подъем и опускание бурового снаряда, который рабочей частью — лезвием долота — наносит удары по забою, разрушая породу и заглубляясь в нее. После каждого удара буровой снаряд поворачивается вокруг своей оси вследствие раскручивания стального каната и, снова ударяя по забою, равномерно разрушает породу по всей площади забоя. Разработанную породу в скважине разжижают водой, образуя шлам. Забой скважины периодически очищают вычерпыванием шлама желонкой.

Преимущество ударно-канатного способа бурения заключается в возможности бурения скважин значительных диаметров на большую глубину. Недостатки этого способа бурения — низкая производительность и высокая стоимость работ.

Принцип вибробурения основан на погружении трубчатого бура под действием импульсов, создаваемых вращением дебалансов вибратора, размещенного вокруг трубы. Специальные устройства препятствуют перемещению бура вверх под действием сил реакции со стороны забоя.

Преимущество вибробурения состоит в возможности значительного повышения производительности работ на устройстве скважин. Недостатки его — ограниченность сферы применения определенными грунтовыми условиями, глубиной и диаметром скважины.

Способ огневого бурения скважин с помощью огнеструйных горелок основан на свойстве разрушения пород на забое скважины высокотемпературными газовыми струями, выходящими из сопел горелок со сверхзвуковой скоростью.

2. Машины и оборудование для бурения скважин

Ниже дана краткая характеристика машин и агрегатов, применяемых при устройстве скважин для различного вида буронабивных свай.

Кроме бурильного оборудования, некоторые машины имеют вспомогательное подъемное оборудование, и в этом случае их называют бурильно-крановыми. Предпочтение отдается навесному оборудованию на кране-экскаваторе и установленному на шасси трактора. В табл. 12.1 указаны характеристики некоторых машин, применяемых для бурения скважин при изготовлении набивных свай.

С начала 1960-х годов для бурения скважин диаметром 400—1500 мм на глубину 10—30 м применяются станки, предназначенные для бурения артезианских скважин. В последние годы осваивается серийное производство специальных станков для устройства скважин под набивные сваи.

Бурильно-крановая машина БМ-203 представляет собой навесное оборудование, смонтированное на тракторе Т-50АГ. На трактор вместе с бурильным оборудованием навешивают бульдозерное. Машина работает по прерывному (циклическому) способу

| Марка оборудования | Глубина бурения, м | Диаметр скважины, см | Марка базовой машины |
|---|--------------------|----------------------|----------------------|
| Д-578 | 1,7 | 50 | МТЗ-52Л |
| БКГМ-66-2, БМ-202 | 2,0 | 35—80 | ГАЗ-66 |
| БКГМ-66-3, БМ-302 | 3,0 | 35—80 | ГАЗ-66 |
| БМ-203 | 2,0 | 35—50 | Т-50АМ |
| ГБС-58-Н, ГБС-64 | 2,3 | 40—70 | ДТ-75 |
| АБ-400 | 2,5 | 40—60 | ГАЗ-63 |
| МРК-4Т | 3,4 | 65 | Т-100М |
| БИ-8 | 3,5 | 40—75 | С-100 |
| БМА-157 | 3,5 | 15—75 | ЗИЛ-157 |
| БС-4 | 3,5 | 40—65 | ЗИЛ-157 |
| МБМ | 6,0 | 30—65 | КрАЗ-214Б |
| УГБ-50 | 12,0 | 40 | ГАЗ-63 |
| СБУ-300 ЗИВ | 18,0 | 35—40 | МАЗ-200 |
| АВБ-400 | 18,0 | 35—40 | МАЗ-200 |
| УГБХ-150 | 18,0 | 40—80 | ТДТ-60, ТДТ-75 |
| УРБ-ЗАМ | 30 | 35—60 | МАЗ-200 |
| БТС-2 | 25 | 15—35 | Т-100М |
| БУ-20-2У, Б2-2 | 200 | 30—40 | Краны самоходные |
| Б-1, Б-1М | 300 | 30 | То же |
| УКС-20С | 300 | 50 | » |
| УКС-30М | 500 | 90 | » |
| Буровая колонна треста «Укргидроспецфундаментстрой» | 29 | 50—100 | Краны-экскаваторы |

Примечание. Глубина бурения и диаметр скважин даны применительно к бурению скважин под сваи (кроме БУ-20-2У, Б-1, Б-1М, УКС-20С, УКС-22М и УКС-30М).

имея гидравлический привод на вращение бура и его заглубление.

Навесное оборудование состоит из следующих узлов: рабочего аппарата, обвязочной рамы, лебедки, редуктора привода, насосов, трососодержателя и гидросистемы.

Грузоподъемность кранового оборудования — 800 кг. Машина предназначена для бурения в обычных грунтах до IV категории включительно.

Рабочий аппарат состоит из вращателя, штанги, рабочего органа, опорной трубы, ауригеров, кран-блока и ограждения. Вращатель представляет собой цилиндрический редуктор, приводимый во вращение двумя гидромоторами, и предназначен он для передачи вращательного движения штанге.

Внешнее квадратное сечение штанги цилиндра служит для передачи крутящего момента рабочему органу, а внутренняя, цилиндрическая полость, является рабочим цилиндром, шток которого закреплен неподвижно в верхней части опорной трубы.

Опорная труба соединяет между собой вращатель и штангу. К верхнему фланцу опорной трубы крепится крановое устройство. Опорная труба предназначена для восприятия усилий, возникающих при бурении.

Независимый гидравлический привод каждого ауригера обеспечивает хороший контакт пяты с поверхностью земли.

Бурильно-крановая машина ГБС-64 представляет собой навесное оборудование, смонтированное на тракторе Т-75. Основными узлами этой машины являются рама, бурильная головка, грузовая лебедка, коробка отбора мощности, кран-блоки, гидросистема. Привод механизмов подъема и опускания бура, подъема и опускания штанги, выдвижение аутригеров — гидравлические. Масляный насос гидросистемы приводится в действие от вала отбора мощности трактора через валик вентилятора и муфту, позволяющую отключить насос. Приводы вращения бура и лебедки — механические, от вала отбора мощности трактора через коробку отбора мощности.

Подъем и опускание грузов в пределах хода кран-блоков происходит без лебедки. Маслопровод гидросистемы на одном из участков имеет телескопическую конструкцию, позволяющую поднимать и опускать кран-блоки.

Устойчивость машины при работе обеспечивается двумя аутригерами. Управление машиной, осуществляемое из кабины, — гидравлическое и рычажное.

Буровой агрегат УГБХ-150, показанный на рис. 12.2, смонтирован на базе трелевочного трактора ТДТ-60. Агрегат может быть оборудован станками шнекового и ударно-канатного бурения и бурить скважины глубиной до 18 м при диаметре их до 800 мм.

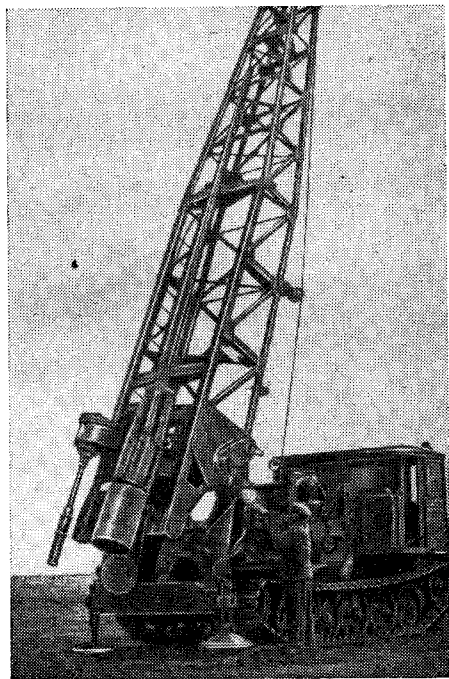


Рис 12.2. Буровые установка УГБХ-150

Установка предназначена для бурения гидрогеологических скважин в обводненных и сухих грунтах. Способы бурения этим станком могут быть шнековый сухой, с промывкой скважины и ударно-канатный.

Серийно выпускаемые шнековые буровые станки не обеспечивают достаточной производительности на свайных работах из-за трудоемкости операций по наращиванию шнека, а также при работе уширителем.

Учитывая это, трест «Укр-гидроспецфундаментстрой» впервые в массовом масштабе начал применять для бурения скважины в сухих грунтах буровые приводные навесные головки, сконструированные Киевским проектно-конструкторским отделом института Гидропроект им. Жука.

Буровую головку (рис. 12.3, б), действующую от электродвигателя, вертикально подвешивают и соединяют фланцем с планетарным редуктором. Мощность электродвигателя $P=40-55$ квт, скорость вращения — 1440 об/мин. Вал редуктора и рабочий орган вращаются со скоростью 45 об/мин.

Приводные буровые головки подвешивают на сварной раме под-

вижно с копровым направляющим. Буровые головки (рис. 12.3, б) подвешивают на экскаваторы с копровыми направляющими, вибро-вдавливающие погрузатели свай, станки канатно-ударного бурения БС со специальными стрелами и т. п. С помощью навесных буровых головок бурят скважины диаметром до 800 мм и глубиной до 31 м.

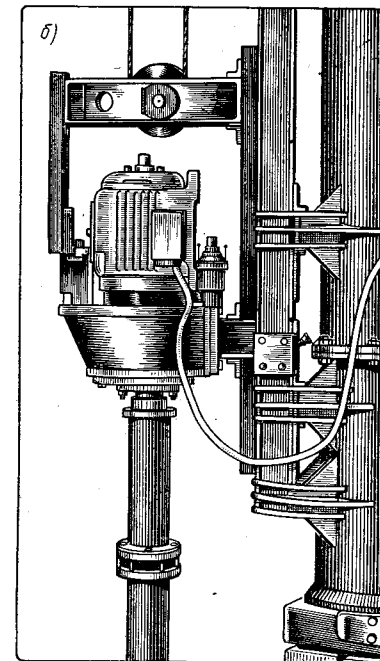
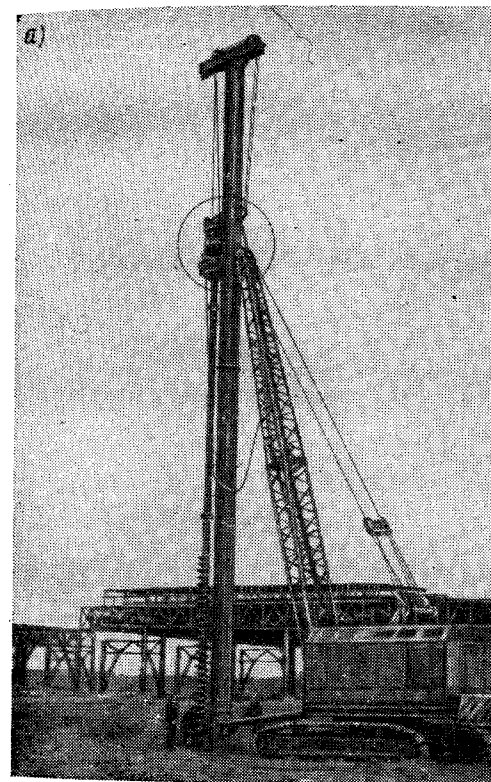


Рис. 12.3. Экскаватор с подвешенной буровой головкой:
а — общий вид агрегата СО-2; б — буровая головка

Под действием силы тяжести рабочего органа и собственного веса буровые головки опускаются вниз. Вверх их поднимают канатом лебедки экскаватора. Неподвижные блоки полиспаста закрепляют на головке копровой стрелы, а подвижные — на буровой головке.

Для бурения глубоких скважин с указанными головками применяют телескопические буровые штанги. Для выдвижения телескопических штанг в комплект бурового инструмента включается пере-хватное устройство.

При использовании буровых навесных головок производительность труда на бурении ствола скважины глубиной 18 м и более

в 1,5—4 раза выше, чем при бурении станками УГБХ-150, поскольку исключается операция по наращиванию шнека при бурении и съёмка секций при его очистке.

Буровые телескопические колонны можно использовать для проходки скважин различных диаметров путем перестановки шнековой части колонны. Нижняя секция шнека имеет длину 2 м. Замена последней секции ушителем позволяет легко перейти от бурения ствола к расширению пяты скважины.

В табл. 12.2 приведены сравнительные данные треста «Укргидроспецфундаментстрой» по затратам времени на бурение станками УГБХ-150 и навесными буровыми головками.

Таблица 12.2

Затраты времени на бурение скважин различным оборудованием

| Операции | Затраты времени на бурение, маш-ч | | |
|---|-----------------------------------|--|---------------------------|
| | установкой УГБХ-150 | буровой головкой на копровой стреле экскаватора X-1252 | |
| | | со шнековой колонкой | с телескопической штангой |
| Бурение скважины 500 мм глубиной 10 м в грунтах II категории | 2,4 | 1,8 | 1,8 |
| То же, глубиной до 18 м | 4,7 | 3,26 | 2,96 |
| Бурение уширенной полости 1600 мм в грунтах III категории при глубине скважины 10 м | 3,2 | 1,52 | 1,52 |
| То же, 18 м | 4,8 | 3,0 | 2,7 |

Опыт работы агрегатов с навесными головками описан в гл. 14. Из агрегатов на автомобильном шасси можно рекомендовать станки шнекового бурения МРК-1, МРК-1А, БМ-202 и станки роторного бурения УРБ-ЗАМ и БКГМ-66.

Бурильно-крановая машина БМ-202 представляет собой самоходный агрегат с рабочим оборудованием, смонтированным на автомобиле ГАЗ-66, состоящий из рамы, рабочего аппарата, трансмиссии и гидравлической системы. Оборудование циклического действия рассчитано для бурения грунтов до IV категории включительно.

Рабочий аппарат состоит из вращателя, штанги и опорной трубы. Вращатель предназначен для сообщения крутящего момента штанге. Штанга-цилиндр служит для подачи рабочего органа. Шток штанги закреплен неподвижно в верхней части опорной трубы, которая соединяет между собой вращатель и штангу. К верхнему фланцу опорной трубы крепят крановое устройство. Опорная труба воспринимает усилия, возникающие при бурении и установке опор.

Раздаточная коробка с лебедкой позволяет регулировать ско-

рость бурения в зависимости от плотности грунта и диаметра скважины, а также обеспечивает подъем и установку опор.

Гидравлическая система машины сообщает бесступенчатое вращательно-поступательное движение штанге с буром, переводит аппарат из транспортного положения в рабочее и обратно. Она позволяет также разгружать задний мост автомобиля при помощи ауригеров при выемке грунта из скважины и установке опор.

На рис. 12.4 показана схема буровых станков ударно-канатного бурения.

Установка УРБ-ЗАМ, предназначенная для бурения вертикальных скважин вращательным способом с промывкой, допускает применение различных видов буровых наконечников. Эта установка представляет собой самоходный агрегат, смонтированный на шасси автомобиля МАЗ. Установка состоит из узлов и агрегатов, смонтированных на раме, крепящейся к шасси автомобиля.

Бурильная установка УРБ-ЗАМ имеет следующие механизмы: двигатель, коробку передач, лебедку, ротор, контрпривод, распределительный электрощит, генератор с приводом, гидравлические домкраты и мачту.

Привод механизмов осуществляется от двигателя через коробку передач, карданные валы, зубчатые, цепные и клиноременные передачи. Коробка передач позволяет устанавливать четыре скорости, что обеспечивает широкий диапазон изменения числа оборотов лебедки и ротора.

Грязевой насос, глиномешалку, приемный чан монтируют и перевозят отдельно. Для монтажа бурового насоса установка имеет приспособление, представляющее собой стрелу с талью.

В качестве рабочих органов установки обычно применяют шаро-

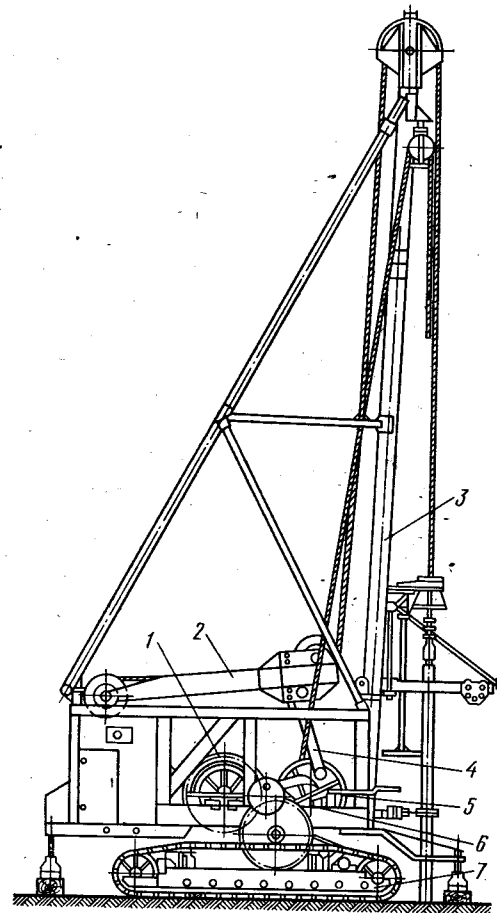


Рис. 12.4. Буровые станки ударно-канатного бурения БУ-20-2У, БУ-2 БС-1 и БС-ГМ.

Основные узлы:

1 — инструментальный барабан; 2 — ударная балка; 3 — мачта; 4 — механизм ударной балки; 5 — желоночный барабан; 6 — главный вал; 7 — ходовое оборудование

щечные долота с промывкой водой (рис. 12.5, а). Для бурения скважины больших диаметров, превышающих диаметр долота, к его остову приваривают косынки треугольной формы из толстолистового металла.

За рубежом выпускают буровые станки, предназначенные специально для целей строительства, в частности для производства буронабивных свай.

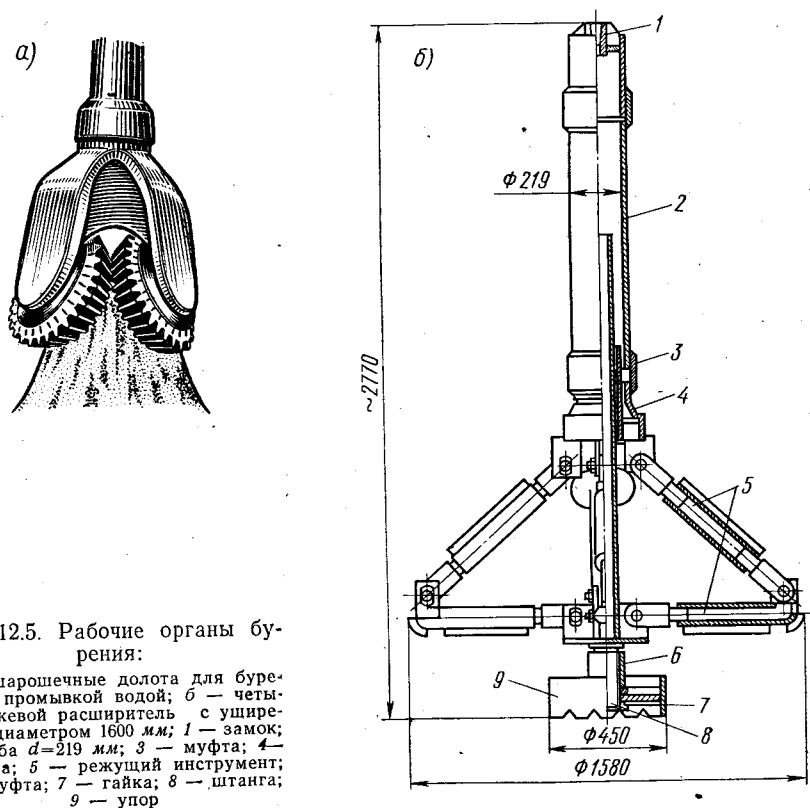


Рис. 12.5. Рабочие органы бурения:

а — шарошечные долота для бурения с промывкой водой; б — четырехрежневой расширитель с уширением диаметром 1600 мм; 1 — замок; 2 — труба $d=219$ мм; 3 — муфта; 4 — головка; 5 — режущий инструмент; 6 — муфта; 7 — гайка; 8 — штанга; 9 — упор

Бурильно-крановая машина «Апачи» (рис. 12.6) американской фирмы «Мобил Дрилинг» из зарубежных образцов более нова по конструкции и отличается высокой производительностью. Она предназначена для бурения скважин диаметром от 76 до 1524 мм и глубиной от 3 до 30 м.

Скважины можно бурить как постоянного диаметра, так и с местными уширениями до двух диаметров скважины. Устройство для монтажа опор, смонтированное на машине, позволяет устанавливать в пробуренные скважины опоры высотой до 13,5 м и массой до 1,5 т.

Принцип работы установки — циклическое бурение. Все механизмы машины смонтированы на отдельной раме (рис. 12.6, а), которую можно установить на любом шасси (тракторе, автомобиле).

Особенность бурильной установки «Апачи» заключается в возможности качания бурильной системы (буровой штанги) с буром от вертикального положения в поперечном направлении на угол до 45°.

В зависимости от вида базовой машины, привода и других специальных требований фирма изготавливает различные варианты установки.

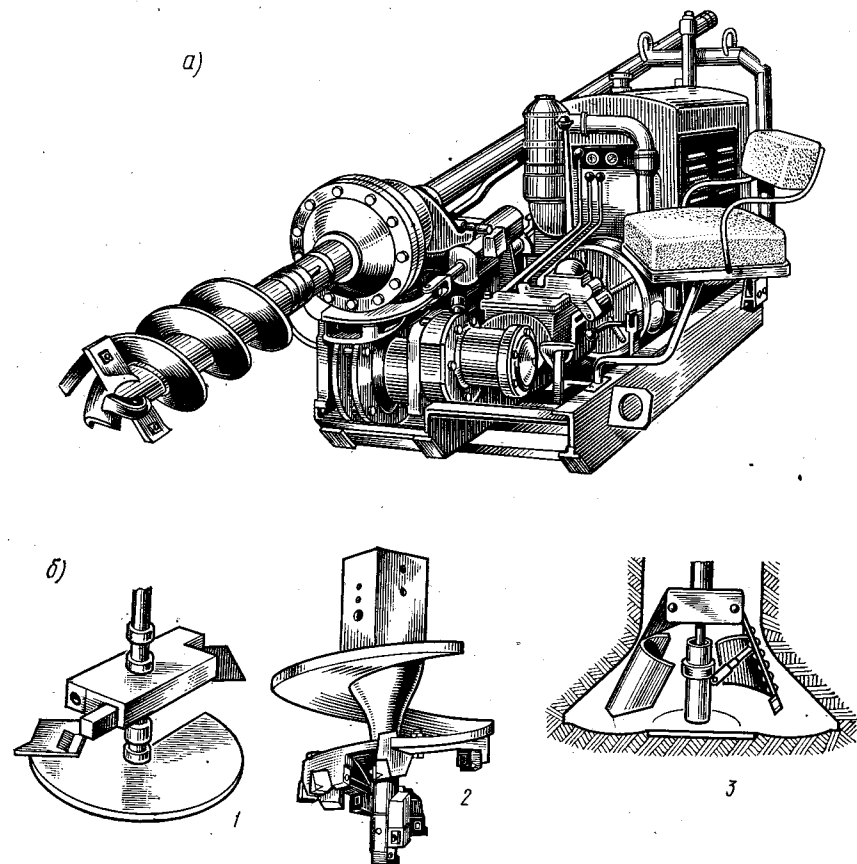


Рис. 12.6. Бурильно-крановая машина «Апачи» (США):

а — навеска; б — сменные рабочие органы; 1 — разбуровщик; 2 — бур для прочных грунтов; 3 — уширитель

Буровая установка «Апачи» оснащена следующими рабочими органами (рис. 12.6, б):

разбуровщиками диаметром 610, 914 и 1220 мм, позволяющими разрабатывать скважины большого диаметра без использования специально изготовленных устройств. Вначале бурится основная скважина, затем устанавливают на требуемый диаметр расширяющие рычаги с ножами и бурение ведут повторно;

бурами диаметром от 203 до 762 мм для грунтов средней прочности с двухзаходными винтовыми спиралями со сменными резцами и диаметрами 152—762 мм для прочных грунтов;

шнеками секционными длиной 90 см, диаметром 75—305 мм; уширителями, с помощью которых производится коническое уширение скважин под сваи.

Оборудование для трубчатого бурения. В целях повышения эффективности бурения скважин глубиной до 8—10 м применяют вибрационные методы бурения с использованием трубчатых буров, желонки различной конструкции и других приспособлений.

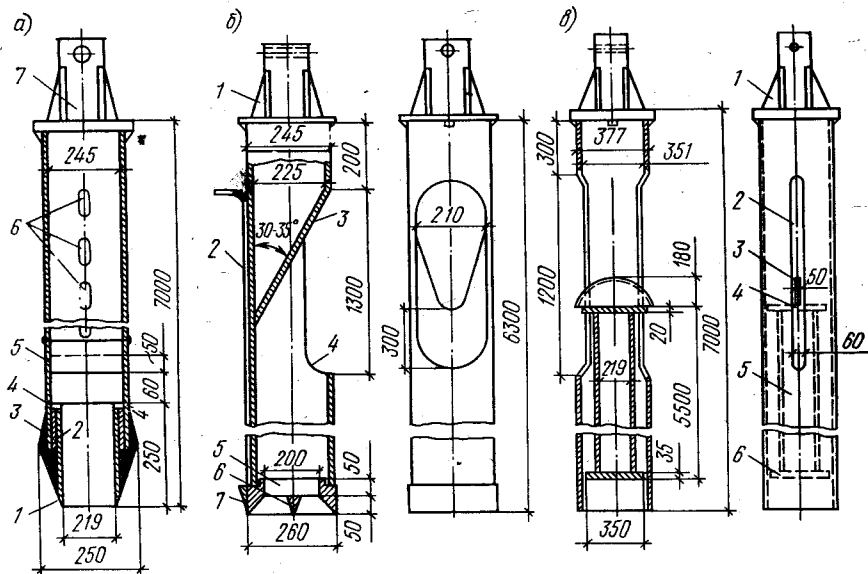


Рис. 12.7. Оборудование трубчатого бурения:

а — желонки со съемной коронкой; 1 — коронка; 2 — прокладка; 3 — режущая часть коронки; 4 — окна для фасонного ключа; 5 — резьба; 6 — контрольные окна; 7 — наголовник; б — прямоточная желонка Днепровского спецуправления; 1 — наголовник; 2 — питательная трубка $d=19$ мм для подачи воды в полость желонки; 3 — отражатель грунта; 4 — разгрузочное окно; 5 — башмак с полостью для воды; 6 — центральный нож; 7 — защитный нож питательной трубки; в — желонка с выталкивателем: 1 — наголовник; 2 — прорези в трубе; 3 — наголовник выталкивателя; 4 — направляющий фланец выталкивателя; 5 — шток выталкивателя; 6 — выталкивающий фланец

При возведении свайных фундаментов ОРУ подстанций Братской ГЭС металлической трубой с открытым нижним концом были образованы скважины диаметром 250—300 мм и глубиной 5 м.

Трубу при помощи агрегата ВВПС-20/11 погружали на глубину 1—1,5 м. Из трубы грунт извлекается вручную, что не позволяет использовать всей возможности агрегата. Для облегчения выемки грунта применяли специальную съемную коронку (рис. 12.7, а).

В скважине диаметром до 250 мм за счет уширенной наружной части коронки грунт уплотнялся, а попадая внутрь трубы, свободно

ее заполнял, поскольку диаметр коронки меньше внутреннего диаметра трубы. При извлечении трубы после свинчивания коронки грунт выпадает наружу.

В связных грунтах средней плотности за один прием труба со съемной коронкой позволяет бурить скважины глубиной до 7 м. Недостатком конструкции является необходимость в операции по свинчиванию коронки и ручного удаления грунта из нее, для чего требуются значительные усилия и время.

Днепровское специализированное управление для прокладывания лидерных скважин агрегатом ВВПС-20/11 в связных грунтах (рис. 12.7, б) применяет конструкцию прямоточной желонки.

Желонка состоит из трубы с приваренным башмаком, к которому для уменьшения трения грунта о внутреннюю поверхность трубы подводится вода. В верхней части желонки для направления выхода грунта в разгрузочное окно 4 находится отражатель 3. Для подачи воды используется поршневой насос производительностью 1,8 м³/ч.

Скважины продавливаются прямоточной желонкой следующим образом. После установки агрегата включают поршневой насос, передающий усилие на желонку. При погружении ее на глубину 3,5—5 м подачу воды прекращают и желонку извлекают из скважины. Набранный при бурении грунт удерживается от выпадания обушком центрального ножа и внутренними выступами башмака. После извлечения желонки грунт из нее не удаляют, а агрегат устанавливают для бурения новой скважины; желонку опускают на грунт, включают поршневой насос и т. д. По мере погружения желонки грунт, набранный при проколе первой скважины, проталкивается по желонке вверх и, достигнув отражателя, выпадает кусками через разгрузочное окно.

В связных грунтах рыхлой и средней плотности желонка такой конструкции позволяет бурить скважины диаметром 250—300 мм и глубиной до 5,5 м за один прием. Устройством скважин при этом полностью механизмуется. Недостатком этого способа являются ограниченная глубина бурения и необходимость подогрева желонки и системы подачи воды в зимних условиях.

На строительстве Братского алюминиевого завода была применена желонка конструкции инж. А. Т. Осадчего и В. Ф. Кошмана со специальным выталкивателем для бурения скважин диаметром 350—500 мм в плотных и полускальных грунтах агрегатами ВВПС-20/11 и ВВПС-32/19.

Желонка (рис. 12.7, в) представляет собой металлическую трубу диаметром 325—426 мм, длиной 7 м без башмака, с выталкивателем грунта, находящимся внутри трубы. Выталкиватель состоит из штока с выталкивающим фланцем и сегментного наголовника с желобом для пропуска троса. Длина перемещения выталкивателя ограничивается его наголовником, движущимся в окнах трубы. Для выдавливания керна через окна трубы в наголовник выталкивателя пропускается трос, концы которого наглухо крепятся к нижней части мачты вибродавливающего агрегата.

Технические характеристики бурового оборудования

| Показатели | Станки шнекового бурения | | | Вибробурение агрегатом ВВПС-20/11 с желонкой | |
|---|--------------------------|---------|----------|--|------------------|
| | АВВ-ТМ | УГВ-50 | УГВХ-150 | Днепро-ского спецуправления | с выталкивателем |
| Диаметр скважины, мм | 300—400 | 300—400 | 400—500 | 300 | 300—500 |
| Глубина скважины, м | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Производительность бурения в смену, скважин | 6 | 4 | 8 | 20 | 12 |
| Стоимость машиносмены, руб. | 32 | 18 | 59 | 32 | 30 |
| Металлоемкость оборудования, т | 14,32 | 5,1 | 18 | 23 | 23 |
| Мощность двигателей, л. с. | 90 | 37 | 60 | 90 | 90 |
| Стоимость бурения 1 м скважины, руб. | 2,82 | 2,18 | 3,5 | 0,5 | 0,84 |
| Трудоемкость бурения 1 м скважины, чел.-ч. | 0,6 | 0,9 | 0,44 | 0,12 | 0,2 |

При опускании желонки в грунт трос выталкивателя ослабляется и происходит набор грунта. При погружении и извлечении желонки шток удерживается в верхнем положении керном грунта. После извлечения желонки на поверхность скважина перекрывается инвентарным щитком, а при дальнейшем подъеме свыше 0,5 м трос натягивается и удерживает выталкиватель, который выдавливает керн грунта из трубы.

Высота керна для желонки диаметром 350—400 мм принята равной 1 м.

Для контроля глубины погружения желонки на наружной поверхности трубы, начиная с нижнего конца, через каждый метр наносят риски. В глинистые грунты желонка погружается без значительных усилий. На первые 50—70 см она погружается в забой при помощи лебедки, а на остальные 50—30 см — при совместной работе лебедки и вибропогружателя, включающегося на 30—60 сек. Выдавливание грунта из желонки происходит без включения вибропогружателя. Такой режим работы позволяет увеличить срок службы вибропогружателя.

В зимний период желонки с выталкивателем успешно применялись для бурения глинистых грунтов при глубине промерзания до 2 м. Время набора керна за один прием на глубину 1 м увеличилось незначительно (1,5—2 мин против 1 мин в талых грунтах).

Вибрирование труб применяют также при зачистке скважин. В осыпавшуюся скважину стреловым краном опускают металлическую трубу с открытым нижним концом, на верхнем конце которой обычно бывает установлен и наглухо закреплен вибропогружатель ВПП-4 или ВПП-2.

Вибропогружатель включают в работу тогда, когда труба достигнет забоя скважины. По достижении проектной отметки трубу извлекают и из нее выбивают грунт. Высота керна не должна превышать 0,5—0,7 м, так как в противном случае выбить грунт даже при наличии вибрации затруднительно. Зачистка и углубление скважин указанным способом в 10—12 раз производительнее шнекового бурения, применяющегося на свайных работах, что видно из данных инж. А. Т. Осадчего и В. С. Пушкаревич (НИИСП Госстроя УССР), приведенных в табл. 12.3.

Вибрационный метод бурения по производительности в 2—4 раза, а по стоимости в 3—4 раза эффективнее вращательного бурения. Объясняется это тем, что вращательное бурение ведут секционными шнеками, которые приходится наращивать по мере углубления скважины и снимать поочередно при подъеме става. Удалять выбуренный грунт от скважины также затруднительно. На скорость бурения связных грунтов влияет их влажность, во влажных и насыщенных водой грунтах показатели шнекового бурения гораздо ниже приведенных в табл. 12.3.

Вибрационный метод бурения позволяет значительно повысить технико-экономические показатели устройства скважин по сравнению со шнековым бурением.

Выбор конструкции желонки зависит от размеров скважин и

грунтовых условий. Для бурения скважин диаметром до 300 мм и глубиной до 5,5 м в связных грунтах от текучепластичной до мягкой консистенции НИИСП рекомендует применять желонку Днепро-вского спецуправления. Для бурения скважин диаметром 300—500 мм и глубиной до 7 м в грунтах от тугопластичной до твердой консистенции, а также в мерзлых грунтах рекомендуется желонка с выталкивателем.

При использовании более мощного оборудования параметры бурения можно значительно увеличить.

3. Машины для термического способа бурения

Термический способ образования скважин основан на разрушении мерзлых грунтов при их высокотемпературном нагреве. Рабочим инструментом при этом методе является воздушнореактивная горелка, в нее через специальное устройство подводят жидкое топливо, воздух или кислород для активизации процесса горения и воду для охлаждения камеры сгорания реактивной горелки.

Образующаяся в процессе сгорания высокоскоростная (до 1800—1800 м/сек) газовая струя разрушает мерзлый грунт и выносит его на поверхность.

Чаще всего применяются агрегаты термического бурения ТБА-1, ТБА-2, смонтированные на тракторах Т-100 и Т-140, агрегат АБУ — на тракторе ДЭТ-250. В горизонтальное положение агрегат АБУ устанавливают при помощи трех гидроцилиндров.

Наличие механических буров позволяет выполнять агрегатом АБУ термическое, механическое и термомеханическое бурение. В комплект АБУ входит компрессорная станция общей производительностью до 36 м³ и понижающий трансформатор. Действуют все механизмы агрегата от внешнего источника электротока напряжением 380 в.

Внедрению установок типа АБУ препятствует высокая энергоемкость процесса бурения, обусловленная расходом сжатого воздуха на пневматический транспорт продукции бурения из скважин. Особенно затруднена эксплуатация этих установок на тех объектах, где отсутствуют источники силового электроснабжения.

Технические характеристики агрегатов термического бурения приведены в табл. 12.4.

Таблица 12.4

Технические характеристики бурильных установок

| Показатели | Тип установок для бурения | | |
|---|---|---|--|
| | АБУ | ТБА-1 | ТБА-2 |
| Способ бурения . . . | Термический, механический и термомеханический | Термический | Термический |
| Глубина бурения, м . | 10 | 6 | 10 |
| Диаметр разрабатываемых скважин, мм, до | 450 | 400 | 400 |
| Расход сжатого воздуха, м ³ /мин | 35 | 25 | 25—27 |
| Расход бензина, кг/мин | 0,5 | 0,4 | 0,85 |
| Базовая машина . . . | Шасси трактора ДЭТ-250 | Трактор Т-100 | Трактор Т-140 |
| Привод агрегата | Электрический, от внешней сети постоянно и переменного тока, через трансформаторы | Механический, от трансмиссии бурового трактора и отдельных компрессоров | Гидромеханический, от трансмиссии базового трактора и отдельных компрессоров |
| Скорость бурения, м/ч | 12—26 | 6—10 | 4,5—4,4 |
| Масса (вес) агрегата, т | 57,0 | 21,0 | 26,5 |
| Способ удаления бурового шлама | | Сжатым воздухом | |

ГЛАВА 13. БУРОНАБИВНЫЕ СВАИ, ИЗГОТОВЛЯЕМЫЕ СУХИМ СПОСОБОМ

1. Сваи Страусса

Сваи, предложенные киевским инженером А. Э. Страуссом в 1899 г., были первым видом набивных свай. Для устройства таких свай бурили вручную скважины диаметром 20—40 см под защитой обсадных труб (рис. 13.1). В зависимости от свойств грунта режущими элементами служили буровые ложки (змеевики) или долота (желонки).

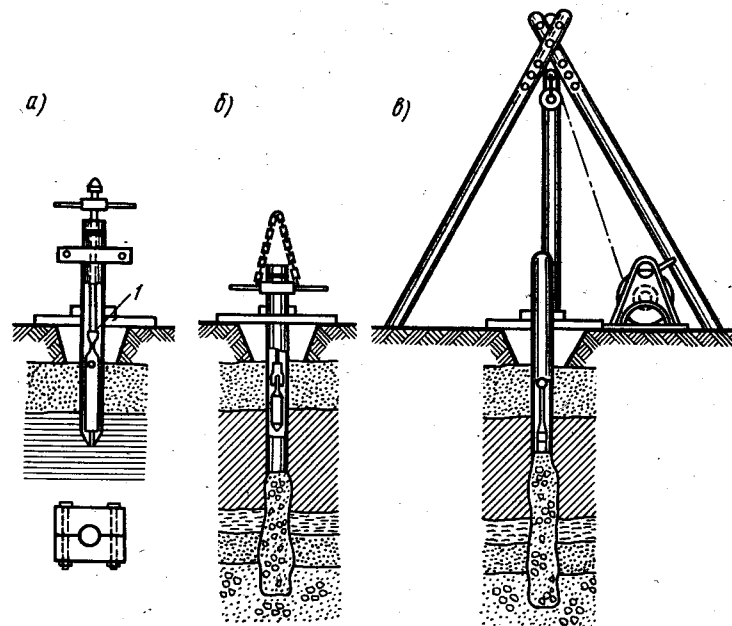


Рис. 13.1. Схема изготовления свай Страусса:
а — бурение скважины; б — подача бетона в трубу; в — трамбование бетона; 1 — желонка

Для подъема и опускания бурового инструмента над местом изготовления свай устанавливали вышку — треногу. Буровой инструмент прикрепляли к концу троса, подвешенного к треноге на блоке. Второй конец троса наматывался на барабан лебедки.

Обсадная труба заглублялась по мере разработки грунта. Бурение скважин в песчаных и пльвинных грунтах проводилось с помощью желонки, снабженной патроном. Назначение патрона — увеличить вес желонки и силу ее удара при падении.

При изготовлении свай Страусса скважины бурили с незначительным применением механизации, что ограничивало величину свай длиной 10—12 м.

Дно скважины перед бетонированием зачищалось ложкой. Бетон подавали бадьями с открывающимся дном. После загрузки очередной порции бетон тщательно трамбовали, одновременно извлекая трубу.

Для сохранения непрерывности ствола сваи обсадную трубу поднимали на высоту $\frac{3}{4}$ бетонного слоя. Под действием трамбования ствол сваи расширялся, принимая неправильную форму. При этом толщина свай в сечении получалась обратно пропорциональной плотности грунта. Диаметр сваи расширяется на 30—50% от диаметра обсадной трубы. Соответственно увеличивается расход бетона, достигая иногда трехкратного объема.

При устройстве свай в сухом грунте применялся жесткий бетон, а при наличии грунтовых вод — литой.

Трамбовать бетон в воде затруднительно, так как движение трамбовок взмучивает воду, бетонная смесь расслаивается, и в свае появляются прослойки из грязи. Учитывая это, при устройстве свай в водонасыщенных грунтах начали применять литой бетон. Заполняли им скважины бадьями с открывающимся дном, чем предотвращалось расслоение бетона.

При наличии грунтовых вод обсадные трубы необходимо заполнять бетоном за один прием на всю высоту. При вытаскивании трубы бетон, выходя из трубы, под давлением вышележащего столба уплотняет грунт, заполняя всю скважину.

В годы первых пятилеток сваи Страусса успешно применялись на ряде крупных строек.

Так, при сооружении электростанции в Одессе было изготовлено 128 свай длиной от 7 до 12 м при диаметре их 30 см. На строительстве фабрики имени Халтурина в Ленинграде было изготовлено около 500 свай длиной 7,5 м.

Одним из основных преимуществ свай Страусса является возможность погружения обсадной трубы без ударов и сотрясений. Это имеет большое значение в тех случаях, когда свайные основания приходится устраивать вблизи существующих сооружений, чувствительных к сотрясениям, а также внутри зданий. Такие сваи были применены в частности в 1928 г. для фундаментов большого гражданского здания в Москве.

Сваи Страусса могут выдерживать нагрузки в 30—40 Т в слабых грунтах при длине их 7—12 м и диаметре обсадной трубы 325—400 мм и 80—100 Т — при опирании свай на скальный грунт.

К недостаткам свай Страусса относятся низкая производительность работ вследствие ручного бурения скважин и трудность контроля за сплошностью ствола при наличии грунтовых вод. Хотя в настоящее время сваи Страусса в первоначальном виде не применяют, на основе этого принципа создано семейство конструкций современных видов набивных свай.

2. Корневидные сваи

В ряде стран фундаменты существующих сооружений усиливают вертикальными и наклонными сваями, пропущенными через укрепляемые конструкции. Так, итальянская фирма «Фондедиде» выполняет эти работы при помощи свай, названных корневидными.

Корневидные сваи как вертикальные, так и наклонные изготовляют длиной до 30 м, диаметром 100—219 мм с несущей способностью 20 Т и более.

Специальные установки вращательного бурения с большим числом оборотов позволяют пробуривать скважины через вышерасположенные конструкции и фундаменты (бутовую и кирпичную кладку, бетон, железобетон). При этом конструкция не подвергается динамическим воздействиям.

Диаметр буров можно применять различный, с учетом требуемой несущей способности свай. В зависимости от условий при бурении используют сжатый воздух, воду или бентонитовую суспензию, чтобы не нарушить устойчивость скважин. Способ устройства свай с применением сжатого воздуха и специального пластичного раствора дает возможность значительно уширить диаметр свай.

Важной особенностью корневидной сваи является ее высокое сопротивление трению по боковой поверхности по сравнению с обычными бетонными сваями благодаря цементации грунта, прилегающего к свае.

Корневидные сваи армируют на всю глубину, чем достигается жесткость ствола как на сжатие, так и против возможных горизонтальных усилий. Однородный состав раствора и сжатие, которому он подвергается в процессе набивки, придают стволу сваи высокую прочность.

Небольшие габариты буровых установок позволяют выполнять работы в стесненных условиях строительства: в низких помещениях, вблизи сооружений, находящихся в эксплуатации, и т. п.

Расположение и способы изготовления корневидных свай можно приспособить к разным конструкциям и обеспечить доступ к рабочим помещениям, благодаря чему устройство корневидных свай не препятствует нормальной эксплуатации укрепляемого сооружения.

На рис. 13.2 показаны характерные схемы применения корневидных свай: для усиления фундамента существующего здания, фундамента под оборудование, в качестве мостовой опоры, для закрепления существующей подпорной стенки, сооружения новой «решетчатой» стенки.

Как видно из схем, корневидные сваи отличаются прочностью на растяжение и могут выполнять функцию анкеров в конструкциях, подверженных горизонтальным усилиям (подпорные стенки, пролеты арочных мостов), в конструкциях фундаментов, воспринимающих внецентренные нагрузки и т. п.

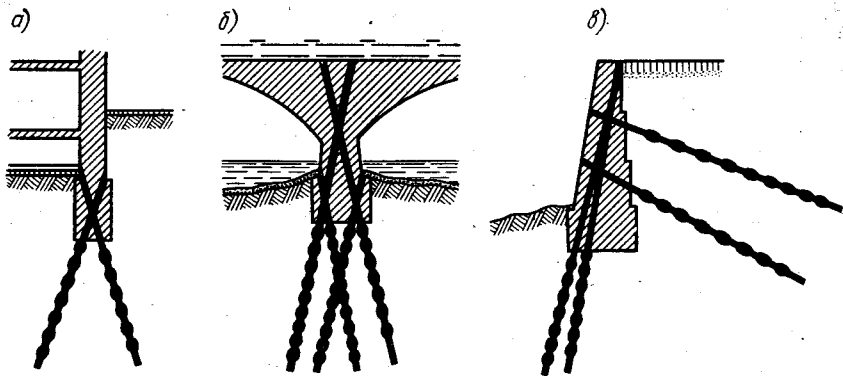


Рис. 13.2. Принципиальные схемы применения буронабивных свай: а — для усиления фундамента под несущую конструкцию здания; б — для усиления мостовой опоры; в — для укрепления подпорной стенки

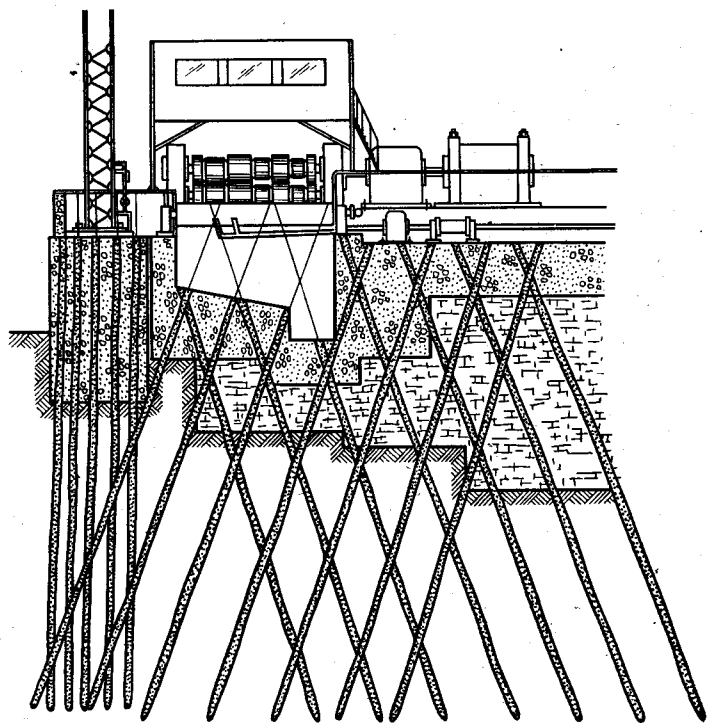


Рис. 13.3. Фундамент под прокатный стан на металлургическом заводе фирмы «Италсидер». Поперечный разрез

Корневидные сваи применяют также и для устройства фундаментов новых сооружений; особенно в тех случаях, когда необходима осторожность в процессе выполнения работ. Приводимые ниже примеры, заимствованные из работ канд. техн. наук И. А. Ганичева, иллюстрируют диапазон применения корневидных свай.

В зарубежном строительстве есть много случаев применения буронабивных свай для укрепления фундаментов. Например, на металлургическом заводе близ Неаполя для монтажа нового прокатного стана были усилены существовавшие фундаменты во время постепенного демонтажа старого прокатного стана (рис. 13.3).

Эксплуатация находящихся вблизи машин не прекращалась. Корневидные сваи были пропущены сквозь толщину существующих бетонных фундаментов. Для восприятия значительных горизонтальных усилий, возникающих при прокате слябов, большая часть свай установлена наклонно.

Интересен пример применения корневидных свай в качестве подпорной стенки при прокладке линий метрополитена в Милане открытым способом. Котлован тоннеля был расположен почти вплотную к существующим зданиям, причем подошва котлована залегает значительно ниже фундаментов соседних домов. Эти фундаменты требовалось усилить. Как видно из рис. 13.4, задача была решена применением решетчатой системы корневидных свай, заглубленных ниже отметки котлована метро. Сваи, пропущенные через фундаменты домов, укрепили их.

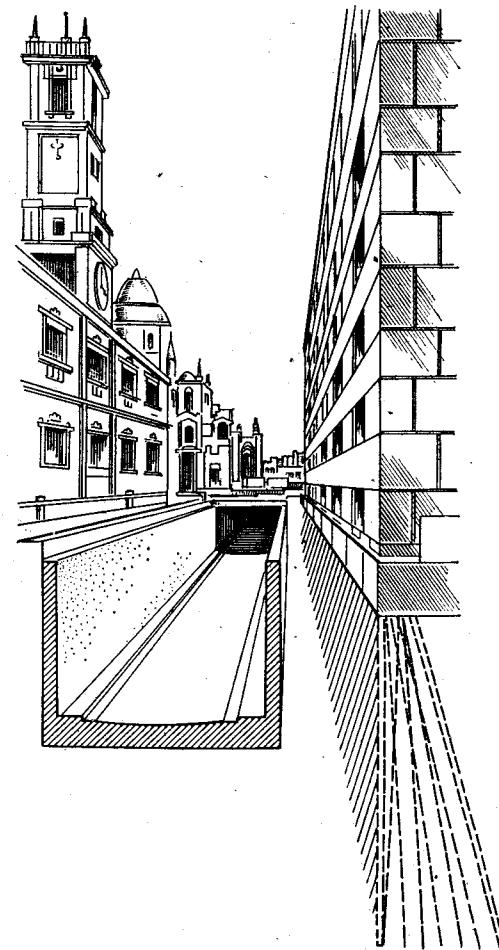


Рис. 13.4. Схема устройства решетчатой подпорной стенки при строительстве новой линии метрополитена в г. Милане

Из сказанного следует, что применение корневидных буронабивных свай может дать значительный эффект при реконструкции промышленных предприятий и в других случаях усиления фундаментов.

3. Вибронабивные и виброштампованные сваи

Разработанные в Советском Союзе вибрационные методы погружения свай используются в стране и за рубежом для устройства вибронабивных свай.

Вибронабивные сваи, предложенные Е. М. Перлеем и А. М. Рукавцовым, применяют в отечественном строительстве с 1960 г. Сваи диаметром 40 см, длиной до 9 м с уширенной пятой устраивают в последовательности, показанной на схеме рис. 13.5. На схеме приняты следующие обозначения:

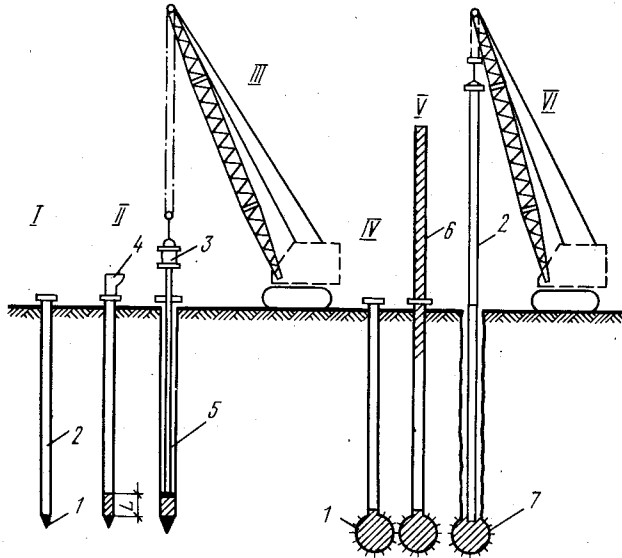


Рис. 13.5. Последовательность работ по устройству вибронабивных свай с уширенной пятой:

I — труба, установленная вибропогружателем; II — заполнение трубы бетоном на высоту 0,8—1,0 м; III и IV — образование уширенной арматурного каркаса; V — установка арматурного каркаса; VI — заполнение внутренней трубы бетоном и извлечение ее из грунта; I — теряемый железобетонный башмак; 2 — инвентарная стальная труба; 3 — вибропогружатель типа ВПП-2; 4 — воронка; 5 — трубчатая трамбовка; 6 — арматурный каркас; 7 — уширенная пята

I — вибропогружение инвентарной стальной трубы, закрытой снизу теряемым башмаком;

II — заполнение трубы пластичным бетоном на высоту 0,8—1,0 м;

III и IV — образование уширенной пяты при помощи трамбовки, соединенной с вибропогружателем;

V — установка армокаркаса;

VI — заполнение трубы бетоном и последующее извлечение ее краном и вибропогружателем с одновременным уплотнением грунта.

Этот способ дает возможность изготовлять сваи при высоком уровне грунтовых вод. Вибрирование позволяет применять жесткие

смеси, что обеспечивает качество свайного ствола и сокращает расход бетона. Замена забивных свай вибронабивными позволяет снизить стоимость свай в фундаментах жилых и промышленных зданий на 35—65%; расход стали при этом уменьшается до 10 раз.

На Украине разработан и внедрен комплект оборудования для устройства виброштампованных свай длиной до 10 м при диаметре 0,5 м в связных неводонасыщенных грунтах, в частности лёссовых просадочных.

На рис. 13.6 показана последовательность устройства виброштампованных свай. Для образования скважин применяют три варианта механизации: бурильные машины для скважин глу-

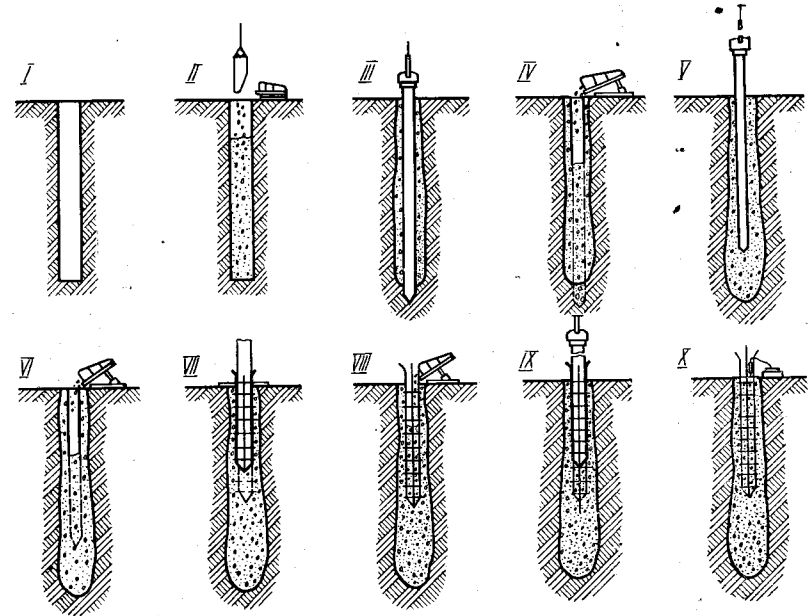


Рис. 13.6. Технологическая схема устройства виброштампованных свай:

I — бурение; II — загрузка бетонной смесью из бадьи; III — погружение виброштампа в бетонную смесь; IV — заполнение скважины бетонной смесью; V — повторное виброштампование; VI — заполнение скважины бетоном после повторного виброштампования; VII — погружение арматурного каркаса в смесь при помощи виброштампа; VIII — заполнение смесью полости арматурного каркаса; IX — последний цикл виброштампования; X — окончательное уплотнение бетонной смеси

биной до 3,5 м, виброжелонки или комплект оборудования для пробивки скважин при большой глубине разработки. Последние два вида оборудования применяют как навесные на кране-экскаваторе.

В оборудование для пробивки скважин (рис. 13.7) входят обсадная труба 1, направляющая плита 5, молот 4 и виброустройство для извлечения трубы 3. Направляющая плита обеспечивает вертикальность погружения обсадной трубы и служит основанием для гидродомкратов при извлечении трубы из грунта.

На практике для свай большой глубины часто применяют комбинированный способ образования скважин: до глубины 2,5—3,5 м применяют бурильную машину, а для углубления — виброжелонку или обсадную трубу. Перед бетонированием на устье скважины устанавливают тяжелый металлический кондуктор, поля направляю-

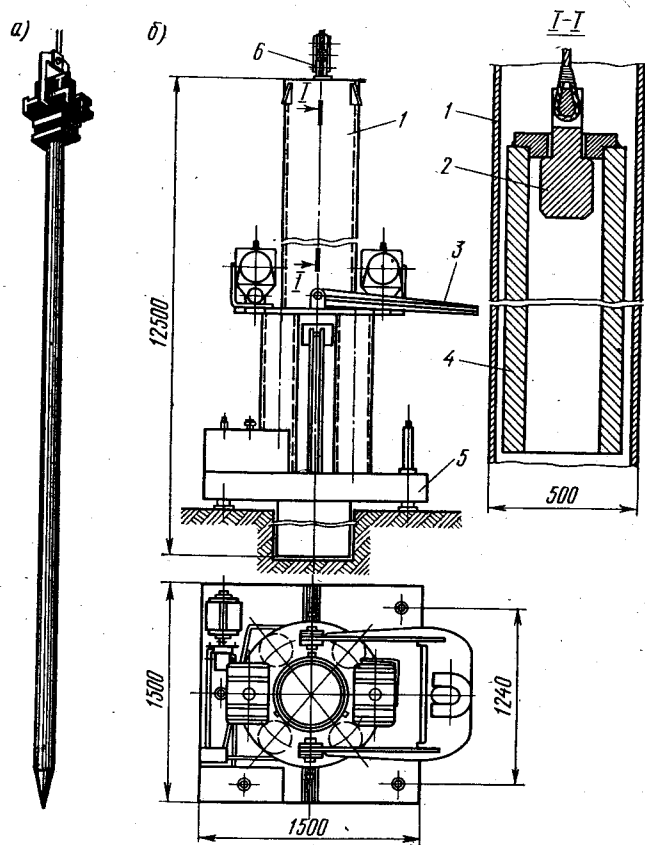


Рис. 13.7. Оборудование для пробивки скважин под виброштампованные сваи:

а — общий вид; б — схема устройства; 1 — обсадная труба; 2 — упор; 3 — виброустройство для извлечения обсадной трубы; 4 — молот; 5 — направляющая плита; 6 — шарнирное соединение

щая труба которого имеет диаметр на 10 мм больший, чем у виброштампа.

Вес кондуктора подбирают из расчета, чтобы его давление на грунт составляло не менее 4—5 кг/см². Это условие необходимо для удержания бетонной смеси в скважине.

Скважину заполняют бетоном при помощи самоходного бетоноукладчика. Бетон уплотняют виброштампом, представляющим со-

бой трубу диаметром 0,31 м, нижний конец которой закрыт металлическим конусом. Верхний конец вибростержня прикрепляют к мощному вибратору ВПП-2 или ВПП-4. Длина вибростержня превышает глубину скважины на 0,8 м, благодаря чему при бетонировании свая грунт под ее основанием дополнительно уплотняется.

Виброштамп погружают в бетон передвижным краном при включенном вибраторе. Погружаясь в бетон, виброштамп создает давление, превышающее несущую способность грунта. В результате образуется уширенное основание и дополнительно уплотняется прилегающий грунт.

Диаметр пяты превышает диаметр сваи на 30—40%.

Операцию по бетонированию с применением виброштампа повторяют несколько раз. После извлечения вибростержня в бетоне образуется трубчатая полость, которая заполняется бетоном до отметки 0,7 м. Пустота в длинных сваях остается только в верхней половине сваи на высоту 2,5—3,0 м. В эту полость для сопряжения с ростверком вставляется металлический каркас, а затем полость бетонируется вместе с ростверком.

На виброштампованных сваях в Днепропетровской области построены жилые дома высотой от 5 до 12 этажей, промышленные корпуса с нагрузками на колонны в диапазоне от 150 до 1000 Т, а также ряд зданий сельского строительства. В основном эти объекты сооружены на лёссовых грунтах I и II категории просадочности как с прорезкой просадочной толщи, так и без прорезки.

Применение виброштампованных свай в промышленном строительстве по сравнению со сборными железобетонными фундаментами позволяет сократить трудовые затраты почти в 3 раза и снизить стоимость фундаментов в 2 раза (табл. 13.1).

Таблица 13.1

Технико-экономические показатели устройства фундаментов различных типов

| Показатели | Типы фундаментов | | | |
|--------------------------------------|--------------------|---------------------------|------------------------------|---|
| | сборный столбчатый | на забивных сваях $l=5$ м | на камуфлетных сваях $l=3$ м | на виброштампованных бетонобетонных сваях $l=3$ м |
| Объем земляных работ, м ³ | 14 943 | 528 | 573 | 718 |
| Расход металла, т | 20,8 | 38,2 | 21,2 | 21,9 |
| Расход цемента, т | 197,0 | 159,0 | 146,0 | 152,0 |
| Трудовые затраты, чел-дн | 1700 | 712 | 716 | 598 |
| Стоимость фундамента, тыс. руб. | 23,8 | 18,67 | 13,2 | 12,4 |

Промышленный корпус

| | | | | |
|--------------------------------------|--------|-------|-------|-------|
| Объем земляных работ, м ³ | 14 943 | 528 | 573 | 718 |
| Расход металла, т | 20,8 | 38,2 | 21,2 | 21,9 |
| Расход цемента, т | 197,0 | 159,0 | 146,0 | 152,0 |
| Трудовые затраты, чел-дн | 1700 | 712 | 716 | 598 |
| Стоимость фундамента, тыс. руб. | 23,8 | 18,67 | 13,2 | 12,4 |

Продолжение

| Показатели | Типы фундаментов | | | |
|--|--------------------|---------------------------|------------------------------|---|
| | сборный столбчатый | на забивных сваях $l=3$ м | на камуфлетных сваях $l=3$ м | на виброштампованных бутобетонных сваях $l=3$ м |
| <i>Жилой 60-квартирный дом серии I-480</i> | | | | |
| Объем земляных работ, м ³ | 779,7 | 49,0 | 102,0 | 138,3 |
| Расход металла, т | 6,2 | 9,7 | 5,2 | 5,6 |
| Расход цемента, т | 53,0 | 33,0 | 27,0 | 31,8 |
| Трудовые затраты, чел-дн | 612 | 467 | 485 | 328 |
| Стоимость фундамента, тыс. руб. | 8,35 | 10,8 | 7,7 | 7,58 |

Фундаменты на виброштампованных сваях целесообразны также для жилых домов (например, серии I-480).

Хотя рассматриваемый тип набивных свай сложнее в устройстве по сравнению с другими типами, он дает возможность применять жесткий бетон и обеспечивает высокое качество бетонных работ.

4. Пневмонабивные и гидропрессованные сваи

Пневмонабивные сваи впервые были предложены инженером Г. Г. Шенайхом в 1900 г. в России (Киев) и Вольфшольцем в Германии. Сваи системы Шенайха устраивают путем бетонирования под давлением воздуха в пространстве между двумя оболочками, вставленными с небольшим зазором друг в друга. При извлечении внешней оболочки внутренняя, заполненная бетоном, остается в качестве арматуры. При этом она защищена от коррозии цементной рубашкой, образовавшейся в результате заполнения раствором зазора между оболочками.

На рис. 13.8, а показана принципиальная схема пневмонабивных свай. Обсадную толстостенную трубу А диаметром 10" погружают бурением или забивкой, после чего в нее вставляют оболочку В из 1—1,5 мм листовой стали с наконечником Е. В оболочку вставляют деревянный сердечник В, при помощи которого она опускается в обсадную трубу и загоняется в грунт.

После извлечения сердечника оболочка заполняется бетоном, а зазор — пластичным раствором. Затем на верх обсадной трубы навинчивают муфту Г с колпаком Д. Под колпак нагнетается воздух, газ или вода под давлением 40 ат, в результате чего бетон и раствор впрессовываются в оболочки, а свая погружается на 1—1,5 м. Одновременно под действием того же давления обсадная труба поднимается вверх, образуя вокруг кожуха цементную оболочку диаметром большим, чем обсадная труба, и неправильной формы вследствие различной плотности грунта.

Изготовление свай Вольфшольца производится в порядке, указанном на рис. 13.8, б. Обсадную трубу, находящуюся в буровой скважине, закрывают герметичной крышкой, через которую пропущены три трубы. По одной из них подают раствор из специальной емкости или выпускают воду и воздух, по другой подается сжатый воздух давлением 10 кг/см², а на третьей имеется кран, манометр и редуцирующий вентиль. Вторая и третья трубы соединены между собой и с резервуаром сжатого воздуха. Порядок работы можно проследить по схеме. Сжатым воздухом из обсадной трубы

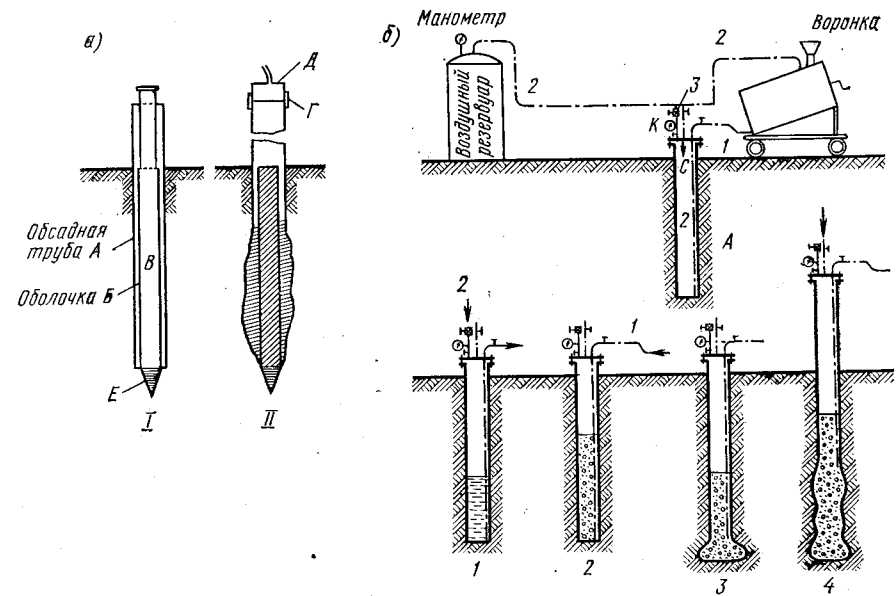


Рис. 13.8. Пневмонабивные сваи: а — системы Шенайха; б — системы Вольфшольца

удаляется вода 1 и в трубу под давлением подается порция бетона 2. Повышенным давлением бетон впрессовывают в грунт, в результате чего при подъеме трубы 3 в нижележащем грунте образуется уширенное основание. В зависимости от длины сваи этот цикл повторяется несколько раз (поз. 4).

При изготовлении свай таким способом требуется тщательно фракционированный мелкий щебень. Кроме того, процесс бетонирования нужно вести непрерывно во избежание схватывания бетона (раствора) в трубопроводах. Учтя недостатки этого способа, немецкая фирма «Грюн и Бильфингер» применила конструкцию — шлюз, работающий по принципу кессонного, позволяющую подавать в обсадную трубу обычный бетон. Шлюз позволил отказаться от шлангов.

Отечественные специалисты (проф. Г. Л. Медведев, инж. Боженов и Гузеев, проф. Е. В. Платонов) в довоенный период создали рациональную конструкцию шлюза для пневмосвай.

Созданный ими аппарат — цилиндр несколько большего диаметра, чем обсадная труба, снабжен двухклапанным устройством, обеспечивающим беспрепятственный пропуск бетона в трубу без понижения давления внутри нее (рис. 13.9).

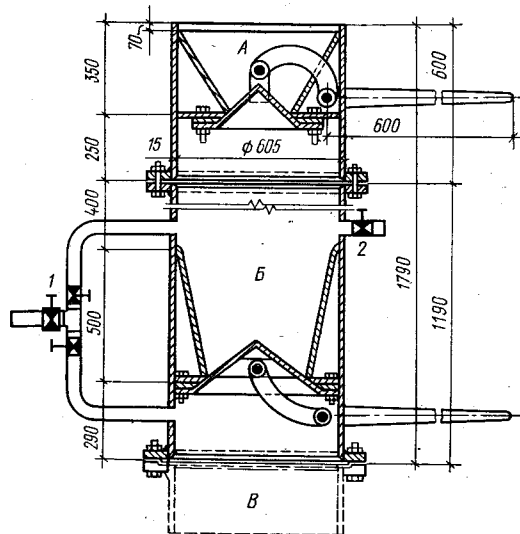


Рис. 13.9. Шлюзовой аппарат Мостотреста для бетонирования пневмосвай

в среднюю камеру сжатый воздух, предварительно закрыв кран 2. Когда давление в средней и нижней камере, а также в трубе уравняется, бетон через нижний клапан проваливается в трубу.

Силой сжатого воздуха одновременно уплотняется бетонная смесь, которая вдавливаясь в грунт, и обсадная труба поднимается, что в значительной мере облегчает ее извлечение из скважины.

В процессе изготовления пневмонабивных свай обсадные трубы при погружении в грунт заполняются бетоном, который внедряется под давлением сжатого воздуха в прилегающий грунт. Затем обсадные трубы удаляют из скважины.

Погружать обсадные трубы можно бурением или забивкой. Обсадные трубы в пневмосваях можно забить в грунт с закрытым или открытым конусом. В первом случае отпадает необходимость удаления грунта из обсадной трубы, а в процессе забивки грунт уплотняется.

В песчаных грунтах, оказывающих значительное сопротивление погружению свай, забивать обсадные трубы с наконечниками весьма затруднительно, особенно в мелких песках, насыщенных водой. В такие грунты целесообразнее забивать открытые снизу трубы, а

Цилиндр имеет три камеры: верхнюю А для загрузки бетона, среднюю В с переменным давлением воздуха и нижнюю С, общую с внутренней полостью обсадной трубы. К камере В подсоединяется компрессор, подающий воздух под давлением 3—5 ат. Сжатый воздух отжимает грунтовую воду и полностью осушает полость трубы.

Бетон загружают в верхнюю камеру А, выравнивают давление в камере В до наружного при помощи крана Д. После этого рычагом открывают верхний клапан, и бетонная смесь заполняет среднюю камеру. Краном 1 подают

грунт из них удалять с помощью водяной струи, поступающей из подмывных трубок, опущенных внутрь трубы.

В агрессивных грунтовых водах в буровую скважину рекомендуется опускать готовые железобетонные сваи, покрытые снаружи изолирующим слоем, и нагнетать бетон только в промежуток между сваями и грунтовыми стенками скважины.

Бетонируют сваи в несколько приемов. Первая порция бетона должна быть небольшой, чтобы заполнить трубу по высоте на 1,5—2 м. Это необходимо для облегчения первого подъема обсадной трубы, которая засасывается в песчаных грунтах очень быстро. Последующие порции бетона увеличивают в 2—3 раза. Бетонирование следует вести без перерывов во избежание нарушения монолитности свай. Каждую последующую порцию бетона загружают в обсадную трубу до начала схватывания ранее уложенной порции. Для устройства пневмосвай применяют бетон литой консистенции.

При подъеме обсадной трубы нужно тщательно следить за уровнем бетона, не допуская понижения высоты пробки менее 1 м, так как сжатый воздух может выбросить бетон и даже привести к разрыву свай.

Шлюзование бетона производят только на величину, необходимую для преодоления притока грунтовой воды. После этого подачу сжатого воздуха прекращают и, открыв оба клапана, укладывают бетонную смесь непосредственно в трубу.

При изготовлении свай в водоносных грунтах непрерывное содержание обсадной трубы под давлением обязательно — в противном случае при снижении давления грунтовые воды немедленно наполнят трубу.

Пневмонабивные сваи армируют на всю длину или только в верхней части. В первом случае заранее заготовленный арматурный каркас опускают в обсадную трубу до начала бетонирования; во втором случае сваи армируют в процессе бетонирования после достижения свай соответствующего уровня. Для этого шлюзовой аппарат снимают, каркас опускают в обсадную трубу, после чего аппарат снова устанавливают на место.

Сжатый воздух, удаляющий из обсадной трубы грунтовые воды, обеспечивает значительное уплотнение бетона и окружающего грунта, а также облегчает подъем обсадной трубы по ходу бетонирования.

Длина пневмонабивных свай, ограничиваемая методами погружения обсадных труб, может достигать 30 м. Если пневмонабивные сваи длиной 18—20 м и сечением 50—60 см погружены в плотные грунты на значительную глубину, они обладают несущей способностью 100—150 Т. Это дает возможность уменьшить в 3—4 раза количество свай в основании сооружения по сравнению с забивными сваями и соответственно уменьшить объем ростверка.

Недостатками пневмонабивных свай являются сравнительная сложность их изготовления в связи с применением сжатого воздуха для шлюзования бетона в обсадную трубу и для удаления трубы из скважины по ходу бетонирования и низкие темпы производства

работ. Кроме того, необходим тщательный контроль на всех стадиях изготовления таких свай.

Сваи Вольфсхольтца применяются в зарубежной строительной практике. В отечественном строительстве пневмосваи применяли для первой очереди Московского метрополитена и при сооружении мостовых опор (например, эстакада Краснохолмского моста через Москва-реку).

Ниже приведены основные данные по устройству двух береговых опор железнодорожного моста на пневмонабивных сваях. Каждый из устоев моста (рис. 13.10) расположен на 53 пневмонабивных сваях длиной 12 м при диаметре обсадных труб 60,5 см, погруженных в мелкозернистые илистые пески. Средний диаметр пневмонабивных свай составил 70 см. Сваи расположены в плане в шахматном порядке: расстояние между ними принято 155 см, что составляет 2,5 диаметра обсадной трубы. Все сваи погружены с наклоном 1/16 в сторону насыпи. Верхняя часть свай на высоту 3—3,5 м армирована 8 стержнями диаметром:

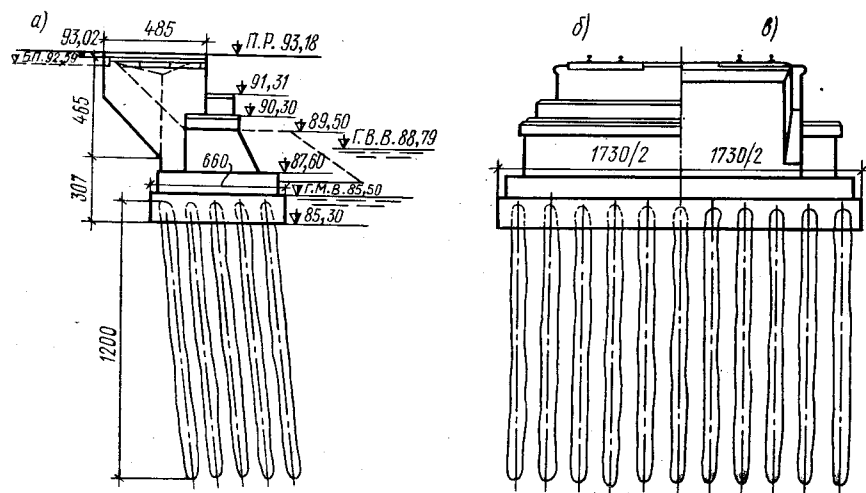


Рис. 13.10. Опора на пневмонабивных сваях:

а — фасад; б — вид устоя со стороны пролета; в — вид устоя со стороны насыпи

16 мм; расчетная нагрузка на сваю по проекту составляла 67 Т, фактически несущая способность — 100 Т.

Средний расход бетона на одну сваю составил 5,84 м³, что соответствует коэффициенту уширения сваи, равному 1,74.

В Польской Народной Республике в послевоенный период пневмонабивные сваи широко применялись наряду с системой Франки. По свидетельству И. А. Ганичева, сваи Вольфсхольтца в Польше, начиная с 1960 г., применяют меньше. В настоящее время их используют, главным образом, при недостатке места для установки тяжелого оборудования, при производстве работ в тяжелых грунтовых и местных условиях (работы внутри помещения, вплотную к зданию и т. п.) и в случаях небольшого количества и значительной

длины свай (свыше 15 м). Пневмоспособ применяется в практике изготовления набивных свай других конструкций.

Свай Михаэлиса — Маста по схеме близки пневмосваям и являются разновидностью свай гидравлического прессования. В свае из прессованного бетона грунтовую воду из буровой скважины вытесняют по принципу действия поршня в цилиндре насоса. Роль поршня выполняет плита основания, в которую пропущена труба (рис. 13.11) для отвода грунтовой воды. Плотный контакт между плитой и обсадной трубой обеспечивается обмазкой глиной.

Когда арматура сваи вместе с плитой опущена до дна буровой скважины (другими словами, когда вытеснена вся грунтовая вода), обсадную трубу наполняют бетоном, а трубы отвинчивают и удаляют. Затем поверхность бетона уплотняют глиной, а на обсадную трубу навинчивают наголовник В для сжатого воздуха. Нагнетание воды под давлением до 35 ат уплотняется бетон и одновременно удаляется обсадная труба из грунта.

5. Грунтобетонные сваи

Технология механизированного устройства грунтобетонных фундаментов основана на использовании свойства лёссовидных грунтов образовывать конструктивный материал, отвечающий требованиям фундаментостроения при перемешивании с цементом и последующем уплотнении смеси. Если перечисленные операции производить непосредственно в массиве грунта без его выемки, то в случае применения соответствующего приспособления можно получить грунтобетонную сваю. Такие сваи, как и другие типы набивных свай, используют для зданий различного назначения, при возведении подпорных стенок, противофильтрационных завес и т. д.

В инструкции по изготовлению и применению грунтобетона в строительстве (СН 23—58) для изготовления грунтобетонных свай предусмотрены лёсс, лёссовидные и карбонатные суглинки и супеси.

Технология изготовления грунтобетонных свай разработана в шестидесятых годах в СибЗНИИЭП под руководством проф. А. В. Силенко.

Для изготовления свай диаметром 0,8 и 0,9 м при глубине до 3 м и диаметром 0,5÷0,7 м и длиной до 7 м применяют агрегат АГС-7 (рис. 13.12).

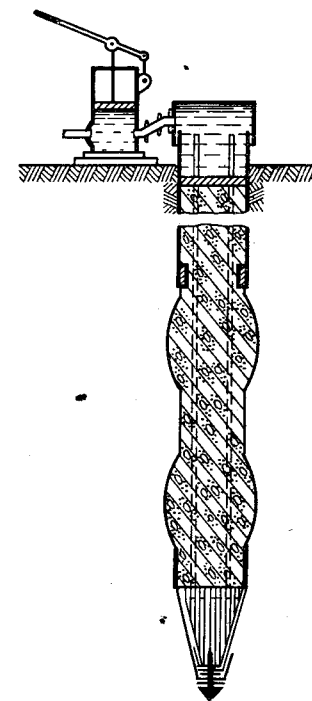


Рис. 13.11. Принцип изготовления сваи Михаэлиса — Маста

Узлы агрегата смонтированы на шасси автомобиля МАЗ-200. Агрегат состоит из рамы, мачты, буровой штанги с вертлюгом, рабочего органа, электропривода, механизмов вращения и подачи рабочего органа, технологического оборудования для приготовления и нагнетания цементной суспензии. На раме шарнирно установлена мачта из стальных труб.

В рабочее положение мачту поднимают при помощи гидросистемы. Для опускания мачты в транспортное положение используют лебедку, установленную на буфере автомобиля. Мачта имеет трубчатые направляющие, по которым перемещается вертлюг, один конец последнего соединен с напорным шлангом растворонасоса, а другой — с пустотелой буровой штангой квадратного сечения.

К нижнему концу штанги прикреплен рабочий орган — смесительный бур, который вращается от электродвигателя, обеспечивающего от 38 до 138 об/мин при величине подачи буровой штанги от 8 до 14 м за один оборот.

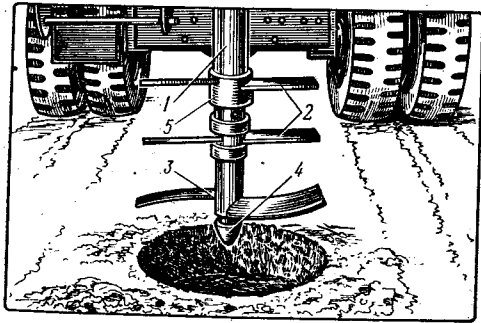


Рис. 13.12. Детали опытного агрегата для бурения скважин:
1 — штанга; 2 и 3 — лопасти; 4 — забурник; 5 — муфта

Для приготовления и нагнетания в грунт цементной суспензии на агрегате установлены приемный бункер для цемента емкостью 1 м³, шнек, подающий цемент в растворосмеситель, производительностью 1,8 м³/ч, растворосмеситель с баком емкостью 0,7 м³ и растворонасос С-317.

Суспензию готовят в смесителе, имеющем для перемешивания составляющих компонентов три пары пропеллерных лопастей, закрепленных на вертикальном

валу. Нагнетают суспензию для устройства сваи растворонасосом.

Рабочий орган — смесительный бур (см. рис. 13.12) состоит из трубы с укрепленными на ней режущими и перемешивающими лопастями. К верхнему концу трубы приварена муфта, соединяющая рабочий орган с буровой штангой. В нижний конец вставлена глухая муфта с забурником. За тыльной стороной режущих лопастей в трубу ввинчены насадки, служащие для выпуска в грунт цементной суспензии.

В зависимости от диаметра сваи и количества нагнетаемой в грунт суспензии применяют насадки диаметром от 12 до 20 мм. Интенсивное перемешивание грунтовой смеси обеспечивается лопастями, имеющими прямолинейную и криволинейную форму, что позволяет перемещать смесь в вертикальную и горизонтальную плоскостях. Процесс перемешивания осуществляется при погружении и извлечении рабочего органа.

Для обеспечения равномерного распределения водоцементной суспензии и послойного уплотнения смеси необходимо регулировать производительность растворонасоса. Опускание и подъем рабочего органа при вращении осуществляется по винтовой линии, угол наклона которой меньше угла наклона задних поверхностей режущих лопастей.

При правом вращении и погружении рабочего органа под режущими лопастями образуется пространство, в которое нагнетается цементная суспензия, а при обратном вращении и извлечении происходит послойное уплотнение смеси вследствие обжатия ее ножами. Одновременно на срезающую поверхность равномерно подается водоцементная суспензия, перемешиваемая с грунтом. Толщину срезаемой части грунта регулируют изменением величины подачи рабочего органа.

Для лучшего перемешивания грунтобетонной смеси рабочий орган иногда приходится погружать и извлекать несколько раз. Для контроля равномерности распределения суспензии на растворонасо-

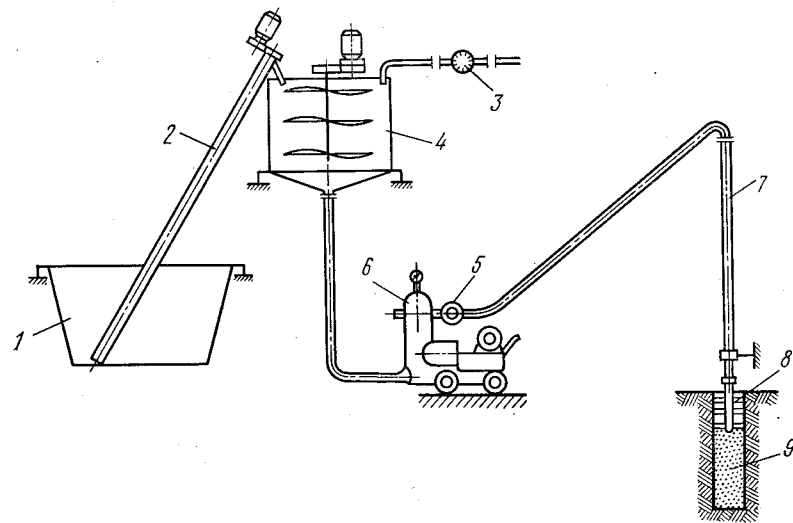


Рис. 13.13. Технологическая схема устройства грунтобетонных свай при помощи агрегата АГС-7;

1 — бункер для цемента; 2 — шнек; 3 — водомер; 4 — растворосмеситель; 5 — расходомер; 6 — растворонасос; 7 — буровая штанга; 8 — рабочий орган; 9 — грунтонабивная свая

се установлен расходомер, записывающий на бумажной ленте количество суспензии, поданной в расчете на единицу длины сваи. Количество суспензии, расходуемой на устройство сваи, зависит от естественной влажности грунта и дозировки цемента.

На рис. 13.13 показана принципиальная технологическая схема устройства грунтобетонных свай при помощи агрегата АГС-7.

На качество бетона свай влияет правильный подбор формы рабочего органа и режимов работы в зависимости от грунтовых условий (число оборотов, величина подачи, количество проходок рабочего органа).

Несущая способность сваи зависит от прочности материала сваи и сопротивления грунта в основании и по боковой поверхности.

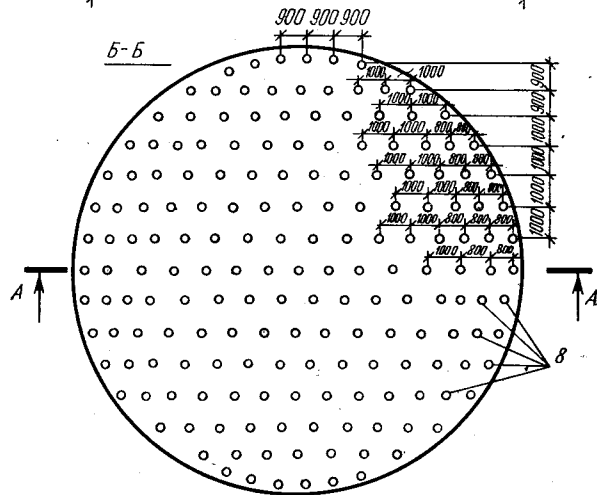
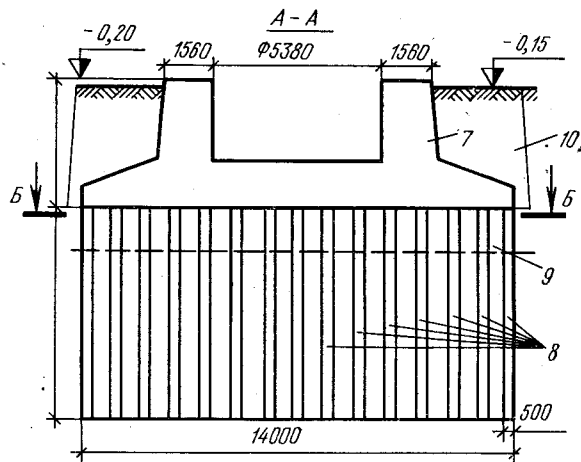
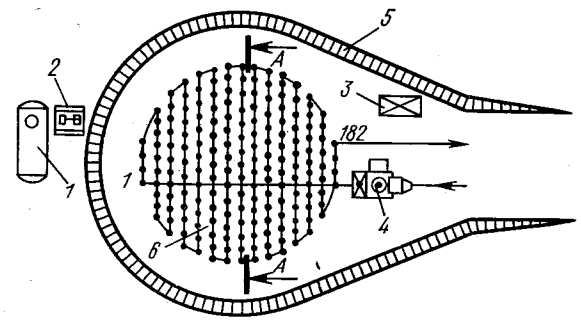


Рис. 13.14. Схема организации работ при устройстве свайного поля и сечение:

1 — бак для воды; 2 — площадка с центробежным насосом; 3 — ларь для цемента; 4 — агрегат для изготовления свай; 5 — котлован; 6 — свайное поле; 7 — фундамент; 8 — грунтонабивные сваи; 9 — грунтовая подушка; 10 — уплотненный грунт

В табл. 13.2 приведены технико-экономические показатели грунтобетонных свай в зависимости от расчетной нагрузки при диаметре свай $d=0,7$ м (при $\gamma_{ск}=1,45$ т/м³ и $W=21\%$).

Таблица 13.2

Технико-экономические показатели грунтобетонных свай

| Максимальная нагрузка на сваю диаметром 0,5 м, Т | Расчетное сопротивление сжатию, кг/см ² | Содержание цемента, % | Расход цемента на 1 м ³ свай, кг | Стоимость 1 м ³ свай, руб. | Стоимость 1 м свай, руб. |
|--|--|-----------------------|---|---------------------------------------|--------------------------|
| 20 | 7,4 | 6 | 87 | 4,19 | 1,61 |
| 40 | 14,8 | 8 | 116 | 4,75 | 1,80 |
| 70 | 25,9 | 12 | 174 | 5,88 | 2,26 |

Ниже описан опыт устройства свайного фундамента под дымовую трубу. Основание дымовой трубы котельной сложено из просадочных лёссовидных суглинков мощностью 12,5 м. На основание передаются нагрузки от веса трубы с фундаментом — 2500 Т и ветровые — 1500 Т·м, распределенные между 182 сваями.

На изготовление 1 м³ грунтобетона для свай было расходувано 145 кг цемента, 247 л воды и 1,3 кг сульфитно-спиртовой барды. Под фундамент выкопали котлован диаметром 20 и глубиной 4 м с пандусом.

В котловане были установлены ларь для цемента и бак для воды, смонтирован центробежный насос для подачи воды и смеситель установки.

На рис. 13.14 дана схема организации работ по устройству свай. Сваи устраивали в следующем порядке. Предварительно рабочие с помощью аутригеров регулировали вертикальность мачты. Моторист включал насос для подачи воды в смеситель. Затем рабочие загружали в бункер цемент, моторист включал винтовой транспортер, и цемент поступал в смеситель, где приготавливалась суспензия. После подачи всего цемента в смеситель включали электродвигатель, вращавший штангу, а при погружении рабочего органа приводили в действие растворонасос, нагнетавший в грунт водоцементную суспензию.

Весь цикл изготовления свай составил 38 мин.

Таблица 13.3

Сравнительная стоимость искусственных оснований из грунтобетонных и грунтовых свай

| Наименование показателей | Варианты оснований | |
|---|------------------------|---------------------------------|
| | из грунтобетонных свай | с уплотненным грунтовыми сваями |
| Объем грунтобетона, м ³ | 253 | — |
| Объем уплотненного грунта, м ³ | 154 | 3016 |
| Трудоемкость, чел.-ч | 149 | 610 |
| Стоимость (прямые затраты), руб. | 1686 | 5610 |

Сваи изготавливали при следующем режиме работы агрегата: число оборотов рабочего органа $n=82$ об/мин; величина подачи на каждый оборот $S=8$ мм; число проходок $K=1$. В сравнении с устройством уплотнения основания грунтовыми сваями был достигнут значительный эффект (табл. 13.3).

Характеристики набивных свай на строительстве КамАЗа

| Диаметр свай, мм | Глубина заложения, м | Объем бетона, м ³ | Вес армокаркаса, кг | Расход арматуры, кг/м ³ | Нагрузки вертикальные, Т |
|------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------------|--------------------------|
| 600 | До 13 | 4,47 | 439 | 98 | 50 |
| 1000 | » 16 | 13,86 | 893 | 65 | 250 |
| 1200 | » 16 | 19,86 | 1079 | 54 | 380 |

1. Сваи с уширенной пятой, образованные механическим разбуриванием

Общие сведения. Бурунабивные сваи с уширенной пятой, образованной механическим разбуриванием, и без уширения устраивают в маловлажных, связных, устойчивых грунтах без обсадки скважины. Такой метод устройства свай, условно называемый сухим, относится только к способу бурения, в отличие от «мокрого» способа бурения и бетонирования под глинистым раствором.

Исходя из сложившейся в практике терминологии условимся относить к сухому способу бурение скважин только для тех бурунабивных свай, у которых пята образуется с помощью механического уширителя.

Технология изготовления таких свай в СССР была разработана в 1963 г. За прошедшее десятилетие для изготовления бурунабивных свай было создано специальное оборудование, благодаря чему описываемый вид свай стал преобладающим среди набивных. Например, специализированными организациями Украины были построены здания на сваях этого типа общим объемом свай около 200 тыс. м³ на 260 объектах, в том числе на предприятиях тяжелой индустрии Запорожья, одесском заводе Центролит, главном корпусе киевской ТЭЦ, более чем на ста жилых и гражданских зданий высотой до 22 этажей. Особенно широко внедряется бурунабивной метод на строительстве Камского автозавода, где за 1971—1972 гг. было изготовлено около 15 000 свай большой грузоподъемности.

При изготовлении свай, кроме специального оборудования (буровые головки на кранах-экскаваторах), используют неспециальное — агрегаты для разведочного бурения, что отражается на методах работ.

Ниже описано устройство свай по технологии, принятой на КамАЗе, с применением спецоборудования, приведены также примеры изготовления свай при помощи буровых установок общего назначения.

Конструкции свайных фундаментов. На строительстве ряда корпусов КамАЗа бурунабивные сваи применены взамен столбчатых фундаментов: Сваи, пройдя 13-метровую толщу просадочных грунтов, опираются на непросадочные. Сваи диаметром 600 мм применяются с уширением 1600 мм, а диаметром 1000 и 1200 мм — без уширения. В табл. 14.1 показатели всех свай даны в варианте без уширенной пяты.

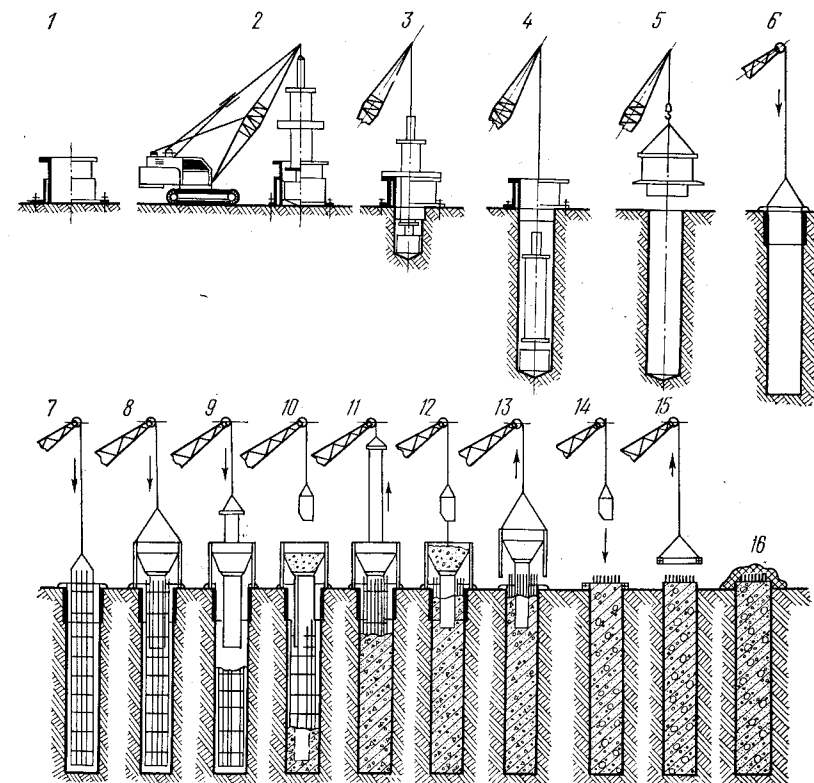


Рис. 14.1. Технологическая схема устройства бурунабивных свай диаметром 1000—1200 мм в устойчивых грунтах установками СО-1200:

1 — установка бурового кондуктора; 2—4 — этапы бурения скважины; 5 — удаление бурового кондуктора; 6 — установка обсадного патрубку, 7 — установка арматурного каркаса; 8 — установка бункера с верхней (внешней) бетонолитной трубой; 9 — опускание внутренней бетонолитной трубы; 10 — первый этап бетонирования (с обеими трубами); 11 — извлечение внутренней бетонолитной трубы; 12 — бетонирование с одной внешней бетонолитной трубой; 13 — подъем бункера, наполненного смесью и удаление обсадного патрубку; 14 — установка опалубки и бетонирование оголовка; 15 — снятие опалубки с оголовка сваи; 16 — утепление оголовка песком (летом) или опилками (зимой)

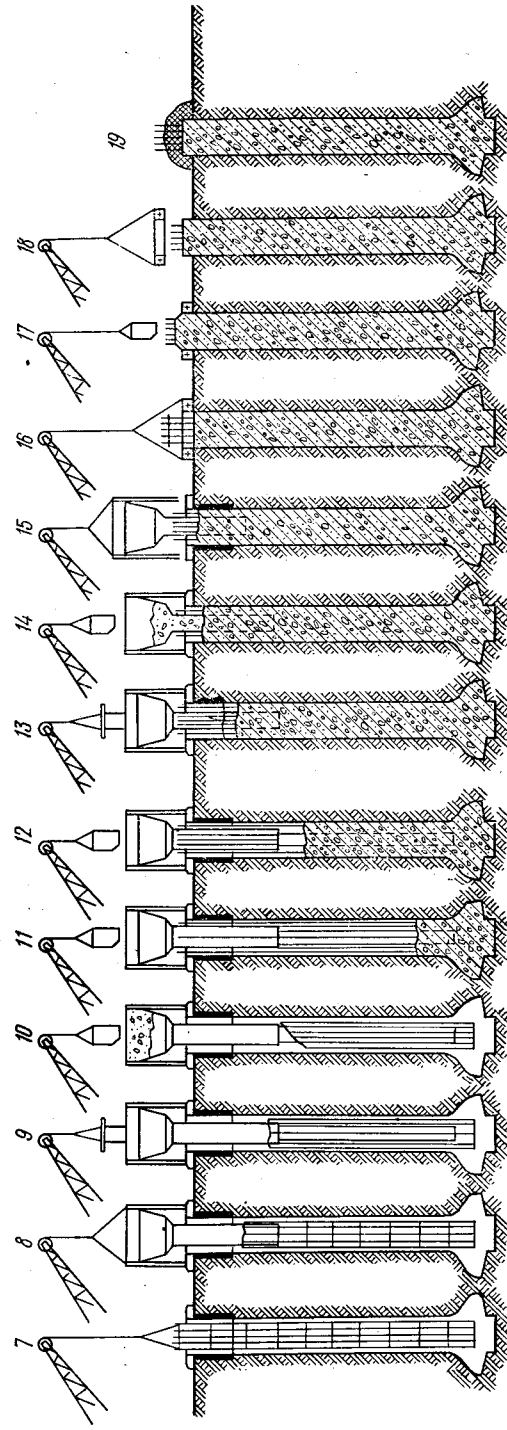
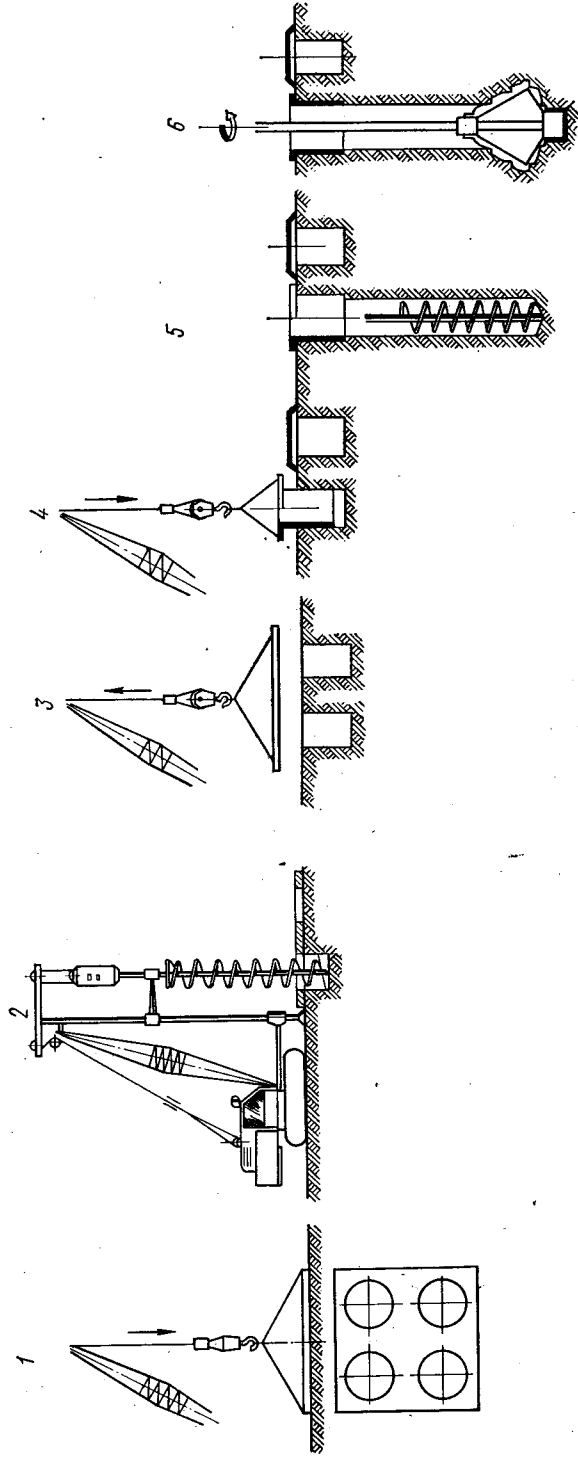


Рис. 14.2. Технологическая схема устройства свай диаметром 600 мм с уширением в устойчивых грунтах установками СО-2: 1 — установка кондуктора для бурения лидерных скважин; 2 — бурение лидерных скважин $d=600$ мм; 3 — удаление кондуктора; 4 — установка обсадной патрубки; 5 — бурение скважин; 6 — устройство уширения; 7 — установка армированного каркаса; 8 — установка бункера с верхней частью бетонолитной трубы; 9 — опускание внутренней бетонолитной трубы; 10 — заполнение бункера смесью до открытия клапана; 11, 12 — бетонирование скважины (бетон подается балями); 13 — извлечение внутренней бетонолитной трубы; 14 — бетонирование верхней части бетонолитной трубы; 15 — удаление бункера с бетонолитной трубой; 16 — удаление обсадной патрубки и установка опалубки для оголовка сваи; 17 — бетонирование оголовка сваи; 18 — снятие опалубки с оголовка сваи; 19 — утепление оголовка (опилками или песком)

Сваи под фахверковые стойки выполняют без ростверка; под другие колонны, в зависимости от нагрузок, ростверк объединяет 2—3—4 сваи. Размеры ростверка в плане определяются габаритами куста свай, а по высоте — заделкой анкеров под колонны (обычно его принимают 1,0—1,5 м с подколонником высотой 1,0 м).

Технология работ. Основным работам предшествуют подготовительные, включающие планировку площадки, разбивку свайного поля, устройство временных дорог и др.

На рис. 14.1 и 14.2 показаны технологические схемы устройства свай диаметром 1000 и 1200 мм без уширения установками СО-1000/1200 и $D=600$ мм с уширением пяты при помощи установки СО-2 в устойчивых грунтах*.

Перед началом бурения на грунт устанавливают и закрепляют анкерными кольями специальный кондуктор (рис. 14.3, а), фиксирующий положение скважины в плане. Кондуктор можно заменить обсадным патрубком после бурения скважины на глубину не менее 1,0—1,5 м. Если скважину бурят после укладки бетонной подготовки под ростверк, то в ней по шаблону делают отверстия. Затем в скважину подают бетон (рис. 14.4).

При устройстве куста свай, когда расстояние между ними меньше 1,4 м (в свету между уширениями), бурить смежные скважины разрешается только через 8 ч после укладки бетона в предыдущую. Бурение следует вести циклично, грунт с породозабирающего инструмента очищают при помощи шнекоочистителя. Каретка очистного приспособления перемещается по направляющим копровой стрелы. На косынках, приваренных к каретке, укреплены шарнирно два рычага и ролик. Профиль рычагов соответствует профилю трубы шнека (рис. 14.5).

В рабочем состоянии разведенные рычаги не касаются шнека. После набора грунта и его извлечения из скважины рычаги охватывают шнековую трубу и перекрывают винтовую спираль. При вращении шнека рычаги, последовательно перемещаясь по спирали, очищают шнек от грунта. Ролик облегчает прохождение рычагов по спирали при наличии местных изгибов и неровностей. По окончании очистки рычаги разводят в стороны.

В нескольких типах уширителей более распространен трехножевой (рис. 14.6), состоящий из штанги, режущих лопастей и грунтовой бадьи. Бадья высотой 0,7 м имеет откидное дно.

При разработке уширения ножи при вращении раскрываются под действием веса штанги и срезают грунт, который осыпается в бадью.

По мере заполнения бадьи (8—12 оборотов) уширитель извлекают на поверхность и разгружают бадью, для чего рабочий выдергивает металлический палец из крепления днища, а другой рабочий, ударяя молотом по бадье, освобождает ее от грунта. Этот процесс повторяют 7—8 раз.

* Временные технические условия на производство и приемку работ по устройству буробетонных свай на площадках Камского автомобильного комплекса в г. Набережные Челны. М., 1972.

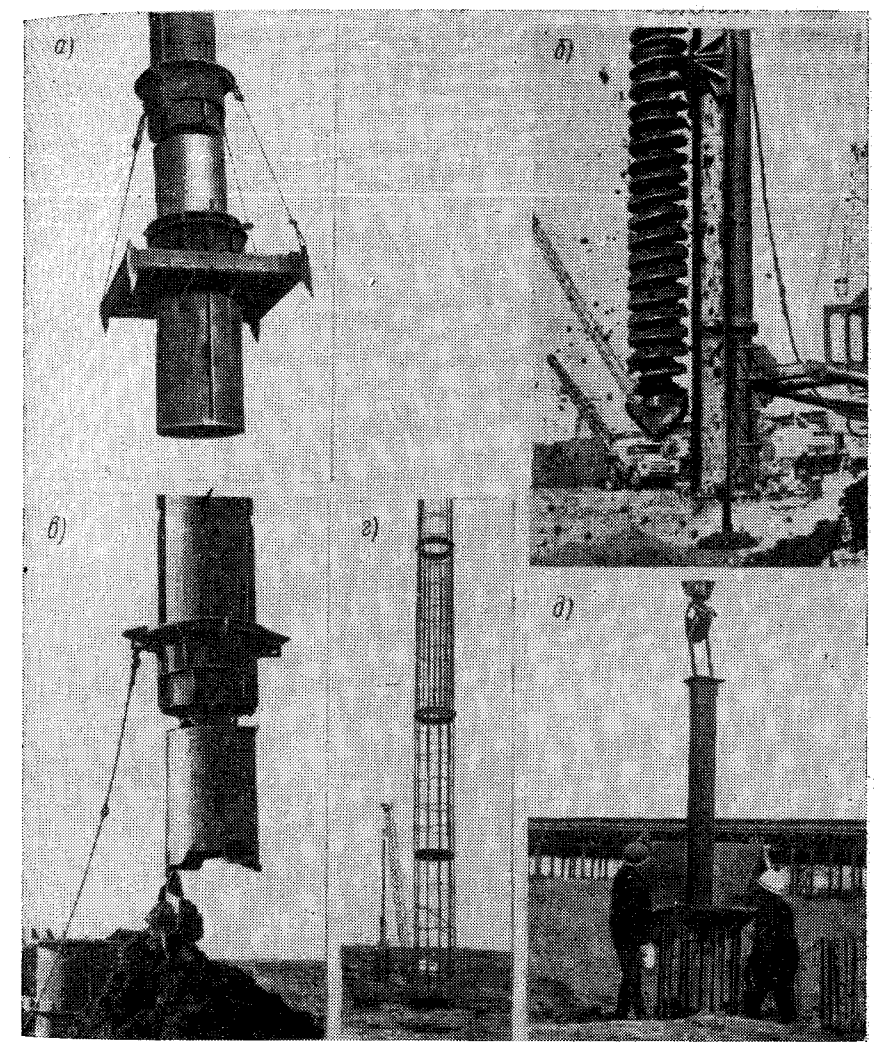


Рис. 14.3. Этапы изготовления буронабивных свай:
 а — обсадной патрубком с кондуктором агрегата СО-1200; б — очистка шнека от грунта;
 в — удаление грунта из желонки; г — установка арматурного каркаса; д — установка телескопической бетонолитной трубы

Выбуренный грунт грузят в автосамосвалы грейфером 0,5 м³ на базе экскаватора Э-1252 или тракторопогрузчиком.

Погружать армокаркас в скважину во избежание повреждения ее нужно строго вертикально.

После выверки и закрепления каркаса монтируют бункер с бетонолитными трубами и укладывают бетон. На приготовление смеси нужно использовать цементы марок 300 и 400, пригодные для

гидротехнического бетона. Заполнители должны удовлетворять обычным для тяжелого бетона требованиям. Консистенция смеси должна соответствовать осадке нормального конуса в пределах 18—20 см.

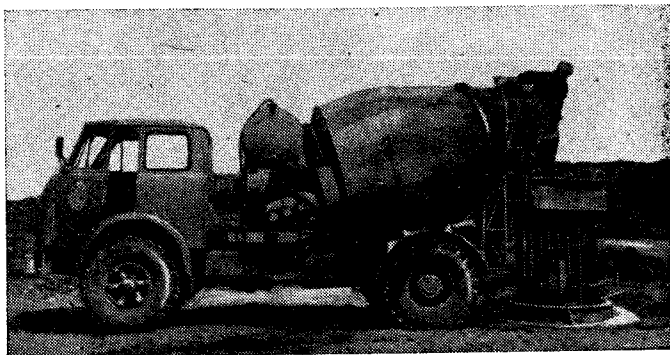


Рис. 14.4. Подача бетона в скважину непосредственно из автобетоносмесителя

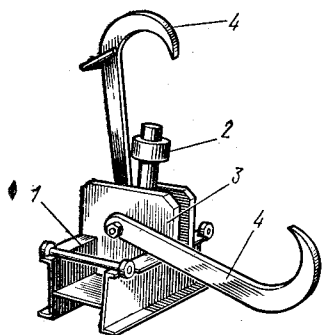


Рис. 14.5. Приспособление для очистки шнека:
1 — каретка; 2 — ролик; 3 — козырьки; 4 — профильные рычаги

Для пластификации бетона и замедления его схватывания в летнее время в смесь добавляют сульфитно-спиртовую барду (0,2+1,0% от веса цемента). Бетонная смесь должна быть однородной и не расслаиваться при перевозке.

Транспортируют бетон к месту укладки в автобетоновозах и в автобетоносмесителях, а в зимнее время — в самосвалах с утепленным кузовом и съёмными крышками.

При большой глубине скважины бетон укладывают методом вертикально перемещающейся трубы. Бетонолитную трубу устанавливают с таким расчетом, чтобы нижний ее конец был выше дна скважины.

Бетонолитная труба, работающая по принципу «труба в трубе», состоит из двух частей — приемного бункера 2 м³ с приваренным патрубком диаметром 426 мм, длиной 8 м и вкладной трубой диаметром 325 мм и длиной 16 м.

Бетонировать нужно без перерывов с постепенным извлечением бетонолитной трубы. Для обеспечения сплошности ствола низ трубы должен быть заглублен в бетон не менее чем на 1 м. Заполнение скважины бетоном контролируют по объему уложенной смеси.

После окончания бетонирования скважины и снятия обсадного патрубка в инвентарной опалубке бетонуют оголовки свай.

Опалубки демонтируют летом на следующий день, а зимой — по достижении бетоном прочности 50 кг/см². Зимой голову свай утеп-

ляют. Для контроля за созреванием бетона по центру оголовка оставляют отверстие для измерения температуры. Ускоряют твердение электропрогревом бетона на глубину промерзания грунта. При необходимости устройства ростверка его выполняют в металлической инвентарной опалубке.

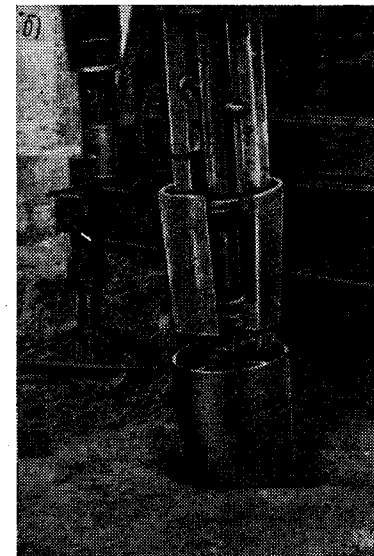
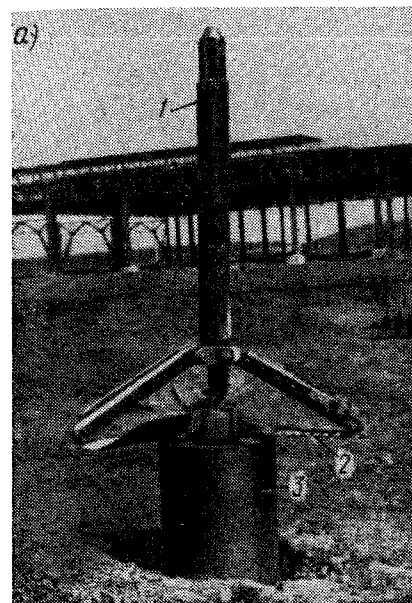


Рис. 14.6. Трехножевой расширитель полугрейферного типа:
а — в раскрытом положении; 1 — штанга расширителя; 2 — режущие лопасти; 3 — грунтовая бадья; б — расширитель в закрытом положении в момент опускания в скважину

Качество бетонирования проверяют ультразвуковым методом (8—10% свай) и испытанием выбуренных кернов (2% свай). Керны выбуривают в 28-дневном возрасте. В свае, намеченной для контрольного бурения, коронкой диаметром 110 мм образуют вертикальную скважину на всю глубину сваи плюс 0,5 м.

По выбуренным кернам определяют состояние бетона сваи — его пористость, наличие каверн и прочность на сжатие. Для испытания на прочность отбирают керны длиной, равной или большей их диаметра.

Статическому испытанию на вертикальную нагрузку подвергают не менее двух свай и двух — на горизонтальную (если это необходимо). В просадочных грунтах контрольные сваи испытывают в замачиваемом грунте. Грунт вокруг сваи замачивают через приямок и скважины, пробуриваемые на глубину заложения сваи. Влажность грунта контролируют отбором проб из дополнительной контрольной скважины.

Испытывают свои статической нагрузкой при помощи специального стенда и гидравлических домкратов. Нагрузки передают на анкерные сваи или передвижную грузовую платформу.

Организация работ. Работы по устройству фундаментов на буронабивных сваях ведут по технологическим лартам захватками по

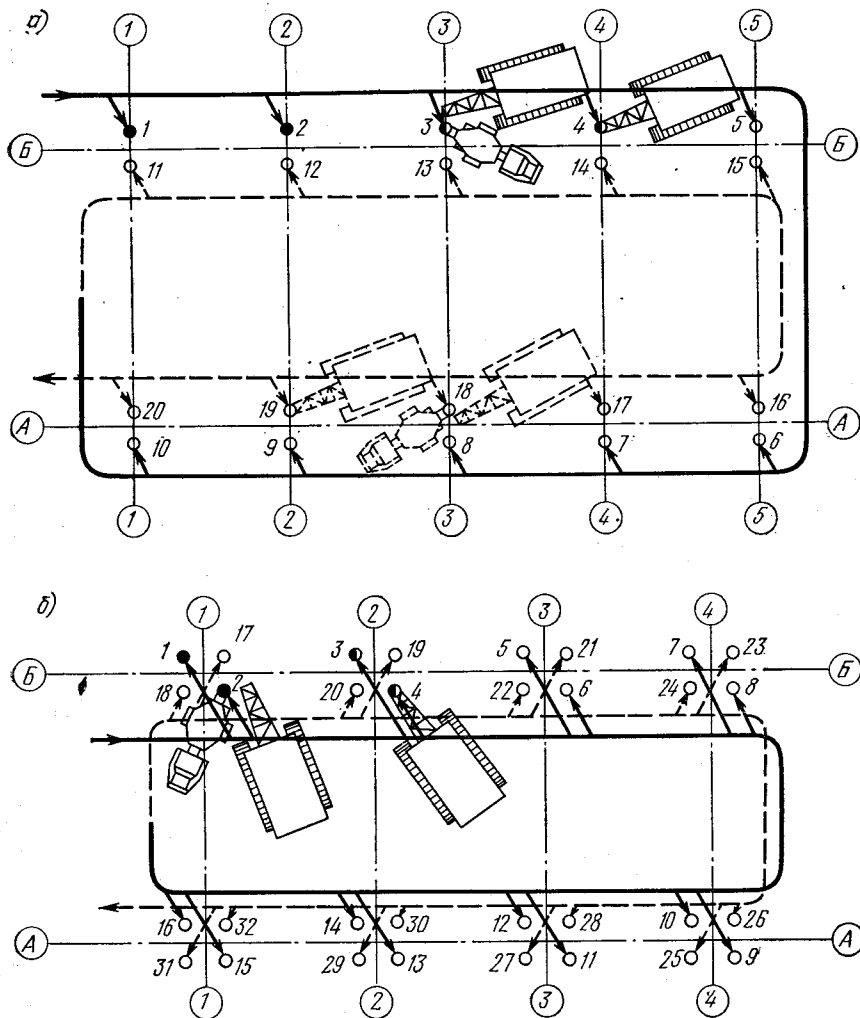


Рис. 14.7. Схема производства работ по бурению и бетонированию буронабивных свай:

а — при двух сваях в кусте; б — то же, при четырех

двум рядам кустов свай (рис. 14.7). При кусте из двух свай вначале бурят внешние стороны рядов, а затем внутренние. За время проходки одной стороны ряда в смежном ряду пробуренные скважины

должны быть забетонированы. Такая последовательность принята для того, чтобы не нарушать стенку пробуренной ранее скважины при проходке смежной.

Производительность потока повышается при выполнении работ двумя буровыми установками: одной — на бурении и второй — на уширении. Так как затраты времени на обе операции почти одинаковы, исключается необходимость замены рабочих органов.

Обычно бригада состоит из двух звеньев бурильщиков и одного звена бетонщиков. Состав звеньев и перечень оборудования указаны в табл. 14.2.

Таблица 14.2

Комплекты механизмов и состав звеньев для изготовления буронабивных свай на строительстве КамАЗа

| Показатели комплекта | Диаметр свай, мм | |
|--|---|--------------|
| | 600 | 1000—1200 |
| <i>Бурение</i> | | |
| Буровая установка | СО-2 | СО-1000/1200 |
| Базовый механизм | ДЭК-251 | МКГ-25 |
| Рабочий инструмент | Шнековый бур | Желонка |
| Состав звена | Машинистов крана — 2 Бурильщиков — 2 | |
| Производительность, м ³ | 54 | 48 |
| <i>Транспортирование грунта</i> | | |
| Тракторный погрузчик Автосамосвалы ЗИЛ-585 | | |
| <i>Бетонирование</i> | | |
| Базовый механизм | ДЭК-251, СМК-10 | |
| Бетонолитные трубы с бункерами | 2 комплекта | |
| Эстакады, бады емкостью 1,6 м ³ | 2 комплекта | |
| Состав звена | Машинистов крана — 2 Бетонщиков — 3 | |
| Производительность, м ³ | 25—30 | 30—35 |

Работы по сооружению фундаментов на буронабивных сваях с использованием станков УГБХ-150 ведутся меньшими темпами. Основным недостатком этих станков является трудоемкость наращивания шнеков.

При устройстве свай небольшой длины схема производства работ принципиально не отличается от описанной выше, но работы по бетонированию выполнять несколько проще.

На рис. 14.8, а показана часть свайного поля промышленного здания на сваях длиной 6 м, диаметром 400 мм с уширением до 1200 мм.

Почасовая циклограмма, определяющая время каждого процесса бурения, составлена для установки арматурного каркаса и бе-

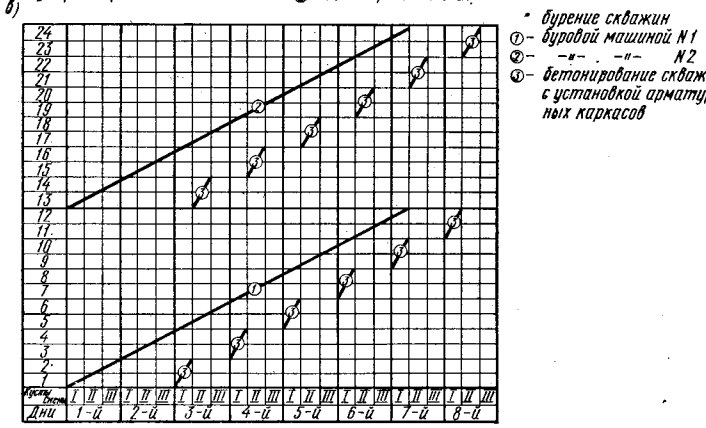
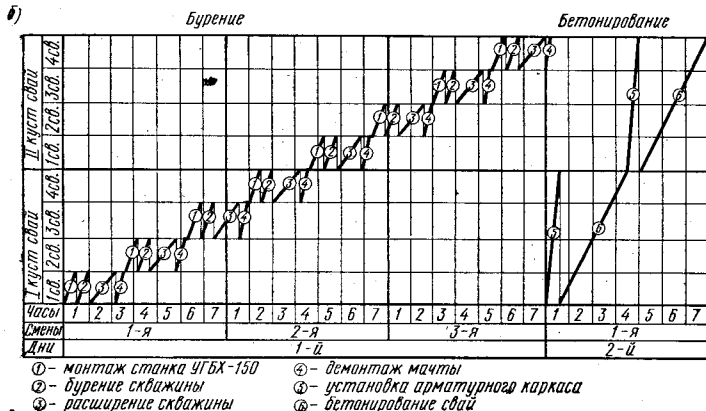
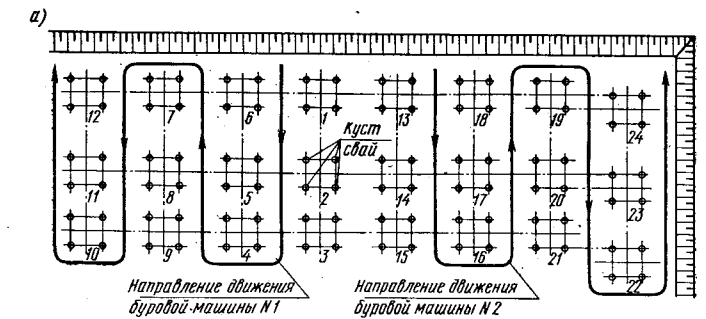


Рис. 14.8. Проект производства работ на устройстве фундаментов на буронабивных сваях:

а — схема свайного поля и последовательность работ при сооружении фундаментов на сваях с уширенной пяткой; б — циклограмма изготовления куста свай бурением сухим способом; в — сводная циклограмма бурения и бетонирования свай

Примечания: 1 — бурение скважин ведется одновременно двумя станками УГБХ-150 в 3 смены. Бурильный станок обслуживает звено (4 человека), 2 — бетонирование скважин ведет звено (3 человека) в две смены.

тонирования куста из четырех свай. Общая продолжительность бурения одного куста свай — 10,5 ч, армирование и бетонирование — 3,5 ч (рис. 14.8, б).

Бригада бетонщиков состоит из двух звеньев по 3 человека. Монтаж арматурных каркасов ведет то же звено.

На основании вышеуказанных данных построена сводная циклограмма общего потока, позволяющего вести работу с таким расчетом, чтобы два буровых станка, работая в три смены, обеспечили фронт работы для бригады бетонщиков в две смены. Из циклограммы видно, что бурение производится двумя параллельными потоками, а бетонирование — одним.

Короткие сваи рассматриваемой конструкции применяют также в жилищном строительстве Ленинграда. Работы по устройству скважины с их уширением ведут с помощью навесного оборудования — буровой машины и бурофрезерного уширителя, крепящихся на тракторе С-100 (рис. 14.9).

Буровой машиной проходят скважины глубиной 3,4 м и диаметром 0,65 м. Уширитель вводят в скважину, и он срезает грунт в зоне опорного уширения. Грунт заполняет часть скважины, расположенную ниже уширения, и удаляется оттуда буровой машиной без башмака. Цикл уширения пять повторяется до получения котлована нужного диаметра — 1,6 или 2 м. Средняя производительность машин за смену составляет 11—12 скважин с уширениями, готовыми под заливку бетоном.

Бетон из бункера через воронку укладывают порциями в котлованы (эту операцию выполняют с помощью монтажного крана на гусеничном ходу грузоподъемностью 10 Т), а затем бетон послойно уплотняют глубинными вибраторами И-116.

Эффективность буронабивных свай подтверждена практикой их применения. Особенно выгодно их устраивать в условиях лёссовых грунтов большой мощности. Как видно из табл. 14.3, основное преимущество их состоит в резком сокращении объема земляных работ, так как объем и стоимость бетонных работ примерно одинаковы в обоих случаях. В подсчете общей эффективности учтены снижение сезонных затрат и экономия на накладных расходах. Следует учитывать также, что при устройстве набивных свай повышается надежность конструкций, исключается разработка грунта вручную и т. п.

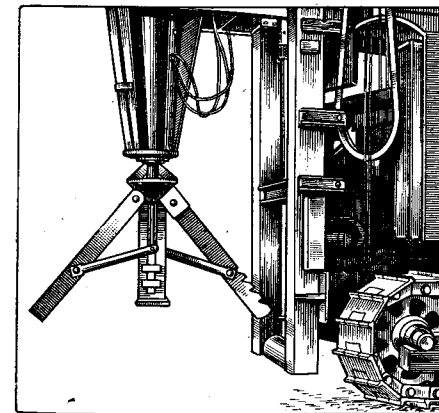


Рис. 14.9. Бурофрезерный уширитель на тракторе С-100, применяемый трестом № 105 Главленинградстроя

Таблица 14.3

Сравнительные показатели столбчатых и свайных фундаментов на строительстве (главных корпусов двигателей, автосборочного и прессово-рамного) КамАЗа

| Показатели | Тип фундаментов | | Эффективность перехода на свайные фундаменты |
|--|-----------------|---------|--|
| | столбчатый | свайный | |
| Объем земляных работ, тыс. м ³ . . . | 3751 | 948 | —2803 |
| Стоимость земляных работ, тыс. руб. . . . | 4404 | 975 | —3429 |
| Объем железобетонных работ, тыс. м ³ . . . | 216,1 | 186,6 | —29,4 |
| Стоимость железобетонных работ, тыс. руб. . . . | 9239 | 11089 | +1850 |
| Цена 1 м ³ железобетона, руб. | 42,6 | 67,5 | +24,9 |
| Стоимость земляных и железобетонных работ, тыс. руб. | 16782 | 14839 | —1942 |
| Общая эффективность свайного фундамента | | | —2681 |
| Трудоемкость работ, чел.-дн | 178100 | 80140 | —97960 |

Примечание. Знаком «+» обозначено повышение затрат, знаком «-» их снижение.

Исследованиями эффективности применения забивных и набивных свай установлена предпочтительность набивных свай с консистенцией грунта $B \geq 0,4$ при просадочной толще в пределах 5—15 м и $B < 0,4$ при глубине 15 м и более.

По данным Главленинградстроя, применение коротких свай данной конструкции взамен ленточных фундаментов в жилищном строительстве позволяет уменьшить земляные работы в 2 раза, трудовые затраты на 40% и стоимость на 40—45%. Более подробно устройство буронабивных коротких свай описано ниже на примере свай с камуфлетным уширением.

Контроль качества. Основным при контроле качества работ для свай с уширениями является определение соответствия диаметра полости пяты проектному.

После уширения пяты и зачистки дна скважины перед установкой армокаркаса проверяют качество полости с помощью переносной лампы. Для этой цели можно использовать также буроскопы. Диаметр уширения в процессе разбуривания определяют по риску на протарированной штанге (специальная риска указывает полное раскрытие ножей).

При осмотре скважины устанавливают соответствие ее размеров проектным, вертикальность и сохранность стенок, качество основания. Результаты осмотра заносят в специальный журнал. Отклонение размера пяты от проекта в зависимости от локальных условий (влажности, плотности, вкраплений мелких булыг и т. п.) допускается в пределах $\pm (2-5) \%$.

Как отмечалось выше, при небольшой глубине заложения (3,5—4 м) вполне удовлетворительные результаты дает визуальный

осмотр стенок скважины и уширения. При большей глубине и недостаточности естественного освещения для осмотра уширений применяется прибор типа «перископ» (рис. 14.10, а).

Для измерения глубины и диаметра уширений применяются приборы НИИСП Госстроя УССР и треста «Укрспецгидрофундаментстрой», обеспечивающие замер полости пяты сваи в диапазоне: первый — от 37,5 до 121,6 см, второй — от 47,5 до 160,0 см при глубине до 25 м.

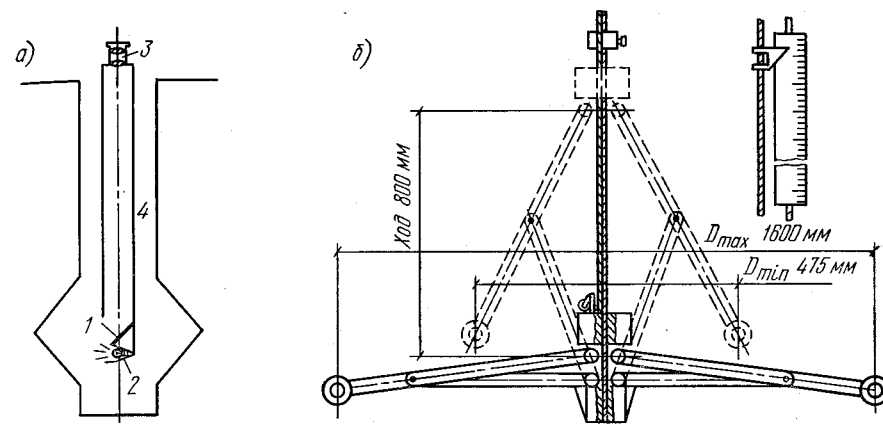


Рис. 14.10. Приборы для контроля уширения набивной сваи:

а — схема прибора типа «перископ»; б — приспособление для замера уширения и глубины набивных свай длиной до 25 м; 1 — зеркало; 2 — досвет; 3 — окуляр; 4 — труба

Контроль качества бетонных работ необходимо вести в соответствии с требованиями СНиП III-B.1—62 и СНиП III-B.2—62 «Бетонные и железобетонные работы. Общие и специальные правила производства и приемки работ».

При приемке фундаментов на буронабивных сваях, в том числе камуфлетных, предъявляют следующую документацию:

проект свайного фундамента;

данные о результатах геологических и гидрогеологических исследований, а также об агрессивности грунтовых и поверхностных вод;

акты геодезической разбивки свайных фундаментов;

данные о результатах испытания материалов, применяемых в свайном фундаменте;

журнал бурения, разбуривания, камуфлетирования и бетонирования свай;

исполнительный план расположения свай в сооружении или конструктивной части его;

документы по контрольному испытанию свай и заключение.

Отклонения свай от проектного положения в плане при их расположении: в один — два ряда, а также в кустах не должно превышать ± 5 см.

Отклонение диаметров уширенных пят от проектных размеров не должно превышать для камуфлетных свай ± 10 см; для разбуриваемых — $5 - +10$ см.

Оси свай не должны отклоняться от вертикали больше чем на 2 см на 1 м длины ствола сваи.

Бетон открытых испытываемых свай, обнаженных голов и частей свай под высокий ростверк не должен иметь шеек, инородных включений и каверн глубиной более 3 см.

При выявлении отклонений, превышающих допуски по указанию авторского надзора, устраивают дополнительные сваи или предусматривают другие мероприятия по усилению конструкций свай, имеющих дефекты.

2. Камуфлетные сваи

Метод камуфлетирования свай в последние годы стал одним из распространенных способов повышения несущей способности коротких свай и средней длины (2,5—8,0 м) — набивных и сборно-набивных.

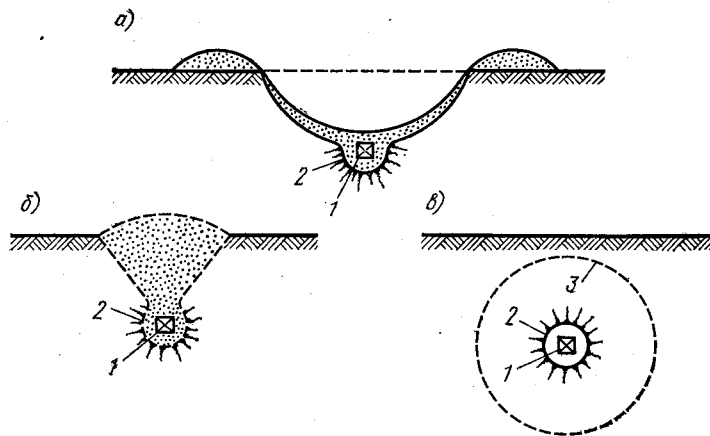


Рис. 14.11. Схема действия зарядов ВВ на разной глубине: а — воронка нормального выброса; б — воронка рыхления; в — камуфлетная полость; 1 — заряд; 2 — сфера сжатого грунта; 3 — граница сферы разрушения

Фундаменты на буронабивных сваях с камуфлетной пятой возведены под промышленные здания на Братском лесопромышленном комплексе, в Запорожье, Новом Стебнике, для жилых домов Киева, Москвы, Харькова, Кривого Рога, Запорожья, Магадана и др.

Сущность метода камуфлетирования заключается в том, что при взрывании земляных масс заряд ВВ в зависимости от глубины его заложения оказывает на грунт различное воздействие. Взрыв сосре-

доточенного заряда ВВ, помещенного на достаточную глубину, образует в грунте камуфлетную полость, размеры которой зависят от свойств грунта и ВВ и колеблются от нескольких объемов зарядов до нескольких их сотен (рис. 14.11). Созданная взрывом полость заполняется бетонной смесью, образуя камуфлетную пяту.

Уширение основания свай камуфлетным взрывом впервые осуществлено Вильгельми в 1901 г. Сваи Вильгельми выполнялись забивкой или погружением бурением обсадной трубы с открытым снизу концом. После извлечения из трубы грунта туда опускался заряд ВВ и оболочка заполнялась бетоном, который выполнял роль забойки. В результате взрыва образовывалась уширенная полость, которую бетонировали, после чего извлекали обсадную трубу.

Чтобы исключить трудоемкую операцию по удалению грунта из обсадной трубы. А. А. Луга в 1941 г. предложил новую конструкцию камуфлетной сваи. Металлическая оболочка погружается в грунт с закрытым концом, заряд помещается в центр конуса-наконечника сваи. При расчете заряда А. А. Луга дополнительно учитывает необходимость взрыва наконечника оболочки (рис. 14.12). Взрыв производится после заполнения оболочки бетоном. Сваи Луги неоднократно применялись при сооружении опор мостов, труб и в других случаях как сваи глубокого заложения.

Современные методы устройства камуфлетных свай разработаны Д. А. Романовым (НИИСП Госстроя УССР). Опыт строительства обобщен в Указаниях по проектированию, устройству и приемке свай с камуфлетной пятой (РСН 130—64).

Устройство буронабивных короткомерных свай с камуфлетной пятой описано ниже.

Комплексный процесс изготовления свай состоит из следующих процессов (рис. 14.13): I — бурения скважины; II — закладки заряда ВВ; III — заполнения скважины бетоном; IV — камуфлетный взрыв для получения уширенной полости; V — добетонирование скважины и образование ствола сваи.

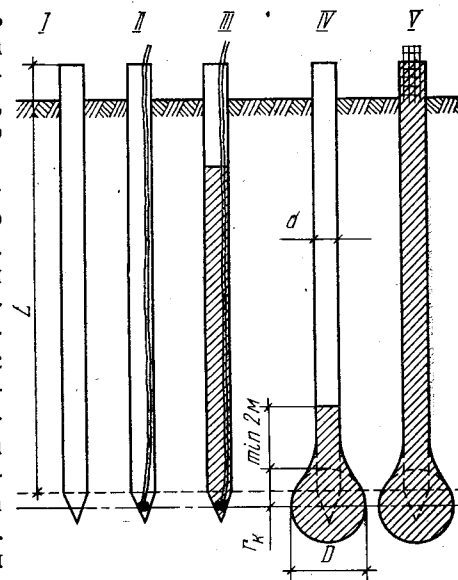


Рис. 14.12. Схема устройства камуфлетных свай конструкции А. А. Луга: I — погружение полый оболочки в грунт; II — опускание заряда взрывчатого вещества внутрь оболочки; III — заполнение оболочки пластичным бетоном; IV — взрывание заряда ВВ (образование камуфлетной полости и заполнение ее бетоном); V — добетонирование свай

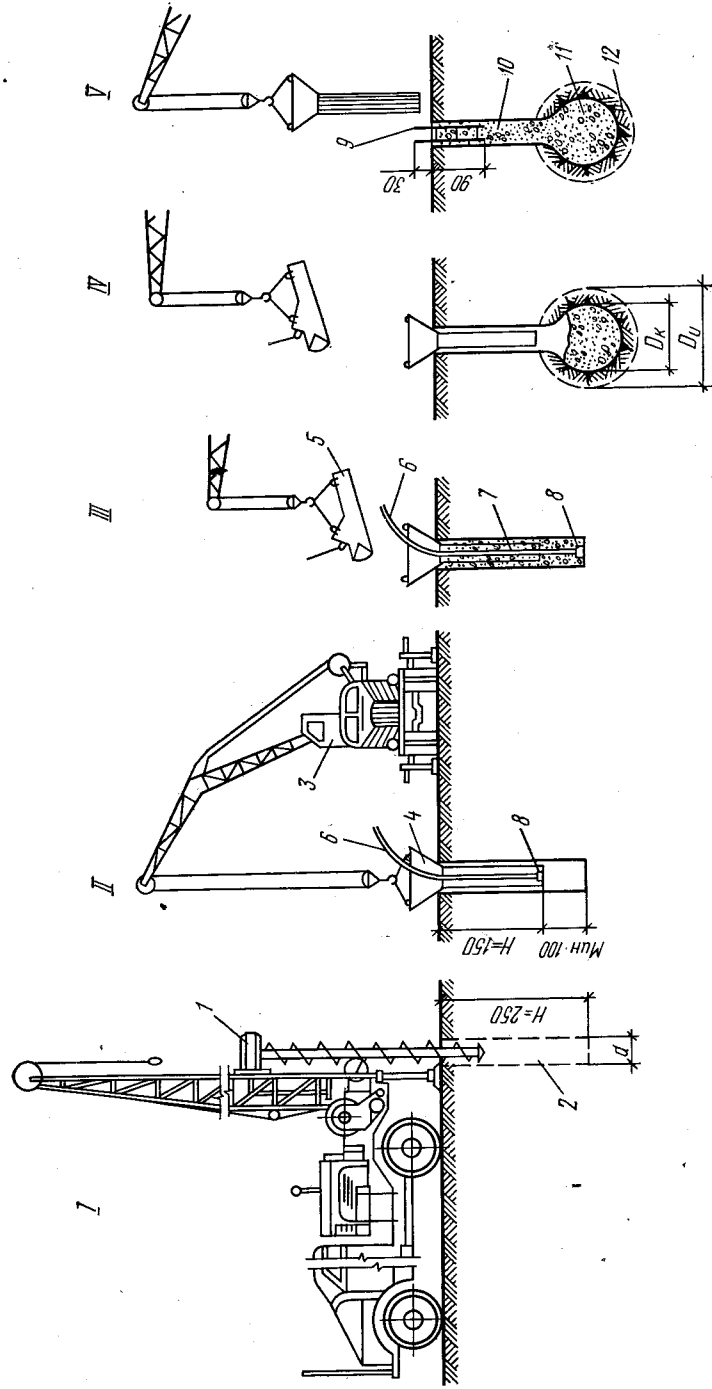


Рис. 14.13. Схема устройства набивных бетонных свай с камуфлетной пятой:

I — бурение скважины; II — закрепление стенок скважины инвентарной трубой с воронкой и установка заряда ВВ; III — заполнение скважины бетоном литой консистенции; IV — образование уширенной пяты взрывом заряда ВВ; V — добастонирование пяты и ствола свай, извлечение обсадной трубы, установка каркаса и уплотнение бетона ствола. 1 — буровой станок; 2 — скважина; 3 — автокран; 4 — обсадная труба с воронкой; 5 — выработка; 6 — взрывная смесь; 7 — бетонная смесь; 8 — заряд ВВ; 9 — арматурный каркас; 10 — ствол свай; 11 — камуфлетная пята; 12 — грунтовая оболочка, уплотненная взрывом

В зависимости от способности грунта держать стенку скважины, глубины заложения, материалов и конструкции свай схема претерпевает отдельные изменения, однако принципиальная последовательность остается той же.

В подготовительный период при устройстве камуфлетных свай необходимо согласовать график работ с организацией, выполняющей взрывные работы, и при больших объемах работ подготовить помещение для хранения ВВ.

Бурение скважин. Для фундаментов пятиэтажных домов, сооружаемых на суглинках, оптимальными габаритами камуфлетных свай можно считать диаметр 400 мм и глубину 250—300 см. Скважины целесообразно разрабатывать шнеком или буровой коронкой диаметром 380 мм, являющейся комплектным оборудованием ямобуров. Фактический диаметр скважины — 400—430 мм.

При выборе механизма предпочтение отдают агрегату, отрывающему скважину на полную глубину без дополнительных секций шнека и когда не требуется ставить его на аутригеры.

Буровой агрегат обслуживают машинист и рабочий первого — второго разряда. Последний обязан сигнализировать машинисту при установке агрегата в исходное положение, очищать шнек от грунта, дополнительно контролировать вертикальность и глубину бурения, помогать сменять буровые наконечники и закрывать устье скважин инвентарным щитом после окончания работы. На случай постановки дополнительных шнеков требуется два вспомогательных рабочих. Производительность агрегата БИК-9 в грунтах II—III категории при глубине 2,5 м составляет 23—30 скважин в смену.

Обсадка скважин инвентарной трубой с воронкой (последняя может быть отдельно) обязательна для несвязных и малосвязных грунтов. Для проходки плотных грунтов необходима воронка с небольшим патрубком для сохранения устья скважины от обрушения.

Обсадные трубы следует опускать не на полную глубину скважины, а на 0,8—1,2 м и выше дна во избежание деформации конца трубы во время взрыва.

Инвентарную обсадную трубу можно изготовить из стальной трубы диаметром 380 мм или стального листа толщиной 1,5—2,0 мм; из него же выполняют воронку. Воронка имеет следующие габариты: высоту 40 см, горловину в верхней части 70×70 см, которая внизу переходит в трубу.

Используемый для бетонирования свай механизм может иметь определенную фиксированную высоту раздачи бетона, которую нужно увязать с высотой воронки. Поверху воронки для усиления жесткости приваривают уголок, на котором имеются монтажные петли. Во избежание просадки обсадной трубы и для удобства извлечения трубы вручную в месте перехода воронки в трубу приваривают металлические ушки из прута 12—14 мм, в которые при отпуске в скважину закладывают монтажные ломы. Применяемые воронки должны быть одного размера для удобства замера разницы уровней бетонного столба в скважине и воронке до и после взрыва.

Камуфлетирование свай. Для одиночного объекта взрывчатого вещества заводят на строительную площадку из расчета суточных потребности в соответствии с ППР.

Заряды упаковывают в деревянный или фанерный ящик со стороны от 20 см, с отверстием для электропровода. Поскольку ящик предохраняет заряд от случайной детонации от падения на него твердых тел, более прочной должна быть верхняя крышка тары. При работе на сухих грунтах ящики можно заменить крафт-бумагой, пергаментом с последующим укрытием заряда песком, раствором и т. п.

Для камуфлетирования применяют промышленные аммиачноселитровые ВВ второго списка по классификации Единых правил безопасности при взрывных работах (1958 г.): аммонит № 6 (порошкообразный, зернистовальцованный и прессованный); аммонит № 7, аммонит В-3, аммонит № 7 ЖВ и др. Для ВВ этой группы принят красный цвет оболочки (или красная полоса на оболочке). Перечисленные ВВ более безопасны в обращении. По характеру действия ВВ этой группы относятся к бризантным взрывчатым смесям.

По РСН 130—64 вес заряда ВВ для образования камуфлетной полости определяют по формуле

$$C_1 = \kappa_{\text{п}} D_{\text{к}}^3, \quad (14.1)$$

где C_1 — масса заряда ВВ, кг; $\kappa_{\text{п}}$ — коэффициент пропорциональности, зависящий от сопротивления грунта отжатию взрывом при создании полости, определяемый по табл. 14.4, кг/м³; $D_{\text{к}}$ — диаметр камуфлетной полости, м.

Таблица 14.4

Коэффициенты пропорциональности сопротивления грунта отжатию взрывом $\kappa_{\text{п}}$, кг/м³

| Вид грунта | Мощность ВВ | |
|---|-------------|------------|
| | нормальная | пониженная |
| Свеженасыпная рыхлая земля | 0,40 | 0,45 |
| Песок и супесь мелкозернистые, пылеватые, рыхлые, влажные | 0,80 | 0,90 |
| Растительный грунт, суглинок, глина, лёсс и лёссовидный суглинок макропористые, влажные | 0,90 | 1,05 |
| Песок и супесь мелкозернистые, пылеватые, средней плотности; суглинок, глина, лёсс и лёссовидный суглинок мягкопластичной консистенции | 1,10 | 1,25 |
| Песок и супесь мелкозернистые средней плотности; суглинок, глина, лёсс и лёссовидный суглинок тугопластичной консистенции | 1,30 | 1,50 |
| Песок и супесь мелкозернистые плотные; мел тугопластичной консистенции; суглинок и глина полутвердой консистенции | 1,80 | 2,20 |
| Песок крупный и средней крупности, плотный; суглинок и глина твердой консистенции; мел полутвердой консистенции и крупнообломочные породы с песчаным заполнителем | 2,60 | 3,00 |

Примечания: 1. К ВВ нормальной мощности относятся тротил, меленит, аммонал, аматол 50/50, скальный аммонит прессованный; к ВВ пониженной мощности — аммонит, аматол 80/20, динамоны К и Т.

2. При образовании полости двойным камуфлетированием значения $\kappa_{\text{п}}$ принимают с коэффициентом 0,8.

Проверку величины заряда ВВ по условию получения в грунте камуфлетной полости ведут по формуле камуфлетного заряда.

$$C_1 = 0,2 K_{\text{в}} h^3, \quad (14.2)$$

где C_1 — масса заряда ВВ, кг; $K_{\text{в}}$ — коэффициент сопротивления грунта выбросу взрывом, определяемый по табл. 14,5, кг/м³; h — линия наименьшего сопротивления (расстояние от центра заряда до поверхности земли или близко расположенной выработки — пол подвала, штольня и т. п.), м.

Из формулы (14.2) имеем

$$h_{\text{min}} = \sqrt[3]{\frac{C_1}{0,2 K_{\text{в}}}}. \quad (14.3)$$

Для контроля за величиной уширения пяты выполняют расчет. Диаметр камуфлетных уширений $D_{\text{к}}$ определяют в м по формуле

$$D_{\text{к}} = \sqrt[3]{1,2V}, \quad (14.4)$$

где V — объем бетонной смеси, просевшей в камуфлетную полость, м³.

Ориентировочный вес заряда ВВ и диаметр уширения, определенный в проекте, нужно уточнить после пробных взрывов в аналогичных условиях или первых производственных взрывов по объему бетона, просевшего в камуфлетное уширение. Отклонения от проектных диаметров уширения получаются в пределах 2÷5%, что близко к расчету и допустимо в практике.

Одним из основных методов контроля размера пяты — определение диаметра уширения по расходу бетона, измеренного мерной

Таблица 4.15

Коэффициенты сопротивления грунта выбросу взрывом $K_{\text{в}}$, кг/м³

| Вид грунта | Мощность ВВ | |
|---|-------------|------------|
| | нормальная | пониженная |
| Свеженасыпная рыхлая земля | 0,40 | 0,50 |
| Мелкозернистый пылеватый рыхлый песок | 0,80 | 0,95 |
| Растительный грунт, суглинок, глина, лёсс и лёссовидный суглинок мягкопластичной консистенции | 0,95 | 1,10 |
| Песок и супесь средней плотности | 1,00 | 1,20 |
| Песок и супесь плотные | 1,10 | 1,30 |
| Суглинок, глина, лёсс и лёссовидный суглинок тугопластичной консистенции | 1,20 | 1,40 |
| Суглинок и глина полутвердой консистенции | 1,40 | 1,65 |
| Мел, суглинок и глина твердой консистенции | 1,65 | 1,90 |
| Крупнообломочные породы с глинистым или песчаным заполнителем | 1,80 | 2,10 |

рейкой, по понижению уровня бетона в скважине после взрыва. Данные замеров заносят в журнал, который ведут как основной и дополнительный документ при производстве свайных работ.

Журнал (табл. 14.6) заполняют специально выделенный лаборант, техник ПТО или мастер под контролем инженерно-технического работника, ответственного за проведение работ на данном сооружении.

При камуфлетировании обычно применяется электрический способ взрывания при помощи электродетонатора (ЭД) и реже с помощью детонирующего шнура (ДШ).

Для производства взрыва электродетонатором необходимы источники тока, приборы для взрывания, проводники цепи и электроприборы для измерения сопротивления взрывной сети и электродетонаторов.

Источником тока для взрыва служит электроосветительная или силовая сеть, для подключения к которой оборудуют закрытый кожухом рубильник. Доступ к последнему имеет лишь взрывник.

Рубильник включают в сеть только в момент взрывания.

При отсутствии вблизи объекта электросети источником тока служат взрывные машинки типа ВМК-3/50, КПМ-2, ВМА-50 и ПМ-1. Взрывная сеть проводится в дублированном исполнении.

Для защиты проводов от истирания и случайного повреждения в пределах скважины и воронки применяют резиновые или эбонитовые шланги, а в случае отсутствия последних проводники защищают деревянной рейкой. Хорошо показал себя в работе электрошланг в резиновой оплетке марки ШРПС, хотя это вызывает дополнительный расход шланга.

Способ электрического взрывания дает возможность осуществить взрывы с расстояния, необходимого по технике безопасности.

Одновременно можно взрывать любое количество зарядов и предварительно проверить всю цепь, что обеспечивает безотказность работы.

Недостатком этого способа является опасность преждевременного взрыва от блуждающих токов, для ослабления действия которых требуется дополнительная защита.

Бетонирование первое. После опускания заряда в скважину (рис. 14.14) его засыпают на 15—20 см песком или заливают раствором для смягчения удара падающего бетона о ящик с зарядом при бетонировании. В случае заполнения скважины товарным раствором эта операция отпадает.

Затем скважину заполняют на полную высоту бетоном литой консистенции с осадкой конуса 10—16 см.

Высота столба над зарядом должна



Рис. 14.14. Закладка взрывного заряда в скважину

Таблица 14.6

Наименование строительной организации _____
Объект _____

Журнал
устройства буронабивных свай с камуфлетной пятой

с « _____ » 19 ____ г. по « _____ » 19 ____ г.
1. Марка бетона _____ 2. Осадка конуса _____
3. Взрывающее вещество _____

| № свай | Дата бурения скважины | Диаметр скважины, м | Глубина скважины, м | Дата камуфлетирования | Масса заряда ВВ, кг | Время приготовления бетонной смеси, мин | Время взрыва заряда, ч _____ мин | Уровень бетона в трубе, м | | Уровень бетона в воронке, м | Объем бетона в воронке, м ³ | Объем бетонной пилы, м ³ | Объем бетона ствола, м ³ | Общий объем бетона, м ³ | Диаметр пяты, мм | Подпись лаборанта |
|--------|-----------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|---|----------------------------------|---------------------------|--------------|-----------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------|-------------------|
| | | | | | | | | до взрыва | после взрыва | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Подпись производителя работ...

быть достаточной для предотвращения выброса бетона при взрыве. Минимальную высоту бетонной смеси или раствора в трубе для камуфлетирования свай в устойчивых связных грунтах назначают из условия потребности заполнения половины камуфлетной полости:

$$L = 0,36 (D_k^3 : d_{вн}^2), \quad (14.6)$$

где $d_{вн}$ — внутренний диаметр трубы, м.

Если взрывчатое вещество служит, например, аммонитовый порошок № 6, то при весе заряда 1,2 кг в плотных глинах для получения уширения диаметром 100 см при диаметре ствола 40 см требуется высота столба бетона над зарядом порядка 3,0—3,2 м. В этом случае скважину заполняют бетоном на глубину 2,5 м и над поверхностью земли на высоту 0,7 м (в воронке). При заполнении скважины раствором величина вышележащего столба должна быть больше указанной с учетом разницы объемных весов товарного бетона и раствора.

Минимальную высоту заполнения трубы бетонной смесью для камуфлетирования свай в неустойчивых грунтах назначают из условия просадки столба смеси после взрыва на высоту, необходимую для заполнения всей камуфлетной полости и дополнительно 2 м бетонной пробки над ней.

Объем камуфлетной полости в m^3 определяют по формуле объема шара с коэффициентом 1,10, учитывающим увеличение объема бетонной смеси на заполнение трещин и переходной части от пяты к стволу:

$$V = 1,1 \pi D_k^3 : 6 = 0,576 D_k^3. \quad (14.7)$$

Высоту столба бетонной смеси в трубе определяют в м из формулы объема цилиндра:

$$L_0 = 4V : \pi d_{вн}^2 = 0,73 D_k^3 : d_{вн}^2. \quad (14.8)$$

Полная высота столба смеси в трубе будет равна

$$L = L_0 + 2 \text{ м}. \quad (14.9)$$

При устройстве пробных камуфлетных свай следует уточнить величину столба, определенную расчетом.

Бетонирование скважины ведут из бункера, емкость которого зависит от темпа работы, типа подъемного механизма и транспорта. При использовании на подаче бетона автокрана грузоподъемностью 5 Т применялись четыре бункера емкостью 0,25 m^3 . Два из них находились под разгрузкой, а два — в работе. Если на сооружении фундамента используют кран нулевого цикла МСТК-90, то необходимо бункер емкостью в 2,0 m^3 , что обеспечивает бетонирование пяти скважин за один цикл. Бункера должны иметь затворы секторного типа, позволяющие легко регулировать выдачу бетона.

При раздаче нельзя находиться над скважиной, а затвор бункера следует открывать удлиненной ручкой с тем, чтобы находиться от центра скважины на расстоянии 1,0—1,2 м.

При большой жесткости смеси бетонный столб может зависнуть полностью. Пробку легко разрушить вибробулавой или любым стержнем (лом, арматурный прут и т. п.). После взрыва надо выждать несколько минут, пока развеется дым и одновременно с замером уровня бетона осмотреть скважины (когда верх сваи находится на уровне с землей, то после извлечения обсадной трубы). Скважины при заложении в 2,5—3,0 м дном легко просматриваются на полную глубину.

После взрыва прораб или лаборант должен проверить уровень бетона в скважине для определения величины камуфлетного уширения и данные занести в журнал работ.

Работы по устройству набивных и сборно-монолитных железобетонных свай с камуфлетной пятой ведут в соответствии с технологическими нормами, примеры которых приведены в табл. 14.7 и 14.8.

Двойное камуфлетирование скважин осуществляют при невозможности создать уширение требуемой площади одним взрывом из условий открытого горна или выброса бетона. В этом случае выполняются три дополнительные операции: повторная закладка заряда, бетонирование и камуфлетирование (рис. 14.15).

Бетонирование сваи после камуфлетирования выполняется с извлечением обсадной трубы и воронки; бетон уплотняют вибрированием.

После камуфлетирования в скважину опускают арматурный каркас. Арматурные выпуски устанавливают в тело сваи после бетонирования.

На рис. 14.16 показаны шаблоны для выверки арматурных выпусков, связывающих сваи со сборными рандбалками. Шаблоны воспроизводят размеры рандбалок и размещение в них каналов для арматуры.

Бетонирование части сваи, голова которой находится выше планировочной отметки, ведут после снятия воронки в инвентарной опалубке из металла или деревянных щитов.

На рис. 14.17 изображены конструкции металлической опалубки для среднего ряда свай, поднятых на отметку верхнего ростверка. Детали этой опалубки, хорошо показавшую себя в работе, изготовляют путем разрезки вдоль автогеном металлической трубы, а затем соединяют обечайки стержнем, входящим в расположенные друг над другом кольца, приваренные к кромкам обечаек.

На рис. 14.18 показан вид технического подполья жилого дома в процессе монтажа. Средний ряд свай изготовлен в описанной опалубке.

Если не пользоваться шаблоном, рандбалку на оголовки сваи необходимо устанавливать не позже чем через 1—1,5 ч после бетонирования. Канал в рандбалке заливают бетоном и накладные элементы балки сваривают между собой накладной пластиной.

Технологическая нормаль устройства набивной сваи с камуфлетной пятгой

| № п/п | Рабочие операции | Объем работ | | Трудоемкость на I сваю, чел-ч | Состав звена | | Продолжительность выполнения процесса, мин | Время | | | | | | | |
|-------|--|-------------------|-------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------|--|-----------------------------|----|----|----|----|----|--|--|
| | | Единица измерения | Количество единиц | | профессия | Человек | | Минуты (нарастающим итогом) | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | | |
| 1 | Бурение скважин диаметром 400 мм на глубину 2500 мм автономным АБ-400 | шт. | 1 | 1,0 | Шофер Рабочие 4-го разряда | 1 | 30 | | | | | | | | |
| 2 | Опускание в скважину обсадной трубы с воронкой автокраном | Комплект | 1 | 0,33 | Машинист Такелажник Бетонщик | 1 1 2 | 5 | | | | | | | | |
| 3 | Транспорт товарного бетона авто-самосвалами (до 10 км) | м ³ | 0,9 | 1 | Шофер | 2 | 30 | | | | | | | | |
| 4 | Подготовка заряда взрывчатого вещества | шт. | 1 | 0,83 | Взрывники | 2 | 25 | | | | | | | | |
| 5 | Опускание заряда в скважину и образование камуфлетной пятги | шт. | 1 | 0,17 | » | 2 | 2 | | | | | | | | |
| 6 | Добetonирование камуфлетного уширения и ствола, извлечение трубы и установка арматурных стержней | Комплект | 1 | 1,67 | Машинист Такелажник Бетонщик | 1 1 2 | 25 | | | | | | | | |
| | Итого | шт. | 1 | 5,0 | | 10 | 60 | | | | | | | | |

Выполнение работ по устройству набивной сваи с камуфлетной пятгой

Технологическая нормаль устройства железобетонной сваи с камуфлетной пятгой

| № п/п | Рабочие операции | Объем работ | | Трудоемкость на I сваю, чел-ч | Состав звена | | Продолжительность выполнения процесса, мин | Время | | | | | | | |
|-------|--|----------------------------|-------------------|-------------------------------|---|------------------|--|-----------------------------|----|----|----|----|-----|-----|--|
| | | Единица измерения | Количество единиц | | профессия | Человек | | Минуты (нарастающим итогом) | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | |
| 1 | Бурение скважины диаметром 400 мм на глубину 8100 мм буровым станком типа АББ-Т | шт. | 1 | 1,5 | Машинист 5-го разряда Рабочие 4-го разряда | 1 2 | 90 | | | | | | | | |
| 2 | Опускание в скважину обсадной трубы с воронкой стреловым краном на гусеничном ходу | Комплект на один фундамент | 1 | 0,41 | Машинист крана Такелажники 4-го разряда Бетонщики 2-го разряда | 1 2 2 | 5 | | | | | | | | |
| 3 | Транспорт товарного бетона автосамосвалами (до 3 км) | м ³ | 0,8 | 0,33 | Шофер | 1 | 20 | | | | | | | | |
| 4 | Подготовка и опускание в скважину заряда взрывчатого вещества весом 1,6 кг | шт. | 1 | 0,33 | Взрывники 5-го разряда | 1 | 20 | | | | | | | | |
| 5 | Заполнение скважины литым бетоном, подача краном в вибробадье | м ³ | 0,8 | 0,83 | Машинист крана 5-го разряда Такелажники 4-го разряда Бетонщики 3-го разряда | 1 2 2 | 10 | | | | | | | | |
| 6 | Образование уширенной пятги взрывом; добetonирование камуфлетной полости и ствола; извлечение обсадной трубы из скважины и перестановка в скважину следующего фундамента | Комплект работ | 1 | 1,0 | Взрывник 5-го разряда Машинист крана 5-го разряда Такелажник 4-го разряда Бетонщики 3-го разряда | 1 1 2 2 | 10 | | | | | | | | |
| 7 | Забивка сборной железобетонной сваи-стойки вибропопугайчиком с заглублением конца в литой бетон пятги | шт. | 1 | 1,65 | Машинист крана 5-го разряда Такелажники 4-го разряда Бетонщики 3-го разряда | 1 2 2 | 20 | | | | | | | | |
| | Итого | шт. | 1 | 9,06 | | | | | | | | | | | |

Дневная выработка при бурении в 2 смены и камуфлировании в одну смену — 8 свай (за 7 часов работы).

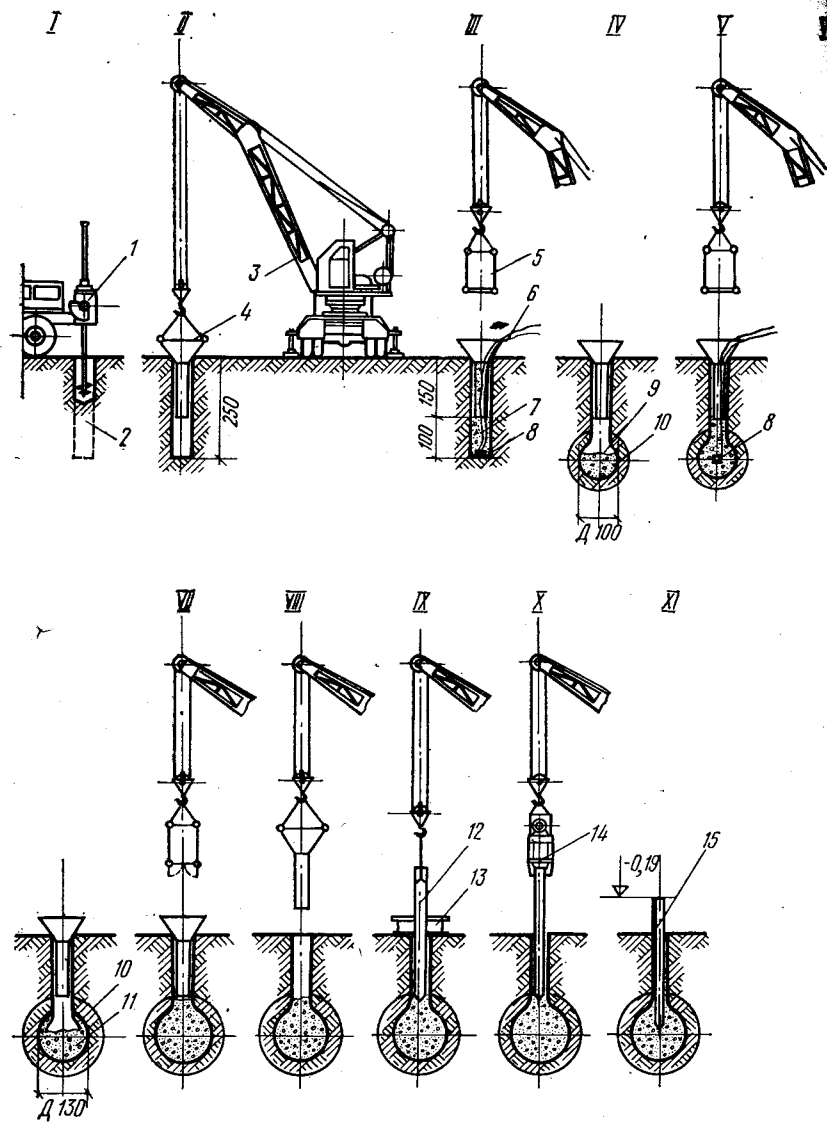


Рис. 14.15. Технологическая карта устройства свай-стоек с двойным камуфлетированием пяты:

I — бурение скважины ямобуром; II — установка воронки с приваренной обсадной трубой; III — опускание первого заряда ВВ весом 1,6 кг и заполнение скважины литым бетоном; IV — образование камуфлетного уширения взрывом заряда; V — опускание второго заряда ВВ весом 1,3 кг и заполнение скважины литым бетоном; VI — повторное камуфлетирование пяты свай; VII — дополнительное бетонирование пяты и ствола до отметки на 1,2 м от верх скважины с уплотнением бетона глубинным вибратором; VIII — перестановка воронки с обсадной трубой в следующую скважину; IX — установка кондуктора и железобетонной сваи; X — забивка сваи до проектной отметки при помощи вибропогружателя типа ВПП-4 или легкого свайного молота; XI — заполнение зазоров между сваями и стенками скважины жидким раствором; 1 — автоямобур; 2 — скважина; 3 — автокран; 4 — воронка с приваренной обсадной трубой; 5 — бадья с открывающимся дном; 6 — взрывная электросеть; 7 — литой бетон; 8 — заряд ВВ; 9 — камуфлетное уширение после взрыва первого заряда; 10 — уплотненная грунтовая оболочка; 11 — камуфлетная пята после второго взрыва; 12 — железобетонная свая; 13 — кондуктор; 14 — вибропогружатель; 15 — готовая свая-стойка с камуфлетной пятой.

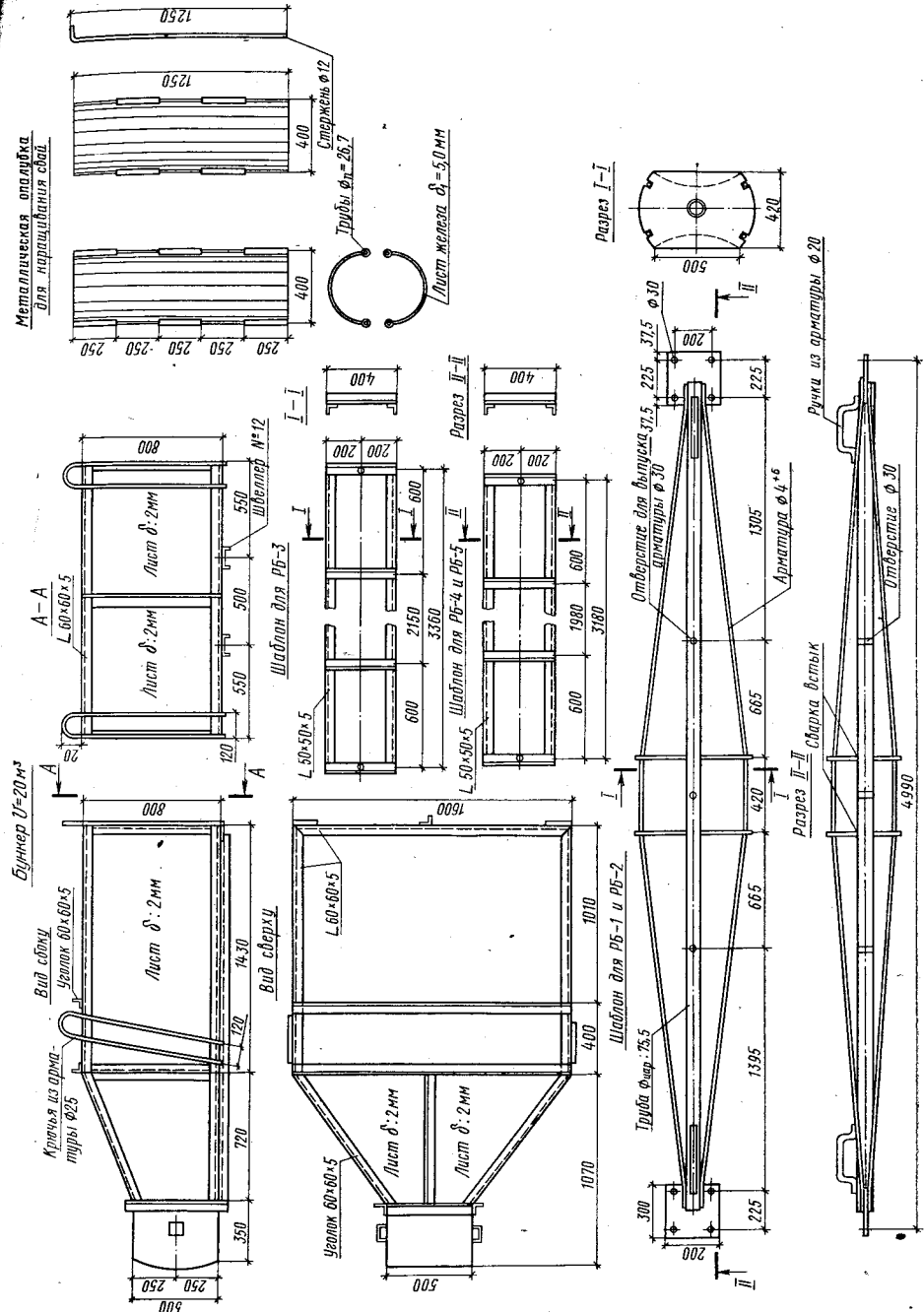


Рис. 14.16. Инвентарь для устройства камуфлетных свай

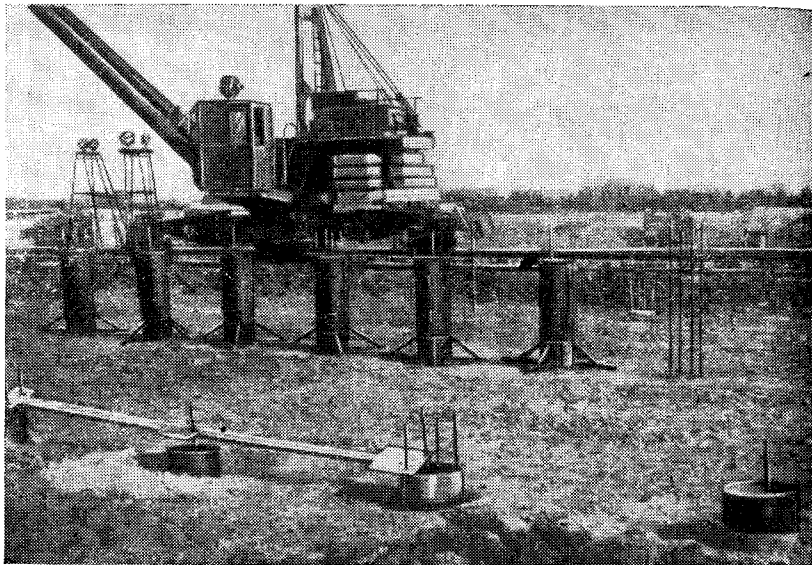


Рис. 14.17. Бетонирование в инвентарной быстроразъемной опалубке надземной части набивной сваи

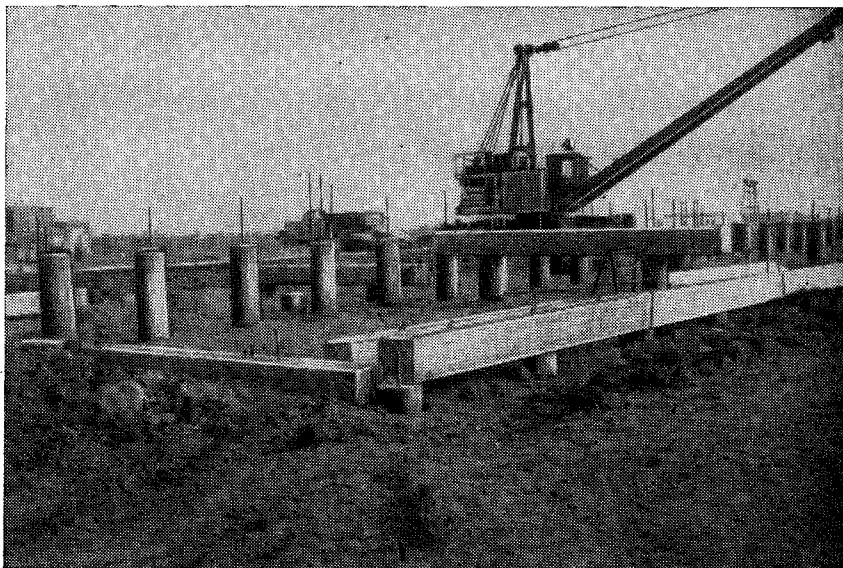


Рис. 14.18. Монтаж сборных рандбалок фундамента на камуфлетных сваях

Для варианта стыка сваи с колонной посредством сварки монтажных столиков и после вибрирования головы сваи в бетон на отметку монтажного горизонта вдавливают анкеры монтажного столика. Операция эта легко выполняется вручную в свежем бетоне. Небольшое осаживание делают ударами кувалды. Верх сваи желательно выполнить с минусовыми допусками, а под монтажный столик подливать цементный раствор.

При сборном варианте тела сваи операция по второму бетонированию заменяется монтажом (посадкой) колонны.

Установку сборной железобетонной сваи производят основным монтажным механизмом. При жесткой бетонной смеси в камуфлетном котле может потребоваться вибратор. После опускания и выверки сваи зазор между ее боковой поверхностью и стенкой скважины заливают жидким раствором. Незначительную рихтовку, которая может потребоваться в процессе погружения сборной стойки, осуществляют клиньями с подкосными струбцинами.

Монтаж сборных конструкций подземной части дома обычно ведут тем же составом бригады, что и свайные работы. При монтаже в особых условиях (зимнее время, мерзлые или несвязные грунты, приток воды и т. п.) вводят дополнительные операции.

Техника безопасности. Помимо правил техники безопасности, рассматривающих производство земляных, монтажных, бетонных и других строительных работ, при устройстве камуфлетных свай необходимо осуществлять дополнительные мероприятия.

Количество взрывных материалов завозят на строительную площадку не больше их суточной потребности. Заготовку зарядов следует вести в специально оборудованном помещении. Во время работы взрывника на рабочей площадке помещение закрывают на замок.

Перед началом взрывных работ из членов бригады выделяется оцепление. Рабочим после инструктажа их взрывником с записью в журнал особо опасных работ выдают сигнальные флажки. В опасную зону (30 м) не допускаются лица после сигнала взрывника и до отбоя.

Во время взрыва из опасной зоны необходимо вывести всех, включая взрывников. Машины должны находиться не ближе 3 м от взрывающейся скважины, причем стекла должны быть защищены во избежание повреждения от случайных разлетов отдельных щебеньков или комьев земли.

При осуществлении взрывов руководители взрывных работ применяют звуковые сигналы при помощи свистка, сирены и т. п. Первый сигнал (предупредительный) — один продолжительный свисток. По этому сигналу люди выходят из зоны, а сцепление занимает свои посты. Второй сигнал (боевой) — два продолжительных. После этого сигнала производится взрыв.

Третий сигнал (отбой) — три коротких свистка. Подается после осмотра места взрыва. Только после этого (а не после взрыва) разрешается доступ в зону работ.

Комплексная механизация и организация работ. В практике сооружения домов на камуфлетных сваях определялось несколько схем механизации работ.

На рис. 14.19 показаны технологические схемы и график производства работ с использованием автояμβура и автокрана.

Бурение автояμβуром 103 скважин запроектировано с разбивкой на 6 захваток по числу смен со средней производительностью 20 шт. в смену. Шестая смена является фактически резервной (остается бурить всего 3 скважины).

Бетонирование свай осуществляют при помощи автокрана К-51 с 17 стоянок. С каждой стоянки изготавливают в среднем 6 свай в полном цикле (1-е и 2-е бетонирование). Время камуфлетирования в данном случае является вынужденным технологическим перерывом. Срок изготовления свай предусмотрен в 7 рабочих смен. Монтаж сборных рандбалок производится за 4 смены тем же краном.

Общая продолжительность выполнения нулевого цикла до отметки низа цоколя при двухсменной работе принята 10 дней. В графиках имеются значительные резервы — три сверхнормативные смены на планировку и срезку грунта, односменная работа по бурению и бетонированию, использовав которые, срок сооружения можно сократить до 7 рабочих дней при двухсменной работе механизмов.

Сменная производительность и трудовые затраты указаны в табл. 14.9.

Таблица 14.9

Показатели производительности труда с использованием автояμβура и автокрана

| Виды работ | Количество единиц | Продолжительность работ, смен | Общие трудовые затраты, чел.-дн | Производительность в смену | Трудовые затраты на единицу, чел.-дн |
|--|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| Бетонирование (комплекс), м ³ | 90,5 | 7 | 56 | 13 | 0,62 |
| Монтаж ростверка, м ³ | 45,9 | 4 | 24 | 11,5 | 0,52 |

К недостаткам данной схемы относятся невозможность комплексного выполнения всей подземной части ввиду непригодности принятого основного механизма — автокрана — для монтажа цокольных панелей и перекрытий; необходимость устройства временных дорог по корпусу для автокрана в условиях работы на недренирующих грунтах; значительные потери времени на установку крана в рабочее положение из транспортного, и наоборот. Эти причины, по данным треста Мосоргстрой, уменьшают время полезной работы автомобильного крана почти в два раза по сравнению с самоходными.

Описанную схему механизации целесообразно применять в условиях благоприятных грунтов (дренирующий и мерзлый грунт), для бесподвальных зданий с цоколем-рандбалкой или отдельным цоколем, имеющим вес, соответствующий грузовой характеристике кра-

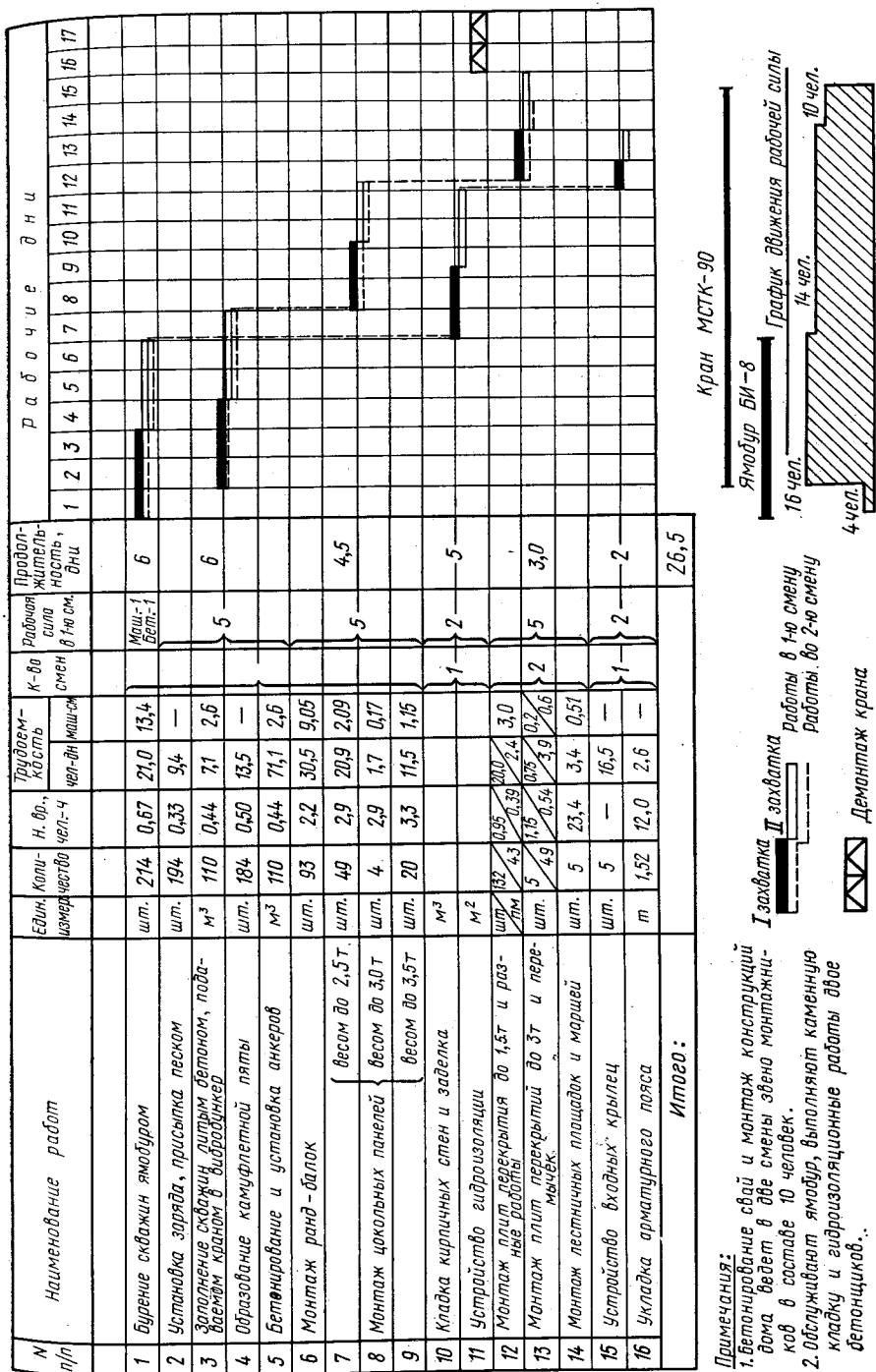


Рис. 14.20. График производства работ по возведению подземной части 5-этажного крупнопанельного дома на камуфлетных сваях

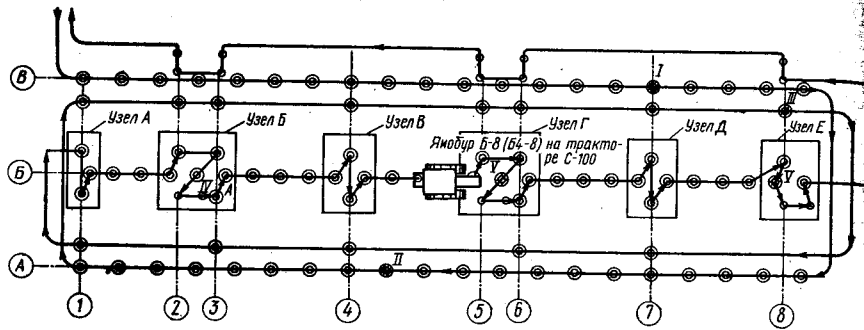


Рис. 14.21. Технологическая схема бурения и бетонирования свай на одной захватке

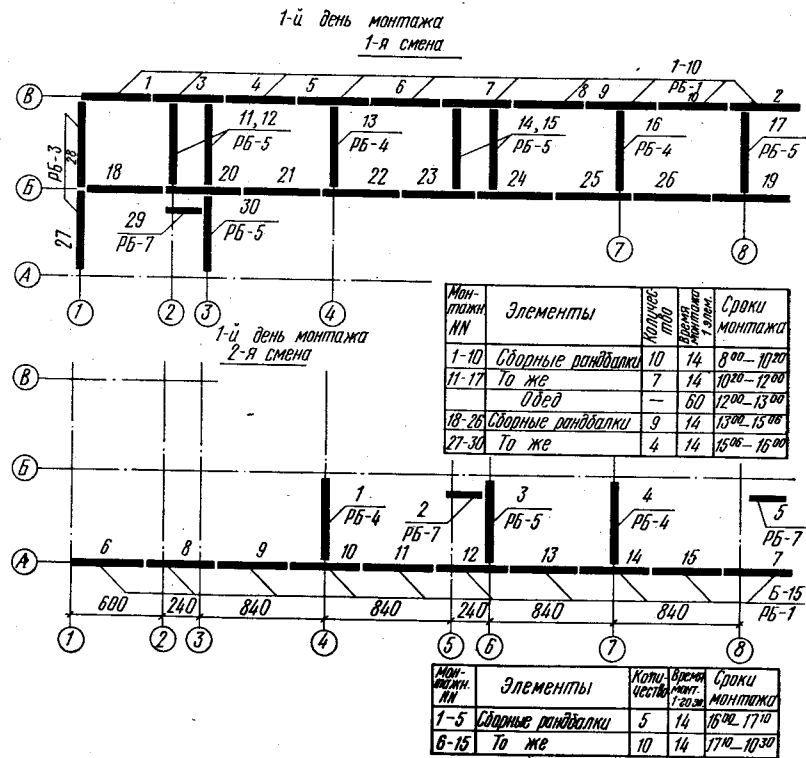


Рис. 14.22. Технологическая карта монтажа сборных рандбалок на одной захватке (фрагмент)

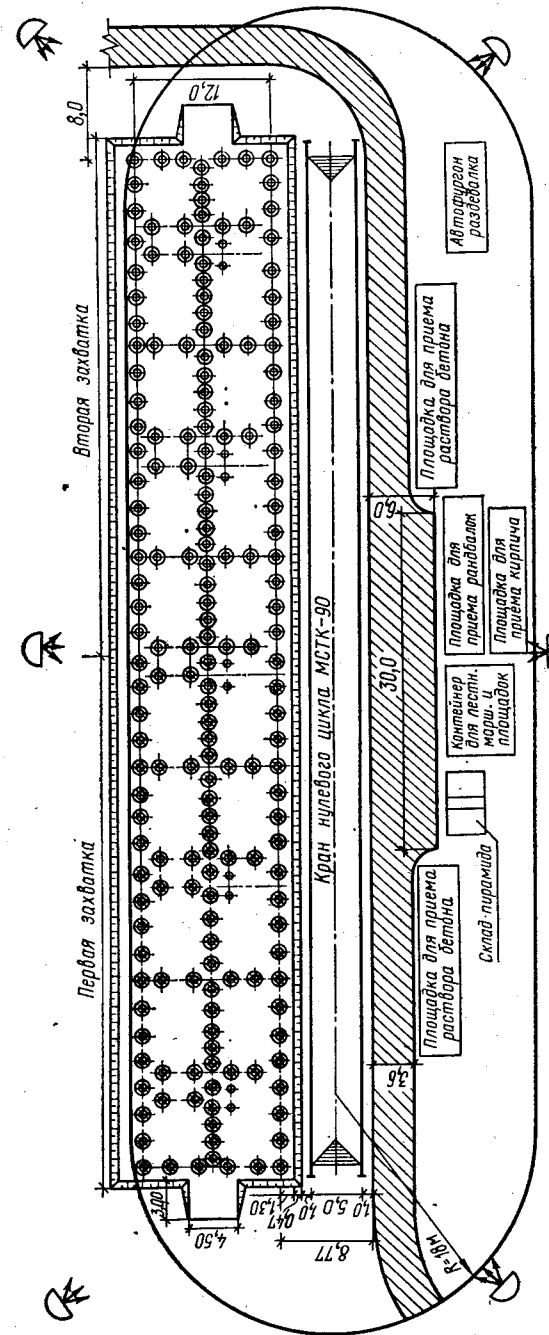


Рис. 14.23. Строительный генеральный план подземной части 4-этажного крупнопанельного дома на камуфлетных сваях

на; если монтируют краном, обеспечивающим сборку надземной части; при малом объеме работ, когда завоз самоходного крана нецелесообразен.

На рис. 14.20 показан график, применявшийся при возведении фундаментов жилых пятиэтажных четырехсекционных домов на камуфлетных сваях в Москве.

Ведущим механизмом служит кран нулевого цикла МСТК-90. Скважины бурят тракторным ямобуром БИК-9 с буром, обеспечивающим проектную глубину в 2,5 м при диаметре 40 см. По наблюдениям, проведенным НИС ЦНИБ Мосстрой, при глубине промерзания 1,0—1,2 м затраты времени на скважину составили в среднем 17,1 маш/мин, в том числе переезд и центрирование 3,9 и бурение 19,9. Средняя часовая производительность составила 3,5 сваи, среднесменная — 20—25 скважин. На бурение всех скважин под корпус потребовалось 5,5 маш/смен.

Путь движения ямобура показан на схеме производства работ (рис. 14.21). Последовательность операции по изготовлению сваи обозначена на технологической схеме.

Одновременно с устройством ростверка (рис. 14.22), занимающего 1 маш/смен, выполняют работы в тепловом пункте и электрощитовой, после чего бригада заканчивает монтаж подземной части здания (рис. 14.23).

Продолжительность выполнения всех работ по подземной части здания составила 7 дней при двухсменной работе (включая земляные работы). Показатели выполнения комплекса этих работ приведены в табл. 14.10.

Таблица 14.10

Выработка бригады, использующей тракторный ямобур и рельсовый кран МСТК-90

| Виды работ | Количество единиц | Продолжительность работ, смен | Общие трудозатраты чел.-дн | Производительность в смену, м ³ | Трудозатраты на 1 единицу чел.-дн |
|--|-------------------|-------------------------------|----------------------------|--|-----------------------------------|
| Бетонирование, м ³ | 90,5 | 4 | 31,2 | 22,5 | 0,35 |
| Монтаж ростверка, м ³ /шт . . . | 37,0 | 2 | 18,1 | 18,5 | 0,49 |
| | 49 | | | 25 шт/смен | |

Рассматриваемая схема, обеспечивая комплексную механизацию при высоком темпе работ, имеет отдельные недостатки. Необходимо устройство подкрановых путей, что нецелесообразно при непроизводительном сроке работ; нужен источник временного или постоянного электроснабжения. При уклоне территории более 0,004 требуется срезать грунт и укладывать балласт под пути.

В случаях сооружения камуфлетных фундаментов в особых грунтовых условиях в комплекты нужно вводить дополнительные

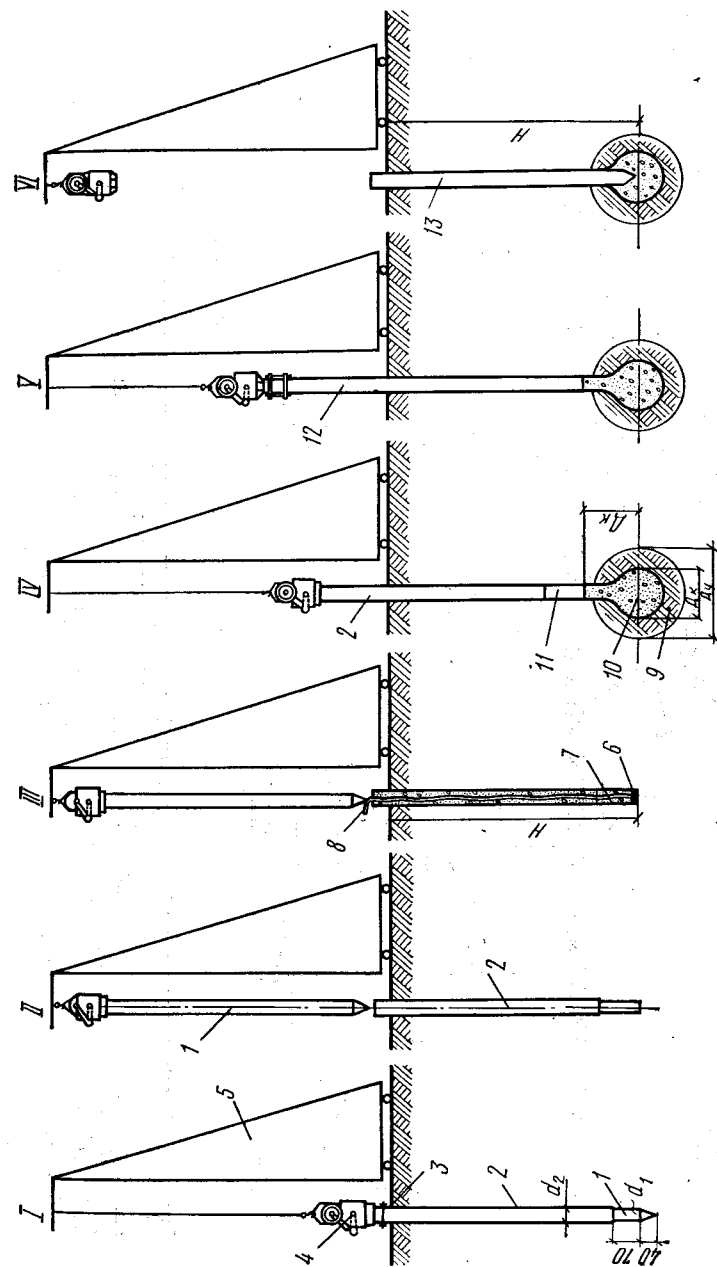


Рис. 14.24. Схема устройства камуфлетных свай с железобетонным стволем в слабых и водонасыщенных грунтах: 1 — забивка в грунт инвентарной обсадной трубы вместе с лидерной свай при помощи вибропогружателя или свайного молота; 2 — подъем лидерной сваи; 3 — опускание зарядов ВВ и заполнение скважины бетонной смесью литой консистенции по лота; 4 — образование камуфлетной пяты взрывом заряда и извлечение обсадной трубы; 5 — забивка свая-стойки по скважине и заглубление конца трубы в бетонную смесь; 6 — подъем вибропогружателя и перемещение копер; 7 — заряд ВВ; 8 — металлическая лидерная свая; 9 — обсадная труба; 10 — копер; 11 — вибропогружатель; 12 — заряд ВВ; 13 — бетонная смесь; 14 — электросеть; 15 — грунтовая оболочка; 16 — уплотненная взрывчатка; 17 — камуфлетная пята; 18 — свая; 19 — железобетонная свая-стойка; 20 — готовая свая с камуфлетной пята. Звено из 6 человек изготавливает 6—8 свай в смену.

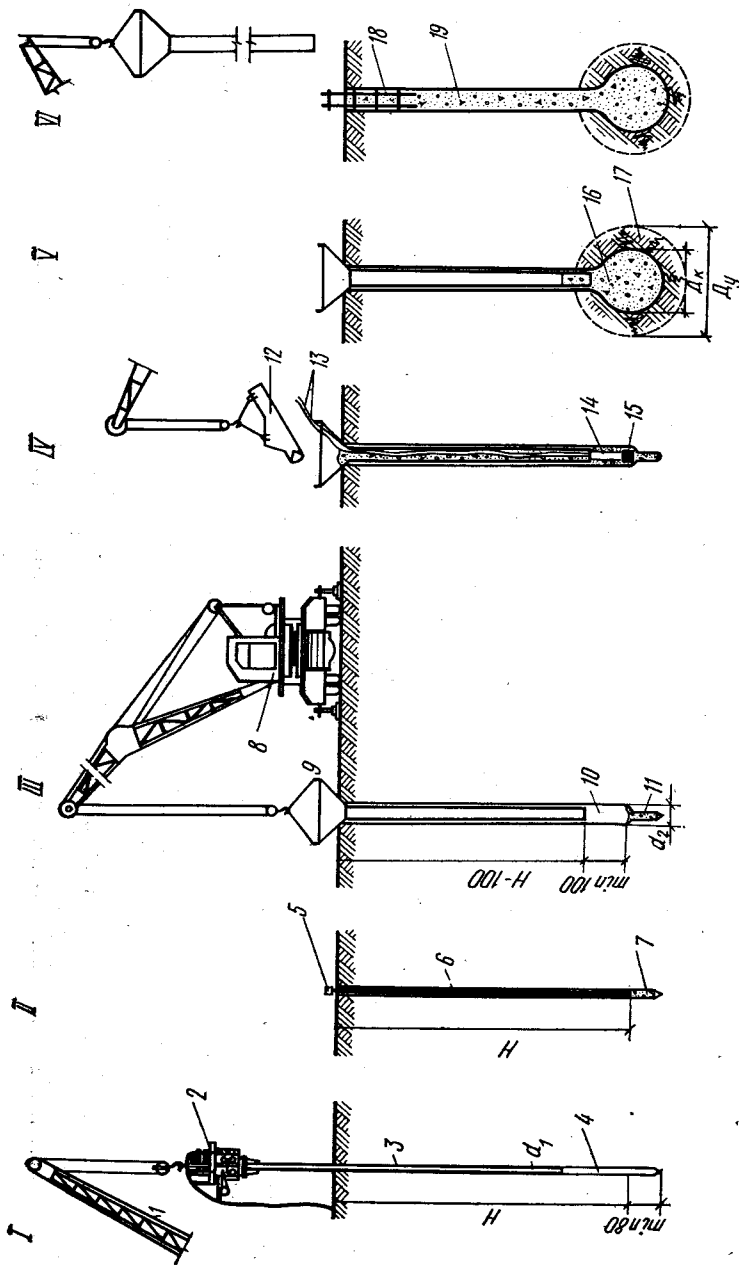


Рис 14.25. Схема устройства камуфлетных свай в связных грунтах с расширением первичной скважины взрывом удлиненного заряда:

I — прокол или бурение скважины диаметром 50–60 мм; II — расширение первичной скважины до 450–550 мм взрывом цилиндрического удлиненного заряда или цепочки мелких сосредоточенных зарядов; III — установка инвентарной воронки с обсадной трубой диаметром 425–500 мм; IV — установка сосредоточенного заряда ВВ и заполнение скважины бетонной смесью литой консистенции марки 100–150 или раствором марки 100 текуче-пластичной консистенции; V — образование ушренной пяты взрывом заряда; VI — добетонирование ствола свай с уплотнением смеси глубинным электровибратором и перестановка обсадной трубы; VII — виброуловый агрегат на автомашине ГАЗ-63; 2 — вибропульт; 3 — трубушная штанга с конусным закрытым концом; 4 — первичная скважина; 5 — электродетонатор; 6 — цилиндрический заряд ВВ; 7 — балластный материал; 8 — виброуловый агрегат; 9 — трубушная штанга; 10 — трубушная штанга с конусным закрытым концом; 11 — цилиндрический заряд ВВ; 12 — балластный материал; 13 — трубушная штанга с конусным закрытым концом; 14 — трубушная штанга с конусным закрытым концом; 15 — трубушная штанга с конусным закрытым концом; 16 — трубушная штанга с конусным закрытым концом; 17 — трубушная штанга с конусным закрытым концом; 18 — трубушная штанга с конусным закрытым концом; 19 — трубушная штанга с конусным закрытым концом.

механизмы и изменять схемы производства работ (рис. 14.24 и 14.25).

Эффективность устройства камуфлетных свай. Фундаменты из свай с камуфлетной пятой целесообразно устраивать в тех же случаях, что и другие набивные сваи, выполняемые сухим способом. Кроме того, они выгодны, когда требуется увеличить несущую способность ранее погруженных в грунт свай-оболочек с открытым нижним концом или глухим конусным башмаком.

В табл. 14.11 приведены технико-экономические показатели возведения подземной части бесподвального здания (гр. «а», «б»), здания с продольной несущей стеной и техническим подпольем (гр. «в» и «г»).

Из этих данных видна эффективность камуфлетных свай по всем показателям. Лучшие результаты достигаются в случае применения камуфлетных свай в бесподвальном здании (стоимость 79%, трудовые затраты 48%; сроки работ — 50%), однако и в случае высокорасположенного ростверка (графы «в» и «г») результаты достаточно хорошие.

Таблица 14.11

Технико-экономические показатели возведения подземной части жилых пятиэтажных зданий на сборных железобетонных фундаментах, камуфлетных и забивных сваях

| Показатели | Показатели для подземной части | | | |
|---|---|------------------|---|------------------|
| | 5-ти этажное здание с поперечными стенами эксперимен. дом б. АС и А УССР (г. Киев) корп. 14 | | 5-этажное здание с продольной стеной серии I-515-3 Москва, В-ЗИЛ, кв. 32, кор. 33 | |
| | сборные ленточные | камуфлетные свай | сборные ленточные | камуфлетные свай |
| | а | б | в | г |
| Стоимость, тыс. руб. | 5,29 | 4,18 | 20,5 | 14,47 |
| в процентах | 100 | 79 | 100 | 70 |
| Экономия, тыс. руб. | | 1,1 | | 6,06 |
| Трудовые затраты, чел.-дн | 162,6 | 78,0 | 284,0 | 168,0 |
| Продолжительность строительства, смен | 24 | 12 | 48 | 24 |
| в процентах | 100 | 50 | 100 | 50 |
| Расход бетона, м ³ | 115,0 | 83,5 | 187,0 | 126,0 |
| в процентах | 100 | 72 | 100 | 68 |
| Расход металла, т | 5,74 | 2,96 | 12,6 | 7,39 |
| в процентах | 100 | 52 | 100 | 59 |
| Улучшение эксплуатационных качеств, осадки: | | | | |
| абсолютные, мм | — | — | 40 | 8–4 |
| относительные, мм | — | — | 20 | 6 |

Примечания: 1. Стоимость дана по сметам и рабочим чертежам с начислением (НР и Пл. Н) в размере 19,21%.

2. Подсчеты выполнены по рабочим чертежам и ППР.

3. Трудовые затраты по экспериментальному дому даны по отчетным данным б. АС и А УССР.

Структура затрат на сооружение подземной части типового крупнопанельного пятиэтажного дома на легточном сборном и свайном камуфлетном фундаменте (стоимость с учетом начисления 19,21%)

| Виды работ | Легточный сборный фундамент, вариант № 1 | | Свайный, на камуфлетных сваях, вариант № 2 | | | | | |
|---|--|------------|--|-----------------|------------|-----------|-----------------|------|
| | Единица измерения | количество | стоимость | удельный вес, % | количество | стоимость | удельный вес, % | |
| | | | | | | | | а |
| Общестроительные работы | здание | 1 | 20,51 | 98,4 | 1 | 14,46 | 100 | 70 |
| Земляные работы | м ³ | 1116 | 0,96 | 4,6 | 407 | 0,25 | 1,7 | 26 |
| в том числе механизированные | | 896 | 0,78 | 3,7 | 390 | 0,24 | 1,6 | 30,7 |
| » » вручную | | 220 | 0,18 | 0,9 | 17 | 0,01 | 0,1 | 5,6 |
| Взрывные работы | взрыв | — | — | — | 111 | 0,13 | 0,9 | — |
| Фундаменты и стены подвала | м ³ | 225,7 | 9,67 | 46,3 | 152,7 | 4,77 | 33,0 | 49 |
| Цокольные панели | м ³ | 64,3 | 2,78 | 13,4 | 64,3 | 2,78 | 19,2 | 100 |
| Перекрытия | м ² | 2775 | 4,57 | 22,0 | 2775 | 4,57 | 31,6 | 100 |
| Перегородки | м ² | 11,3 | 0,04 | 0,2 | 11,3 | 0,04 | 0,3 | 100 |
| Полы | м ² | 557 | 1,04 | 5,0 | 117 | 0,53 | 3,7 | 51 |
| Лестницы | м ² | 12 | 0,64 | 3,0 | 12 | 0,64 | 4,4 | 100 |
| Столярные, отделочные и разные работы | руб. | — | 0,81 | 3,9 | — | 0,75 | 5,2 | 92,5 |
| Отмостки | м ² | 129,6 | 0,34 | 1,6 | — | — | — | — |
| Всего | | | 20,85 | 100 | — | 14,46 | 100 | 69 |

Таблица 14.13

Калькуляция № 1 затрат труда и заработной платы на устройство фундаментов и стен подвала жилого дома серии I-515-3 (вариант с камуфлетными сваями)

| Нормы и расценки | Описание работ | Измеритель | Норма време-ни, ч | Расценка, руб | Количество работ, ч | Нормативное время, ч | Сумма, руб. | |
|-------------------------------------|---|----------------|-------------------|---------------|---------------------|----------------------|-------------|-------|
| | | | | | | | | 1 |
| УН ГМС § 1, п.3 | Зачистка с выравниванием грунта вручную | м ³ | 1,68 | 0,62 | 26,9 | 45,0 | 16,60 | |
| 2-1-15 т3, № 26 | Рытье ямобуром ям под сваи $d = 40$ см | шт. | 0,18 | 0,08 | 111 | 20,0 | 8,99 | |
| 2-3-11, № 1 «Г» | Производство взрыва зарядов аммонита весом 1,62 кг | шт. | 0,25 | 0,12 | 111 | 27,7 | 13,54 | |
| 4-2-12, т4, № 4 | Бетонирование камуфлетных свай бетоном с приемкой бетона | м ³ | 1,7650 | 0,729 | 90,5 | 158,7 | 65,97 | |
| 4-2-11, т5 | Установка и разборка инвентарной опалубки | м ² | 0,57 | 0,26 | 30 | 17,1 | 7,80 | |
| 4-2-4 | Установка каркасов в камуфлетные сваи с разгрузкой | шт. | 0,25 | 0,11 | 111 | 27,7 | 12,21 | |
| 4-2-8, т2 «а» | Монтаж сборных рандбалок весом 2,3 т с разгрузкой и креплением | м ³ | 0,7 | 0,22 | 37,0 | 25,9 | 8,22 | |
| Сборник для планировщ. ГМС § 26 №10 | Монтаж наружных стен подвалов из панелей, устройство цементной стяжки по рандбалкам, горизонтальной и боковой гидроизоляции, заделка отдельных мест бетоном и засыпка грунта за стены подвала с разгрузкой и складированием деталей | м ³ | 6,77 | 2,86 | 64,74 | 438,3 | 185,16 | |
| УН. ГМС § 2 | Итого | | | | | | 760,4 | 305,9 |

Таблица 14.14
Технико-экономические показатели* различных типов свай, применяющихся в промышленном строительстве на Украине при строительстве в просадочных грунтах

| Типы свай | Параметры свай | | | Основные механизмы для устройства свай | Ориентировочная стоимость, руб. | |
|---|----------------|----------------------|------------|---|---------------------------------|---------------------------------|
| | сечение, мм | диаметр уширения, см | глубина, м | | на 1 м ³ бетона сваи | на 1 т несущей способности сваи |
| Забийные, погружаемые: без лидирующих скважин | 30×30 | — | — | Копры и копровые установки | 76 | 1,80 |
| | 35×35 | — | — | Для бурения лидеров УГБХ-150; УГБ-50; ВВПС-20/11; ВВПС-32/19 УГБХ-150 | 88 | 2,10 |
| Буронабивные с уширенной пятой, образуемые сухим способом | d=40—60 | 120—160 | 16 | УРБ-3АМ | 90 | 1,60 |
| Буронабивные, изготавливаемые под глинистым раствором | d=40—80 | 100—180 | 18 | УГБХ-150 | 108 | 2,50 |
| Буронабивная с камуфлетной пятой: с набивным стволом | d=40—50 | 100—180 | 15 | УГБХ-150 | 55 | 1,20 |
| с железобетонной стойкой | 35×35 | 100—180 | 15 | УГБХ-150 ВПП-4А | 70 | 1,50 |

* Данные М. С. Гудина.

В табл. 14.12 приведена структура затрат на сооружение подземных частей типовых жилых зданий с продольной несущей стеной. Характерно значительное уменьшение земляных работ по сравнению с блочным вариантом, но что особенно важно — резкое снижение объема земляных работ, выполняемых вручную. В камуфлетном варианте незначительный объем земляных работ выполняется для выравнивания пола в щитовом помещении и тепловом пункте. При небольших изменениях проекта (вынос электрощита в надземную часть, монтаж элеватора на стене техподполья без устройства отдельного помещения) ручная разработка грунта будет полностью ликвидирована.

Основная экономия достигается уменьшением объема бетона в стенах подвала, где в блочном фундаменте прочность бетона используется не полностью.

На взрывные работы, позволяющие мгновенно создать уширение и увеличивающие несущую способность опоры в 5—6 раз, затрачивается незначительная сумма.

В табл. 14.13 приведен пример калькуляции затрат труда и заработной платы на устройство подземной части дома. Как видно из табл. 14.14, применение камуфлетных свай в промышленном строительстве также обеспечивает высокие технико-экономические показатели.

3. Сваи с лучевидным уширением

Для увеличения опорной площади в основании сваи применяют различные методы и механизмы. Одним из них является сконструированный А. Ягудиным и Г. Дружининым гидравлический уширитель свай. Впервые он был применен в Куйбышеве и Волгограде в 1965 г. для ряда гражданских и сельскохозяйственных зданий, а в последствии — для крупнопанельных жилых домов и промышленных объектов.

Технологическая последовательность устройства свай с лучевидным уширением принципиально не отличается от применяемой при изготовлении других типов буронабивных свай.

Оригинальным является метод образования местного уширения скважин при помощи устройств УГС-2, УГС-2М и УСМ (рис. 14.26).

Принцип работы этих устройств заключается в следующем. Уширитель, опущенный на дно скважины, под воздействием гидродомкрата установки УГС-2 (УГС-2М) или электромеханического привода установки УСМ, путем раздвижки плит шарнирной системы, уплотняя грунт скважины, создает местное уширение ее полости.

Комплект устройств УГС-2 и УГС-2М состоит из гидродомкрата ДГ-170-1120 и приваренной к тягам шарнирной системы. Можно применить и другие типы гидродомкратов двойного действия с максимальным усилением $P=150 T$ и ходом поршня не менее 600 мм. Гидродомкрат приводится в действие масляной станцией производительностью 10—20 л/мин с рабочим давлением 250 ат.

Установка УСГ-2 (рис. 14.26, б) работает следующим образом. Масло из резервуара насосной станции, состоящей из трех заблокированных плунжерных насосов НСП-400, подается по гибкому шлангу под поршень гидродомкрата и нижний штуцер 6 и поднимает поршень вверх. Шток гидродомкрата 5 с жестко приваренными к нему тягами 3 передает через них усилия шарнирной системе 2. Плиты шарнирной системы 2 сближаются по вертикали и, уплотняя грунт, образуют уширенную пятую скважины. Сбрасыванием давления в гидродомкрате шарнирную систему уширителя приводят к первоначальному положению и установку извлекают из скважины.

Бетонирование скважины с уширенной пяткой производят обычными методами.

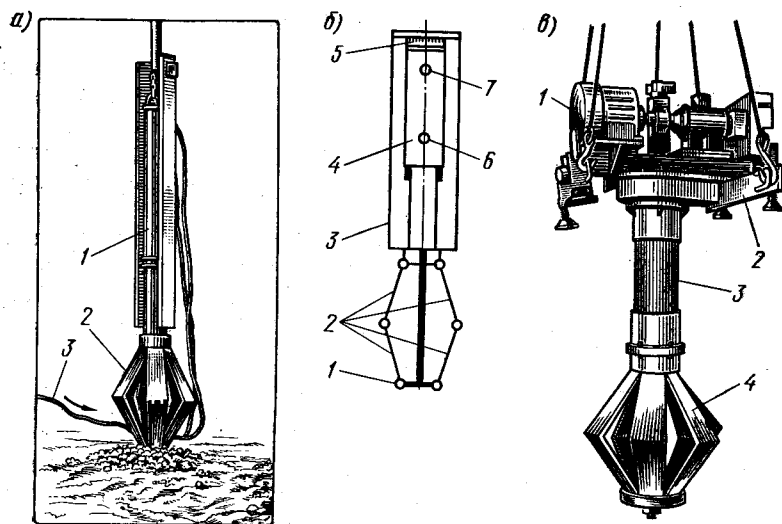


Рис. 14.26. Установки для лучеvidного уширения свай:

а — общий вид установки УСГ-2; 1 — гидродомкрат; 2 — рабочий орган; 3 — маслонасос; б — схема установки УСГ-2; 1 — шарнирная система; 2 — плиты шарнирной системы; 3 — тяги устройства; 4 — гидродомкрат; 5 — ось гидродомкрата; 6 — нижний штуцер гидродомкрата; 7 — верхний штуцер гидродомкрата; в — общий вид установки УСМ; 1 — электромотор; 2 — опорная рама; 3 — кожух штока; 4 — рабочий орган

При необходимости создания уширения по всему периметру свай операцию уширения выполняют повторно с предварительным поворотом рабочего органа на ширину плиты с тем, чтобы уплотнение грунта производилось между выполненными лучами уширения.

В установке УСМ (уширитель скважин механический) вместо гидравлического привода применен электромеханический (рис. 14.26, в).

Установки гидравлического действия УСГ-2 и УСГ-2М отличаются конструкцией рабочих органов. Рабочий орган УСГ-2 состоит из пяти парных плит. Каждая пара связана шарнирно между собой и с шарнирной системой. В рабочем органе УСГ-2М имеется два ряда парных плит, по 5 пар в каждом ряду. Это создает несколько большую площадь уширения и уменьшает количество грунта, попадающего внутрь шарнирной системы. В типовой технологической нор-

мали отражены затраты времени и труда на изготовление одной сваи.

По графику строительства продолжительность работ подземной части дома составила 12 дней.

При строительстве ряда объектов химии в Чувашской АССР буронабивные сваи были применены в суглинке в виде кустов из 4—6 шт. длиной от 4 до 9 м, диаметром сваи 500 мм с уширением 1200 мм. Скважины до 9 м выполнялись в два этапа. Вначале ямобур шнеком проходил до отметки 3,5 м, а затем бурение на проектную глубину обеспечивалось вибробуром ВБ-1, подвешенным на крюк крана. Вибробур обслуживало звено в составе машиниста бура, крановщика и двух подсобных рабочих.

Бурение велось в несколько циклов (одна проходка дает заглубление порядка 80 см).

Для уширения пят было применено навесное сменное оборудование крана или автопогрузчика УСГ-2М. Состав звена был тот же, что и при бурении скважин.

Затраты времени на уширение одной пяты составляли 16—18 мин (20—25 свай в смену).

На одном из объектов была применена комбинированная свая со сборным железобетонным стволом. Стойки погружались при помощи дополнительного груза с весом 1,5—2 Т. Пазухи скважин заливались бетоном.

Таблица 14.15

Показатели вариантов устройства фундаментов

| Показатели | Единица измерения | Варианты фундаментов | | |
|---|---------------------|----------------------|------------------|------------------|
| | | монолитные | из набивных свай | из набивных свай |
| Объем земляных работ | тыс. м ³ | 189,5 | 15,9 | 17,1 |
| Объем земляных работ, выполняемых вручную | тыс. м ³ | 17,1 | 5,1 | 5,7 |
| Количество свай | шт. | — | 1786 | 820 |
| Расчетная грузоподъемность одной сваи | Т | — | 35 | 77,5 |
| Расход бетона | м ³ | 3115 | 5098 | 2781 |
| Расход сборных конструкций | м ³ | 42 | 3592 | 42 |
| Расход металла | т | 149,4 | 440,2 | 119,2 |
| Трудоемкость | чел-дн | 3820 | 4600 | 2500 |
| Машиноёмкость | маш.-смен. | 625 | 378 | 250 |
| Сметная стоимость подземной части здания | тыс. руб. | 230 | 507 | 109 |
| Стоимость одной расчетной тонны несущей способности | руб. | 3,65 | 8,0 | 1,73 |
| Показатель трудоемкости тяжелых ручных работ | чел-дн / 100 т | 135,4 | 44,0 | 25,2 |

Сравнение показателей трех вариантов фундаментов для корпуса синтеза химического комбината в Чебоксарах приведены в табл. 14.15.

Замена ленточных фундаментов набивными сваями дает большую экономию. Так, на строительстве административного двухэтажного здания в г. Рамонь Воронежской области это позволило сократить объем земляных работ на 61%, объем фундаментов — на 43% и снизить стоимость фундаментов на 2,2 тыс. руб.

Применение фундаментов из набивных свай при строительстве крупнопанельных домов серии I-335А-3 позволило почти вдвое снизить стоимость и трудоемкость работ по сравнению с проектными вариантами фундаментов из забивных свай, ленточных и столбовых фундаментов.

4. Устройство буронабивных свай с помощью специализированных установок

Сваи Беното. Глубокие опоры из набивных свай широко применяются в зарубежной практике. Одним из типов таких опор являются набивные сваи, выполняемые специальными агрегатами фирмы «Беното» (Франция). Фирма за 40 лет создала конструкции специализированного оборудования для выполнения всех операций по устройству глубоких свайных опор.

Одним из видов оборудования этой фирмы является станок ЕДФ-55-Супер, несколько экземпляров которого применяется на советских стройках.

С помощью этого станка можно выполнять сваи диаметром от 36 до 210 см глубиной до 120 м в различных гидрогеологических условиях. Буровой уширитель позволяет увеличить опорную поверхность в 5—6 раз. Несущая способность свай достигает 1000 Т.

Агрегат состоит из двух систем, смонтированных на одном шасси: бурового станка и гидравлической установки для погружения обсадных труб (рис. 14.27).

Проходка скважины ударным бурением ведется специальным устройством «Хаммер-Граб» (трубо-экскаватор). Оно представляет собой грейферный захват специального типа весом от 1150 до 1415 кг для рыхления грунта и извлечения его из скважины.

Агрегат снабжен трубоблочным станком для заготовки на месте труб нужного диаметра из металлического листа толщиной 6—10 мм и сварочными аппаратами для сварки листов и стыкования труб между собой по мере погружения их в грунт. Можно применять и железобетонные трубы.

Опорой служат четыре боковые лапы, приводимые в движение гидравлическими домкратами. Агрегат передвигается по площадке по принципу шагающего экскаватора. Когда агрегат приподнят при помощи одних домкратов, два других домкрата приводят в движение две лыжи с рельсами, по которым машина может передвигаться.

Длина агрегата ЕДФ-55 в рабочем положении 8,7, ширина — 3,65, высота 13,5 м; вес без обсадных труб — 32 т.

К месту работ машину перевозят на тележках на автомобильном ходу.

Установку обслуживает три человека: оператор, выполняющий основные работы при помощи лебедки, второй оператор, управляющий гидравлической системой, насосами и домкратами, и третий — подсобный рабочий.

Перед началом производится разбивка осей свай; отклонение положения отдельной сваи допускается в пределах ± 5 см.

При бурении следят за соответствием геологических и гидрогеологических условий, принятым в проекте. Для этого отбирают по мере заглубления образцы грунта, которые хранят до составления акта приемки — сдачи свай. Периодически замеряют сваи для сопоставления фактической геологической обстановки с проектной.

При бурении скважин стенки их закрепляют обсадными трубами, состоящими из отдельных секций длиной 2, 4 или 6 м. На нижнем фланце первой секции монтируют режущий наконечник.

Для бурения пластичных глин, крупнообломочных пород и песков применяют обычный режущий наконечник, при проходке скальных грунтов и твердых глин — твердый режущий наконечник.

Особенностью разработки скважин станками «Беното» является оригинальный способ обуривания забоя обсадной трубой. Последняя внедряется в забой, совершая при помощи гидроустройства одновременно вращательные движения попеременно в противоположных направлениях и поступательное движение трубы на забой (рис. 14.28).

Скорость проходки скважины, колеблющаяся в широких пределах (0,8—6,0 м/ч), в значительной степени зависит от выбранного рабочего органа для разработки грунта. Поэтому бригада должна

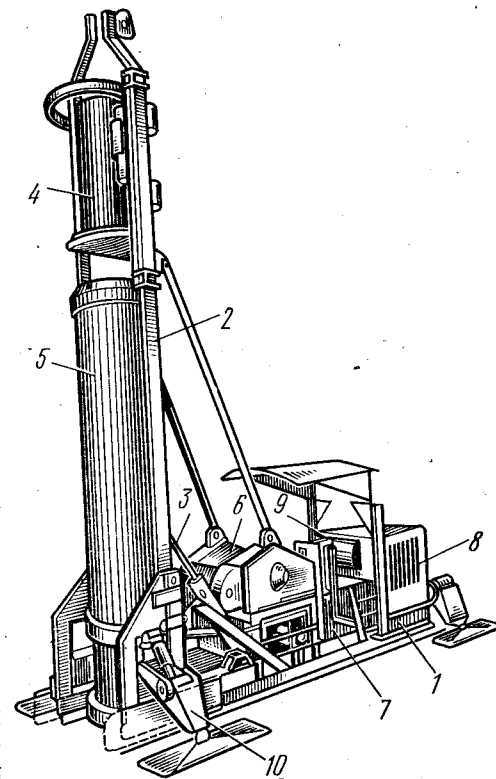


Рис. 14.27. Схема устройства агрегата ЕДФ-55 «Беното»:

1 — основная рама; 2 — стрела; 3 — гидроцилиндр для наклона стрелы; 4 — откидной разгрузочный патрубок; 5 — обсадная труба; 6 — лебедка; 7 — гидронасос; 8 — дизельный двигатель; 9 — кабина с пультом управления; 10 — механизм шагающего хода

постоянно следить за напластованием грунта и в случае необходимости заменять рабочие элементы (рис. 14.29).

Грейфер со сменными челюстями является основным рабочим органом для разработки грунтов, причем песчаные и крупнообломочные грунты разрабатывают грейфером большего объема, пластичные глины — грейфером с челюстями с режущими кромками, твердые глины и скальные грунты — грейфером с челюстями с режущими зубьями.

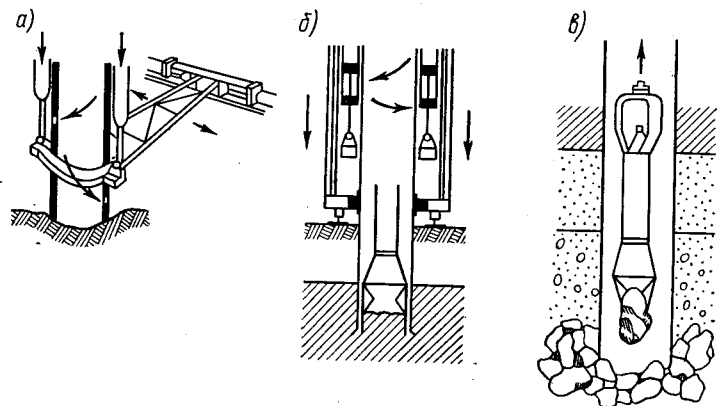


Рис. 14.28. Схема погружения трубы:

а — вращение и подача обсадной трубы; б — разрушение забоя; в — извлечение грунта

При разработке особо твердых грунтов челюсти грейфера блокируют приспособлением, и он работает как ударное долото. Для бурения особо твердых скальных грунтов применяют ударное долото, снабженное острием, зубьями или прямыми резами.

Водонасыщенные пески и ил разрабатываются желонкой. Быстрый подъем и открытие этого органа (от двух до трех операций в 1 мин при глубине до 15 м) значительно ускоряют производство работ. Замена наконечника «Хаммер-Граб» буровым клапаном занимает несколько минут, так как работа сводится к отвинчиванию и завинчиванию одного болта. Трубы длиной в 2, 4 и 6 м соединяют между собой при помощи болтов или винтовой нарезки.

Уширитель «Сегби» (рис. 14.29, з) перед разбуриванием закрепляют специальным устройством внутри обсадной трубы, для чего последнюю приподнимают над забоем. Механизм раскрытия ножей работает от гидропривода. Грунт извлекается из скважины при смыкании режущих ножей.

По окончании бурения дно скважины очищают от грунта при помощи грейфера и в скважину устанавливают арматурный каркас отдельными секциями. Каркас закрепляют в положении, обеспечивающем образование защитного слоя арматуры толщиной до 50 мм. Если армируют только голову сваи, арматурные стержни погружают в свежий бетон после распалубки.

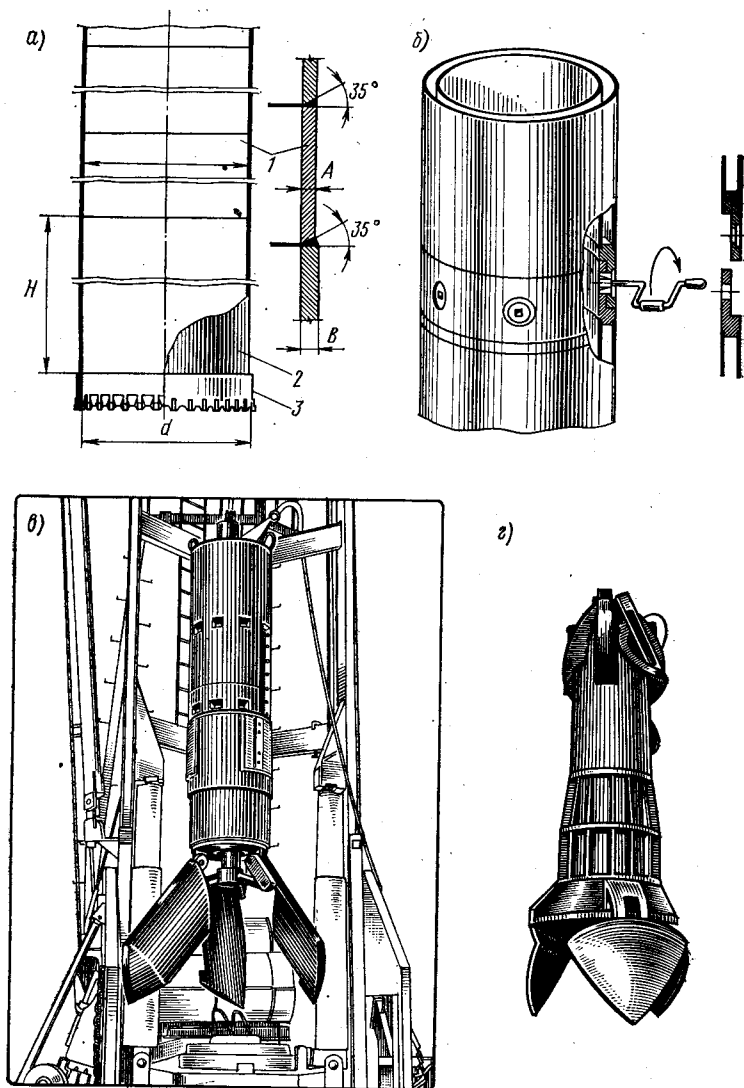


Рис. 14.29. Обсадная труба «Беното» и сменное оборудование:

а — схема обсадной трубы: 1 — обсадная труба; 2 — первое звено; 3 — режущая коронка; б — деталь соединения звеньев трубы; в — уширитель; з — трехчелюстной грейфер «Хаммер-Граб»

В практике сооружения свай Беното применяют три способа бетонирования: подачей бетонной смеси по бетонолитной трубе, раздельным способом и при помощи контейнера, входящего в комплект оборудования.

Бетонную смесь литой консистенции обычно укладывают при помощи спускной трубы диаметром 195 мм. Под водой бетонирование методом вертикального перемещения трубы, или при помощи контейнера, имеющего форму усеченного конуса с расширенным основанием. Нижняя часть контейнера закрывается двумя створками

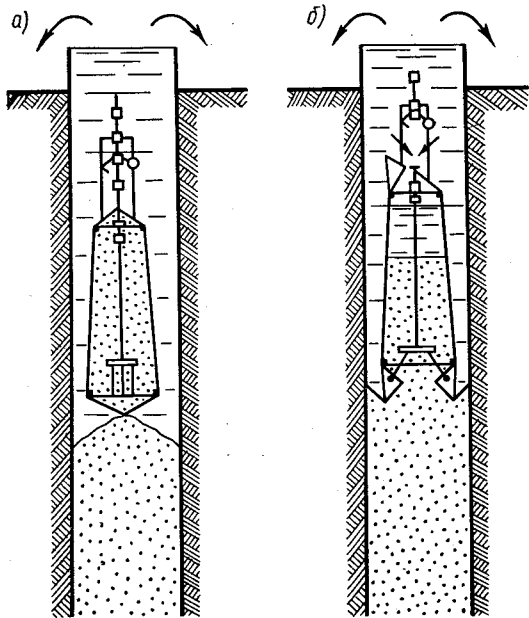


Рис. 14.30. Схема подводной укладки бетонной смеси контейнером «Беното»:

а — крышка и клапан закрыты; б — крышка и клапан открыты

полным давлением водяного столба.

У створок, находящихся на дне скважины или поверх уложенного бетона, ослабляют затвор, и они приоткрываются. При поднятии контейнера бетон высыпается, а освобожденное пространство в контейнере заполняется водой, которая поступает через верхние заслонки, открывающиеся в одно время с нижними.

Быстрее удаляется бетон из контейнеров, имеющих форму усеченного конуса.

В таком контейнере столб бетона не соприкасается с водой, находящейся в скважине. Выгружается бетон только при положении контейнера на дне скважины или на поверхности уложенного бетона.

полусферической формы для управления которым имеется вертикальный стержень. Когда створки находятся на дне скважины или на поверхности уложенного бетона, они закрывают отверстия контейнера, что обеспечивает полное опорожнение его при подъеме. В верхней части контейнер закрыт двумя заслонками, которые открываются одно и то же время с нижними створками, предоставляя доступ воде на поверхность бетона (рис. 14.30).

Бетонирование производят следующим образом. При сомкнутых створках заполняют контейнер бетоном, закрывают верхние заслонки и погружают в скважину. Скважина в этом случае всегда находится

При раздельном бетонировании после установки каркаса в скважину опускают трубу для подачи раствора, засыпают щебень или гравий (фракции 20—70 мм), после чего нагнетают цементный раствор под давлением. По мере бетонирования обсадная труба извлекается из скважины.

Вследствие вращательно-поступательного движения трубы бетон проникает в окружающий грунт и в конечном итоге повышает сцепление свай с грунтом, что значительно увеличивает грузоподъемность свай.

Несущая способность свай, выполненных таким способом, достигает 50 кг/см².

В ходе выполнения работ нужно тщательно вести журналы бурения и бетонирования, так как они являются основными документами, с помощью которых контролируется качество изготавливаемых буровых свай. В зимних условиях измеряют температуру бетонной смеси.

Приемку буровой сваи производят до устройства ростверка на основании следующих документов: проекта фундамента, актов приемки материалов, актов лабораторных испытаний контрольных кубиков, актов геологической разведки буровых скважин, исполнительных планов буровых свай, актов на скрытые работы и журнала изготовления буровых свай.

Помимо устройства одиночных вертикальных свай, с помощью агрегата можно также выполнять сваи с уклоном до 12° от вертикали; сплошные подпорные или противофильтрационные стенки с помощью так называемого метода секущихся свай, вертикальный дренаж и скважины для водоснабжения.

Ввиду того, что бурение производится бесшумно и без вибраций, работы по устройству свай можно вести в непосредственной близости от зданий.

На устройство одной сваи длиной 20 м диаметром 970 мм в грунте средней плотности уходит примерно 10 ч: на бурение — 5 ч, установку арматуры — 1 ч; бетонирование — 3,5 ч, выемку трубы и передвижение агрегата — 30 мин.

С помощью машин «Беното» за рубежом и в СССР были сооружены фундаменты для различных видов зданий. На сваях системы «Беното» возведено, в частности, 40-этажное здание из железобетона «Экзекутив Хауз» в Чикаго, при этом 57 свай были погружены в ледниковый моренный грунт с крупными валунами на глубину 35 м. Бурение и бетонирование таких свай занимало в среднем 17 ч.

Многоэтажный жилой дом по проекту Ле Корбюзье в Марселе опирается на 36 столбов, каждый из которых передает нагрузку 2000 Т на куст из трех свай (рис. 14.31). Диаметр

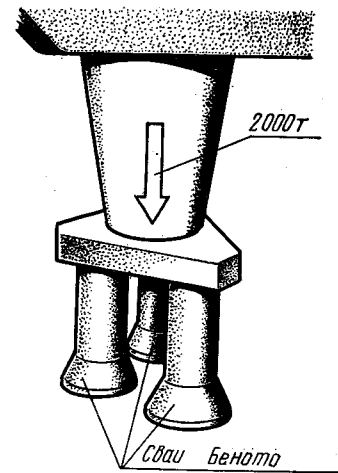


Рис. 14.31. Опора фундамента дома по проекту Ле Корбюзье в Марселе

ствола свай равен 1,5 м, уширенной пяты 3 м. Бурение скважин на глубину 12 м (до плотных мергелей) выполнялось грейфером «Хаммер-Граб» под защитой обсадной трубы. Уширение скважины до 3 м (при высоте усеченного конуса 2,5 м) было выполнено вручную отбойными молотками. В среднем на бурение одной скважины затрачивалось 15 ч.

При постройке телефонной станции в Рио-де-Жанейро свай длиной 19 м были оперты на плотные пески, насыщенные водой. Уширения выполнены сжатым воздухом. Сваи диаметром 1 и 1,25 м несут нагрузки до 760 Т.

В практике советского строительства агрегаты «Беното» применяются с 1960 г. В результате устройства таких свай на объектах энергетического строительства (Криворожская ГРЭС-2 и Березовская ГРЭС) экономия составила около 140 тыс. руб. Кроме того, удалось значительно сократить сроки выполнения работ. Сваи Беното были применены в гражданском строительстве Москвы для объектов различного назначения, данные о которых приведены в табл. 14.16.

Опыт устройства свай Беното показывает, что несущую способность их можно повысить в случае прорезки толщи слабых и насыпных грунтов и опирания их подошвы на плотные материковые породы и грунты. Так, при строительстве высотной части дома Совета Министров РСФСР часть свай была оперта на мергель, часть — на известняк. Расчетная нагрузка на одну сваю диаметром 1200 мм принималась равной 650 Т. Фактическая несущая способность при диаметре свай 900 мм и опирании на мергель составила 840 Т, а при опирании на известняк — 1020 Т. При строительстве путепровода Каширо-Рублевского и Минского шоссе применение свай Беното диаметром 900—1200 мм обеспечило передачу на них нагрузок от 250 до 400 Т.

Таблица 14.16

Характеристика свай Беното на московских стройках

| Наименование объектов | Количество свай, шт. | Диаметр свай, мм | Длина свай, м | Расчетная нагрузка на сваю, Т | Марка бетона |
|---|----------------------|------------------|---------------|-------------------------------|--------------|
| | | | | | |
| Гостиница «Россия» | 24 | 900—1200 | 18—20 | 550 | 350 |
| 16-этажный жилой дом на проспекте Вернадского | 32 | 1200 | 24 | 500 | 300 |
| Путепровод Каширо-Рублевского и Минского шоссе | 37 | 900—1200 | 10—15 | 250—400 | 300 |
| Поликлиника на Мичуринском проспекте | 40 | 1200 | 25—30 | 700 | 250 |
| Административное здание (Дом Совета Министров РСФСР) | 374 | 1200 | 13 | 650 | 300 |
| Здание ЦУМа (реконструкция) и Малый театр (укрепление стен) | 42 | 1200 | 20—22 | 300—350 | 300 |

Для ограничения воздействия ударных нагрузок на существующие здания сваи Беното были применены при укреплении стены Малого театра.

Работы по устройству свай Беното ведет специализированное управление свайных работ. При этом используется станок французской фирмы «Беното» «ЭДФ-55-Супер» с двигателем внутреннего сгорания.

В настоящее время транспортировка бетонной смеси осуществляется автобетоносмесителями на базе автомашин КраЗ, а перемешивают смесь непосредственно перед ее укладкой.

В Москве к 1974 г. введено около 1000 свайных опор с несущей способностью от 250 до 700 Т.

Проведенные испытания на строительстве жилого дома на проспекте Вернадского показали, что их проектная несущая способность свай была занижена (принята 500 Т вместо фактической 970 Т).

Сравнение стоимости устройства забивных свай и свай Беното (табл. 14.17) показывает эффективность их применения при длине свыше 11—12 м.

Практика устройства свай повышенной несущей способности позволяет сделать следующие выводы.

Эти сваи целесообразно применять в разнообразных гидрогеологических условиях. Устройство свай Беното при длине свыше

Таблица 14.17

Стоимость устройства свай в расчете на 1 Т ее несущей способности в руб.

| Длина свай, м | Сваи типа Беното | | | | | Забивные сваи | | | | | |
|---------------|---------------------------------|------|------|------|------|---------------------------------|------|------|------|------|------|
| | Расчетная нагрузка на 1 сваю, Т | | | | | Расчетная нагрузка на 1 сваю, Т | | | | | |
| | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |
| 5 | | | | | | 1,24 | 1,03 | 0,77 | 0,62 | 0,51 | 0,44 |
| 6 | | | | | | 1,40 | 1,17 | 0,88 | 0,70 | 0,58 | 0,50 |
| 7 | | | | | | 1,64 | 1,36 | 1,00 | 0,82 | 0,68 | 0,58 |
| 8 | 3,52 | 2,40 | 1,76 | 1,44 | 1,20 | 1,93 | 1,61 | 1,21 | 0,96 | 0,80 | 0,69 |
| 9 | 3,96 | 2,70 | 1,98 | 1,62 | 1,35 | 2,86 | 2,38 | 1,78 | 1,43 | 1,19 | 1,00 |
| 10 | 4,40 | 3,00 | 2,20 | 1,80 | 1,50 | 3,22 | 2,69 | 2,01 | 1,61 | 1,34 | 1,15 |
| 11 | 4,84 | 3,30 | 2,42 | 1,98 | 1,65 | 3,93 | 3,27 | 2,46 | 1,96 | 1,63 | 1,40 |
| 12 | 5,28 | 3,60 | 2,64 | 2,16 | 1,80 | 4,04 | 3,37 | 2,53 | 2,02 | 1,88 | 1,44 |
| 13 | 5,72 | 3,90 | 2,86 | 2,34 | 1,95 | | | | | | |
| 14 | 6,16 | 4,20 | 3,08 | 2,52 | 2,10 | | | | | | |
| 15 | 6,60 | 4,50 | 3,30 | 2,70 | 2,25 | 7,01 | 5,84 | 4,38 | 3,50 | 2,92 | 2,50 |
| 16 | 7,04 | 4,80 | 3,52 | 2,88 | 2,40 | | | | | | |
| 17 | 7,48 | 5,10 | 3,74 | 3,06 | 2,55 | | | | | | |
| 18 | 7,92 | 5,40 | 3,96 | 3,24 | 2,70 | | | | | | |
| 19 | 8,36 | 5,70 | 4,18 | 3,42 | 2,85 | | | | | | |
| 20 | 8,80 | 6,00 | 4,40 | 3,60 | 3,00 | 9,83 | 7,76 | 5,82 | 4,66 | 3,88 | 3,33 |

Характеристики агрегатов фирмы «Като»

| Характеристика | Тип станка | |
|--|------------|--------|
| | 20-ТН | 50-ТН |
| Глубина бурения, м | 27 | 300 |
| Диаметр скважины, см | До 120 | До 200 |
| Скорость бурения (в равных условиях), м/ч: | | |
| грейфером | 3—5 | 3—5 |
| ротором | 18 | 18 |
| Максимальное усилие в Т при погружении трубы | 56 | 82 |
| То же, при извлечении трубы, Т | 42 | 63 |
| Мощность дизеля, л. с. | 65 | 130 |
| Водоподъемная установка: | | |
| вес, кг | — | 5000 |
| производительность центробежного насоса, л/мин | — | 380 |
| напор, м | — | 15 |

удара долото поворачивается на несколько градусов, что ускоряет процесс разработки. Вес крестовых долот достигает 4 т.

В связных грунтах средней плотности применяется роторный способ разработки грунта с использованием цилиндрического бура. После заполнения грунтом бур извлекают из скважины и удаляют из него породу через откидную торцовую крышку. Производительность при этом способе разработки грунта составляет 3—5 м³/ч.

При разработке более прочных грунтов рабочим органом служат шарошечные долота, которые имеют лопасти с зубьями из высокопрочного металла.

Из скважин разработанный грунт извлекается механическим или гидравлическим способом. При грунтах малой и средней прочности рабочий орган периодически поднимают на поверхность и освобождают от грунта. Эту операцию выполняют при грейферном и роторном (с помощью бура) способах бурения, а также при разработке пластичных грунтов, налипающих на рабочие органы.

Грунты, разрушенные на мелкие фракции, удаляют гидравлическим способом путем прямой или обратной промывки скважины водой или глинистой суспензией. При разработке грунта шарошечным долотом применяют обратную промывку скважины. Воду из скважины откачивают эрлифтом через буровую штангу.

В отдельных случаях при разработке грунта долотами применяют прямую промывку с использованием глинистой суспензии.

При бурении станками фирмы «Като» применяют два способа крепления стенок пробуренной скважины: с помощью инвентарных труб и гидравлический, когда скважины бурят под глинистой суспензией.

Более целесообразен способ крепления стенок скважины обсадными инвентарными стальными трубами. При разработке малосвязных грунтов обсадная труба осаживается с опережением забоя, что

11—12 м дает значительную экономию по сравнению с забивными.

Резервом дальнейшего снижения стоимости устройства свай Беното является повышение качества инженерно-геологических исследований и увеличение несущей способности свай, а также ряд мероприятий организационно-технического порядка. Для строительства высотных зданий опоры подобных конструкций особенно эффективны.

Оборудование для устройства свай фирмы «Като и Мицубиси»
Оборудование для устройства набивных свай, выпускаемое фирмой

«Като», получило большое распространение в Японии и ряде других стран. Несколько таких агрегатов приобретено нашими строительными организациями.

Фирма выпускает агрегаты в двух вариантах — 20 и 50 Т (рис. 14.32). Оборудование позволяет сооружать сваи диаметром до 2,0 м при практически неограниченной глубине (табл. 14.18).

Станками фирмы «Като» можно разрабатывать грунт грейферным способом и роторным бурением в отличие от станков «Беното», которые рассчитаны только на грейферный способ бурения.

Ударные грейферы применяют для бурения сыпучих, рыхлых грунтов и грунтов средней плотности. Грунт из грейфера через наклонный желоб выгружается в кузов автомобиля или на другой вид транспорта через разгрузочный патрубок. Производительность машины — 2—8 м³/ч в зависимости от свойств грунта.

В комплекте агрегата имеются трехстворчатые

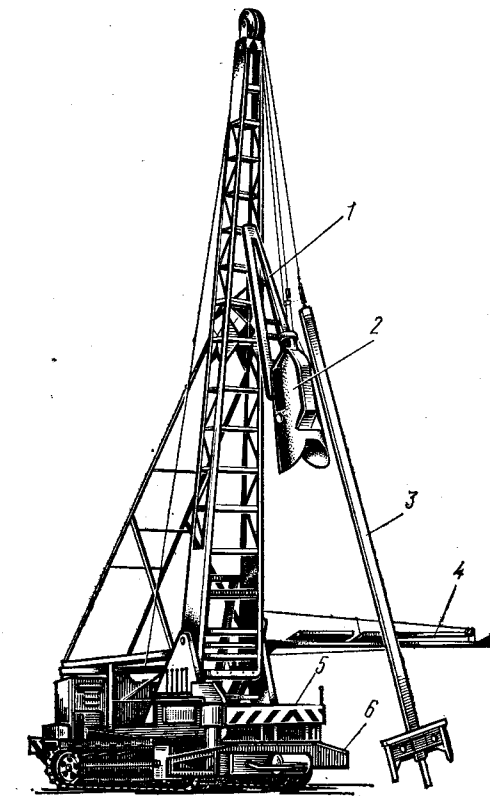


Рис. 14.32. Буровой станок 20-ТН фирмы «Като»:

1 — верхний отводящий рычаг; 2 — грейфер; 3 — буровая штанга; 4 — нижний отводящий рычаг; 5 — ротор станка; 6 — хомут для обсадной трубы

грейферы, используемые при разработке твердого грунта. Мягкие или сыпучие грунты разрабатывают при помощи грейфера, у которого вместо челюстей имеются две створки в форме полусфер. Для разработки и извлечения плавучего грунта используют ковш с донным клапаном, через который удаляется разработанный грунт.

Прочные породы, включая скальные, разрабатывают при помощи падающего долота, подвешенного на канате. После каждого

предотвращает наплыв грунта в скважину, а в плотных грунтах — одновременно с понижением уровня забоя.

Трубу осаживают путем вращения ее вокруг продольной оси в одну и в другую сторону на 20—30° с одновременным вдавливанием. Для этого используют гидродомкраты, соединяемые с обжимным хомутом, надеваемым на обсадную трубу.

После достижения проектной отметки инвентарные обсадные трубы извлекают по мере укладки бетонной смеси. Для извлечения труб необходимы усилия вертикальных домкратов в сочетании с неполным вращением труб.

Способ бурения скважин под глинистой суспензией применяют лишь при сооружении ограждающих железобетонных стенок в грунте, где устойчивость стенок скважины не может обеспечиваться обсадными трубами. Крепление скважины глинистой суспензией требует дополнительного оборудования и увеличения затрат труда.

В буровых станках фирмы «Като» имеется уширитель, который в закрытом виде представляет собой цилиндр, состоящий из трех створок, прикрепленных к основному корпусу. В корпусе уширителя расположены выдвижные лапы для уширения скважины. С помощью гидродомкратов открываются створки уширителя и выдвигаются лапы.

При включении механизма вращения одновременно открываются створки основного цилиндра, которые, вращаясь, уширяют диаметр скважины. Для извлечения срезанного грунта, не прекращая вращения, закрывают створки, в результате чего грунт поступает внутрь рабочего цилиндра.

В отличие от станка 20-ТН агрегат 50-ТН может работать и роторным способом, используя обратную циркуляцию воды. С помощью последней происходит непрерывная очистка забоя от разбуренной породы, охлаждается буровой наконечник, а при заливке скважины водой выше уровня грунтовых вод закрепляются ее стенки.

При прямой циркуляции вода нагнетается насосом в буровые штанги, омывает забой и возвращается на поверхность по кольцевому зазору между буровыми штангами и стенками скважины. При обратной циркуляции вода поступает в скважину сверху и, омывая забой, через трубы возвращается на поверхность.

Преимуществами обратной промывки являются: чистота скважины, более быстрая и лучшая очистка забоя.

Агрегат обслуживает бригада из семи человек: два оператора и пять рабочих, совмещающих профессии буровщика, арматурщика и бетонщика. Особенно широко применяют в Японии агрегаты «Като» для устройства фундаментов на набивных сваях под эстакады, многоэтажные гражданские и промышленные здания.

5. Свай-инъекторы

Свая-инъектор, являющаяся разновидностью забивных или набивных свай, имеет пята из массива, образованного одним из известных способов искусственного закрепления грунта. Внутри забивной

свай-инъектора в отличие от обычных имеется инъекторная трубка диаметром 1,5—2". Нижний конец трубки, выступающий из тела, перфорируют или снабжают пробкой, выбиваемой после погружения сваи (в последнем случае конец трубки находится заподлицо с острием сваи). Верхний конец трубки во избежание повреждения во время забивки сваи помещают ниже головы сваи и также защищают пробкой (рис. 14.33).

Изготавливают набивные сваи-инъекторы методом, обычным для набивных свай, а инъекторную трубку забивают в центре готовой скважины, при этом нижний конец располагается ниже подошвы скважины на 0,5 м. Чтобы раствор не вышел в пространство между инъектором и обсадной трубой, нижний конец последней закрывают водонепроницаемой пробкой. После этого нагнетают раствор в грунт, а затем в тело сваи.

Свай-инъекторы можно применять как для устройства фундаментов для новых зданий и сооружений, так и при реконструкции и укреплении существующих.

Техническую возможность инъектирования и выбор способа закрепления грунта определяют теми же соображениями, что и при химических методах закрепления грунтов. В настоящее время широко применяют силикатизацию песков, цементно-глинистые растворы, карбомидные и другие полимеры, а также комбинированные смеси с введением в качестве отвердителей кислот и др.

В. В. Аскалонов произвел анализ различных способов закрепления грунтов — от глинистых до скальных.

Используя данные разработанной НИИ оснований классификации способов химического закрепления грунтов, можно выбрать более рациональный способ закрепления грунта в основании по техническим и производственным показателям. В этой таблице даны основные показатели растворов: время гелеобразования, расплыв, сопротивление сдвигу, реакция раствора (рН) для определения возможности применения состава в данном грунте.

Опыт устройства фундаментов с применением свай-инъекторов в Венгрии описан И. А. Ганичевым в книге «Устройство искусствен-

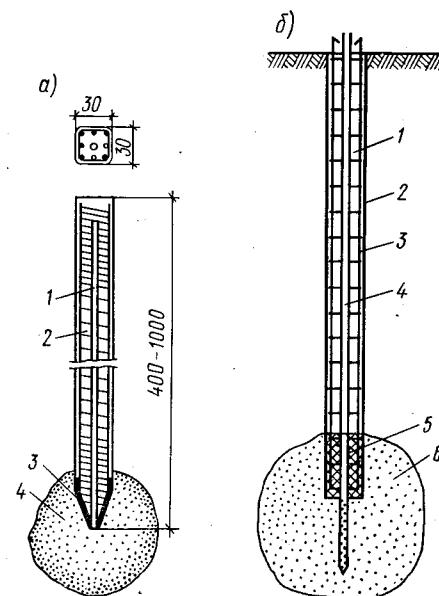


Рис. 14.33. Свай-инъекторы (размеры в мм):

а — забивная железобетонная: 1 — инъекторная трубка; 2 — свая; 3 — стальной башмак; 4 — закрепленный грунт; б — буронабивная: 1 — железобетонная набивная свая; 2 — обсадная труба; 3 — арматурный каркас; 4 — инъекторная трубка; 5 — бетонная пробка, устроенная ниже уровня грунтовых вод; 6 — закрепленный грунт

ных оснований и фундаментов» (Стройиздат, 1973). Для новых зданий там применяют забивные сваи-инъекторы, а для укрепления существующих фундаментов — буронабивные.

При сооружении гражданских и промышленных объектов г. Дьере сваи-инъекторы были применены в гравелистом покровном слое со слабым грунтом мощностью в несколько метров и высоком уровне грунтовых вод.

Цементная суспензия нагнеталась в скважины для свай длиной в 5 м обычным растворомасосом (рис. 14.34). Предельная несущая способность свай была принята в 50 Т, фактическая составила 60 Т.

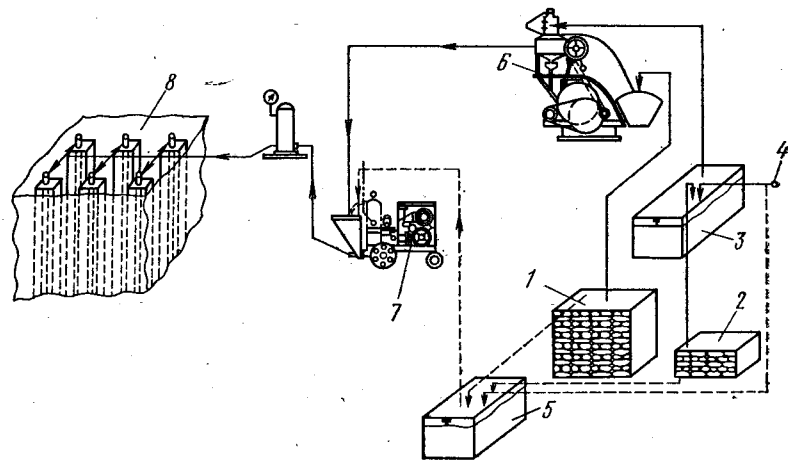


Рис. 14.34. Технологическая схема процесса инъектирования:

1 — цемент; 2 — бентонитовая глина; 3 — бак для бентонитовой суспензии; 4 — водопровод; 5 — бак для цементного молока; 6 — растворосмесительный агрегат; 7 — растворонасос; 8 — сваи-инъекторы

В аналогичных грунтовых условиях сваи-инъекторы были применены при сооружении ряда объектов Боршодской рудообогатительной фабрики. Всего было изготовлено несколько тысяч свай. Во всех случаях была получена значительная экономия средств.

6. Сваи с термоуширенной пятой на вечномерзлых грунтах

На вечномерзлых грунтах преимущественно устраивают фундаменты с вмороженными в грунт железобетонными сваями. Однако сваи, вмороженные в так называемые «высокотемпературные» вечномерзлые грунты ($T_0 \geq 2^\circ \text{C}$), имеют низкую несущую способность. Это вынуждает увеличивать длину и количество свай в сравнении со сваями в «низкотемпературных» грунтах. Расчетная нагрузка возрастает примерно в 2—4 раза.

Применять обычные методы устройства набивных свай с термоуширенной пятой не удалось из-за высокой прочности мерзлых пород.

Учитывая это, инж. И. Эпштейн (г. Норильск) предложил производить уширение свай с помощью агрегата термомеханического бурения, который был создан в Гипрорудмаше и ХАИ (см. гл. 12).

Указанный агрегат может бурить в вечномерзлых грунтах скважины глубиной до 10 м, при диаметре 0,5 с уширением 1,3 м. Средняя скорость бурения вечномерзлых крупнообломочных пород с крупными включениями составляет 12—16 м/ч, а песчаных и глинистых грунтов с линзами льда — 26 м/ч.

В комплекс работ по устройству свай входят операции термомеханического бурения скважины и уширения ее, погружение готовой сваи и последующее бетонирование уширения и зазоров между свайей и стенками скважины. Бетонирование ведут отдельным методом путем нагнетания цементного раствора под давлением до 5 ат.

Расчетная нагрузка на сваю длиной 5 м и уширением 0,8 м составляет 80 Т при «высокотемпературных» вечномерзлых и талых грунтах основания.

Предельная нагрузка на сваю этого типа достигает 150 Т, т. е. выше в 5—8 раз, чем у свай без пяты. Несущая способность свай с термоуширенной пятой в вечномерзлых «низкотемпературных» грунтах ($T_0 \leq 2^\circ \text{C}$) может превышать 200 Т.

В целом опыт устройства свай с термоуширенной пятой в Норильске расширяет область применения набивных свай смешанной конструкции.

УГБХ-150, в котором сплошная штанга сменена на полуолю для подачи глинистого раствора на буровой инструмент или расширитель.

К последующим операциям относятся: 5 — заливка в скважину глинистого раствора; 6 — бурение; 7 — доливка в скважину глини-

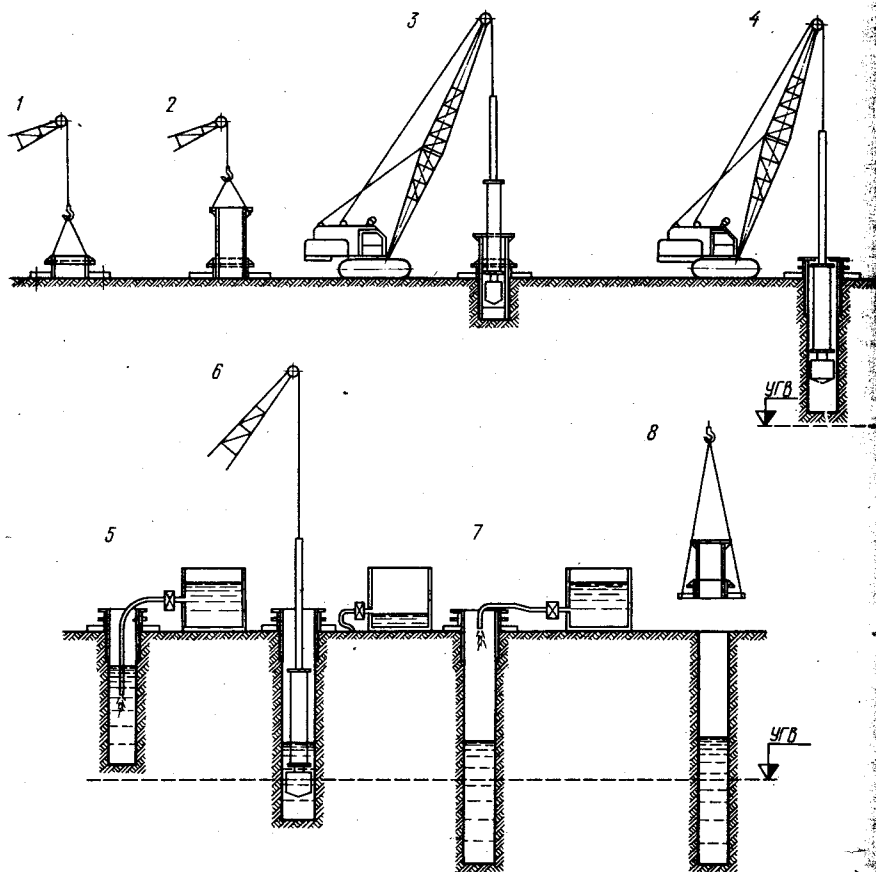


Рис. 15.2. Бурение скважин в неустойчивых грунтах под защитой глинистого раствора:

1 — установка бурового кондуктора; 2 — установка обсадного патрубка; 3 — посадка патрубка в скважину; 4 — начальный этап бурения в пределах устойчивых грунтов; 5 — заливка в скважину глинистого раствора; 6 — бурение с глинистым раствором; 7 — доливка глинистого раствора; 8 — снятие кондуктора и обсадного патрубка

стого раствора, а затем 8 — снятие кондуктора и обсадного патрубка.

Расширенные полости образуются с помощью расширителя той же конструкции, что и при уширении сухих скважин, но без бабды.

Для выполнения буровых работ на площадке необходимо та-

же иметь емкость для глинистого раствора и отстойники для отработанной пульпы.

Промывка скважин. Удаление разбуренной породы производится глинистым раствором с помощью грязевых насосов типа ГР-11 производительностью $15 \text{ м}^3/\text{ч}$. Раствор, одновременно с выносом разбуренной породы, охлаждает инструмент — долота. По окончании бурения глинистый раствор оставляют в скважине во избежание обрушения и оползания стенок. Глубину скважины контролируют при помощи специального лота с грузом весом 2—3 кг, кроме того, контролируется диаметр скважины и наличие в устье скважины обсадного патрубка; по результатам освидетельствования дается разрешение на установку армокаркаса.

Технология бетонирования свай под глинистым раствором включает следующие операции (рис. 15.3): 1 — установку обсадного патрубка; 2 — то же, арматурного каркаса; 3 — установку стакана для бункера; 4 — опускание бетонолитной трубы; 5 — закрепление бункера на ней; 6 — первый этап бетонирования скважины; 7 — продолжение бетонирования, когда нижние звенья бетонолитной трубы удалены; 8 — заполнение бетоном скважины при подъеме бункера с бетонолитной трубой; 9, 10 — удаление стакана и обсадного патрубка; 11 — установку инвентарной опалубки оголовка; 12 — бетонирование оголовка сваи; 13 — снятие опалубки с оголовка; 14 — укрытие головы свай.

Установленный в скважину каркас удерживают на обсадном патрубке в подвешенном состоянии при помощи металлических стержней.

Внутри скважины на всю ее глубину устанавливают трубу для подачи бетонной смеси. При бетонировании скважин под глинистым раствором нельзя применять телескопические бетонолитные трубы, используемые для сухих скважин. Секционные трубы должны иметь герметичные стыки.

На бетонолитной трубе закрепляют бункер, емкость которого должна быть не меньше объема бетонолитной трубы.

В устье бетонолитной трубы устанавливают съемный клапан для разделения глинистого раствора и бетонной смеси. Под клапаном устраивают пробку из металла или мешковины с опилками.

По мере заполнения скважины бетоном трубу перемещают краном вверх с таким расчетом, чтобы обеспечить непрерывность бетонирования. Уровень бетона в бетонолитной трубе во всех случаях должен быть выше уровня глинистого раствора в скважине, бетонолитную трубу нужно заглубить в бетон не менее чем на 1 м.

В процессе бетонирования глинистый раствор вытесняется бетонной смесью по затрубному пространству к устью скважины, откуда отводится по лоткам в отстойник для очистки и повторного использования. При насыщении раствора цементом его сливают в отвал.

Скорость восходящего потока глинистого раствора, равная $0,6\text{--}0,7 \text{ м/сек}$, обеспечивает вынос разбуренного грунта на поверхность.

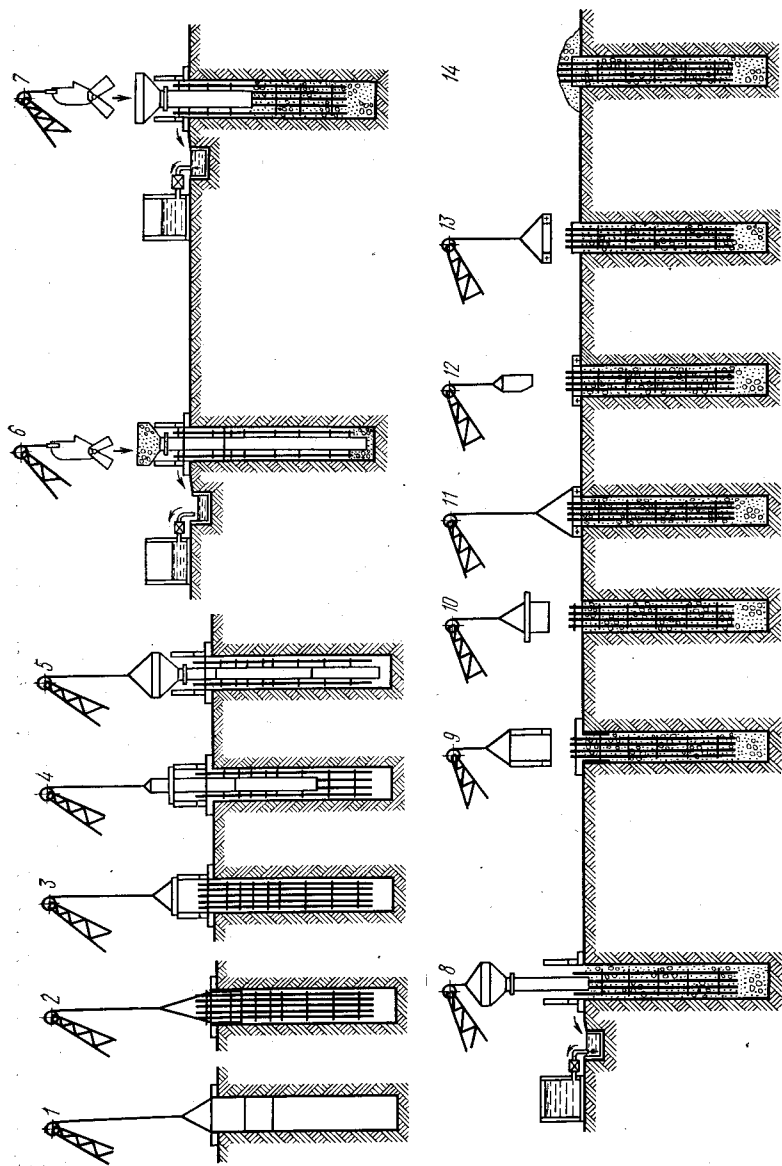


Рис. 15.3. Технологическая схема бетонирования скважины под глинистым раствором:

1 — установка обсадного патрубка; 2 — то же, арматурного каркаса; 3 — то же, стакана для бункера; 4 — опускание бетонной трубы; 5 — закрепление бункера на трубе; 6 — первый этап бетонирования; 7 — продолжение бетонирования (нижние звенья удалены); 8 — завершение бетонирования, заполнение скважины при подъеме бункера с бетонной трубой; 9, 10 — удаление стакана и обсадного патрубка; 11 — установка инвентарной опалубки оголовка сваи; 12 — бетонирование оголовка сваи; 13 — снятие опалубки с оголовка; 14 — закрытие головы сваи

Таким образом, при использовании глинистого раствора в процессе бурения и бетонирования скважин образующееся гидравлическое давление на стенки скважин устраняет возможность их обвала и оползаний; глинистые частицы закрепляют стенки; раствор выносит разбуренную породу во взвешенном состоянии на поверхность и охлаждает буровой инструмент.

Бетонирование по методу ВПТ ведут до выхода бетонной смеси на поверхность и затем удаляют загрязненный слой бетонной смеси. После удаления обсадного патрубка устанавливают опалубку и бетонируют оголовок сваи.

При выполнении работ недопустимы перерывы в бетонировании на срок, больший начала схватывания бетона, с возобновлением работ без надлежащей подготовки поверхности затвердевшего бетона и удаления стувившегося глинистого раствора.

Перерывы на срок, меньший начала схватывания цемента без выемки трубы, не препятствуют продолжению работ, но перед последующим бетонированием скважины необходимо обеспечить циркуляцию глинистого раствора, например, прямой промывкой через трубу, опущенную до забоя. Циркуляция необходима для взвешивания глинистых частиц, выпадающих в осадок на дно и уменьшающих вертикальные и горизонтальные размеры уширения, а также создающих нежелательную прослойку между подошвой уширения сваи и материковым грунтом, на который она должна быть посажена.

Для облегчения бетонирования скважин бурение их следует вести с промывкой более легким и менее вязким раствором, какой допустим для данных горных пород, а в отдельных случаях даже водой.

В табл. 15.1 приведены рекомендуемые параметры глинистых растворов для различных грунтов.

Таблица 15.1

Параметры глинистого раствора для различных грунтов

| Показатели раствора | Бурение в на- носах с обра- зованием об- валов и по- глощением раствора | Бурение в глинистых пластах слабо- пористых по- род | Бурение по- рыхлых пород, способных частично по- глощать раствор | Бурение по- рыхлых и тре- щинчатых пород |
|---|--|---|---|---|
| Удельная масса, $г/см^3$ | 1,2—1,22 | 1,1—1,15 | Не более 1,25 | Не более 1,25 |
| Вязкость по СМВ № 5, сек | 25—30 | 18—20 | От 25 до 45 сек | От 45 сек До консис- тенции «не течет» |
| Песок, % | Не более 4 | Не более 2 | Не более 4 | Не более |
| Суточный отстой, % | 0—2 | 2—3 | » » 2 | 0—1 |
| Коэффициент фильтрации за 30 мин, $см^3$ | 20—30 | 45 | 20—25 | Не более |

При работе раздельным способом указанный тип свай выполняют два звена: первое состоит из двух бурильщиков и моториста дизелиста, второе — из крановщика и двух бетонщиков.

Работы выполняют в 2—3 смены, а в зимнее время, во избежание непроизводительных простоев ввиду застывания смазки бурового инструмента, следует организовать три смены.

При бурении применяется примерно та же организация труда, что и при сухом способе устройства свай.

Для выполнения работ применяют комплект механизмов, оборудования, инструмента и инвентаря, примерный перечень которых приведен в табл. 15.2.

Таблица 15

Комплект оборудования для устройства свай под глиняным раствором

| Наименование механизмов | Марка | Количество |
|---|-------------------------|------------|
| Буровой агрегат | СО-2 или УРБ-ЗАМ | 1 |
| Кран грузоподъемностью 15 Т | | 1 |
| Насосная установка производительностью до 16 м ³ /ч | ГР-11, ГР-16 (грязевой) | 1 |
| Глиномешалка емкостью 0,25 м ³ , производительностью 6 м ³ /ч | | 1 |
| Расширитель без бады $d=1200$ мм или 1600 мм | | 1 |
| Буровой инструмент — набор штанг, долот трехперых (шарошка) $d=400-800$ мм | | 1 |
| Площадочный вибратор | | 1 |
| Глубинный вибратор | | 1 |
| Вибробадья емкостью 2 м ³ с сегментным затвором | | 1 |
| Понижающий трансформатор 380/220/36 в | | 2 |
| Труба бетонолитная с вибробункером и клапаном для опускания бетона | | 1 |
| Шланги резиновые $d=50$ и 36 мм | | 60 м |
| Инструмент измерительный | | 1 комплект |

2. Глубокие фундаменты из буровых опор

Так называемые глубокие буровые опоры представляют собой один из видов набивных свай. Такие опоры можно сооружать и под защитой обсадной трубы, так и под глинистым раствором избыточным давлением воды в скважине. Скважину можно заплотить также секционными железобетонными трубами-оболочками.

Буровые опоры применимы в любых геологических условиях, а высокая степень механизации работ при устройстве буровых опор позволяет значительно сократить сроки их возведения и стоимость.

При помощи буровых опор нагрузки от сооружений передаются на прочные грунты, залегающие на глубине до 60 м. Роторы

бурения скважин ведут на требуемую глубину без обсадных труб, с промывкой глинистым раствором. Затем скважины заполняют бетоном (без удаления глинистого раствора) методом подводного бетонирования (метод ВПТ).

Предложения по применению таких свай-опор были высказаны почти одновременно Н. А. Рождественским, М. Г. Ефремовым и С. А. Тер-Галустовым в НИИ оснований и фундаментов (1953 г.) и проф. Е. Л. Хлебниковым в ЦНИИС МПС (1954 г.).

Агрегаты позволяют механизировать все процессы работ по бурению и бетонированию скважин.

Агрегат системы ЦНИИС состоит из бурового механизма (фрезы, стойки с раскрывающимися ножами, буровой колонны, подвешивающейся траверсы), ротора-вращателя и вышки (рис. 15.4).

Буровой механизм, подвешенный за нижнюю часть к вышке при помощи траверсы-вертлюга, опускают в скважину или оболочку. По мере разработки грунта буровую колонну наращивают. Грунт разрабатывают отдельными проходками. После очередного заполнения фрезы разбуренным грунтом буровой механизм извлекают и грунт выгружают из фрезы в самопрокидывающуюся вагонетку.

Буровой уширитель системы ЦНИИСа предназначен для устройства в основании свай диаметром 1,6, 2,0 и 3,0 м, уширений диаметром до 2,5, 4,0 и 5,0 м. Этот уширитель можно применять в любых грунтах, кроме скальных и включающих крупные валуны. Уширителем можно разрабатывать связные грунты в сваях-оболочках и извлекать разбуренный грунт из них.

Для устройства уширения ниже оболочки пробуривают шахту, а затем при помощи раскрывающихся ножей ее расширяют до требуемого диаметра. Операции выполняют также отдельными этапами (в среднем 3—4 этапа) с периодической разгрузкой фрезы по мере заполнения ее грунтом.

Уширитель обслуживает звено из четырех человек. Заполняют уширение бетонной смесью способом вертикально перемешиваемых труб. Технические характеристики уширителя для свай диаметром 2 м приведены ниже:

| | |
|--|----------------|
| Максимальный диаметр уширения, м | 4 |
| Максимальная глубина уширения, м | 40 |
| Максимальный наклон оболочек | 1:8 |
| Производительность установки, уширений | 1 за 2—4 смены |
| Привод открывания ножей | гидравлический |
| Максимальное давление в гидросистеме, мм | 150 |
| Максимальный угол наклона раскрытых ножей к горизонту, град | 40 |
| Крутящий момент ротора, Т·м | 30,5 |
| Число оборотов ротора в минуту | 5 |
| Мощность электромоторов ротора, квт | 28 |
| Высота вышки, м | 12,5 |
| Вес вышки со смонтированным на ней оборудованием (перемещаемый с оболочки на оболочку блок), т | 15 |
| То же, без основного оборудования, т | 6 |
| Мощность электромоторов двух лебедок вышки, квт | 32 |

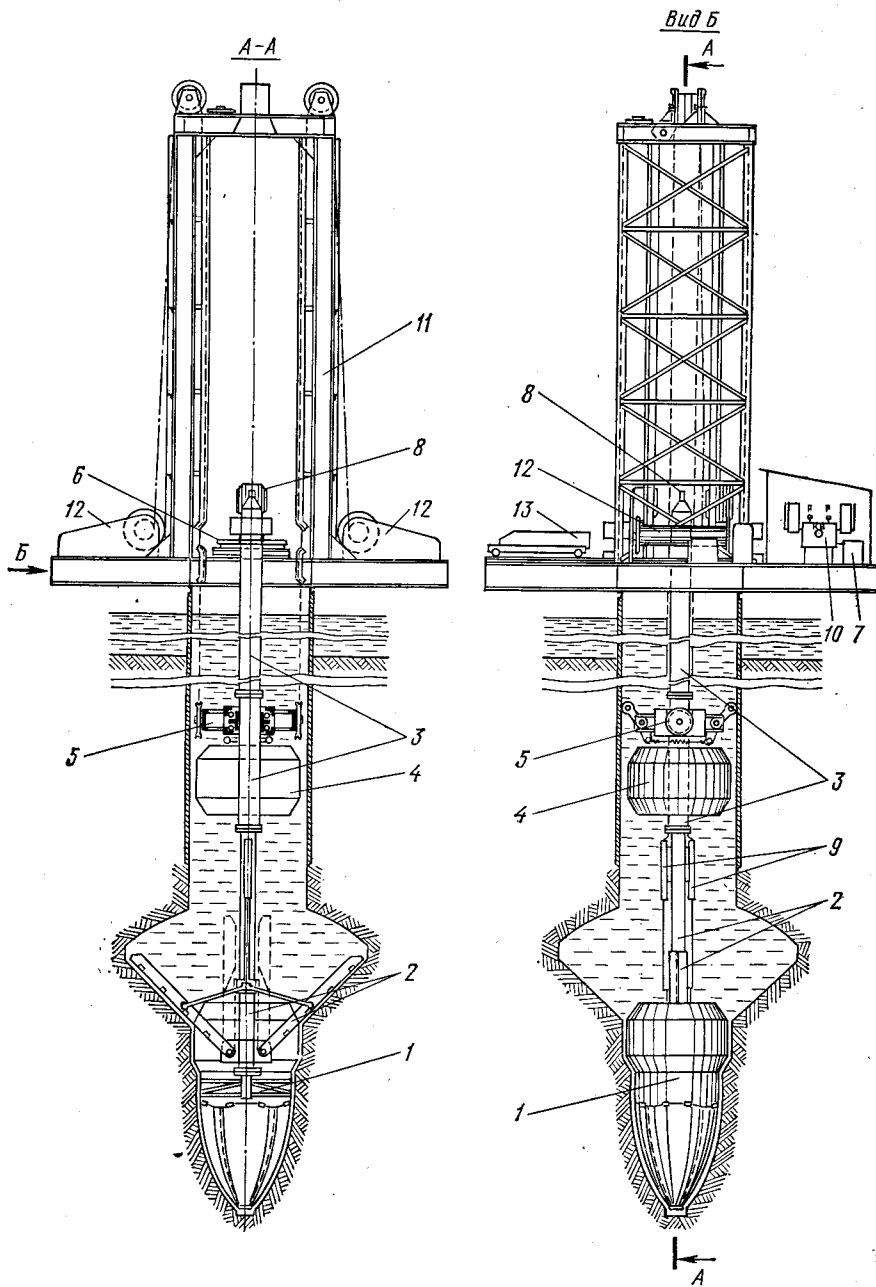


Рис. 15.4. Схема бурового агрегата системы ЦНИИСа:

1 — фреза; 2 — стойка с раскрывающимися ножами; 3 — буровая колонна; 4 — цилиндрический направляющий барабан; 5 — траверса; 6 — ротор; 7 — гидравлический насос высокого давления; 8 — шарнирный распределитель; 9 — гидравлические цилиндры; 10 — пульт управления; 11 — вышка; 12 — лебедки; 13 — опрокидывающаяся вагонетка

Последовательность изготовления свай показана на рис. 15.5. Глинистый раствор в процессе бурения подается по шлангам к забою скважины. Породу при несвязных грунтах удаляют эрлифтом, расположенным у основания ножей. Связные грунты разра-

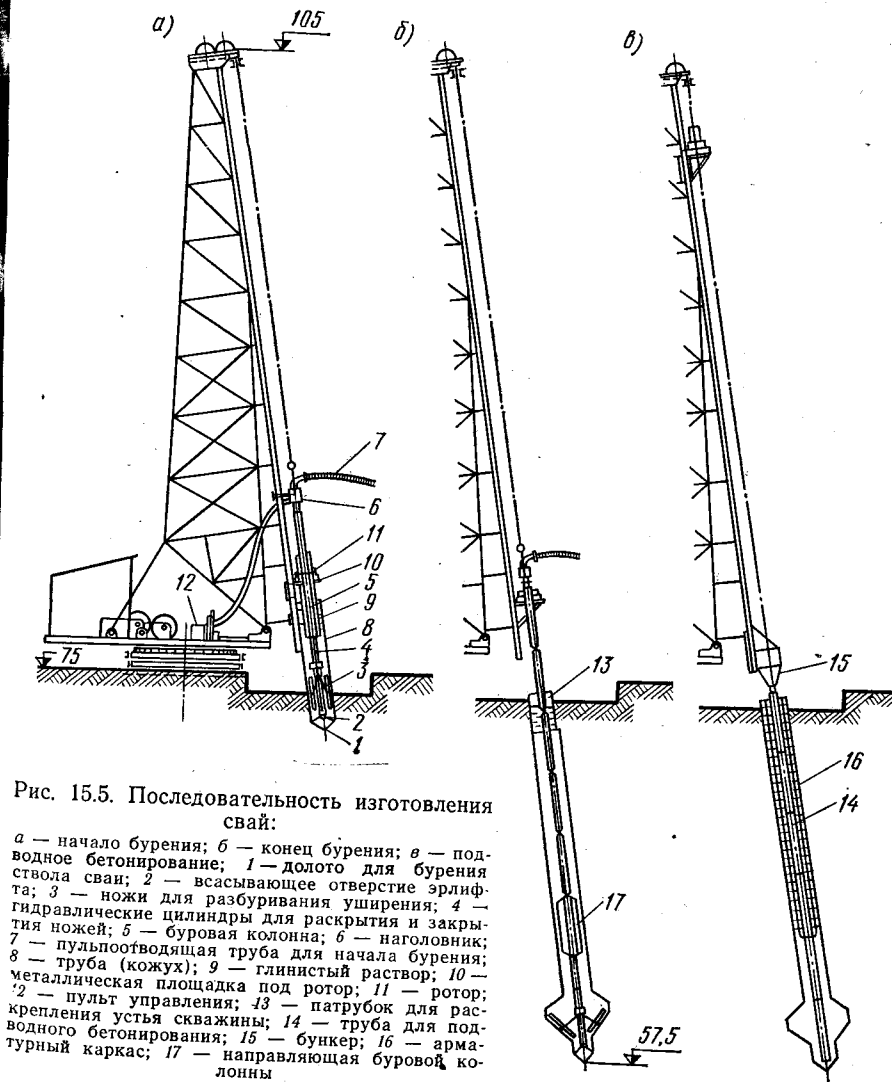


Рис. 15.5. Последовательность изготовления свай:

а — начало бурения; б — конец бурения; в — подводное бетонирование; 1 — долото для бурения ствола свай; 2 — всасывающее отверстие эрлифта; 3 — ножи для разрушения ушерения; 4 — гидравлические цилиндры для раскрытия и закрытия ножей; 5 — буровая колонна; 6 — наголовник; 7 — пульпоотводящая труба для начала бурения; 8 — труба (кожух); 9 — глинистый раствор; 10 — металлическая площадка под ротор; 11 — ротор; 12 — пульт управления; 13 — патрубок для раскрепления устья скважины; 14 — труба для подводного бетонирования; 15 — бункер; 16 — арматурный каркас; 17 — направляющая буровой колонны

батывают специальной фрезой грейферного типа, которую периодически вместе со всей буровой колонкой поднимают и очищают от грунта.

Вид свай, извлеченной из грунта, показан на рис. 15.6.

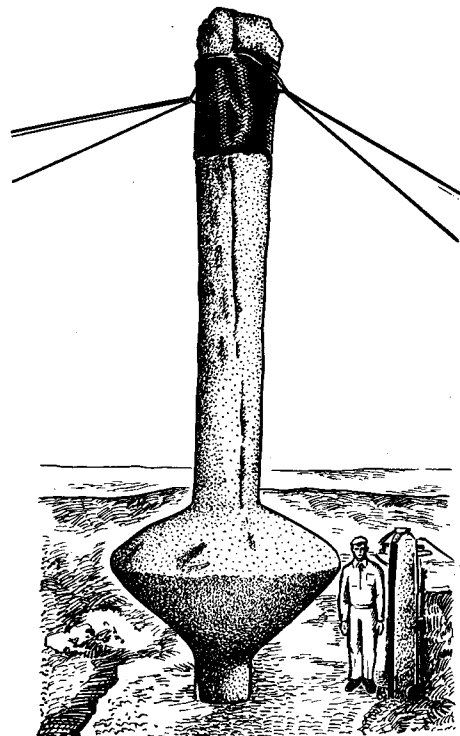


Рис. 15.6. Бурунабивная свая, извлеченная на поверхность

Описанный способ успешно применяется при сооружении глубоких опор, главным образом, в мостостроении.

Пример устройства устоя моста на глубоких опорах с уширенной пятой показан на рис. 15.7.

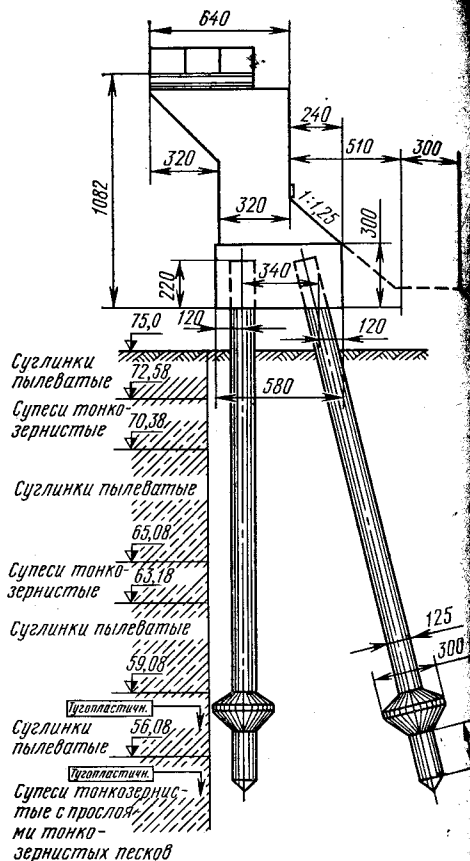


Рис. 15.7. Устой моста на буровых сваях уширенной пятой

ГЛАВА 16. НАБИВНЫЕ СВАИ В СКВАЖИНАХ, ОБРАЗОВАННЫХ ЗАБИВКОЙ СЕРДЕЧНИКОВ ИЛИ ОБОЛОЧЕК

1. Сваи в скважинах, образованных забивкой сердечников

Типичной формой набивной сваи без оболочки является свая системы «Компрессоль», предложенная французским инженером Дюлаком в 1900 г.

Последовательность изготовления свай (рис. 16.1) состоит из указанных ниже трех операций:

I. Тяжелая чугунная баба в виде конуса, падая с высоты, пробивает в грунте отверстие диаметром, несколько превышающим наибольшее ее сечение.

II. Полученную скважину заполняют бетоном, щебнем или песком (иногда предварительно подсыпается слой щебня) и ведут трамбование трамбовкой стрельчатой формы. В результате этого уплотняется основание, уширяется опорная часть сваи и ствола.

III. Уплотнение бетона в верхней части свай заканчивают трамбованием плоской трамбовкой.

Сваи «Компрессоль» применялись в зарубежной и отечественной практике (для фундаментов коксовых батарей в Новокузнецке) в связных грунтах, способных сохранять вертикальные откосы скважины.

К описанному типу набивных свай относятся заливные сваи, изготовленные по технологии, предложенной инженером В. Пангаевым в 1967 г. (трест «Новосибирскцелинстрой-1»).

Скважины получают передвижной копровой установкой на автокране К-61 с дизель-молотом С-222. Последовательность устройства свай показана на рис. 16.2.

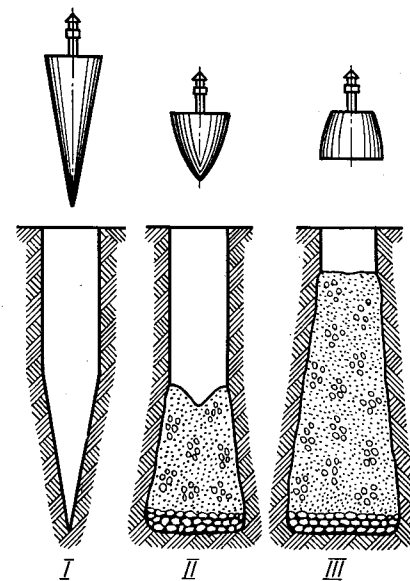


Рис. 16.1. Схема изготовления свай системы «Компрессоль»

При помощи лидера пробивают скважину диаметром 36 см и глубиной 2—3 м (поз. 1). Затем рабочий орган извлекают на поверхность и на его наконечник надевают уширитель, с которым его погружают в скважину. Уширитель представляет собой отрезок трубы, имеющий в верхней части упорный стакан, а в нижней — плоское днище. К днищу уширителя шарнирно прикреплены две плиты, которые могут поворачиваться вверх до упора в днище.

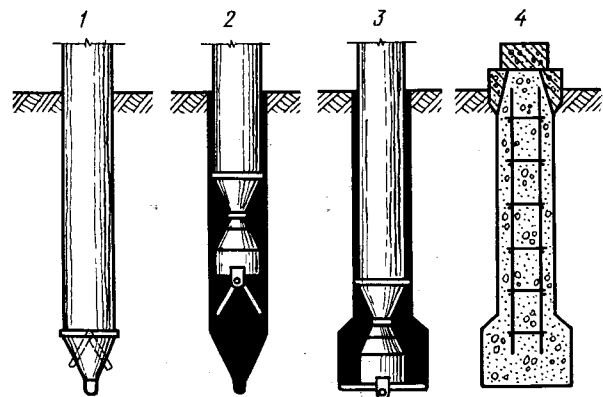


Рис. 16.2. Технологическая схема сооружения заливных свай в вытрамбованных скважинах

При погружении плиты принимают полураскрытое положение 2 и не касаются стенок скважины (поз. 2).

Плиты уширителя раскрываются при соприкосновении с дном скважины. При этом в работу включается дизель-молот и лидер погружается еще на 0,6—0,7 м. В результате площадь основания скважины увеличивается (поз. 3). После извлечения уширителя скважина заполняется бетонной смесью или раствором (поз. 4).

Статическими испытаниями установлено, что расчетная нагрузка на заливную сваю $d=36$ см длиной 2,5—3 м в грунтах тугопластичной и твердой консистенции колеблется в пределах 15—25 Т без уширения и до 35 Т — с уширением.

На разработку одной скважины с уширением основания уходит 10—12 мин в талых грунтах и 20—30 мин — в мерзлых.

Для жилых двухэтажных домов и животноводческих помещений сваи располагают в один ряд по контуру стен. По сваям сооружается монолитный железобетонный или сборный ростверк из несущих перемычек высотой 22 см с закладными деталями для сварки их между собой.

При устройстве сборного ростверка на сваи надеваются оголовки стаканного типа, по которым укладывают балки ростверка.

Шаг свай под двухэтажные жилые дома принимают 1,5—2 м (всего их требуется 72—82 шт.). В животноводческих помещениях шаг свай составляет 3—6 м.

В 1967—1968 гг. в Новосибирской области на таких сваях были возведены 12 жилых домов, птичник и свиноферма на 800 голов. Экономический эффект от внедрения свай на этих объектах достиг 58 тыс. руб., причем в 4—5 раз снижен расход бетона.

Метод устройства коротких конических свай в вытрамбованном ложе, по предложению инж. С. А. Зац и А. И. Работникова, отличается от изложенных выше применением вибродавливания.

Технология устройства таких свай сводится к выполнению следующих операций: 1 — навеска лидера на вибросваевдавливатель агрегат типа ВВПС-20/11 или ВВПС-32/19 (рис. 16.3); 2 — выштампованное ложе образуется в грунте при помощи лидера усилием вибратора и тяговой лебедки агрегата; 3 — бетонирование свай; 4 — установка армокаркаса.

Исследованиями, проведенными на лёссовидных грунтах I типа по просадочности, определены следующие оптимальные размеры конической сваи под нагрузку 40—50 Т при осадке порядка 4 см:

| | |
|--------------------------------------|-----|
| Диаметр оголовка, см | 80 |
| Высота конической части, м | 2,2 |
| Угол конусности, град | 21 |

При погружении штампа эффект уплотнения околосвайной зоны зависит от влажности грунта. При консистенции ниже 0,4 основание увлажняется до 18%. Затем, работая только тяговой лебедкой без вибратора, продавливают гнезда и заливают их водой. Через 12—24 ч ложе выштамповывают до проектной отметки. Все работы выполняет звено, состоящее из машиниста установки и 2—3 бетонщиков. Сменная производительность звена — 16—18 свай.

Несущая способность конических свай, составляющая 110—150 т на 1 м³ бетона, является весьма высоким показателем. Внедрение таких свай на одном промышленном объекте снизило стоимость фундаментов на 70%, а на строительстве 9-этажного жилого дома — на 50%.

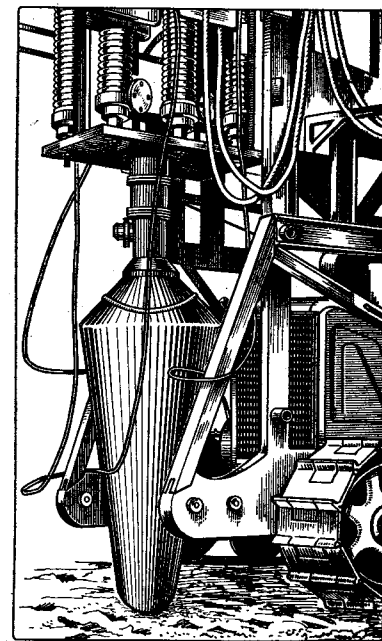


Рис. 16.3. Агрегат ВВПС-20/11 с навешенным конусом.

Таблица 16.1

Технологическая карта трамбования котлована и бетонирования столбчатых фундаментов

| Состав бригады | Разряды | | | | | | Всего |
|----------------|---------|---|---|---|---|---|-------|
| | 2 | 4 | 5 | 6 | 6 | 6 | |
| Машинист | — | — | 1 | — | — | — | 2 |
| Пом. машиниста | — | — | 1 | — | — | — | 1 |
| Геодезист | 1 | 1 | — | — | — | — | 2 |
| Такелажник | 3 | — | — | — | — | — | 3 |
| Землекоп | 2 | — | — | — | — | — | 2 |
| Плотник | 2 | — | — | — | — | — | 2 |
| Арматурщик | 1 | — | — | — | — | — | 1 |
| Бетонщик | 2 | 1 | — | — | — | — | 3 |
| Итого | 11 | 2 | 2 | 1 | 1 | — | 16 |

Технико-экономические показатели

Затраты труда на 1 м³ фундамента 0,49 чел-дн
 Сметная стоимость 2,55 тыс. руб.
 Выработка на одного человека в день 47,5 руб.
 Стоймость машинно-смены 274 руб.

Машины, оборудование, инструмент, инвентарь и приспособления

Кран-экскаватор с навесным оборудованием 1 Лопата совковая 3
 Кран гусеничный Э-505 1 Лопата штыковая 2
 Бадья емкостью 1,2 м³ 4 Инвентарная опалубка 4
 Вибратор глубинный 2 Основные материалы и полуфабрикаты
 Теодолит 1
 Нивелир 1 Сетка ячейки 110×110 мм
 Лента стальная длиной 20 м 1 из проволоки А1 ди-
 Рулетка двухметровая 1 аметром 10 мм 165 шт.
 Метр складной 2 Бетон товарный марки 111

Схема производства работ

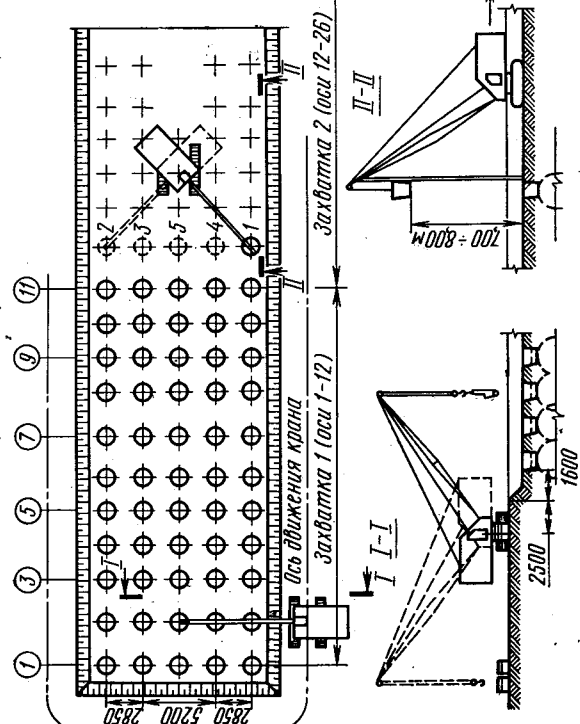


График устройства фундаментов для 90-квартирного дома

| Наименование работ | Объем | | Затраты труда, чел-дн | Состав бригады | Профессия | количество рабочих | Продолжительность работ, смен | Смены | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|------------|-----------------------|---|-------------|--------------------|-------------------------------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|--|--|--|--|
| | единица измерения | количество | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | | | |
| Разбивка осей здания и фундамента | шт. | 165 | 6 | Геодезист 4-го разряда Геодезист 2-го разряда | 1 1 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Вытрамбовка котлована краном-экскаватором | шт. | 165 | 12 | Машинист 6-го разряда Пом. машиниста 5-го разряда | 1 1 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Защитка котлована вручную, откидка грунта на бровку | м³ | 20,6 | 8 | Землекоп 2-го разряда | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Установка арматуры | шт. | 165 | 3 | Арматурщик 2-го разряда | 1 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Установка и разборка инвентарной опалубки | шт. | 165 | 6 | Плотник 2-го разряда | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Укладка бетонной смеси в конструкцию, подача к месту укладки краном Э-505, уплотнение вибратором | м³ | 111 | 21 | Машинист 5-го разряда Такелажник 2-го разряда Бетонщик 2-го разряда | 1 3 2 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | |

Продолжение табл. 16.1

Итого 56

Таблица 16.2

Технико-экономические показатели воздействия подземной части домов серии I-464А с техническим подпольем (данные В. И. Крутова и Ю. В. Власова)

| № варианта | Характеристика вариантов | Стоимость, руб. | Затраты труда, чел.-дн. | Расход | |
|------------|---|-----------------|-------------------------|-----------|------------------------|
| | | | | стали, кг | бетона, м ³ |
| 1 | Сборные столбчатые фундаменты | 7,66 | 0,132 | 7,13 | 0,096 |
| | | 100* | 100 | 100 | 100 |
| 2 | Сборные фундаменты на уплотненном основании | 9,42 | 0,184 | 3,09 | 0,109 |
| | | 123* | 139 | 43,3 | 113,5 |
| 3 | Монолитные фундаменты на грунтовой подушке | 9,35 | 0,243 | 3,75 | 0,137 |
| | | 122 | 184 | 52,6 | 142,5 |
| 4 | Сборные фундаменты на грунтовой подушке | 10,50 | 0,184 | 3,09 | 0,109 |
| | | 137 | 139 | 43,3 | 113,5 |
| 5 | Свайные фундаменты при семи сваях L=8—9 м на поперечной оси | 10,45 | 0,139 | 10,6 | 0,152 |
| | | 136,5 | 181 | 149 | 158 |
| 6 | Сплошная железобетонная плита | 12,7 | 0,240 | 10,84 | 0,228 |
| | | 165 | 181 | 152 | 248 |
| 7 | Монолитные столбчатые фундаменты | 8,78 | 0,245 | 5,54 | 0,164 |
| | | 114,5 | 186 | 77,6 | 171 |

* Внизу указана стоимость устройства фундаментов и другие показатели в процентах по отношению к столбчатым. Показатели даны на 1 м² жилой площади.

Эффективно также применение столбчатых фундаментов под каркасные здания на просадочных грунтах при нагрузке на опору до 80—90 Т.

3. Грунтовые и песчаные сваи

Один из распространенных способов глубинного уплотнения просадочных и макропористых лёссовых грунтов при помощи грунтовых набивных свай разработан Ю. М. Абелевым.

Этот способ целесообразно применять для маловлажных и очень влажных грунтов (степень влажности 0,8), с толщиной слоя макропористого просадочного грунта в основании от 5 до 18 м. При большей толщине слоя целесообразность уплотнения устанавливается на основе опытных работ.

Метод основан на том, что при механическом трамбовании природная макропористая структура полностью разрушается и уплотненный грунт теряет просадочные свойства. Одновременно вследствие вытеснения грунта в стороны при проходке скважины и набивке ее грунтом происходит уплотнение грунта вокруг свай.

Скважины, заполненные уплотненным грунтом, условно называют грунтовыми сваями.

Глубинное уплотнение грунта проектируют из расчета достижения им плотности в основании, соответствующей среднему объему веса скелета грунта 1,65 т/м³. Для устройства противодиффузионных завес величина уплотнения грунта в свае должна составлять 1,75 т/м³.

С учетом этого в проекте устанавливаются диаметр скважин и соответствующие расстояния между ними.

Рабочий проект глубинного уплотнения грунта состоит из плана свайного поля с указанием отметок заложения фундамента, свай и рабочего горизонта; геологической характеристики участка; объемов грунта на уплотняемое основание (в т) и задания по достижению объемного веса скелета грунта в теле свай и уплотняемом массиве.

Перед разбивкой сетки расположения скважин по результатам устройства пробных свай отбирают пробы грунта и вносят необходимые коррективы для достижения проектной плотности грунта.

Скважины образуют бурением, пробивкой лидером или при помощи взрывов цепных зарядов с предварительным устройством шпуров.

Для получения скважин применяют станки ударно-канатного бурения, БС-1 (рис. 16.5 и табл. 16.3) или другой станочный механизм, позволяющий работать со снарядом весом не менее 3 Т.

Сначала скважины пробивают через одну и после набивки их грунтом образуют пропущенные.

Для пробивки скважин используют специальный снаряд, состоящий из штанги с наконечником (рис. 16.6) и направляющего цилиндра-кондуктора. При выполнении работ необходимо установить контроль за точным соблюдением расположения свай в плане и за соответствием диаметров кондуктора и наконечника.

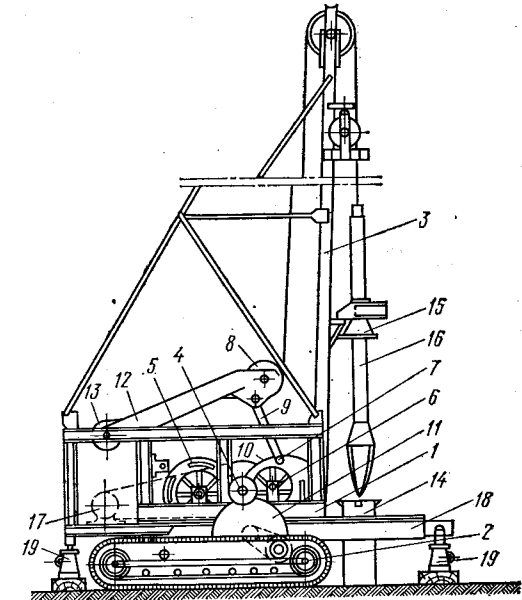


Рис. 16.5. Схема станка ударно-канатного бурения типа БС-С, приспособленного для работ по глубинному уплотнению:

1 — рама; 2 — гусеничный ход; 3 — мачта с головным блоком; 4 — главный вал; 5 — инструментальный барабан; 6 — желоночная лебедка; 7 — шатун; 8 — палец кривошипа; 9 — оттяжной блок; 10 — ударная балка; 11 — направляющий блок; 12 — ударный снаряд; 13 — цилиндр-кондуктор; 14 — колокол; 15 — ударный снаряд; 17 — электродвигатель; 18 — рабочая площадка; 19 — домкраты

Таблица 16.3

Техническая характеристика станка типа БС-1

| Параметры | Показатели |
|---|------------|
| Глубина уплотнения, м | 18 |
| Вес ударного снаряда с наконечником, Т | 3,2 |
| Высота подъема ударного снаряда над забоем, м | 0,94—1,1 |
| Число ударов о забой скважины в 1 мин | 44—52 |
| Производительность, м/ч: — скорость проходки скважины в грунте | 12—20 |
| — скорость набивки скважин грунтом | 25 |

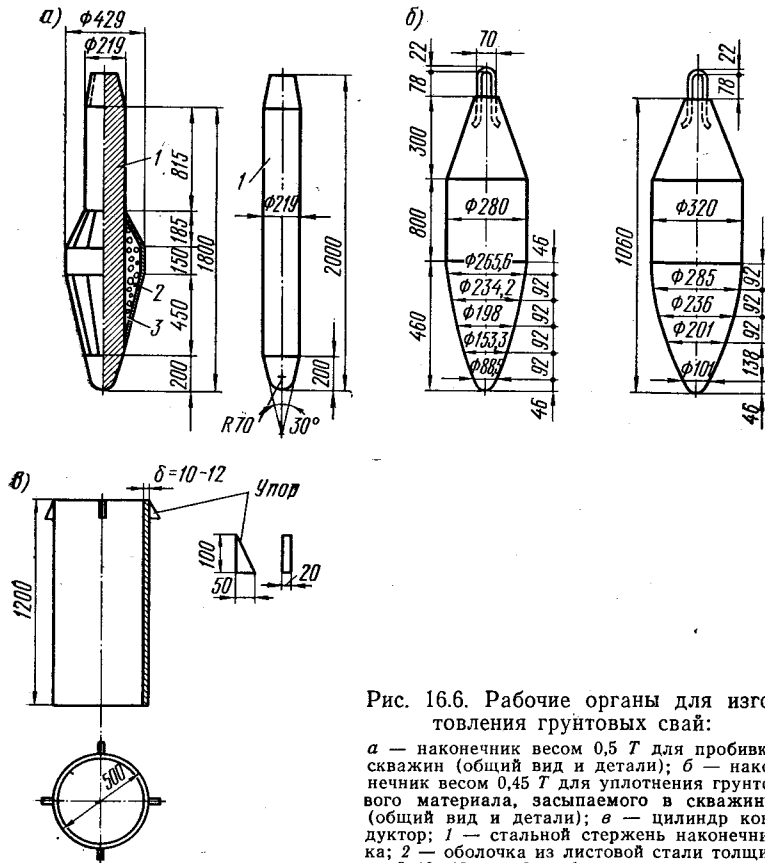


Рис. 16.6. Рабочие органы для изготовления грунтовых свай:

a — наконечник весом 0,5 Т для пробивки скважин (общий вид и детали); *b* — наконечник весом 0,45 Т для уплотнения грунтового материала, засыпаемого в скважину (общий вид и детали); *c* — цилиндр кондуктор; 1 — стальной стержень наконечника; 2 — оболочка из листовой стали толщиной 10—12 мм; 3 — бетонное заполнение

Способ образования скважин с одновременным уплотнением грунта основан на использовании энергии взрыва. При этом выполняют следующие три основные операции: делают лидерные шпур диаметром 75 мм, закладывают в шпур цепные заряды ВВ и производят взрыв.

Для обеспечения вертикальности шпуров используют кондуктор или направляющие.

Для изготовления патронов применяют аммонит № 9 или № 10, набиваемый в патрон $d=42-45$ мм с весом ВВ 50 г.

Количество патронов на 1 м шпура определяют с учетом глинистости грунта, характеризуемой числом пластичности, и уточняют опытными взрывами. На 1 м скважины требуется от 5 до 10 патронов.

Патроны размещают равномерно в пределах каждого однородного слоя, прикрепляя их к шпагату или вязальной проволоке. Цепочку зарядов фиксируют строго по центру скважины (рис. 16.7). Взрыв производится при помощи детонирующего шнура. В результате взрыва получается цилиндрическая скважина, со стенками, имеющими гофрированную поверхность, вокруг которой образуется зона уплотненного грунта.

Качественное выполнение скважины взрывным методом возможно лишь при оптимальной влажности грунта. При меньшей влажности переуплотненный грунт может отслоиться от стенки скважины, если же природная влажность грунта меньше оптимальной, необходимо искусственно увлажнить его. В этом случае нужно определить природную влажность грунта и рассчитать потребное количество воды.

Грунт укладывают в скважины послойно дозами из расчета заполнения скважины за один раз рыхлым материалом на высоту, равную 2,5 ее диаметра.

Уплотнение засыпаемого материала производят только станками ударно-канатного бурения, позволяющими работать со снарядом весом не менее 1 Т.

Грунтовыми материалами могут служить супеси и суглинки, имеющие влажность в пределах от 2 до 6% от оптимальной.

Число ударов определяют из расчета 100 Т·м на 1 т трамбуемого грунтового материала, подлежащего уплотнению до объемной массы скелета грунта 1,75 т/м³. Набивку скважины грунтовым материалом ведут до ее окончания.

Пооперационный контроль качества выполнения грунтовых свай осуществляет лицо, ответственное за ведение журнала работ, а выборочный — технадзор заказчика и автор проекта.

Качество уплотнения контролируется лабораторией строительной организации.

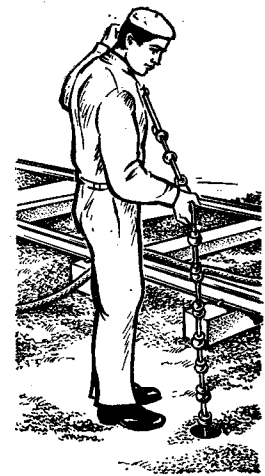


Рис. 16.7. Опускание цепного заряда в скважину

Акт на скрытые работы по глубинному уплотнению составляю после осмотра котлована, отрытого до отметки заложения фундамента, представителями организации, выполняющей уплотнение, генподрядчика, заказчика и авторского надзора.

4. Сваи с забивной оболочкой, извлекаемой из грунта

Сваи «Симплекс» (конструктор Франк Шуман) были применены впервые в США в 1903 г. На рис. 16.8, а показана последовательность работ по изготовлению этой сваи. Цифрой I обозначена толстостенная обсадная труба диаметром 40 см с литым чугунным башмаком, забиваемая в грунт паровым копром; II — подача бетонной смеси в обсадную трубу при помощи бабды со створчатым днищем, порционно подается бетонная смесь; III — трамбование бетона при помощи бабды с одновременным выдергиванием обсадной трубы; IV — окончание работ по изготовлению сваи.

В мягких грунтах вместо башмака на конце трубы закрепляют инвентарный раскрывающийся наконечник «пасть аллигатора».

Сваи «Франкиньюль», созданные во Франции (1909 г.), нашли вскоре широкое применение. Обсадная труба состоит из концентрических звеньев, вставленных друг в друга. Длина звеньев 3—6 м при диаметре 40—70 см. Специальные муфты, не мешая телескопическому передвижению звеньев, предохраняют их от разъединения.

Забивают трубу с помощью наконечника (рис. 16.8, б) со стержнем по которому, как по направляющей, ходит баба.

Процесс изготовления сваи состоит из следующих шести операций:

I и II — забивку первого и второго звеньев обсадной трубы;

III — извлечения бабды вместе с наконечником из обсадной трубы и начала бетонирования;

IV — трамбования бетона в трубе (последняя несколько поднимается вверх, а бетон, под давлением от трамбования, впрессовывается в грунт, уширяя сечение сваи). Баба ходит по направляющим проволокам, которые постепенно заделываются в бетоне, а нижнее звено обсадной трубы поднимается вверх посредством тяжелой А, нижние крючья вставлены в отверстия обсадной трубы;

V — извлечения нижнего звена обсадной трубы и начала бетонирования следующего звена.

VI — показано, что изготовление сваи закончено, и все звенья обсадной трубы извлечены из грунта.

Сваи «Харлей Эббот» отличаются от свай «Симплекс» лишь уширенным основанием. В обсадную толстостенную трубу диаметром 40 см вставляют сердечник, выступающий вниз за обсадную трубу на 1,25—1,50 м. Он имеет наверху уширенную голову, опирающуюся на обсадную трубу. Энергия удара через уширенный оголовок передается на обсадку.

На рис. 16.8, в показана последовательность операций по изготовлению сваи: I — окончание забивки сердечника; II — сердечник вынут, в трубу подана порция бетона, а труба приподнята; III — создается уширение ударами сердечника по бетону; IV — окончание бетонирования; обсадная труба извлечена.

Сваи «Макартура» без оболочки, применяемые до сих пор в США, изготавливают забивкой стальных труб диаметром 35 см вместе с наконечником. Бетонирование ведется с одновременным извлечением трубы. Сердечник с молотом, опущенный на бетон, обеспечивает плотность укладки и необходимый контакт бетона с окружающим грунтом. Уширение основания достигается трамбованием бетона. Такие сваи выполняются длиной до 18 м.

Свая «Ридлей» — смешанная сборно-монолитная конструкция, состоящая из забивной стойки-колонны и бетонной монолитной оболочки.

На рис. 16.8, г показана схема изготовления сваи «Ридлей»: I — толстостенная обсадная труба с литым башмаком и муфтой забивается в грунт; II — в обсадку подается литой бетон, в который вдавливаются железобетонная стойка; III — приподнятая оболочка освобождает часть пространства и стойка опускается на баш-

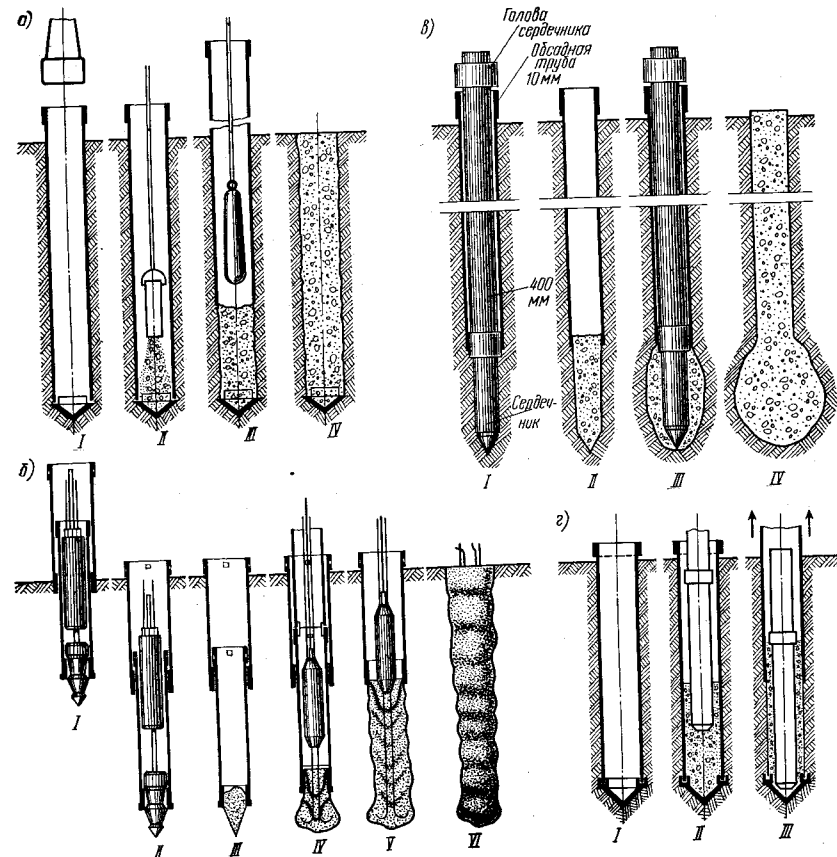


Рис. 16.8. Схемы изготовления свай с забивной оболочкой, извлекаемой из грунта:

а — сваи «Симплекс»; б — сваи «Франкиньюль»; в — сваи «Харлей Эббот»; г — сваи «Ридлей»

мак, вытесняя бетон, который распределяется по ее периметру. На стойке имеет-ся уширение, препятствующее выдавливанию бетона вверх.

На рис. 16.9 изображено приспособление Ридлея для одновременного вдавливания сборной стойки и извлечения оболочки.

Сборно-монолитная конструкция свай нередко применяется в отечественной практике при сооружении свай с механическим уширением пяты и камуфлетных.

Частотрамбованные набивные сваи. Бетонные частотрамбованные сваи относятся к группе набивных свай. При этом скважины образуют в грунте путем забивки в него обсадной трубы, свободно опертой на специальный чугунный башмак. Трубу после заполнения бетоном извлекают из грунта, а бетон, выходя из трубы вниз, заполняет скважину, образованную в грунте обсадной трубой. Набивные частотрамбованные сваи можно изготавливать армированными.

Забивают и извлекают обсадную трубу из грунта при помощи специального копра, оборудованного паровым молотом одиночного действия. Этот молот приспособлен и для трамбования бетона в скважине.

Схематически процесс изготовления набивной частотрамбованной сваи состоит из следующих восьми основных операций (рис. 16.10):

забивки обсадной трубы диаметром 40—45 см в грунт (труба при забивке свободно опирается нижним своим концом на чугунный башмак, остающийся после в грунте); установки арматурного каркаса в трубу в случае необходимости, заполнения трубы бетоном; извлечения трубы из грунта.

Бетон подают в бадьях емкостью 0,4—0,5 м³ и загружают в трубу для изготовления всей сваи или в 2—3 приема.

После загрузки каждой порции трубу извлекают на некоторую высоту. Извлекается она под действием частых ударов молота: от удара, направленного вверх, труба несколько приподнимается, а от удара, направленного вниз, она осаживается.

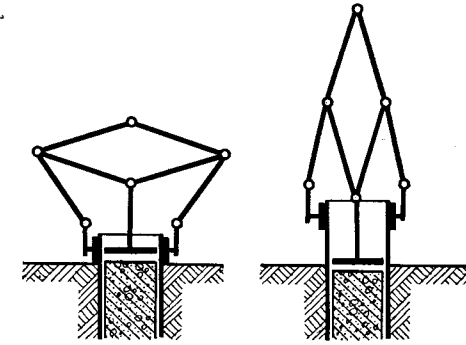


Рис. 16.9. Схема приспособления для одновременного вдавливания стойки и извлечения оболочки

Высота подъема трубы от удара молота примерно в 1,5—2 раза больше величины погружения ее от последующего удара вниз. Удары, направленные вниз, передаются через трубу на бетон, вышедший из нее под действием собственного веса в скважину, и трамбуют его, образуя волнистую поверхность, повышающую несущую способность сваи. В некоторых случаях она превосходит несущую способность обычных забивных железобетонных свай.

Для изготовления набивных частотрамбованных свай применялись копры Т-135.

Копер (рис. 16.11) состоит из следующих основных частей: опорной рамы с катками 1, башни 2, парового котла 3, паровоздушного молота 4, паровой двухбарабанной лебедки 5, обсадной трубы 6 и тяговых соединений 7.

Копер приспособлен как для забивки, так и для извлечения обсадной трубы. Он оборудован молотом одиночного действия С-276 с полуавтоматическим парораспределением. При забивке обсадной трубы 6 необходимая высота подъема молота регулируется рычагом управления выпуска пара.

В комплект копра входят обсадные трубы (рис. 16.12) диаметром 325 мм со стенкой толщиной 20 мм.

Сваи этого вида широко применялись на стройках Москвы в 1949—1957 гг., например, при строительстве здания высотной гостиницы «Ленинградская» и вы-

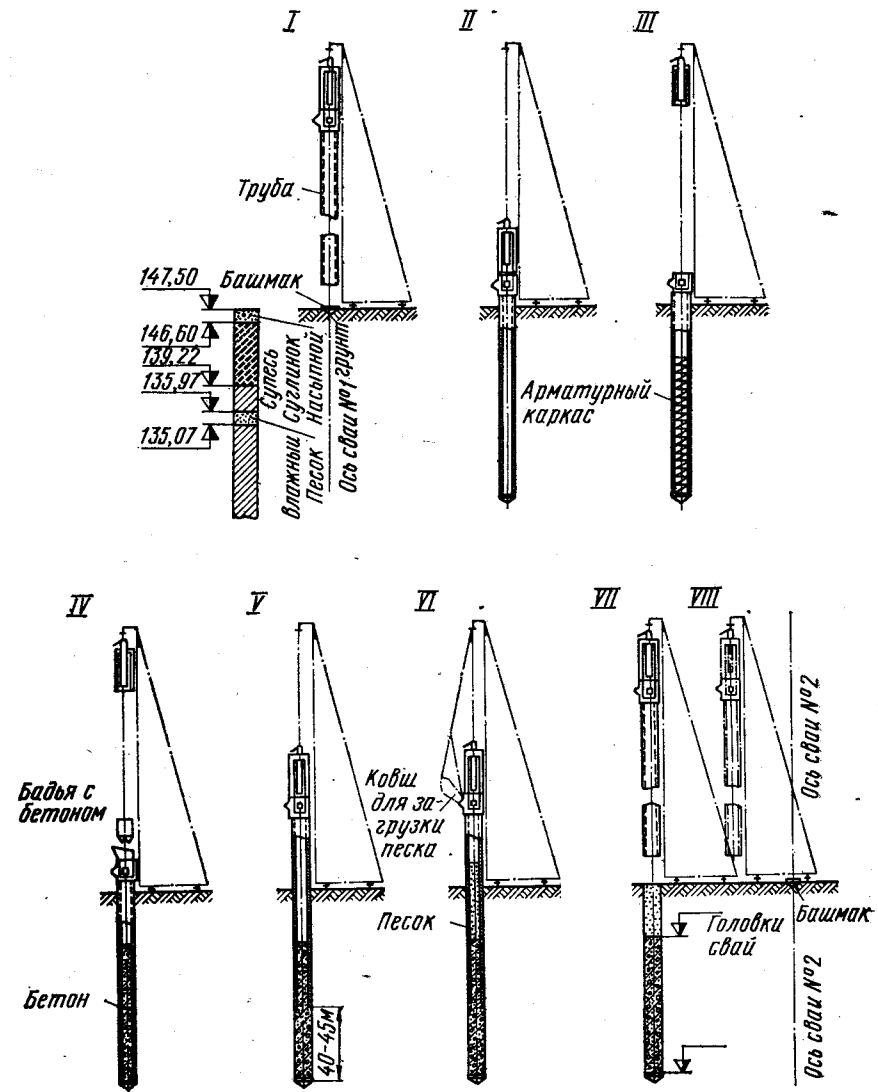


Рис. 16.10. Последовательность изготовления частотрамбованных свай:

I — установка трубы с молотом и наголовником на башмак; II — забивка трубы до проектной отметки; III — установка арматурного каркаса; IV — загрузка бетона в трубу; V — трамбование бетона и извлечение трубы на высоту 4—4,5 м; VI — загрузка песка для создания пригрузочной пробки; VII — извлечение трубы из грунта до дневной поверхности; VIII — передвижка копра к месту изготовления следующей сваи

сотного здания на Котельнической набережной, для чего было изготовлено около 4000 свай этого типа длиной от 7 до 11 м.

Производительность работ по изготовлению частотрамбованных свай на указанных объектах в отдельные дни доходила до 6 свай в смену, что соответствует примерно средней производительности копровой установки на забивке железобетонных свай.

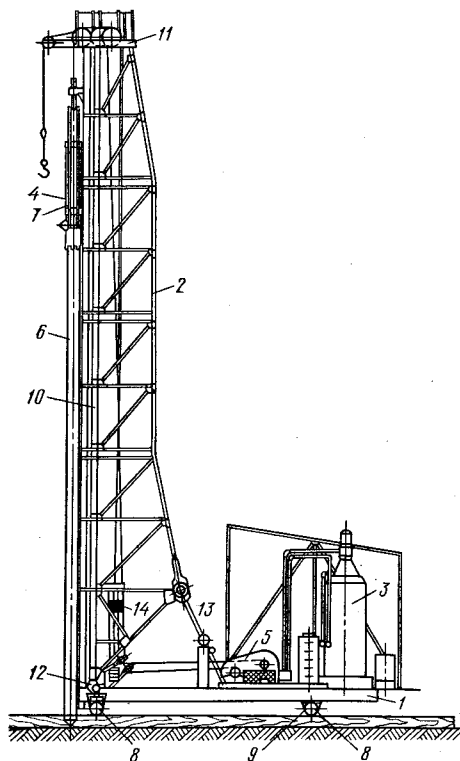


Рис. 16.11. Схема копра Т-135:

1 — опорная рама; 2 — башня; 3 — котел; 4 — молот; 5 — паровая лебедка; 6 — обсадная труба; 7 — тяговые соединения; 8 — цапфы; 9 — трубы-катки; 10 — направляющая стрела; 11 — голова; 12 — опорный шарнир; 13 — винт наклона; 14 — полиспастные блоки

Процесс изготовления свай показан на рис. 16.13.

Свай выполняют в инвентарной толстостенной обсадной трубе с помощью специального копра. Подвешенную к копру обсадную трубу устанавливают в месте изготовления свай на поверхности грунта (положение I) и заполняют на высоту 0,8—1 м жестким бетоном или сухой бетонной смесью. Затем уложенный бетон уплотняют бабой, падающей с высоты 1 м; заклиниваясь в трубе, она образует бетонную пробку (положение II). При дальнейшем трамбовании бетона пробка, тянувшая за собой обсадную трубу (положение III), вгоняется вместе с ней в грунт.

После достижения проектной отметки обсадную трубу несколько подтягивают на тросах и той же трамбовкой выбивают из нее бетонную пробку (положение IV).

Статические испытания показали высокую несущую способность этих свай, составившую 90—100 Т, при осадках, не превышающих 3 мм. Расчетная нагрузка на сваи по проекту была принята 60 Т.

Недостатком частотрамбованных свай является трудность контроля за процессом бетонирования, вследствие чего были случаи местных сужений (шеек) ствола сваи под действием подземных вод. Поэтому при изготовлении частотрамбованных свай исключительно строго должна соблюдаться и контролироваться технология производства работ.

Свай «Франки». Такие набивные сваи широко применяются в последние годы в Польше, Венгрии, Англии, Бельгии, ОРЕ и странах Латинской Америки. Строители Польши отдают предпочтение сваям системы «Франки» по сравнению с забивными. Изобретенные в 1915 г., они особенно широко применяются в ПНР с 1956 г., чему способствует выпуск оборудования (станки КРФ) и создание специализированных организаций.

При помощи копрового оборудования КРФ сваи «Франки» изготовляют диаметром до 600 мм, длиной до 20 м, с несущей способностью до 200 Т.

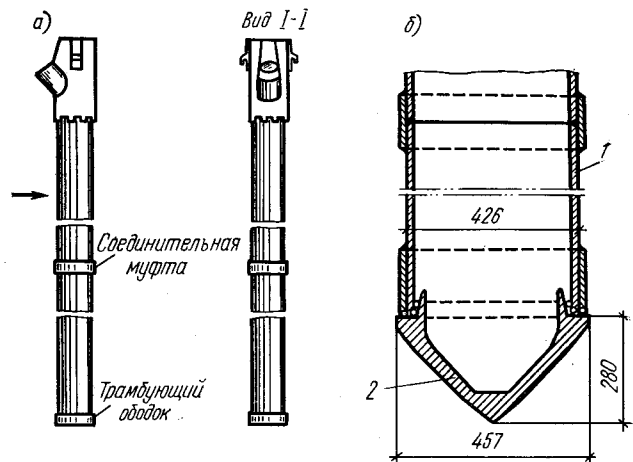


Рис. 16.12. Обсадная труба:

а — общая схема; б — нижняя часть трубы; 1 — труба; 2 — башмак

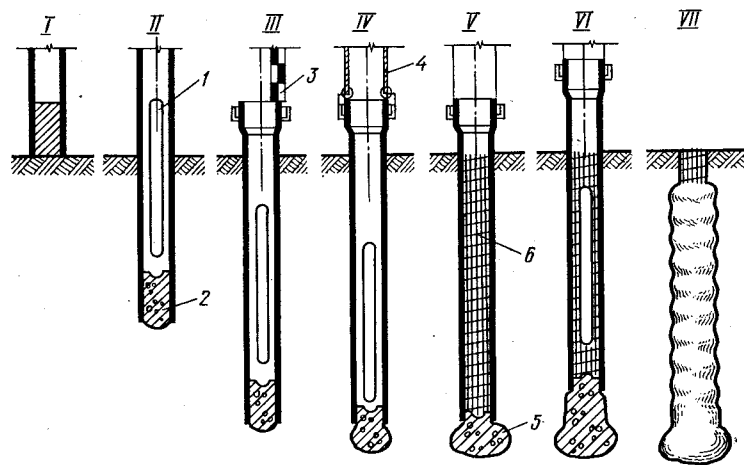


Рис. 16.13. Последовательность изготовления свай «Франки»:

I — первая стадия; II — вторая стадия; III — третья стадия; IV — четвертая стадия; V — пятая стадия; VI — шестая стадия; VII — готовая свая; 1 — молот; 2 — бетонная пробка; 3 — нивелирная рейка; 4 — канат для выдергивания обсадной трубы; 5 — ушренная пятая сваи; 6 — армированный каркас

Характеристики копров для устройства свай «Франки»

| Тип копра | Мощность двигателя, л. с. | Основной диаметр обсадной трубы | Длина обсадной трубы, м | Вес бабы, т | Число ударов бабы в 1 мин | Сила извлечения трубы, т | Тележка копра |
|-----------|---------------------------|---------------------------------|-------------------------|-------------|---------------------------|--------------------------|------------------------|
| KPF-3K | 80 | 406 | 9 | 2,5 | 8 | 50 | Шагающая |
| KPF-3S | 120 | 406 | 9 | 2,5 | 10 | 60 | Пневмокошечная |
| KPF-22S | 150 | 508 | 13 | 3 и 3,6 | 10 | 100 | Рельсовая |
| KPF-22K | 150 | 508 | 14 | 3,6 | 10 | 100 | Шагающая |
| KPF-4K | 180 | 508 | 22 | 5 | 8 | 140 | Шагающая или роликовая |

Уширенную пятю выполняют из бетонной смеси жесткой консистенции. Показателем достижения необходимого расширения пятю является объем израсходованного бетона. Площадь горизонтального сечения пятю обычно равняется двум трем сечениям обсадной трубы. В слабых грунтах пятя достигает объема нескольких кубических метров.

После установки арматурного каркаса (положение V), обсадную трубу заполняют бетоном и постепенно извлекают ее из скважины (положение VI). Последнюю стадию рассмотрим подробнее.

Процесс формирования ствола свай включает следующие операции: наполнение бабы бетоном (около 100 л); подъем бабы на 2 м; подъем бабы и засыпка бетонной смеси в обсадную трубу (высота бетонной смеси после засыпки не должна превышать 0,9 м); подъем бабы на высоту около 7 м и опускание ее для стряхивания бетона с арматурного каркаса; опускание бабы до соприкосновения с бетоном и натяжение троса; подтягивание трубы на высоту 20—30 см. Высота столба бетонной смеси в трубе после подтягивания должна составлять 20—30 см.

Расширяют ствол свай ударами бабы с высоты 100—150 см. Когда высота столба в трубе достигнет 20—30 см, трамбование прекращают до загрузки следующей порции бетона.

Все указанные операции повторяют до момента подъема обсадной трубы до контрольного знака на стреле копра. В этом случае нижний конец трубы находится на проектной отметке головы свай. Бетонирование заканчивают с таким расчетом, чтобы сформированная голова свай находилась на 10—20 см, выше проектной отметки (положение VII). Вследствие уплотнения окружающего грунта бетоном диаметр ствола свай на 10—20% превышает внутренний диаметр обсадной трубы.

Несколько отличается от описанной выше технологии изготовление свай «Вибро-Франки». Устройство этого вида свай на стадиях I—V производят по системе «Франки», после чего для извлечения обсадной трубы и формирования бетонного ствола включают вибратор.

Рис. 16.14. Копровая установка KPF-3K для устройства свай «Франки»

Свай «Франки» можно изготавливать как вертикальные, так и наклонные для чего стрела копра может изменить угол установки. Такие свай можно устраивать в любых грунтах, допускающих забивку обсадных труб с закрытым торцом.

Копры KPF выпускают в Польше различных модификаций: на автомобиле, рельсовой тележке, шагающие и др. (рис. 16.14), (табл. 16.4).

Копровая установка KPF-22S (рис. 16.14) состоит из дизельного двигателя мощностью 150 л. с., трехбарабанной лебедки, стрелы и ходовой части.

Двигатель этой установки, оборудованный разъемной муфтой, расположен на раме ходовой части. Вращающий момент от двигателя передается лебедке через редуктор и используется для привода гидравлического насоса системы управления механизмами копровой установки. Редуктор обеспечивает три скорости и два выхода отбора мощности: один — для привода лебедки, а второй — для привода механизма поворота.

Лебедка состоит из трех канатных барабанов для подъема бабы, для перемещения бабы с бетонной смесью и извлечения обсадной трубы. На валу барабана, предназначенного для извлечения обсадной трубы, насажен кабестан, применяемый для перемещения копровой установки по рельсовому пути и других вспомогательных работ. Стрела может поворачиваться на 60°.

Ходовая часть снабжена четырьмя двухколесными тележками, передвигающимися по временному рельсовому пути.

Во время формовки свай, монтажа, демонтажа или во время укладки рельсового пути стрела поддерживается четырьмя винтовыми домкратами.

Стрела, выполненная из труб стального проката, при помощи петлевого шарнира может наклоняться назад на 15° от вертикального положения.

На вершине стрелы укреплены блоки для направления канатов от отдельных барабанов лебедки в переднюю часть направляющей.

Установка KPF оснащена бабой для погружения обсадной трубы диаметром 508 мм, обсадной трубой, загрузочным устройством для бетона, опоражнивающимся после достижения верха трубы, и загрузочным устройством, отрываемым вручную.

Копровые установки KPF оснащены электрическими светильниками и сигнализационной системой для согласования действий машиниста и формовщика.

В оснащение копровых установок могут входить колесные тележки для перевозки установок с объекта на объект и контейнеры для бетонной смеси.

На строительной площадке при копровых установках должны иметься бетоносмеситель емкостью 250 л, винтовые (или другие) домкраты, тяговые лебедки, комплект шпал и рельсов, емкость для цемента (если не употребляется цемент в мешках) и самосвалы.

Копровая установка KPF-22 может применяться в различных климатических условиях. На монтаж (демонтаж) установки требуется 3—4 ч; столько же занимает погрузка или выгрузка.

Установка обслуживается машинистом и его помощником. Машинист управляет механизмами подъема бабы и двигателем. Формовку свай производит формовщик. Свайные работы выполняет бригада из шести—восьми человек, в зависимости от степени механизации вспомогательных работ.

О производительности установки KPF можно судить по данным табл. 16.5.

Копровые установки KPF-22, помимо набивных свай, можно применять для выполнения различных работ: устройства заглубленных каптажей, депрессионных колодцев, углубленных реперов, для извлечения стальных шпунтин, для забивки готовых свай, шпунтовых стенок.

Таблица 16.5

Производительность станка КРФ-22

| Условия изготовления свай | Среднее количество свай, изготовленных в течение 8 ч при длине свай, м | | | |
|---------------------------|--|-----|-----|-----|
| | 5 | 9 | 13 | 17 |
| Легкие | 5 | 4 | 3 | 1,7 |
| Средние | 4 | 3,1 | 2,3 | 1,2 |
| Тяжелые | 3 | 2,4 | 1,6 | 0,8 |
| Очень тяжелые | 2 | 1,5 | 1 | 0,4 |

Контроль за устройством свай осуществляется в процессе забивки обсадной трубы и в процессе формования сваи. После затвердения бетона качество изготовленной сваи определяют пробными нагрузками. Результаты контрольных измерений заносят в паспорт сваи.

В паспорте содержатся следующие данные: дата изготовления, номер сваи; время начала и окончания забивки; время бетонирования; температура воздуха; марка бетона; величина среднего отказа обсадной трубы; длина погружения трубы и длина ствола.

Многолетний опыт применения свай КРФ выявил их большую надежность и экономичность.

В результате экономического анализа польские строители пришли к выводу о необходимости расширения области применения набивных свай системы «Франки».

Метод, аналогичный системе «Франки», применен Главленинградстроем при сооружении одного из зданий по Гражданскому проспекту. В отличие от описанного выше способа использовался не жесткий, а литой бетон. При формовании ствола для выталкивания бетона из обсадной трубы применялся гидродомкрат.

5. Сваи в забивных оболочках, остающихся в грунте

Прототипом целого ряда бетонных свай, изготавливаемые в металлической оболочке, забитой в грунт, явилась свая О. Штерна. По форме вертикального сечения эта свая — коническая, состоит из оболочек и сердечника. Оболочка изготовляется из листовой стали толщиной 3 мм. Сердечник — деревянный сплошной со сверлением по центру для пропуска металлического стержня диаметром 40 мм. Стержень предназначен для извлечения сердечника после забивки сваи (рис. 16.15, а). Свая Маста (рис. 16.15, б) имеет усиленный наконечник.

После удаления сердечника полость оболочки, оставшейся в грунте, заполняется бетоном.

Положительной стороной свай подобной конструкции является гарантия сплошности ствола сваи в сложных гидрогеологических условиях, а также изоляции бетона сваи от химически-агрессивных вод. Кроме того, наличие оболочки позволяет без ущерба для качества сваи допускать значительные перерывы между забивкой оболочки и заполнением ее бетоном.

Недостатками свай таких систем является значительный расход дефицитной пока листовой стали, а также понижение несущей способности свай вследствие незначительной величины трения гладкой поверхности металла по грунту.

Кроме того, из свай Штерна трудно извлекать сердечник из-за смятия оболочек и недостаточной жесткости их при забивке. Поэтому теперь сваи Штерна не применяют.

Смятие оболочки при извлечении сердечника удалось преодолеть при помощи съемного сердечника в сваях Раймонда.

Сваи Янссена имеют надежную конструкцию железобетонного заострения, позволяющего проходить плотные глины с включением гравия. Оболочку сваи из 2 мм стали сваривают автогенно с металлической облойкой заострения и иногда выполняют лишь на участке, где имеются грунтовые воды.

Сваи Пирлесса. В этой свае оболочка состоит из железобетонных колец, нижние из которых опираются на полое заострение литого металлического башмака (рис. 16.16). Сердечником служит толстостенная стальная труба 1, опирающаяся на муфту 3 с диаметром большим, чем у трубы, благодаря чему извлечение сердечника происходит без трения с оболочкой. Кольца оболочки бетонируются.

Сваи Гау изготовляют путем забивки в грунт стальной толстостенной трубы без башмака и удаления из нее грунта при помощи струи воды. Такой метод изготовления свай применяют в США. Для получения

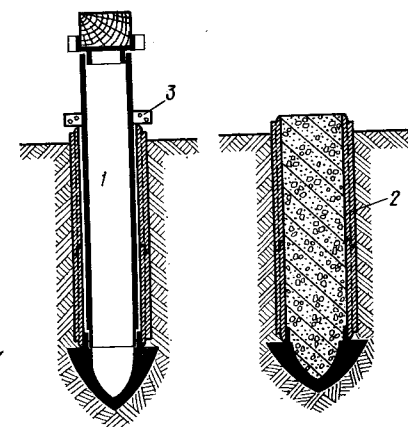
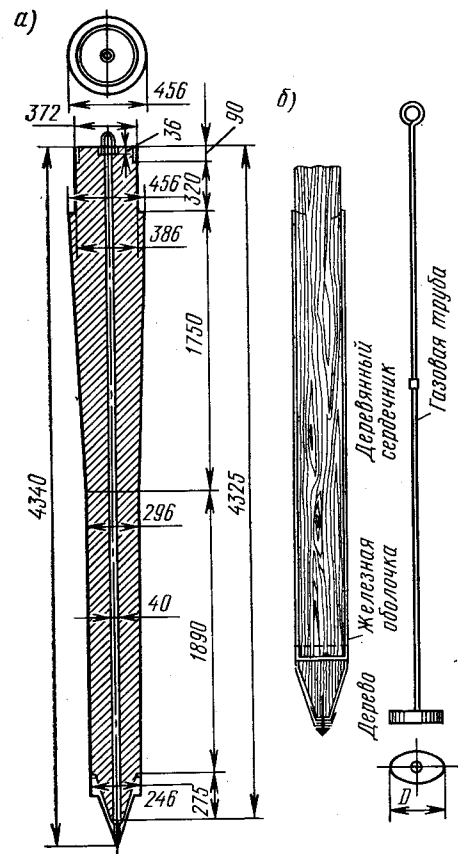


Рис. 16.15. Сваи с забивной оболочкой, остающейся в грунте: а — свая Штерна; б — свая Маста
Рис. 16.16. Свая Пирлесса: 1 — полая металлическая труба; 2 — бетонные кольца; 3 — муфта

свай длиной до 46 м используют трубы диаметром 25—30 см со стенками толщиной 5—15 мм. Грунт удаляется сжатым воздухом или совместным применением воздуха и воды.

В сваях Гау был впервые применен механический вращающийся уширитель пяты, принцип действия которого показан на рис. 16.17. Грунт, разрабатываемый уширителем, извлекался на поверхность также при помощи воды. Идея образования уширенной пяты механическим способом свай Гау перешла в современные виды буронабивных свай.

Сваи Раймонда, предложенные в Польше в 1901 г., применяют в зарубежной практике до сих пор.

Свая Раймонда (рис. 16.18) имеет коническую форму, состоит из металлической тонколистовой оболочки (1,0—1,5 мм), усиленной приваренной спиральной обмоткой из 6—7 мм проволоки 1, надевается на специальный пустотелый сердечник заводского изготовления, точно пригнанной по размеру оболочки; наружная стальная оболочка сердечника 2 разрезана на три части. Внутри сердечника вдоль всего его корпуса помещается конической формы стержень 3, снабженный клинообразными приливами и кулачками, расширяющими оболочку сердечника при ударе молота по стержню. Благодаря этому устройству металлический кожух вместе с сердечником забиваются в грунт, как свая.

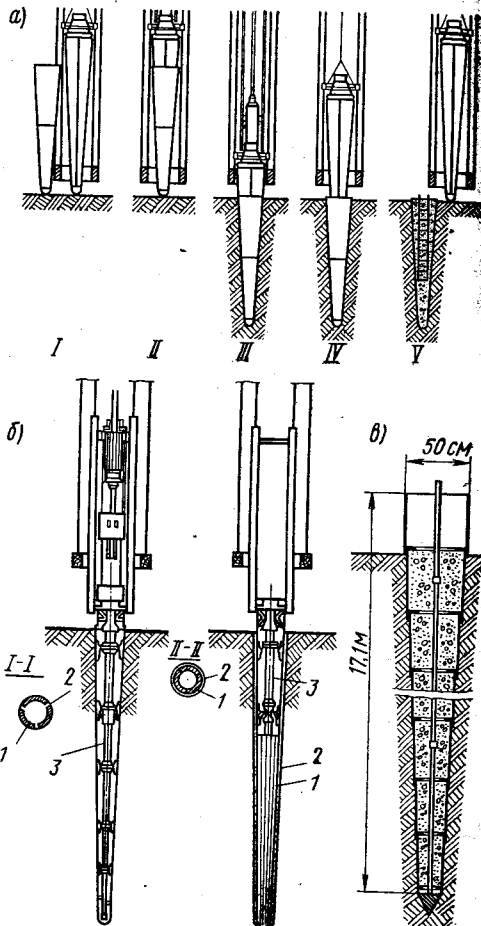
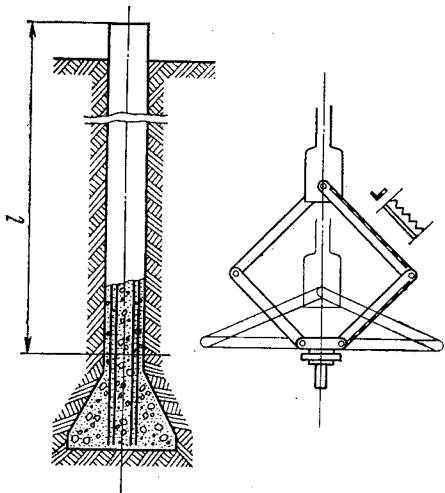


Рис. 16.18. Свая Раймонда:
а — схема изготовления; б — стальной раздвижной сердечник; в — схема изготовления свай

Когда свая забита, стержень сердечника поднимается вверх, разрезанные части сердечника сдвигаются (см. II—II на рис. 16.18, б), и он легко извлекается. Внутреннее пространство забитой в грунт оболочки заполняют бетоном после тщательного осмотра (при помощи опущенной внутрь электрической лампы).

На рис. 16.18, а показана технологическая последовательность операций по изготовлению свай: I — оболочка и сердечник приготовлены для забивки; II — сердечник вставлен в оболочку; III — сердечник с оболочкой забит в грунт на требуемую глубину; IV — сердечник вынимается из верхней части свай втоплена стальная арматура).

Применяемые в США стандартные сваи Раймонда из волнистого тонкого листа, усиленного спиралью, имеют длину до 12 м, диаметр башмака 20 см с конусностью 3,3 см на 1 м. В отличие от стандартных, сваи Раймонда длиной до 27 м выполняют из ступенчатых секций длиной по 2,5 м.

Сваи «Монотюб» применяют в США, Канаде и некоторых других странах. Оболочку ее готовят из волнистой листовой стали толщиной от 3 до 8 мм и снизу закрывают стальным башмаком диаметром 20 см. Конусность стандартных типов не превышает 3,3 см на 1 м при длине свай до 7,5 м. Верхняя часть более длинных свай имеет незначительную конусность — 0,25 см/м. Обычная длина свай составляет 7—18 м, максимальная — до 40 м. При погружении стальную оболочку забивают в грунт без сердечника и затем заполняют бетоном.

Свая Макарура с оболочкой, в отличие от описанных выше, имеет сменную оболочку. В грунт забивают толстостенную трубу вместе со вставленным в нее сердечником. После извлечения сердечника в обсадку опускают цилиндрическую, тонкостенную оболочку, заполняют ее бетоном, а трубу извлекают. Уширяют пяту трамбованием бетона в обсадной трубе до опускания в нее оболочки. Длина таких свай достигает 25 м.

Свая Вестерн, также как и сваи Макарура, имеет инвентарную обсадную трубу, но забивают ее без сердечника. Цилиндрическую оболочку длиной до 33 м опускают на бетонный башмак диаметром 43 см и заполняют бетоном. Уширенная пятя образуется так же, как в свае Макарура.

Сваи Макарура и Вестерн применяют в некоторых странах Западной Европы и в Америке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В. В. [и др.]. Сооружение столбчатых фундаментов глубокого заложения при помощи установки ЦНИИС. М., Ин-т «Оргтрансстрой», 1970.
2. Бартоломей А. А. [и др.]. Экспериментальные исследования по применению коротких железобетонных свай для устройства фундаментов под промышленные здания (из опыта треста № 12). ЦБТИ. Пермь, 1962.
3. Беленький С. Б. и Дикман Л. Г. Свайные работы в жилищном строительстве. ЦБТИ ЦНИИОМТП. М., Стройиздат, 1966.
4. Временные технические условия на производство и приемку работ по устройству буробетонных свай на площадках Камского автомобильного комплекса г. Набережные Челны. Казань, изд. Кам-Госэнергостроя, 1972.
5. Временные технические указания по проектированию и устройству фундаментов из виброштампованных свай (ВТУ 170—67). Госстрой УССР. Киев, 1967.
6. Временные указания на проектирование и устройство набивных бетонных фундаментов сельскохозяйственных зданий и сооружений, возводимых в грунтовых условиях ЦЧО ВМСИ. Воронеж, изд. ВИСИ, 1968.
7. Временные указания по проектированию и устройству свайных фундаментов из коротких забивных свай. СН 216—62. Государственный комитет Совета Министров СССР по делам строительства. М., Госстройиздат, 1962.
8. Временные указания по устройству коротких буронабивных бетонных и бутобетонных свай для малоэтажных сельских зданий (ВСН—5—71). М., изд. Минсельстроя СССР, 1971.
9. Временные указания по устройству коротких грунтобетонных свай для малоэтажных сельских зданий. М., изд. Минсельстроя СССР, 1971.
10. Временные указания по устройству коротких набивных свай с лучевидными уширениями для сельских зданий (ВСН—7—72). М., изд. Минсельстроя СССР, 1972.
11. Ганичев И. А. Производство буровых работ в строительстве. М., Стройиздат, 1966.
12. Ганичев И. А. Устройство искусственных оснований и фундаментов. М., Стройиздат, 1969.
13. Голубчик Л. Х. [и др.]. Свайные работы. М., Стройиздат, 1969.
14. Гончаров Ю. М. [и др.]. Производство свайных работ на вечномерзлых грунтах. М., Стройиздат, 1970.
15. Грутман М. С. Свайные фундаменты. Киев, «Будівельник», 1969.
16. Гуменский Б. М. Погружение свай с помощью обмазок синтетическими смолами и глинами. Л., Стройиздат, 1969.
17. Далматов Б. И. [и др.]. Проектирование фундаментов зданий и промышленных сооружений. М., «Высшая школа», 1969.
18. Денисов О. Г. Основания и фундаменты промышленных и гражданских зданий. М., «Высшая школа», 1968.
19. Докучаев В. В. и Маркин К. Ф. Свайные фундаменты в вечномерзлых грунтах. Л., Стройиздат, 1972.
20. Дорошкевич Н. М., Клейн Г. К. Основания и фундаменты. М., «Высшая школа», 1972.
21. Зурнаджи В. А. и Николаев В. В. Механика грунтов, основания и фундаменты. М., «Высшая школа», 1967.
22. Изготовление свай. ЦБТИ ЦНИИОМТП, 1968.
23. Инструкция по глубинному уплотнению просадочных (лессовых) грунтов в основании зданий и сооружений грунтовыми сваями (СН—33—66). М., 1966.

24. Инструкция по глубинному уплотнению слабых водоносных грунтов песчаными сваями при устройстве оснований зданий и сооружений. М., Госстройиздат, 1956.
25. Инструкция по погружению и извлечению стального шпунта вибропогружателями. СН 59—59. Госстрой СССР. М., Госстройиздат, 1959.
26. Косолапов В. Г. Свайные работы. М., «Высшая школа», 1959.
27. Костерин Э. В. Основания и фундаменты. М., «Высшая школа», 1966.
28. Костиненко Г. И. Свайные фундаменты на вечномерзлых грунтах. М., Стройиздат, 1968.
29. Крутов В. И., Власов Ю. В. Возведение столбчатых фундаментов в котлованах, вытрамбованных в просадочных грунтах. ЦБТИ ЦНИИОМТП, 1969.
30. Луга А. А. Свайные работы. М., Трансжелдориздат, 1947.
31. Луга А. А. «Свайные фундаменты». Глава VI учебника «Основания и фундаменты» под ред. Н. А. Цытовича. М., Госстройиздат, 1959.
32. Меклер М. Б. Набивные виброштампованные сваи. Опыт треста «Приднепровортехстрой». ГСН, 1951.
33. Николаев Б. А. Погружение свай с помощью электроосмоса. М., Госстройиздат, 1960.
34. Овсянкин В. М. [и др.]. Устройство буронабивных свай сухим способом при возведении фундаментов на лессовых просадочных грунтах. БИ ЦНИИОМТП, 1971.
35. Оксанич И. Ф. [и др.]. Машинист станка огневого бурения. М., «Недра», 1969.
36. Пангаев В. Короткие заливные сваи с уширенной пятой. «Сельское строительство», 1969, № 4.
37. Пешковский Л. М. Расчеты оснований и фундаментов гражданских и промышленных зданий. Изд. 2-е. М., «Высшая школа», 1968.
38. Перлей Е. М. и Маковский Н. А. Опыт применения и перспективы внедрения вибронабивных свай в практику строительства АДНТИ. Л., 1972.
39. Перлей Е. М., Цукерман Н. Я. Трубчатые железобетонные сваи и колодцы-оболочки для промышленного и гражданского строительства. Л., Стройиздат, 1969.
40. Пособие по проектированию свайных фундаментов из забивных свай. НИИ оснований и подземных сооружений. М., Стройиздат, 1965.
41. Пособие по проектированию оснований и фундаментов зданий и сооружений на вечномерзлых грунтах. М., Стройиздат, 1969.
42. Рекомендации по проектированию и устройству столбчатых фундаментов в котлованах, полученных трамбованием просадочных грунтов. М., Стройиздат, 1970.
43. Рекомендации по устройству глубоких буровых опор. НИИ оснований и подземных сооружений. М., Стройиздат, 1970.
44. Рекомендации по расчету свайных фундаментов на вертикальную и горизонтальную нагрузки. НИИ оснований и подземных сооружений. М., Стройиздат, 1971.
45. Романов Д. А. Опыт возведения опор на глубоком свайном основании. М., Госстройиздат, 1953.
46. Романов Д. А. [и др.]. Камуфлетные сваи в свободных лессовых грунтах. Запорожье, Запорожское книжно-газетное издательство, 1961.
47. Романов Д. А. Свайные фундаменты глубокого заложения. Киев, Стройиздат УССР, 1959.
48. Романов Д. А. Фундаменты промышленных сооружений на железобетонных сваях-стойках с камуфлетной пятой в условиях лессовых грунтов. ЦБТИ ЦНИИОМТП, 1962.
49. Руководство по проектированию свайных фундаментов. НИИ оснований и подземных сооружений. М., Стройиздат, 1971.
50. Ручьев Л. П. Устройство грунтобетонных свай. ЦБТИ ЦНИИОМТП, 1968.
51. Сваи и сваи-оболочки. Методы полевых испытаний. ГОСТ 5686—69. М., Госстрой СССР, 1970.
52. Светинский Е. В. Устройство свайных оснований бесподвальных жилых и промышленных зданий из коротких железобетонных свай. В сборнике

- «Искусственные основания сооружений» НИИОСП, № 36. М., Госстройиздат, 1953.
53. Сизов В. Н., Руденко-Моргун И. Я. [и др.]. Технология строительного производства. М., «Высшая школа», 1969.
54. Смиренский Г. М. [и др.]. Свайные фундаменты гражданских зданий. М., Стройиздат, 1970.
55. Смородин М. И. [и др.]. Специальные машины и оборудование для устройства оснований и фундаментов. М., «Машиностроение», 1972.
56. СНиП III-Б.6—62. Фундаменты и опоры из свай и оболочек. Шпунтовое ограждение. Правила производства и приемки работ. М., Госстройиздат, 1963.
57. СНиП II-Б.5—67*. Свайные фундаменты. Нормы проектирования. М., Госстройиздат, 1971.
58. Современные машины для неглубокого вращательного бурения. Обзор ЦНИИЭСтроймаш. М., 1970.
59. Соколов Н. М. Руководство по изготовлению набивных бетонных частотрабованных свай. М., Госстройиздат, 1956.
60. Соколов Н. М. и Светинский Е. В. Свайные работы. М., Госстройиздат, 1964.
61. Справочник проектировщика. Сложные основания и фундаменты. ГИИФундаментпроект. М., Стройиздат, 1969.
62. Суворов А. В., Шерман А. А., Левинзон А. Л. Машины для буровых и свайных работ. Справочное пособие. М., Стройиздат, 1972.
63. Схемы комплексной механизации работ по возведению подземной части крупнопанельных жилых зданий повышенной этажности на свайных фундаментах. М., Стройиздат, 1969.
64. Схемы комплексной механизации работ по возведению подземной части многоэтажных промышленных зданий. ЦБТИ ЦНИИОМТП. М., Стройиздат, 1971.
65. Таргулян Ю. О. Погружение свай в мерзлые грунты. М., Стройиздат, 1969.
66. Трофименков Ю. Г. и Ободовский А. А. Свайные фундаменты жилых зданий. М., Стройиздат, 1972.
67. Труханов В. А. и Овсянкин В. М. Устройство буронабивных свай с уширенной пятой под глинистым раствором при возведении фундаментов цехов ЦБТИ ЦНИИОМТП, 1968.
68. Указания по проектированию, устройству и приемке свай с камуфлетной пятой (РСН—130—64). Госстрой УССР, Киев, 1965.
69. Цытович Н. А. [и др.]. Основания и фундаменты (краткий курс). М., «Высшая школа», 1970.
70. Экономическая эффективность применения конструкций из различных материалов (в промышленных зданиях и сооружениях), НИИЭС, М., Стройиздат, 1971.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | Стр. |
|---|------|
| Предисловие | 3 |
| Введение | 4 |
| Раздел первый. Готовые (забивные) сваи | |
| Глава 1. Общие сведения о сваях и свайных фундаментах | 8 |
| 1. Назначение и работа свай в грунте | 8 |
| 2. Основы классификации свай | 10 |
| 3. Характеристики отдельных видов забивных свай | 12 |
| 4. Размещение свай в фундаменте | 25 |
| 5. Конструкция свайных ростверков и безростверковые фундаменты | 27 |
| Глава 2. Определение несущей способности свай и свайных фундаментов | 35 |
| 1. Несущая способность одиночных свай и свайных фундаментов | 35 |
| 2. Определение несущей способности одиночных свай по формулам и таблицам СНиП II-Б. 5—67* | 37 |
| 3. Полевые испытания несущей способности свай | 46 |
| 4. Определение несущей способности свай пробными нагрузками | 52 |
| 5. Несущая способность свайных фундаментов | 54 |
| Глава 3. Машины и оборудование для погружения свай | 56 |
| 1. Сваебойные молоты | 56 |
| 2. Наголовники для сваебойных молотов | 66 |
| 3. Вибропогружающие машины | 68 |
| 4. Копры на рельсовом ходу и самоходные копровые установки | 76 |
| 5. Установки для погружения свай вдавливанием и вибро-вдавливанием | 97 |
| 6. Машины для погружения свай завинчиванием | 102 |
| 7. Средства механизации сопутствующих и вспомогательных работ | 106 |
| Глава 4. Производство работ по погружению свай | 110 |
| 1. Подготовительные работы | 110 |
| 2. Погружение свай забивкой | 116 |
| 3. Погружение свай и свай-оболочек вибропогружателями | 121 |
| 4. Погружение свай с уширенными опорами | 124 |
| 5. Погружение свай с применением подмыва водой и электроосмоса | 126 |
| 6. Ускорение погружения свай с помощью обмазок | 132 |
| 7. Технический контроль погружения свай и приемка работ | 134 |
| Глава 5. Устройство шпунтовых ограждений | 140 |
| 1. Виды и конструкции шпунтовых свай | 147 |
| 2. Подготовительные работы | 148 |
| 3. Погружение деревянного шпунта | 149 |
| 4. Погружение стального и железобетонного шпунта | 154 |
| 5. Устройство анкерных креплений | 154 |
| 6. Особенности выполнения работ с плавучих средств и со льда | 156 |

| | Стр. |
|--|------|
| 7. Извлечение металлического шпунта и вспомогательные работы | 158 |
| 8. Контроль за погружением шпунта и приемка выполненных работ | 161 |
| Глава 6. Особенности погружения свай в сезонномерзлые грунты | 165 |
| 1. Подготовка сезонномерзлых грунтов к погружению свай | 165 |
| 2. Способы оттаивания мерзлых грунтов | 169 |
| 3. Технические средства бурения шпуров для установки электронагревателей | 173 |
| Глава 7. Способы погружения свай в вечномерзлые грунты | 178 |
| 1. Общие сведения | 178 |
| 2. Особенности бурения скважин в вечномерзлых грунтах | 181 |
| 3. Установка свай в пропаренные скважины | 182 |
| 4. Бурозабивной и забивной способы погружения свай | 188 |
| Глава 8. Производство работ по устройству ростверков | 192 |
| 1. Способы подготовки голов свай к сопряжению с элементами ростверка | 192 |
| 2. Устройство монолитных ростверков | 200 |
| 3. Устройство сборных ростверков | 202 |
| Глава 9. Проектирование производства работ по устройству свайных фундаментов | 205 |
| 1. Состав проекта производства работ | 205 |
| 2. Строительный генеральный план (стройгенплан) | 206 |
| 3. Технологические карты и схемы комплексной механизации | 208 |
| 4. Выбор сваепогружающего оборудования | 208 |
| 5. Календарный план производства работ | 221 |
| 6. Техничко-экономические показатели механизированных процессов | 225 |
| Глава 10. Организация труда и условия безопасного выполнения свайных работ | 226 |
| ✓1. Организация труда на свайных работах | 226 |
| ✓2. Охрана труда на свайных работах | 229 |

Раздел второй. Набивные сваи

| | |
|--|-----|
| Глава 11. Виды и конструкции набивных свай | 237 |
| 1. Предварительные сведения | 237 |
| 2. Виды набивных свай и способы их изготовления | 238 |
| 3. Способы устройства уширенной пяты | 242 |
| 4. Конструктивные особенности фундаментов из набивных свай | 243 |
| 5. Определение несущей способности набивных свай | 251 |
| 6. Область применения набивных свай | 256 |
| Глава 12. Машины и оборудование для устройства скважин | 258 |
| 1. Общие сведения | 258 |
| 2. Машины и оборудование для бурения скважин | 260 |
| 3. Машины для термического способа бурения | 271 |
| Глава 13. Буронабивные сваи, изготавливаемые сухим способом | 273 |
| 1. Сваи Страусса | 273 |
| 2. Корневидные сваи | 275 |
| 3. Вибронабивные и виброштампованные сваи | 278 |
| 4. Пневмонабивные и гидропрессованные сваи | 282 |
| 5. Грунтобетонные сваи | 287 |
| Глава 14. Буронабивные сваи с уширенной пятой | 292 |
| 1. Сваи с уширенной пятой, образованные механическим разбуриванием | 292 |
| 2. Камуфлетные сваи | 306 |
| 3. Сваи с лучевидным уширением | 335 |
| 4. Устройство буронабивных свай с помощью специализированных установок | 338 |
| 5. Свай-инъекторы | 348 |

| | Стр. |
|---|------|
| 6. Сваи с термоуширенной пятой на вечномерзлых грунтах | 350 |
| Глава 15. Буронабивные сваи, изготавливаемые под глинистым раствором | 352 |
| 1. Буронабивные сваи с уширенной пятой, изготавливаемые под глинистым раствором | 352 |
| 2. Глубокие фундаменты из буровых опор | 358 |
| Глава 16. Набивные сваи в скважинах, образованных забивкой сердечников или оболочек | 363 |
| 1. Сваи в скважинах, образованных забивкой сердечников | 363 |
| 2. Столбчатые фундаменты в котлованах, вытрамбованных в просадочных грунтах | 366 |
| 3. Грунтовые и песчаные сваи | 370 |
| 4. Сваи с забивной оболочкой, извлекаемой из грунта | 374 |
| 5. Сваи в забивных оболочках, остающихся в грунте | 382 |
| Литература | 386 |