

Министерство образования и науки
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет

Кафедра технологии строительного производства

ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

Учебное пособие

Санкт-Петербург
2010

Рецензенты: д-р техн. наук, профессор Бадьин Г. М. (СПбГАСУ);
управляющий ЗАО «Строительный трест № 28» Барковский А. В.

Верстов, В. В.

Технология устройства свайных фундаментов: учеб. пособие /
В. В. Верстов, А. Н. Гайдо; СПбГАСУ – СПб., 2010. – 180 с.

ISBN 978-5-9227-0180-8

Изложены основные положения разработки технологической карты устройства свайных фундаментов в разделе технологии и организации строительного производства дипломного проекта с учетом требований к содержанию и объему пояснительной записки и графической части.

Рекомендовано для студентов специальности 270102.

Табл. 46. Библиогр.: 42 назв.

Рекомендовано Редакционно-издательским советом СПбГАСУ в качестве учебного пособия.

ISBN 978-5-9227-0180-8

© Верстов В. В., Гайдо А. Н., 2010
© Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет, 2010

Введение

Учебное пособие выполнено с учетом требований к разработке технологических карт в разделе *технологии и организации строительного производства* в составе дипломного проекта по специальности ПГС. Пособие составлено на основании Государственного образовательного стандарта высшего и профессионального образования и требований кафедры ТСП. В пособии рассматриваются современные свайные технологии, применяемые в Санкт-Петербурге [12].

Технологическая карта на устройство свайных фундаментов разрабатывается студентом в составе карт раздела технологии и организации строительства [10].

Работа над технологической картой [41] осуществляется студентом самостоятельно под руководством преподавателя – руководителя дипломного проекта, назначаемого заведующим кафедрой технологии строительного производства.

1. Общие сведения

1.1. Основные термины и определения

Залог – серия ударов (свыше трех) молотом по свае, при которой определяется отказ.

Копер – автономная машина, предназначенная для подъема, установки свай на точку погружения, корректировки, погружения свай в грунт с помощью погружателя.

Лидерное бурение – бурение, которое выполняют до начала погружения заводских свай, для решения следующих задач: при работах в прослойках плотных грунтов, для предотвращения выпора грунта, для уменьшения уровня динамического воздействия на окружающую застройку. Диаметр бурового инструмента должен быть на 5 см меньше диагонали поперечного сечения погружаемой сваи, глубина бурения не более 0,9 длины свай [39].

Молот сваебойный – машина, применяемая для погружения готовых свай в грунт ударами.

Молот механический – ударная часть молота в виде металлической болванки (отливки); поднимается стальным канатом с помощью лебедки по направляющей копра и свободно сбрасывается на голову сваи.

Молот дизельный – ударная часть перемещается вверх в результате расширения газов, возникающих от сгорания топливно-воздушной смеси, при этом полезная работа совершается молотом при свободном падении ударной части.

Молот гидравлический – ударная часть перемещается под действием давления в гидравлической системе, при этом в молотах двойного действия движение ударной части вниз происходит за счет как силы тяжести, так и давления масла в системе.

Отказ – глубина погружения сваи от одного удара; определяется за залог.

Отказ расчетный – рассчитывается по формуле Герсеванова и косвенно характеризует несущую способность сваи по грунту,

т. е. является динамическим эквивалентом предельной статической нагрузки на сваю [19, 32, 34, 39].

Отказ критический – отказ, при котором прекращается погружение сваи из-за прослоек (включений) плотного грунта или недостаточной массы молота. Принимается равным 3 мм, дальнейшее погружение сваи после достижения критического отказа может привести к разрушению тела сваи.

Подводное бетонирование методом ВПТ – вертикально перемещаемой бетонолитной трубой. Бетонная смесь подается самоотком через опущенные до пяты буронабивной сваи бетонолитные трубы диаметром 200–300 мм. По мере увеличения высоты бетонного слоя трубы поднимаются и лишние звенья удаляются, при этом нижний конец трубы должен быть постоянно заглублен в бетонную смесь не менее чем на 0,8–1,5 м.

Подмыв – способ, облегчающий погружение в грунт готовых свай или буровых труб за счет снижения сил трения о грунт или лобового сопротивления под действием подаваемой струи воды. Вода к нижнему торцу сваи (буровой трубы) под напором поступает либо по системе трубок, либо по водоводу в теле элемента.

Свая – это полностью или частично погруженный в грунт стержень, служащий для передачи давления от сооружения на нижележащие слои грунта. Если сваи проходят через слабые грунты и опираются своими нижними концами на плотную породу, то их называют сваями-стойками (рис. 1, а). Сваи, передающие давление главным образом за счет трения своих боковых поверхностей о грунт, называют висячими (рис. 1, б). По материалу различают сваи деревянные, бетонные, железобетонные и металлические, по способу погружения в грунт – забивные и буронабивные.

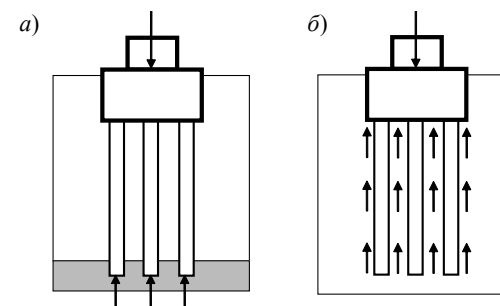


Рис. 1. Виды свайных фундаментов: а – фундамент на сваях-стойках; б – то же на висячих сваях

По форме поперечного сечения сваи могут быть прямоугольными (призматическими) или круглыми с внутренней полостью; их называют сваями-оболочками.

Технологическая карта – основной документ строительного процесса, регламентирующий его технологические и организационные положения; разрабатывается на отдельные или комплексные процессы.

Шпунтовая стенка – сплошная стенка, образованная погруженными в грунт деревянными, железобетонными, стальными или полимерными шпунтовыми сваями. Служит водонепроницаемой преградой и удерживает от обрушения грунт стен котлована или предохраняет от динамических воздействий конструкции фундаментов существующих зданий при производстве работ.

Электроосмос – способ используют для облегчения погружения свай в плотные водонасыщенные грунты. После кратковременного воздействия постоянного тока у стенок погружаемой сваи-катода собирается грунтовая вода, понижаются силы трения между свайей и грунтом.

1.2. Исходные данные для составления технологической карты на производство свайных работ

К исходным материалам для составления технологической карты на производство свайных работ в процессе дипломного проектирования относятся:

- 1) комплект чертежей проектируемого здания раздела КЖО: планы подвала, ростверков, свайного поля и основные конструктивные разрезы, пояснительная записка с основными параметрами свай (количество, длина и диаметр, расчетная нагрузка на сваю, абсолютная отметка пяты);
- 2) стройгенплан раздела организации строительства ПОС [10, 36];
- 3) генеральный план строительства, включая окружающую застройку;
- 4) инженерно-геологические условия (геологические разрезы, сводная таблица нормативных и расчетных характеристик грунтовых слоев, данные о грунтовых водах, графики статического зондирования грунтов с расчетом несущей способности).

Исходные материалы включают в себя также нормативные документы, литературные источники, отражающие опыт проектирования и строительства объектов в сходных инженерно-геологических условиях [10].

1.3. Содержание и оформление технологической карты

Технологическая карта на производство свайных работ включает расчетно-пояснительную записку и графическую часть [10, 41].

Пояснительная записка должна состоять из следующих разделов: область применения, в котором излагаются условия выполнения работ (время года, степень стесненности участка строительства, характеристика грунтов), общие положения с обоснованием выбора свайной технологии и необходимого оборудования, организация и технология выполнения работ, требования к качеству работ, потребность в материально-технических ресурсах, вопросы техники безопасности и охраны труда, технико-экономические показатели с затратами труда, обоснование мероприятий по сохранности существующих зданий и сооружений, особенности производства работ в зимнее время.

Основные данные о технологическом процессе приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Технологический процесс

Наименование и последовательность технологических операций	Объем работ, м ² , м ³ , кг и т. п.	Наименование машин, оборудования, инструмента, затраты времени, маш.-ч	Наименование строительных материалов и деталей, потребность, в м ² , м ³ , кг и т. п.	Наименование рабочих, затраты труда, чел.-ч

Описание технологического процесса должно содержать:

- 1) указания по организации рабочих мест, включая схемы размещения рабочих и средств механизации;

2) мероприятия по обеспечению устойчивости конструкций существующих зданий при производстве свайных работ;

3) условия, обеспечивающие требуемую точность строительных работ (табл. 2) [33, 34, 39];

Таблица 2

Мероприятия по обеспечению точности строительных работ

Наименование технологического процесса и его операций	Контролируемый параметр (ссылка на нормативный документ)	Допускаемые значения параметра, требования качества	Способ (метод) контроля, средства (приборы) контроля

4) перечень и последовательность выполнения технологических процессов;

5) порядок совмещения технологических процессов и операций во времени и в пространстве с учетом безопасности работ;

6) схемы строповки с указанием марок и основных характеристик используемых устройств;

7) схемы выполнения отдельных технологических процессов (подача свай или арматурных каркасов краном под свайную установку, устройство сварного стыка заводских свай, погружение арматурного каркаса в скважину, заполнение ствола скважины бетоном и т. п.).

В разделе приводятся схемы входного контроля применяемых строительных материалов, изделий и конструкций; операционного контроля технологического процесса; приемочного контроля качества работ.

Ведомости потребности в материально-технических ресурсах приводятся в табличном виде (табл. 3–5).

При проектировании обязательно должны быть решены вопросы жизнеобеспечения, охраны труда, пожарной безопасности. Комплекс технических и организационных мероприятий включает защитное заземление электроустановок, ограждения, освещение временных дорог и коммуникаций; правильное складирование материалов, изделий и оборудования; соблюдение правил безопасности при работе со строительными машинами, механизированным инструментом; выполнение требований жизнеобеспечения, охраны окружающей среды, гигиены труда и производственной санитарии и т. д. [37, 38].

Таблица 3

Машины и технологическое оборудование

Наименование технологического процесса и его операций	Наименование машины, технологического оборудования (тип, марка)	Основная техническая характеристика, параметр	Кол-во

Таблица 4

Технологическая оснастка, инструмент, инвентарь и приспособления

Наименование технологического процесса и его операций	Наименование технологической оснастки, инструмента, инвентаря и приспособлений (тип, марка)	Основная техническая характеристика, параметр	Кол-во

Таблица 5

Материалы и изделия

Наименование технологического процесса и его операций, объем работ	Наименование материалов и изделий, марка, ГОСТ, ТУ	Ед. изм.	Норма расхода на единицу измерения	Потребность на объем работ

Комплекс этих мероприятий приводится в расчетно-пояснительной записке в конце описания строительного процесса, а на листах графической части проекта четко указываются зоны производства работ и опасные зоны; изображаются также различные приспособления, оборудование, вспомогательные устройства (лестницы, трапы, ограждения, осветительное оборудование и т. д.).

Раздел «Охрана труда и техника безопасности» должен содержать:

1) перечень опасных производственных факторов, связанных с технологией и условиями производства работ, расчет границ зон действия опасных факторов;

2) решения по охране труда и технике безопасности, принятые для данной технологии;

3) схемы производства работ с указанием опасных зон, устройств и конструкций ограждений, предупреждающих надписей и знаков, способов освещения рабочих мест;

5) мероприятия по электробезопасности;

6) мероприятия по ограничению опасных зон вблизи мест перемещения грузов кранами.

В разделе «Технико-экономические показатели» приводятся продолжительность выполнения работ, затраты труда и машинного времени, калькуляция затрат труда и машинного времени, график производства работ.

Калькуляция затрат труда и машинного времени приводится в табличном виде (табл. 6).

Таблица 6

Калькуляция затрат труда и машинного времени

Наименование технологического процесса и его операций	Объем работ	Норма времени рабочих, чел.-ч	Норма времени машин, маш.-ч	Затраты труда рабочих, чел.-ч	Затраты времени машин, маш.-ч

В калькуляцию, кроме основных, включаются вспомогательные процессы, например разгрузка, раскладка и складирование строительных конструкций в рабочей зоне, устройство ходового пути свайного оборудования и кранов при работе на слабых грунтах.

График производства работ составляется на отдельном листе по данным табл. 7.

Таблица 7

Расчет продолжительности технологического процесса

Наименование технологического процесса и его операций	Затраты труда рабочих, чел.-ч	Затраты времени машин, маш.-ч	Состав звена (бригады), чел.	Продолжительность технологического процесса, часов (смен)

Содержание пояснительной записки должно быть изложено кратко, четко и конкретно, недопустимо переписывать известные

положения из учебников или других источников, на которые достаточно сделать ссылку.

В графической части указываются схемы организации работ по захваткам с размещением и направлением движения свайного оборудования, грузоподъемных кранов, транспорта и вспомогательных устройств (буровых установок, автобетоновозов, бетононасосов); решения по охране труда, требующие проектной разработки (укрепление откосов земляных выемок, устройство ограждений опасных зон работы техники); схемы, поясняющие технологию выполнения отдельных операций; расположение площадок складирования и внутриплощадочных дорог; схемы нестандартных приспособлений, оборудования, инвентаря; календарный график выполнения процесса; ведомость потребных машин, оборудования, механизированного инструмента, инвентаря; оборудование безопасных рабочих мест и подходов к ним; технико-экономические показатели процесса.

Объем пояснительной записки – 10 листов формата А4 (210××292 мм, поля: слева 30 мм; справа 10–15 мм; сверху 20 мм; снизу 25 мм) и один лист графической части формата А1 (594×841 мм), выполненный в карандаше (туши) или с использованием компьютерных технологий.

Нормальная плотность заполнения листа 70–90 %. Надписи на чертежах выполняются чертежным шрифтом в соответствии с требованиями ГОСТ 2.104–2006. При выполнении графической части дипломного проекта необходимо руководствоваться методическими указаниями по внедрению в строительство стандартов единой системы конструкторской документации (ЕСКД), а также системы проектной документации для строительства (СПДС).

В тексте записки должны быть сделаны все ссылки на использованную литературу с указанием в квадратных скобках номера источника в прилагаемом списке. Оформление библиографического описания источников можно выполнять аналогично списку литературы настоящего пособия.

2. Разработка раздела технологий устройства свай различными методами

2.1. Общие сведения о свайных фундаментах

Всякое инженерное сооружение опирается на грунт и передает ему давление от собственной массы и действующих на него нагрузок. Для передачи и распределения этого давления на грунт делают фундамент, служащий опорным элементом сооружения [18].

Так как поверхностные слои грунтов обычно имеют небольшую несущую способность и периодически подвергаются промерзанию, оттаиванию и размыву протекающими фильтрующими водами, то фундамент, как правило, заглубляют до более прочных слоев грунта. Толщу грунта, воспринимающую давление, передаваемое фундаментом сооружения, называют основанием. Несущая способность грунтов основания зависит от их структуры и физических свойств. Большое влияние на качество грунтов как основания зданий и сооружений оказывают инженерно-геологические условия в месте строительства, а также методы производства работ по устройству фундаментов сооружения.

В тех случаях, когда грунты, залегающие в основании, по своим физико-механическим свойствам и расчетным характеристикам позволяют создать фундамент сооружения на небольшой глубине, изготавливают фундамент мелкого заложения, обычно в открытых котлованах.

В условиях слабых грунтов Санкт-Петербурга, когда залегающие несущих слоев находятся на глубине 20, 30 и более метров, такое конструктивное решение является неэффективным.

В этом случае наиболее надежными являются свайные фундаменты, передающие давление на глубоко залегающие слои грунта.

Конструкция, объединяющая головы свай или оболочек и распределяющая на них давление от вышележащей части сооруже-

ния, называется *ростверком*. В зависимости от уровня его расположения по отношению к поверхности грунта различают свайные ростверки низкие и высокие: низкий располагают на таком уровне, чтобы головы свай всегда были ниже поверхности грунта, даже в случае возможного его размыва (рис. 2, а).

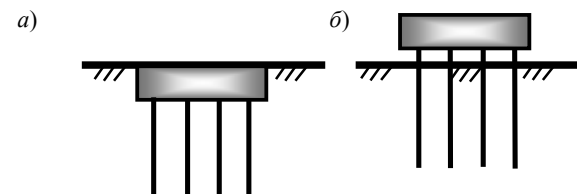


Рис. 2. Схемы устройства ростверков: а – конструкция низкого ростверка, б – то же высокого

В низком ростверке горизонтальные силы передаются частично на сваю, но в большей степени на грунт боковой поверхностью фундамента. В высоком ростверке верхнюю часть свай располагают выше поверхности грунта (рис. 2, б). В таком ростверке горизонтальные силы полностью передаются сваям, вызывая в них изгибающие моменты.

2.2. Выбор технологии устройства свай на примере инженерно-геологических условий Санкт-Петербурга

Рассмотрим этапы выбора технологии устройства свай на примере инженерно-геологических условий Санкт-Петербурга, характеризующихся мощной толщей четвертичных грунтов, образовавшихся в основном после ледникового периода, подстилающихся неровной поверхностью нижнекембрийских и верхнепротерозойских отложений. Четвертичные отложения характеризуются крайне неоднородным составом и толщиной от нескольких метров до 100 м в приустьевой части р. Невы. Наиболее распространенными грунтами четвертичных отложений являются:

- пески различной крупности (морские древнебалтийские, а также озерно-ледниковые);
- супеси и суглинки с примесью растительных остатков, торфяные грунты (морские иольдиевые и литориновые);

- ленточные, слоистые суглинки и глины (озерно-ледниковые);
- супеси и суглинки с включением гравия, гальки и валунов (ледниковые отложения – лужская и московская морены).

Таким образом, грунты Санкт-Петербурга представляют пеструю картину напластований как по глубине, так и в плане. В подавляющем случае в верхнем строительном слое разрезы представлены слабыми водонасыщенными грунтами, склонными к потере несущей способности при динамических воздействиях, а также при морозном пучении.

На фоне развития многоэтажного и высотного домостроения для оснований, представленных слабыми грунтами, особую значимость приобретает использование свайных технологий, позволяющих при достижении сваями плотных грунтов получать надежные конструкции высокой несущей способности с минимальными неравномерными осадками.

Будем рассматривать две свайные технологии, широко применяемые в Санкт-Петербурге: погружение готовых заводских железобетонных свай и устройство бурунабивных свай непосредственно в грунте в условиях строительной площадки.

Применение заводских призматических свай, цилиндрических полых свай-оболочек, погружаемых вдавливанием, вибрированием или ударным способом, может быть рациональным при использовании определенных технологических приемов и конструктивных решений, таких как:

- устройство лидерных проходок путем реверсивного рыхления шнеком грунта без выемки. Этот технологический прием позволяет значительно снижать сопротивление грунта погружению, при этом несущая способность свай уменьшается на 10–15 %; рыхление грунта шнеком при производстве работ вблизи рядом расположенных зданий и сооружений надежно обеспечивает их целостность;
- достижение высокого качества материала (проектной марки бетона) свай обеспечивается за счет гарантий завода-изготовителя;
- применение составных свай повышенной длины обеспечивается простотой транспортировки их малоразмерных секций к месту работ. Сварной стык свай дает равнопрочность сечения ствола свай на статические и динамические нагрузки; контроль усилия статического вдавливания позволяет

- определять несущую способность свай в процессе вдавливания на конечной стадии, что в некоторых случаях позволяет отказаться от дорогостоящих статических испытаний;
- расход энергии на погружение свай вдавливанием по сравнению с ударным и вибрационным способами погружения снижается соответственно в 1,5–3,5 раза;
- применение гидравлических погружателей позволяет вести забивку свай щадящими методами за счет регулирования высоты сброса ударной части и частоты ударов, а также применения дополнительного статического пригруза.

В отечественной практике фундаментостроения в последнее время значение набивных свай как универсального и эффективного способа производства работ, исключающего динамические воздействия на рядом расположенные здания и сооружения, возрастает. В Санкт-Петербурге наиболее распространены следующие бурунабивные свайные технологии.

Буровые сваи с извлечением грунта:

- устройство свай вращательным бурением с промывкой и удержанием ствола скважины глинистым раствором;
- проходной шнек – скважина устраивается с помощью непрерывного проходного (полого) шнека;
- устройство свай под защитой обсадных труб с извлечением грунта шнеками или специальным буровым инструментом, закрепленным на конце телескопической штанги;
- технология двойного вращения. Скважина бурится под защитой вращающейся обсадной трубы, внутри которой в другую сторону вращается полый шнек.

Набивные технологии устройства свай без извлечения грунта:

- с ввинчиванием полый обсадной трубы с теряемым башмаком. По мере извлечения трубы образуемая полость в грунте заполняется бетоном;
- с вибрационным погружением обсадной трубы с теряемым башмаком;
- с забивкой полый обсадной трубы с теряемым наконечником и извлечением ее вибратором;
- с ввинчиванием полый буровой трубы, оснащенной эллипсоидным шнеком. При извлечении в полость трубы под давлением подается бетонная смесь, вытесняющая грунт из скважины (технология также называют «свай вытеснения»).

**Качественная характеристика технологий устройства
свайных фундаментов**

Технология	Преимущества	Недостатки
Сваи заводского изготовления		
Ударная	100 %-ный контроль качества материала ствола сваи возможен до погружения Нет дополнительного сезонного удорожания работ при устройстве свай Высокая технологичность	Энергопотери при упругих деформациях сваи Динамические и шумовые воздействия Проектные нагрузки и размеры свай ограничены номенклатурой заводских изготовителей Возможен выпор грунта
Вдавливания	Погружение свай с минимальными энергозатратами Нет шумовых воздействий Высокая точность погружения Возможность определения несущей способности сваи на основании анализа усилия вдавливания В условиях реконструкции при использовании малогабаритного оборудования возможно погружать малоразмерные составные сваи из подвалов зданий	Значительная масса установки Требуется обеспечение стройплощадки существенным источником электроэнергии (до 200 кВт) Необходимо дополнительное щебеночное основание для обеспечения устойчивости установки на поверхности грунта Возможен выпор или перемятие грунта в процессе погружения свай
Бурунабивные сваи		
Бурунабивная	Возможность изготовления свай высокой несущей способности (свыше 200 т) Отсутствие шумового воздействия В условиях реконструкции при использовании малогабаритного оборудования возможно работать из подвалов зданий	Отсутствие надежных методов контроля качества ствола сваи Сезонное удорожание Повышенная материалоемкость Вероятность извлечения завышенного объема грунта Загрязнение территорий при транспортировании извлеченного грунта и глинистого раствора Перерасход бетона в слабых грунтах Подсос грунта в скважину при несвоевременной подаче бетонной смеси в момент отрыва шнека от забоя Возможен выпор грунта (при вдавливании обсадных труб) Ограничение при работе в плотных грунтах

Заметим, что для любого вида свай сваи с дефектами бетонного ствола, обусловленными отступлением от технологического режима устройства свайного фундамента, входят в группу риска в связи с их возможной недостаточной несущей способностью как по грунту основания, так и по материалу сваи.

Дефекты свай, устроенных непосредственно в грунте или погруженных в грунт:

а) включения грунта в тело сваи, шейки в бетонном стволе с оголением арматуры, наличие рыхлого грунта под нижним торцом сваи (бурунабивные);

б) трещины, разрушения зон стыков, сколы (забивные).

Каждая технология в конкретных инженерно-геологических условиях строительной площадки имеет свои преимущества и недостатки, представленные в табл. 8.

Проанализировав опыт устройства свайных фундаментов в Санкт-Петербурге, можно заключить, что применение любой технологии представляет опасность для окружающей застройки, так как технологические процессы, связанные с производством работ, оказывают негативные воздействия на ближайшие здания и сооружения, возможные причины возникновения которых представлены в табл. 9.

В этой связи выбор свайных технологий следует выполнять в зависимости от расположения участка строительства относительно окружающей застройки и инженерно-геологических характеристик его разреза. Будем рассматривать следующие варианты производства работ по расположению участка строительства:

- 1) в исторической части города;
- 2) в квартале нового строительства;
- 3) в современном застроенном квартале.

В технологической карте рациональные технологии устройства свай по каждому варианту следует принимать по табл. 10.

2.3. Технологии погружения заводских свай

Нормативными документами сваи заводского изготовления по технологии погружения подразделяются на следующие виды [39]:

а) погружаемые в грунт без его выемки или в лидерные скважины с помощью молотов, вибропогружателей, вибровадли-

Таблица 9

**Источники динамических воздействий при устройстве
свайных фундаментов**

	Технология	Причины динамических воздействий
Заводские сваи	Ударная	Ударное взаимодействие молота со сваями, дополнительные динамические возмущения грунта при передвижении копровых установок по строительной площадке
	Вдавливания	Удары установки о грунт в случае ее подъема относительно вдавливаемой сваи
Буронабивные сваи	—	Динамические нагрузки при взаимодействии бурового инструмента с грунтом, колебания механизмов установки Передача колебаний грунту основания от погружаемых обсадных труб

вающих, виброударных и вдавливающих устройств, а также железобетонные сваи-оболочки диаметром до 0,8 м, заглубляемые вибропогружателями без выемки или с частичной выемкой грунта и не заполняемые бетонной смесью;

б) сваи-оболочки железобетонные, заглубляемые вибропогружателями с выемкой грунта и заполняемые частично или полностью бетонной смесью.

Кроме того, забивные железобетонные сваи размером поперечного сечения до 0,8 м включительно и сваи-оболочки диаметром 1 м и более подразделяются:

а) по способу армирования – на сваи и сваи-оболочки с не напрягаемой продольной арматурой и предварительно напряженные со стержневой или проволочной продольной арматурой;

б) по форме поперечного сечения – на сваи квадратные, прямоугольные, таврового и двутаврового сечений, квадратные с круглой полостью, полые круглого сечения;

в) по форме продольного сечения – на призматические, цилиндрические и с наклонными боковыми гранями (пирамидальные, трапециевидные, ромбовидные);

г) по конструктивным особенностям – на сваи цельные и составные (из отдельных секций – звеньев);

д) по конструкции нижнего конца – на сваи с заостренным или плоским нижним концом и на полые сваи с закрытым или открытым нижним концом.

Таблица 10

Обоснование выбора технологии устройства свай

Рациональная технология	Примечание
I. Историческая часть города	
Вдавливание заводских свай	В примыкании к существующим конструкциям крайний ряд свай вдавливается в лидерные скважины
Буронабивные сваи: под защитой обсадных труб с ввинчиванием обсадной трубы с теряемым башмаком с уплотнением (вытеснением) околосвайного грунта	Обсадная труба погружается с опережением выборки грунта В примыкании к существующим конструкциям крайний ряд свай устраивается в скважинах с предварительно разрыхленным грунтом
II. Квартал нового строительства	
Забивка заводских свай (длина свай до 32 м, расчетная нагрузка до 140 тс)	
Буронабивные сваи в зависимости от расчетных параметров свай <i>В слабых грунтах:</i> с двойным вращением рабочих элементов, с ввинчиванием обсадной трубы с теряемым башмаком, с вибрационным погружением обсадной трубы, с уплотнением (вытеснением) околосвайного грунта. <i>В плотных грунтах:</i> проходной шнек, под защитой обсадных труб, с двойным вращением рабочих элементов	
III. Современный застроенный квартал	
<i>Погружение заводских свай на расстояниях до 20 м от существующих зданий</i>	
Вдавливание или вибропогружение	В примыкании к существующим конструкциям крайний ряд свай погружается в лидерные скважины
<i>От 20 до 30 м от существующих зданий</i>	
Забивка	Погружение свай в лидерные скважины для снижения динамического воздействия на грунты
<i>Свыше 30 м от существующих зданий</i>	
Забивка	
Буронабивные сваи вне зависимости от расстояний до зданий Наиболее рациональны при расчетных нагрузках свыше 140 тс (см. п. II настоящей таблицы)	

На рис. 3 показаны основные параметры свай квадратного сечения. Расстояние от центра подъемной петли до торца a составляет 0,2 длины сваи l , а расстояние от места строповки (фиксирующего штыря) при подъеме сваи на копре до оголовка сваи $b = 0,3l$.

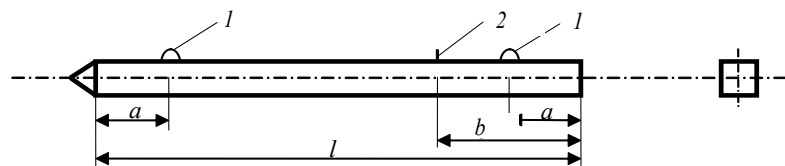


Рис. 3. Форма и внешний вид сваи: 1 – подъемные петли высотой до 100 мм; 2 – штырь, фиксирующий строп при подъеме сваи на мачту (стойку) копра

В Санкт-Петербурге при устройстве фундаментов зданий и сооружений наиболее часто используются железобетонные сваи призматических сечений 30×30, 35×35, 40×40 см, изготавливаемые по серии 1.011.1–10 Фундаментпроект (выпускаются сваи сечением 20×20, 25×25 см). Длины свай представлены в табл. 11.

Таблица 11

Длины и сечения заводских железобетонных свай по серии 1.011.1–10

Сторона квадратной сваи, см	Длина свай, м		
	Цельная свая	Составная свая	
		Нижняя секция	Верхняя секция
30	От 4 до 12	От 8 до 12	От 6 до 12
35	От 4 до 16	От 6 до 14	От 8 до 14
40	От 4 до 16	От 6 до 14	От 8 до 14

Из табл. 11 видно, что сваи длиной свыше 16 м выполняются из отдельных секций в основном на стыке свариваемых закладных деталей и металлических оголовков (рис. 4). После сварки стальных элементов стыков проводят антикоррозийную обмазку стыков. Типовой серией предусмотрено также изготовление стаканного стыка свай, который в настоящее время массово не используется (рис. 5). Соединение секций свай осуществляется за счет плотной посадки рифленого железобетонного выступа верх-

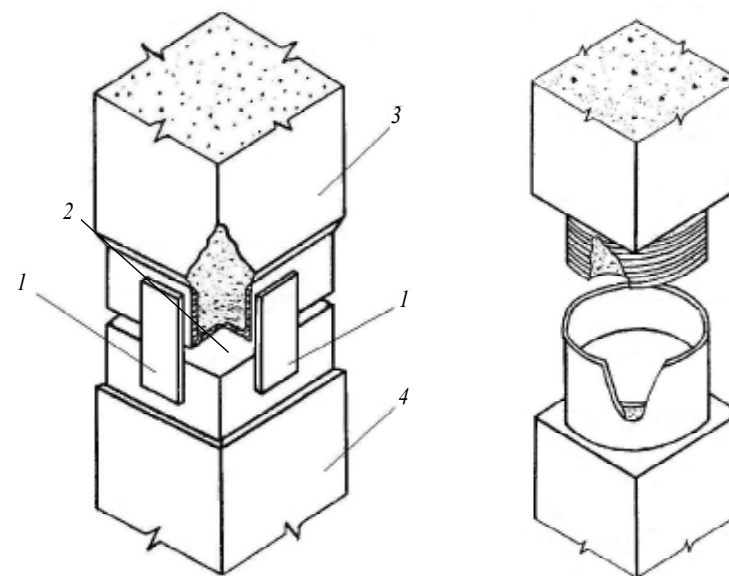


Рис. 4. Устройство сварного стыка составных свай: 1 – накладки размерами от 10×160×200 до 10×220×250 мм; 2 – центральная прокладка 150×150×4 мм; 3, 4 – верхняя и нижняя секции свай соответственно

Рис. 5. Устройство стаканного стыка составных свай

ней секции в цилиндрической металлической полости закладного изделия нижней секции. Это техническое решение не работает на выдергивающие нагрузки, при выпоре свай из грунта и при вдавливании с частичным извлечением свай.

Сваи армируются сварными каркасами. В качестве продольной арматуры для каркасов свай используется горячекатаная арматурная сталь А-I, А-II, А-III. Поперечное армирование в виде спирали из проволоки диаметром 5 мм класса Вр-I. В верхней зоне сваи (голове), подвергающейся ударному воздействию, устанавливаются дополнительные арматурные сетки. Приставные каркасы острия привязываются к основному каркасу вязальной проволокой.

Сваи, предназначенные для вибропогружения и прохождения плотных прослоек грунтов, усиливаются за счет более высокого класса бетона и дополнительных армирующих горизонтальных сеток.

2.3.1. Забивка

При забивке сваи происходит превращение потенциальной энергии молота в кинетическую энергию удара, приводящую к упруго-пластическим перемещениям сваи в грунте. При этом энергия удара молота частично теряется при соударении, колебаниях окружающего грунта и только часть вызывает перемещение сваи (ее продавливание).

На рис. 6 представлена диаграмма перемещения сваи относительно мачты (стойки) копра после каждого удара молота. Свая после каждого удара перемещается в три этапа: вначале она перемещается на некоторую максимальную глубину, затем упругими силами грунта выталкивается вверх и после быстрозатухающих колебаний останавливается в грунте на отметке, отличающейся от положения ее до удара на величину S_a , называемую остаточным отказом. Разность величин погружения сваи на максимальную глубину и остаточного отказа называют упругим отказом S_L .

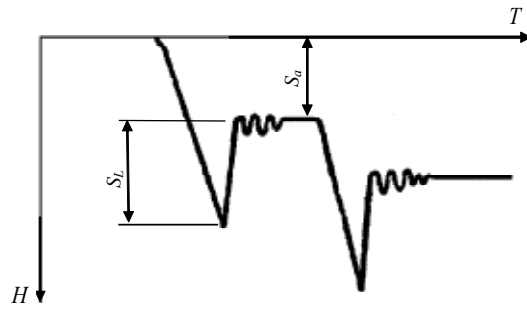


Рис. 6. Диаграмма перемещения сваи при ударном погружении: H , см – глубина погружения сваи; T , с – время погружения; S_a , см – остаточный отказ; S_L , см – упругий отказ

За один удар для упрощения технологического проектирования под отказом принимают погружение сваи от одного удара. При этом различают конечный и контрольный (проектный) отказы.

В пояснительной записке необходимо привести расчет конечного (контрольного) отказа, достигаемого сваями на последнем метре (10 см) погружения, по формуле Герсеванова в зависимости от параметров сваи, расчетной нагрузки, типа молота и грунтовых условий [32, 34, 39].

На практике применяется понятие «ложного» отказа, когда сваи погружают маломощным молотом. Например, для погружения составной сваи длиной 20–25 м необходимо достичь более 1000 (обычно до 700) ударов, при этом фиксируются «ложные» отказы порядка 3 мм, не отражающие действительной несущей способности свай, а их нижние концы не достигают проектных отметок, так как малая энергия молота расходуется в основном на разрушение голов свай, а не на погружение.

Основным агрегатом, используемым для погружения свай, является молот, характеризующийся массой, высотой сброса и частотой удара. Молот для погружения свай перемещается по мачте копра. Копер состоит из базовой машины, мачты и подкосов, устройства для крепления мачты, лебедок (рис. 7). Базовая машина – это самоходный агрегат, используемый для передвижения копра к месту забивки сваи. Мачта – металлическая конструкция, обеспечивающая перемещение молота, установку, центрирование и наведение сваи на точку погружения. Современная классификация копров приведена в табл. 12.

Таблица 12

Классификация современных копров

№	Классификационный признак	Виды копров	Рисунок 8
1	По конструкции ходовой части	Колесные, например на базе автомобиля	<i>в</i>
		Гусеничные	<i>в, г</i>
2	По наличию поворотной платформы	С поворотной платформой	<i>а, г</i>
		Без поворотной платформы	<i>б</i>
3	По наличию изменения вылета мачты	С изменением вылета	<i>а, г</i>
		Без изменения вылета	<i>б, в</i>
4	По наличию наклона мачты	С изменением наклона	<i>г</i>
		Без изменения наклона	<i>а–в</i>
5	По условиям применения	Универсальные (имеют возможность наклона, изменения вылета мачты и поворота платформы)	<i>г</i>
		Полууниверсальные (копры с отсутствием одной из трех составляющих универсальных)	<i>а, в</i>
		Простые с вертикальными «стоечными» мачтами, опирающимися на грунт	<i>б</i>

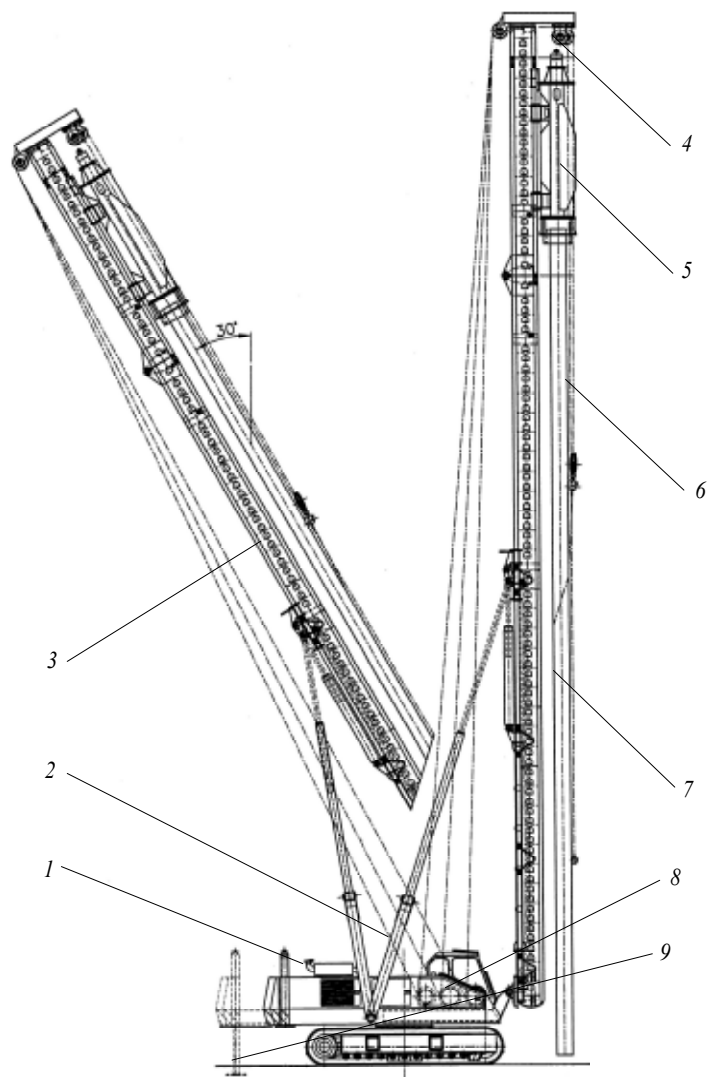


Рис. 7. Принципиальная схема копра: 1 – базовая машина; 2 – подкосы с гидроцилиндрами изменения угла наклона мачты; 3 – мачта, подкосы; 4 – гусек; 5 – молот; 6 – трос подъема сваи; 7 – свая; 8 – лебедки; 9 – дополнительные опоры (аутригеры)



Рис. 8. Общий вид копров разных типов: а – полноповоротный копер с дизельным молотом; б – копер со стоечной мачтой с механическим молотом свободного падения; в – копер на базе автомобиля; г – универсальный копер с гидравлическим молотом

Классификация свайных молотов

№	Классификационный признак	Виды молотов	Номера рисунков
1	По виду источника подводимой энергии для подъема ударной части	Гидравлические, ударная часть перемещается под действием давления в гидравлической системе	10
		Газовые, ударная часть перемещается под действием давления на поршни газа	11, а
		Дизельные, ударная часть перемещается в результате расширения газов, возникающих от сгорания топливно-воздушной смеси	12, а–в
		Механические, ударная часть (монологит или молот свободного падения) поднимается стальным канатом с помощью лебедки	12, г
2	По виду приложения энергии	Одиночного действия – энергия прилагается только на подъем ударной части молота	10, 12
		Двойного действия – энергия прилагается как на подъем, так и в период сбрасывания молота	11, а

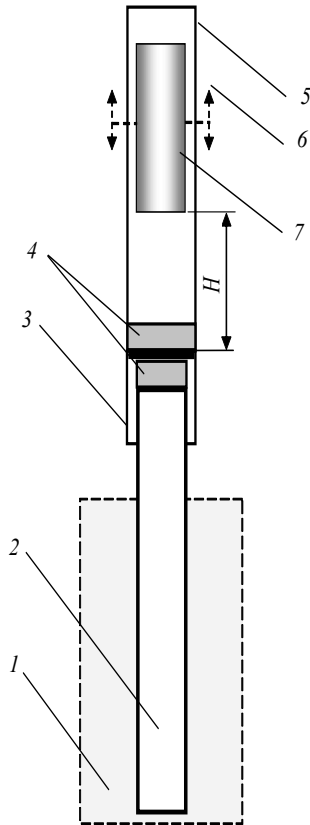


Рис. 9. Принципиальная схема работы молота: 1 – грунт; 2 – свая; 3 – наголовник; 4 – демпферные прокладки-амортизаторы; 5 – корпус; 6 – векторы приложения силы при подъеме или сбросе ударной части; 7 – ударная часть молота

четная энергия удара, высота подъема ударной части. В табл. 14 приведены сравнительные характеристики некоторых молотов, используемых в Санкт-Петербурге.

Потенциальная энергия удара молотов простого действия E рассчитывается по формуле

$$E = kmgH / 1000, \text{ кДж}, \quad (1)$$

где k – коэффициент, равный 0,95 для механических молотов, 0,90 – для гидравлических, 0,80 – для дизельных трубчатых, 0,60 – для дизельных штанговых молотов; m – масса ударной части, кг; H – высота сброса (падения) ударной части на сваю, м.

При выборе копра основная задача – выбор типа молота. На основании исходных данных для составления технологической карты необходимо проанализировать эксплуатационные характери-



Рис. 10. Общий вид гидравлических молотов: *а* – молот установлен на мачте универсального копра; *б* – то же на мачте копра на базе трактора

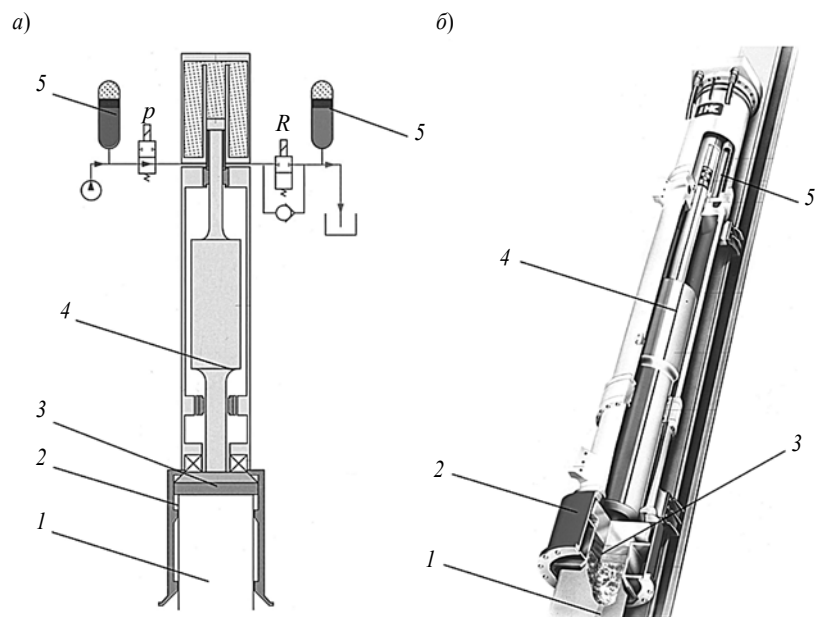


Рис. 11. Газовый молот: *а* – общий вид; *б* – разрез; 1 – свая; 2 – наголовник; 3 – амортизатор; 4 – ударная часть молота с поршнем; 5 – газовый аккумулятор

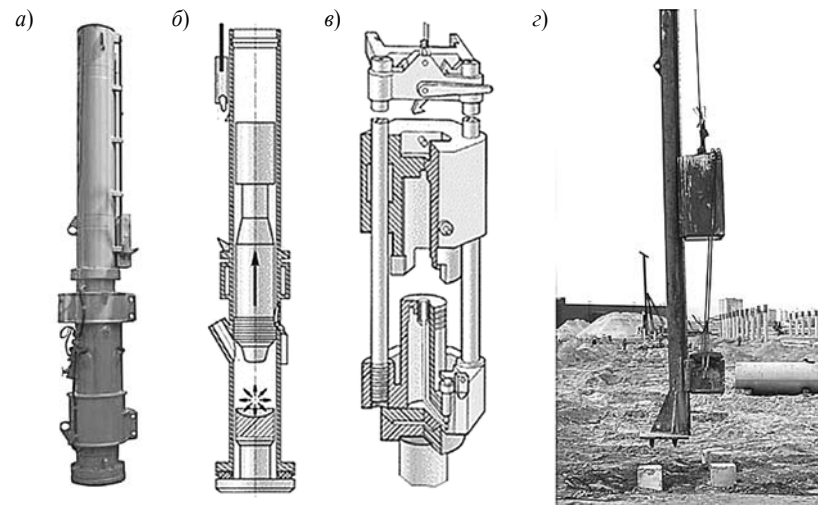


Рис. 12. Общий вид и конструктивные схемы дизельных и механических молотов: *а* – общий вид трубчатого дизельного молота; *б, в* – конструктивные схемы трубчатого и штангового дизельных молотов соответственно; *г* – механический молот свободного падения

Таблица 14
Характеристики молотов, эксплуатируемых в Санкт-Петербурге

Молот		Масса ударной части, т	Масса молота, т	Высота сброса ударной части, м		Расчетная энергия удара		Частота удара, уд./мин
Вид	Марка			макс.	мин.	т · см	кДж	
Механический	—	5	5	1	1	5,0	5,0	10–12
	—	4,2	4,2	1	1	4,2	42,0	10–12
Дизельный	СП76А	1,8	3,65	2,8	0,5	5,04	50,4	42
	СП78А	3,5	7,7	2,3	0,5	8,2	82	То же
	СП77А	2,5	5,5	2,8	0,5	7,0	70	»
Гидравлический	ННК-6	6	8,6	0,8	0,2	4,8	48	40–100
	ННК-7	7	9,7	1,2	0,2	8,4	84	То же
	ДКН-7	7	10,5	1,2	0,2	8,4	84	»
	ННК-9	9	13	1,2	0,2	11,2	112	»
Газовый	SC-75	5,7	9,8	1,3	0,2	7,5	75	50
	SC-110	7,9	14,1	1,4	0,2	11,0	110	40

стики различных свайных молотов для условий строительства с учетом данных табл. 15.

Таблица 15

Качественная характеристика свайных молотов

Тип молота	Преимущества	Недостатки	Производительность погружения свай длиной 12 м, сечением 35 см, шт./смену
Механический	Техническая и эксплуатационная надежность	Шумовые и ударные воздействия на грунт основания, небольшая производительность, ограниченная масса молота	6–10
Дизельный	Большая по сравнению с механическим молотом производительность и энергия удара	Шумовые и ударные воздействия на грунт основания, загрязнения выбросами отработанного дизельного топлива, высота сброса ударной части ограничена заводом-изготовителем	8–12
Гидравлический	Большая производительность, возможность регулировать высоту и частоту подъема молота в процессе работ, электронная регистрация технологических параметров, большая масса ударной части	Шумовые и ударные воздействия на окружающую застройку, большие эксплуатационные затраты, в том числе при ремонте, требуется высокая квалификация машиниста копра	15–40

Из табл. 15 видно, что основным недостатком ударного способа погружения свай является динамическое воздействие на окружающую среду: грунт, конструкции зданий и сооружений, людей. В этой связи особые условия налагаются на определение технологических параметров погружения свай в условиях городской среды. На третьем этапе выбор окончательной технологии рекомендуется выполнять по блок-схеме рис. 13.

Особое внимание в технологической карте следует уделять выбору копрового оборудования при работе вблизи существующих

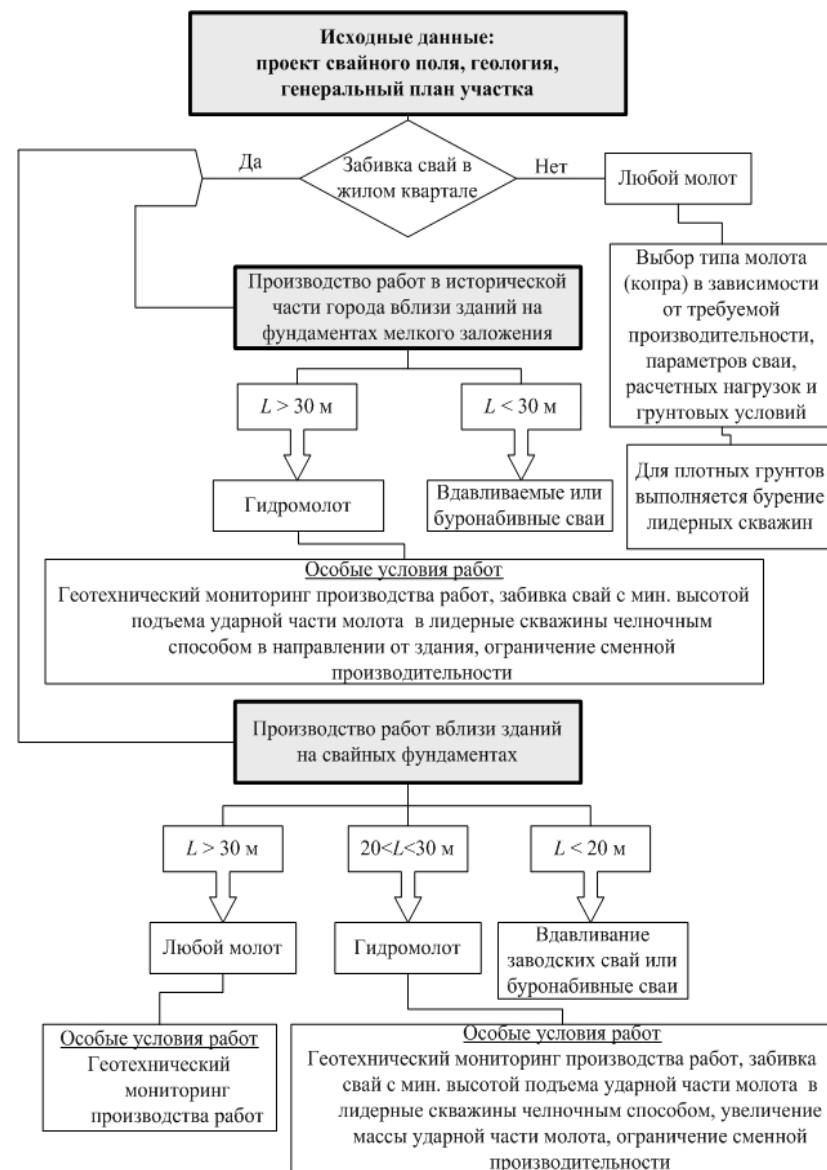


Рис. 13. Алгоритм выбора типа сваебойного оборудования и способа погружения свай: L – расстояние от края свайного поля до существующих зданий и сооружений

щих зданий и сооружений, особенно в исторической части Санкт-Петербурга.

Для снижения динамического воздействия от ударов сваи погружаются в предварительно пробуренные скважины. Так, установлено, что при погружении свай молотами в лидерные скважины амплитуда смещений грунта уменьшается: для песчаных грунтов в 1,7–2,0 раза, глинистых – 2,0–2,5 при отношении площади лидера к площади сваи 0,5–0,7. При шнековом рыхлении грунта для указанных отношений площадей амплитуда смещений грунта уменьшается: для песчаных грунтов до 1,5 раз, а глинистых – в 2 [26]. Следует отметить, что бурение применяется и при наличии в грунте труднопроходимых прослоек (галечник, плотные пески, твердые глинистые грунты), препятствующих погружению сваи до проектных отметок. Лидерные скважины устраивают обычно на 5 см меньше диагонали поперечного сечения погружаемой сваи. Глубина скважин должна быть ниже подошвы фундамента существующего здания или достигать подошвы плотной грунтовой прослойки, но не превышать 0,9 длины сваи в грунте.

На последнем этапе необходимо выполнить подбор типа молота по расчетной энергии удара и привести это в записке [34, 39]. Следует учесть, что длина звена сваи не должна превышать полезной высоты копровой мачты.

После предварительного определения вида молота необходимо выполнить проверку приведенных ниже условий. Если хотя бы одно из трех условий не выполняется, то к расчету необходимо принимать молот с большей энергией удара (с большей массой ударной части).

Необходимую для забивки сваи максимальную энергию удара молота E_k определяют по формуле

$$E_k = 1,75ap, \text{ Дж}, \quad (2)$$

где a – коэффициент, равный 25 Дж/кН; p – расчетная нагрузка на сваю (по данным проекта), кН.

Принятый тип молота с расчетной энергией удара должен удовлетворять условию

$$(Q_{\text{п}} + q) H/E_{\text{кр}} < k_{\text{п}}, \quad (3)$$

где $Q_{\text{п}}$ – полный вес молота, Н; q – масса сваи (включая вес наголовника и подбабка); H – фактическая высота падения ударной

части молота, м; $E_{\text{кр}}$ – расчетная энергия удара принятого молота, Дж; $k_{\text{п}}$ – коэффициент, приведенный в табл. 15.

Таблица 16

Значение коэффициента $k_{\text{п}}$ для свай из железобетона

Тип молота	$k_{\text{п}}$
Трубчатый дизельный молот	6
Гидравлический молот	5
Подвесной молот механический свободного падения	3

Расчетное значение энергии удара принимают:

- для гидромолотов и подвесных механических молотов

$$E_{\text{кр}} = QH; \quad (4)$$

- для трубчатых дизель-молотов

$$E_{\text{кр}} = 0,9QH; \quad (5)$$

- для штанговых дизель-молотов

$$E_{\text{кр}} = 0,4QH. \quad (6)$$

Здесь Q – падающий вес ударной части молота, Н; H – то же, что и в формуле (3), м.

На стадии окончания забивки свай для трубчатых дизельных молотов $H = 2,8$ м, для гидравлических молотов принимается по паспортным характеристикам.

Для принятого типа молота необходимо рассчитать отказ s_a . Если окажется, что отказ меньше 3 мм, то для погружения свай необходимо применять молот с большей энергией удара (с большей массой ударной части).

Значение отказа в зависимости от энергии удара E_d выбранного молота и несущей способности сваи F_d должно удовлетворять условию [39]:

$$s_a \leq \frac{\eta A E_d}{F_d(F_d + \eta A)} \frac{m_1 + \varepsilon^2(m_2 + m_3)}{m_1 + m_2 + m_3}. \quad (7)$$

где $\eta = 1500$ кН/м² для железобетонных свай; A – площадь, ограниченная наружным контуром сплошного или полого поперечного сечения ствола сваи (независимо от наличия или отсутствия у сваи острия), м²; E_d – расчетная энергия удара молота, кДж;

m_1 – масса молота, т; m_2 – масса сваи и наголовника, т; m_3 – масса подбабка, т; ε – коэффициент восстановления скорости при ударе, принимаемый при забивке железобетонных свай и свай-оболочек молотами ударного действия с применением наголовника с деревянным вкладышем $\varepsilon^2 = 0,2$.

Пример 2.1. Требуется выбрать тип молота для погружения заводской железобетонной сваи С240.35-Св (свая составная, сечение 35×35 см, полная длина 24 м, масса 7,35 т). Расчетная нагрузка на сваю 110 тс. Участок строительства располагается в Приморском районе Санкт-Петербурга, на пересечении Мебельной и Туристской улиц. Инженерно-геологический разрез с характеристиками грунта и проектным положением сваи показан на рис. 14.

Решение. Предварительно для погружения сваи принимаем копер с трубчатым дизельным молотом СП-77А с массой ударной части 2,5 т, массой молота 5,5 т, высотой падения ударной части 2,8 м и массой наголовника 250 кг.

Необходимую для забивки сваи энергию удара молота E_k , Дж, определяем по формуле (2):

$$E_k = 1,75ap = 1,75 \cdot 25 \cdot 1100 = 48\,125 \text{ Дж},$$

где a – коэффициент, равный 25 Дж/кН; $p = 1100$ кН – расчетная нагрузка на сваю.

Расчетное значение энергии удара $E_{кр}$ вычисляем по формуле (5):

$$E_{кр} = 0,9QH = 0,9 \cdot 25\,000 \cdot 2,8 = 63\,000 \text{ Дж},$$

где $Q = 25\,000$ Н – сила тяжести ударной части молота; $H = 2,8$ м – высота падения ударной части молота.

Расчетная энергия удара принятого типа молота больше необходимой энергии.

Выполняем проверку условия (3):

$$(Q_{\pi} + q)H/E_{кр} < k_{\pi},$$

где $Q_{\pi} = 55\,000$ Н – полная сила тяжести молота; $q = 7600$ Н – вес сваи (включая вес наголовника), $k_{\pi} = 6$ – коэффициент, выбираемый по в табл. 16.

$$(55\,000 + 76\,000) 2,8 / 63\,000 = 5,82.$$

Условие (3) выполняется.

Инженерно-геологический разрез			
Абс. отм. устья: 3,000 м			
Глубина	ИГЭ	Наименование грунтов	Абс. отм.
Намывные грунты: пески пылеватые			
3,00			0,00
4,20	(5)	Пески пылеватые, серые, средней плотности, н/в ($E = 110 \text{ кгс/см}^2$)	-1,20
7,50	(6)	Супеси песчанистые, серые, с прослоями песка, текучие ($J_L = 1,14; E = 55 \text{ кгс/см}^2$)	-4,50
8,00	(5)	Пески пылеватые, серые, средней плотности, н/в ($E = 110 \text{ кгс/см}^2$)	-5,00
9,50	(7)	Суглинки легкие пылеватые, серые, текучие ($J_L = 1,02; E = 60 \text{ кгс/см}^2$)	-6,50
13,50	(8)	Суглинки легкие пылеватые, коричневатые-серые, ленточные, текучие ($J_L = 1,14; E = 60 \text{ кгс/см}^2$)	-10,50
16,20	(9)	Суглинки легкие пылеватые, серые, слоистые, текучие ($J_L = 1,05; E = 60 \text{ кгс/см}^2$)	-13,20
18,80	(10)	Супеси песчанистые, серые, с прослоями песка, с гравием и галькой, пластичные ($J_L = 0,69; E = 85 \text{ кгс/см}^2$)	-15,80
-19,61		Супеси песчанистые, серые, с прослоями песка, с гравием и галькой, твердые	
27,00	(11)	($J_L = -0,70; E = 320 \text{ кгс/см}^2$)	-24,00
29,00	(13)	Суглинки легкие пылеватые, с гравием и галькой, твердые ($J_L = -0,25; E = 300 \text{ кгс/см}^2$)	-26,00

Рис. 14. Инженерно-геологический разрез

Выполняем расчет контрольного остаточного s_a , м, отказа при забивке и контрольной добивке сваи по формуле (7):

$$s_a \leq \frac{\eta A E_d}{F_d (F_d + \eta A)} \cdot \frac{m_1 + \varepsilon^2 (m_2 + m_3)}{m_1 + m_2 + m_3},$$

где $\eta = 1500 \text{ кН/м}^2$; $A = 0,123$ – площадь поперечного сечения сваи, м^2 ; $F_d = 1100 \cdot 1,4 = 15\,400$ – несущая способность сваи, кН ; $E_d (E_{кр}) = 63$ – расчетная энергия удара молота, кДж ; $m_1 = 5,5$ – масса молота, т ; $m_2 = 7,6$ – масса сваи и наголовника, т ; $m_3 = 0$ – масса подбабка, т ; $\varepsilon^2 = 0,2$.

$$s_a = \frac{1500 \cdot 0,123 \cdot 63}{15\,400 (15\,400 + 1500 \cdot 0,123)} \cdot \frac{5,5 + 0,2(7,6 + 0)}{5,5 + 7,6 + 0} = 0,002.$$

Расчетный отказ равен 2 мм, что меньше минимального допустимого значения 3 мм [39, п. 7.3.7]. Для дальнейшего расчета принимаем молот с большей энергией удара, например, гидравлический молот марки *ННК-7* (Юнттан), масса ударной части и молота 7 и 9,7 т, максимальная высота подъема ударной части 1 м.

По аналогии, расчетное значение энергии удара $E_{кр}$, Дж , вычисляем по формуле (4)

$$E_{кр} = QH = 70\,000 \cdot 1 = 70\,000 \text{ Дж},$$

где $Q = 70\,000 \text{ Н}$ – сила тяжести ударной части молота; $H = 1 \text{ м}$ – высота падения ударной части молота.

Выполняем проверку условия:

$$(Q_{\pi} + q)H/E_{кр} < k_{\pi},$$

где $Q_{\pi} = 97\,000 \text{ Н}$ – полный вес молота; $q = 73\,500 \text{ Н}$ – сила тяжести сваи с наголовником; $k_{\pi} = 6$.

$$(97\,000 + 73\,500) \cdot 1 / 70\,000 = 2,4.$$

Условие (3) выполняется.

Выполняем расчет контрольного остаточного s_a , м, отказа:

$$s_a \leq \frac{\eta A E_d}{F_d (F_d + \eta A)} \cdot \frac{m_1 + \varepsilon^2 (m_2 + m_3)}{m_1 + m_2 + m_3},$$

где $A = 0,123 \text{ м}^2$; $F_d = 1200 \cdot 1,4 = 1540 \text{ кН}$; $E_d (E_{кр}) = 70 \text{ кДж}$; $m_1 = 9,7 \text{ т}$; $m_2 = 7,35 \text{ т}$; $m_3 = 0$;

$$s_a = \frac{1500 \cdot 0,123 \cdot 70}{15\,400 (15\,400 + 1500 \cdot 0,123)} \cdot \frac{9,7 + 0,2(7,35 + 0)}{9,7 + 7,35 + 0} = 0,003.$$

Расчетный отказ равен минимально допустимому значению 3 мм, значит выбранный молот допускается принимать для погружения сваи С240.35-Св с расчетной нагрузкой 110 тс.

Забивка свай состоит из следующих технологических этапов:

- 1) раскладка (подача) свай краном в зоне действия копра (рис. 15);
- 2) установка копра на точку погружения сваи;
- 3) подтаскивание и подъем сваи на мачту копра (рис. 16, а);
- 4) забивка сваи (рис. 16, б);
- 5) перемещение копра на следующую точку погружения;
- 6) вырубки бетона голов сваи для оголения рабочей арматуры.

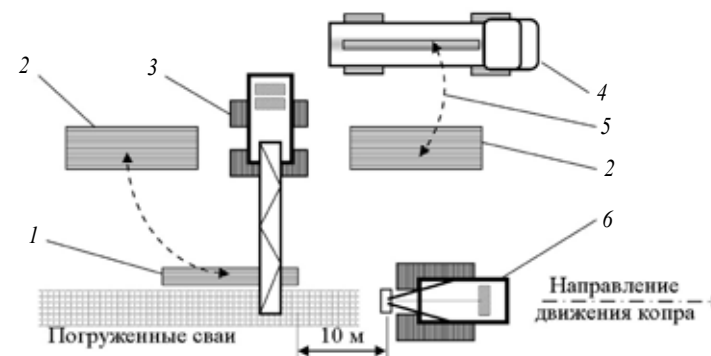


Рис. 15. План-схема организации работ забивки свай: 1 – сваи, разложенные к подаче на копер; 2 – штабель свай на прокладках; 3 – гусеничный кран; 4 – автотранспорт доставки свай; 5 – траектория перемещения свай краном; 6 – копер

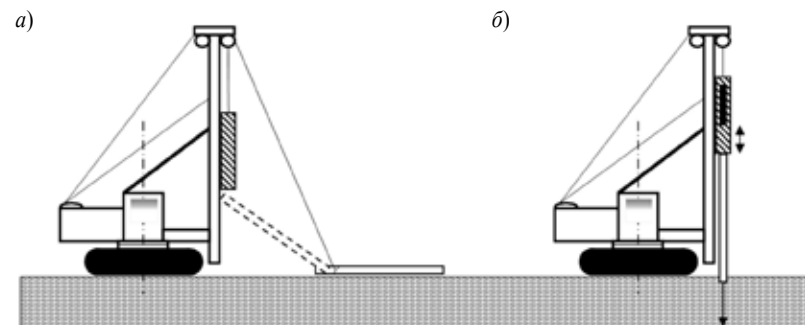


Рис. 16. Схема организации работ по погружению свай: а – подтаскивание и подъем сваи на мачту копра; б – забивка сваи

Рассмотрим более подробно этапы погружения свай.

Подача свай в котлован (зону забивки) и их раскладка осуществляется кранами с соответствующей грузоподъемностью и вылетом. Раскладка допускается на расстояние до 10 м от точки забивки, при этом для простых (стоечных) копров сваи необходимо раскладывать строго по оси движения копра.

Подтаскивание и подъем сваи осуществляется рабочим тросом копра по спланированной поверхности и прямой траектории в зоне видимости машиниста копра. В поднятом состоянии на мачте универсального копра при повороте платформы свая должна фиксироваться на нижней части мачты механическим захватом.

Установив сваю острием на грунт, проверяют вертикальность и соосность ее с молотом. Первые удары по свае выполняют с небольшой высоты, следя за правильным погружением сваи. Затем можно перейти к забивке сваи с нормальной высоты падения ударной части.

Глубина погружения сваи (отметка острия) назначается в проекте. Сваи погружаются на заданную отметку или до расчетного отказа. Процесс определения замера отказов называют также залоговым контролем. Этот контроль осуществляется путем измерения глубины погружения свай от каждого удара в зале, состоящем из 10 ударов. В качестве отказа принимается максимальная величина погружения сваи от одного удара залоговой серии. Для удобства измерения свая размечается горизонтальными рисками через 1 м, а на последнем метре – через 10 см.

При перемещении копров на слабых водонасыщенных грунтах в технологической карте необходимо предусмотреть усиление основания песчаной или щебеночной подсыпкой толщиной до 300 мм по геотекстилю (дорнит), выполнить системы водоотведения и предусмотреть передвижение копров по дерево-металлическим или железобетонным настилам.

Перемещение копра можно задавать по дну котлована на уровне низа ростверка либо по поверхности земли. Во втором случае производится допогружение свай на глубину до 3 м на проектную отметку в следующей последовательности: свая погружается до уровня земли (рис. 17, а), на голову сваи устанавливается металлический инвентарный добойник (рис. 17, б), ударами молота по добойнику свая погружается ниже уровня стоянки копра на проектную отметку (рис. 17, в), извлечение добойника производится рабочим тросом копра (рис. 17, г).

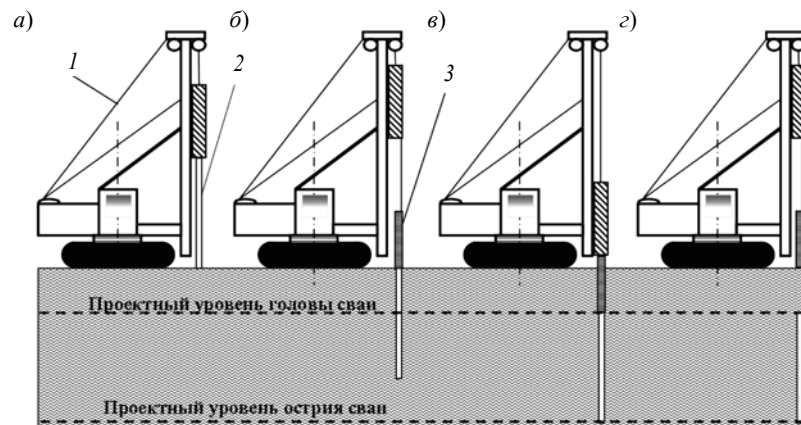


Рис. 17. Схема погружения сваи ниже уровня стоянки копра: а – погружение сваи до уровня земли; б – установка на голову сваи добойника; в – забивка сваи через добойник; г – извлечение добойника; 1 – копер; 2 – свая; 3 – инвентарный металлический добойник

Рассмотрим самые распространенные схемы движения копра (проходки) при устройстве свайных оснований:

а) продольная или поперечная (рядовая) – вдоль или поперек свайного поля, при ширине здания свыше 10 м возможно организовать параллельное движение нескольких копров с обеспечением безопасного расстояния между точками погружения свай не менее 30 м (рис. 18, а–в);

б) спиральная – для круглых в плане зданий, во избежание переуплотнения грунтов и исключения отжатия свай в плане рекомендуется погружение в направлении от центра (рис. 18, г).

Квалификационный состав представлен в табл. 17.

2.3.2. Вдавливание

Опыт эксплуатации установок вдавливания заводских свай (УВС) в Санкт-Петербурге показал их эффективность при работе на расстояниях до 1,2 м от конструкций существующих зданий и сооружений (при условии погружения свай в предварительно разрыхленный грунт); вблизи коммуникаций; в слабых грунтах, как альтернатива буронабивным технологиям, при рисках развития недопустимых деформаций грунтов.

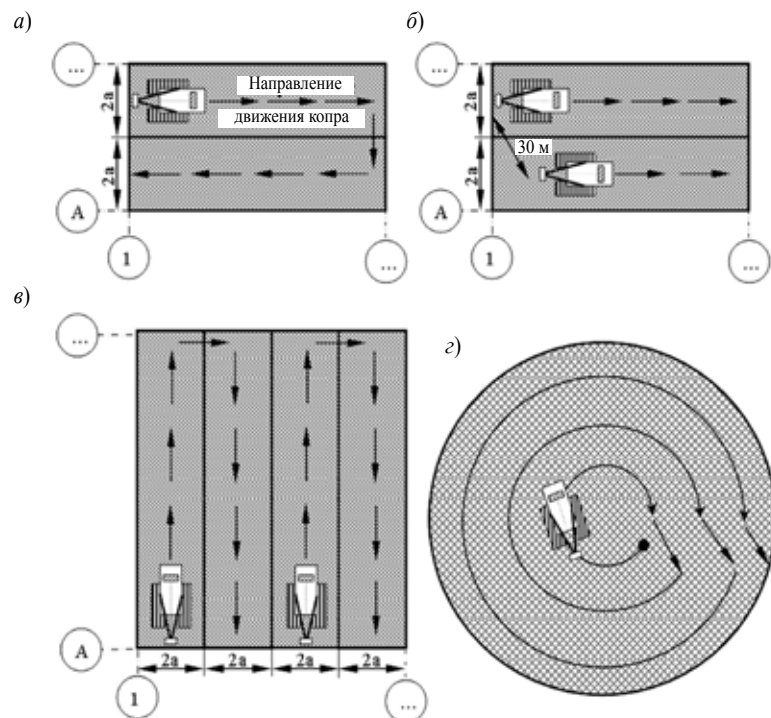


Рис. 18. Схемы движения копров: а, б, в – продольные и поперечные (рядовые) схемы движения; з – спиральная схема

Таблица 17

Квалификационный состав, осуществляющий забивку свай

№	Наименование профессии	Разряд	Кол-во	Основные обязанности
1	Машинист крана	5	1	Управление и контроль за состоянием технических средств
2	Машинист копра	5	1	
3	Копровщик-стропальщик	3	1	Такелажные работы, осмотр оснастки, руководство подачей и раскладкой свай, разметка свай
4	То же	2	1	
5	Производитель работ	–	1	Организация работ, надзор за выполнением требований правил охраны труда и проекта, инструктаж, оперативное решение технических вопросов, ведение исполнительной документации

К достоинствам технологии вдавливания свай относятся:

а) гарантированное заводское качество сваи в грунте (чего нет при устройстве буронабивных свай, когда бетон укладывается в грунте);

б) по конечному усилию вдавливания можно прогнозировать несущую способность сваи по грунту без дополнительных испытаний;

в) по сравнению с буронабивными технологиями нет зимнего удорожания и технологических перерывов на прогрев бетона;

г) при работе с уровня дневной поверхности есть возможность додавливания сваи на 5–6 м до уровня проектной отметки без откопки котлована (для буронабивных технологий сваи удлиняют).

К недостаткам технологии вдавливания свай относится следующее:

а) при вдавливании свай в примыкании к существующим конструкциям часть свай не может быть погружена;

б) наличие плотных грунтов может препятствовать погружению свай до несущего слоя;

в) по сравнению с буронабивными сваями у типовых заводских свай имеются ограничения по длине и расчетной нагрузке.

При составлении технологической карты следует рассматривать пять разновидностей УВС, эксплуатируемых в Санкт-Петербурге (табл. 18).

Таблица 18

Классификация установок вдавливания свай

Классификационный признак	Вид УВС				
	УСВ 120 (160) (рис. 21)	УСВ 200 (рис. 22)	УВТ 200 СО 450 (рис. 23)	Starke 240 (рис. 24)	СВУ В-6 (рис. 25)
По способу передачи вдавливающего усилия на сваю	По боковой поверхности сваи (рис. 19, а, 20)				По торцу сваи (рис. 19, б)
По непрерывности процесса вдавливания	Циклическое перемещение вдавливающего узла вниз со свай и вверх в режиме холостого хода				Непрерывн. (рис. 19, б)
По способу перемещения по захватке: а) самоходные	На базе экскаватора ЭО 6122	—	—	—	На базе крана РДК 250
б) несамоходные, переставляемые краном	—	+	+	+	—
в) ограниченно мобильные на модульных устройствах	—	—	+	—	—
г) шагающие	—	—	—	+	—
По способу передачи усилия на сваю	Без дополнительных анкеров за счет веса установки и инвентарных грузов				
По типу вдавливающего устройства	Гидравлический				Канатно-полиспастный

Конструктивно-технологические параметры и характеристики УВС представлены в табл. 19.

Таблица 19

Основные конструктивно-технологические параметры УВС

№	Параметр, характеристика установки	Вид УВС				
		УСВ 120 (160)	УСВ 200	УВТ 200 / СО 450	Starke 240	СВУ В-6
1	2	3	4	5	6	7
1	Масса установки без грузов, т	117 (135)	24	22 (14)	100	112

Окончание табл. 19

1	2	3	4	5	6	7
2	Полная масса с грузами при максимальном усилии вдавливания $M_{\text{п}}$, т	132 (160)	200	200	240	112
3	Максимальное усилие вдавливания $F_{\text{вд}}^{\text{м}}$, т	115 (160)	200	200	240	80
4	Коэффициент полезного использования массы установки $M_{\text{п}}/F_{\text{вд}}^{\text{м}} \cdot 100$, %	87 (95–100)	95–100	95–100	95–100	71
5	Минимальное приближение оси сваи к существующим конструкциям при максимальном усилии вдавливания, м	3,5 (3,5)	1,2	1,5	0,9	0,8
6	То же при минимальном усилии вдавливания, м	1,2 (1,2)	1,2	1,5	0,9	0,8
7	Площадь опорного контура УВС, м ²	72 (72)	23,75	14,7	62	44,7–72,0
8	Средняя производительность погружения составных свай со сварным стыком, шт./см	8 (8)	2	8	2–8	8
9	Максимальная длина погружаемого элемента в условиях СПб, м	32	32	32	13	14
10	Наибольшее сечение погружаемого элемента, см	40 (40)	40	45	50	120
11	Возможность подтаскивания сваи по грунту без помощи крана	—	—	—	+	+
12	Возможность погружения шпунта	+	—	+	+	+
13	Возможность циклического погружения сваи («вниз – вверх»)	+	+	—	+	—
14	Состав звена (с машиной крана и прорабом), чел.	5	3	5	5	5

Примечания. 1. Контроль усилия вдавливания выполняется по показаниям манометра гидравлической системы за исключением СВУ В-6. 2. Для получения максимального усилия УСВ 120(160) применяется выносная платформа с установкой дополнительных пригрузов. 3. Установка Starke 240 оснащена крановым оборудованием, позволяющим устанавливать сваи длиной до 13 м в зажимное устройство.

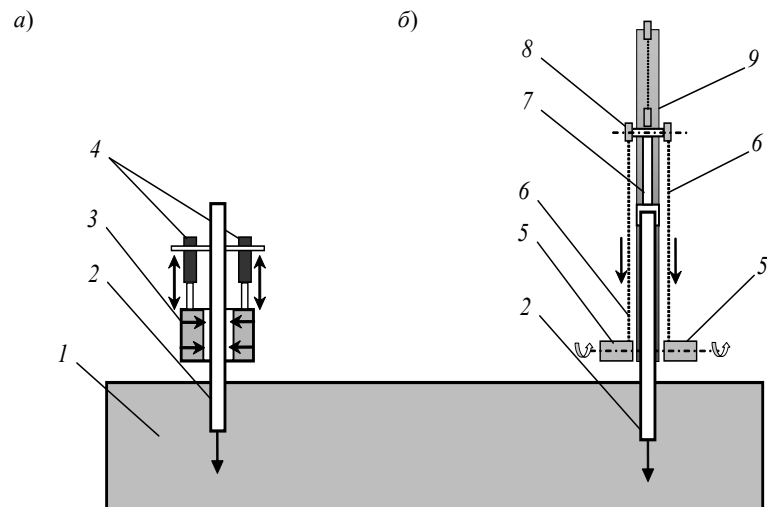


Рис. 19. Принципиальные схемы УВС по способу передачи вдавливающего усилия на сваю: а – установки с циклическим процессом вдавливания сваи; б – то же с непрерывным вдавливанием; 1 – грунт; 2 – свая; 3 – зажимное устройство; 4 – гидроцилиндры перемещения зажимного устройства; 5 – тяговая лебедка; 6 – тяговый трос; 7 – погружатель (дополнительно может оснащаться вибрационным погружателем или гидравлическим молотом); 8 – блок; 9 – мачта (стойка) УВС

Для УВС непрерывного действия с передачей вдавливающего усилия на верхний торец сваи технологическая последовательность вдавливания аналогична забивному способу: подтаскивание и подъем сваи на мачту УВС, вдавливание сваи до проектной отметки и перемещение установки на следующую точку погружения (рис. 19, б).

Рассмотрим последовательность циклического вдавливания свай (рис. 19, а):

- 1) подъем и заводка сваи краном в зажимное устройство УВС (рис. 20, а);
- 2) фиксация сваи гидравлическим цилиндром зажимного устройства (рис. 20, б);
- 3) вертикальное перемещение вниз зажимного узла со свай с помощью двух цилиндров (рис. 20, в);
- 4) при достижении крайнего нижнего положения цилиндр зажимного устройства разжимается, высвобождая сваю, и вдавли-

вающий узел поднимается в исходное верхнее положение, и далее цикл повторяется (рис. 20, г).

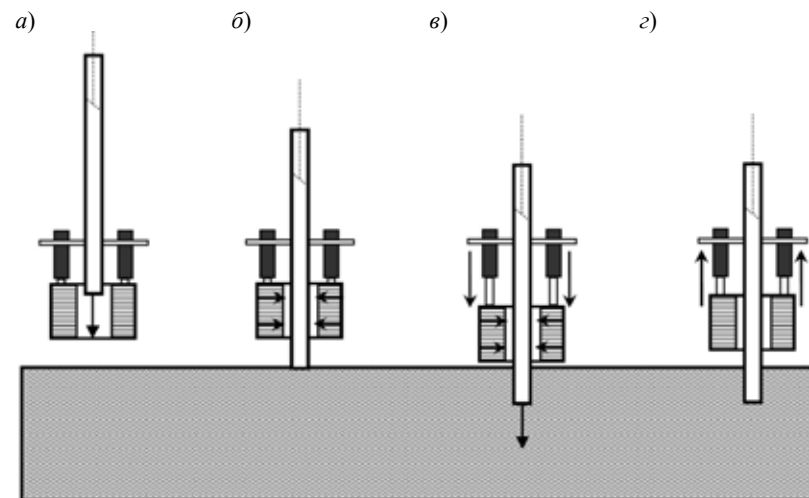


Рис. 20. Технологическая последовательность вдавливания свай УВС циклического действия: а – подъем и заводка сваи краном в зажимное устройство; б, в – фиксация и вдавливание сваи; г – подъем вдавливающего узла в исходное положение

Сравнительные характеристики УВС циклического и непрерывного действия приведены в табл. 20.

Таблица 20
Сравнительные характеристики УВС различного действия

Сравнительный признак	Тип УВС по принципу действия	
	циклического	непрерывного
Максимальное усилие вдавливания, тс	200–240	80
Максимальные размеры вдавливаемого элемента, м: длина ширина	Не ограничена 0,45	14 1,2

Установки циклического действия развивают большие вдавливающие усилия, а непрерывного действия – более маневренны при работе в стесненных условиях.

По способу перемещения по свайному полю различают следующие виды УВС: самоходные на базе экскаваторов и кранов; несамоходные перемонтируемые на каждую сваю краном и ограниченно мобильные на специальных модульных устройствах. УВС типа СО 450 и УВТ 200 выполнены на основе базового модуля, который можно устанавливать на различных ходовых устройствах: гусеничном и рельсовом ходу (рис. 26, б, в), перекрестных балках (рис. 26, г).

Рельсовый ход имеет длину до 6 м и переставляется краном, перемещение УВС по рельсам осуществляется с помощью гидроцилиндров.

Передвижение вдавливающей установки по системе перекрестных балок обеспечивает перемещение машины в рабочей зоне свайного поля. Каждый модуль представляет собой рамную конструкцию, устанавливаемую на свайном поле.



Рис. 21. Установка вдавливания свай УСВ 160: 1, 7 – задний и передний аутригер; 2 – сварная несущая рама; 3 – гусеничная тележка экскаватора ЭО 6122; 4 – площадка для копровщика при наведении сваи и выполнении стыка составных свай; 5 – гидроцилиндры перемещения зажимного устройства; 6 – зажимное устройство

Балочные модули могут соединяться между собой в продольном либо поперечном направлении, образуя непрерывную координатную сетку, повторяющую конфигурацию свайного поля (рис. 26, г).

Технологическая последовательность работы модульной сваевдавливающей системы следующая:

- а) модуль устанавливается краном по осям свайного ряда;
- б) на модуль монтируют УВС;
- в) гидроцилиндрами УВС наводят на точку вдавливания сваи;
- г) осуществляется подача сваи краном в зажимное устройство УВС;
- д) выполняется вдавливание сваи на проектную отметку;
- е) перемещение УВС по каретке поперечно оси модуля на следующую точку вдавливания осуществляется при помощи двух дополнительных гидроцилиндров.

При разработке технологической карты выбор типа УВС следует выполнять на основании критериев табл. 21.

Таблица 21

Конструктивно-технологические критерии выбора типа УВС

Критерии выбора	Тип УВС				
	УСВ 120 (160)	УСВ 200	ГСЗМ 250 / СО 450	Starke 240	СВУ В-6
1	2	3	4	5	6
1. По несущей способности сваи согласно п. 15.2.23 [39]					
До 67 т	+	+	+	–	+
От 67 до 100 т	+	+	+	–	–
От 100 до 133 т	–	+	+	–	–
От 133 до 167 т	–	+	+	–	–
От 167 до 200 т	–	–	–	+	–
2. По длине погружаемого элемента без стыка					
До 14 м	+	+	+	+	+
Свыше 14 м	+	+	+	–	–
3. По сечению погружаемого элемента					
До 40 см	+	+	+	+	+
До 45 см	–	–	+	+	+
От 40 до 120 см	–	–	–	–	+

1	2	3	4	5	6
4. По стесненности площадки					
Расстояние от центра крайней сваи до существующих конструкций – 0,8 м, усилие вдавливания до 80 т	– (–)	–	–	–	–
1,2 м – до 80 т	+(+)	+	–	+	+
1,2 м – до 87 т	+(+)	+	–	+	–
1,5 м – свыше 90 т	– (–)	+	+	+	–
1,5 м – свыше 160 т	– (–)	+	+	+	–
3,5 м – до 120 т	+(+)	+	+	+	–
3,5 м – до 160 т	– (+)	+	+	+	–
5. По ширине и высоте подъездных путей на объект					
До 7,0×5,0 м	–	+	+	–	–
Свыше 7,0×5,0 м	+	+	+	+	+

В дипломном проектировании тип УВС следует выбирать по расчетной нагрузке на сваю (несущей способности). В соответствии с действующими нормами конечное (максимальное) усилие вдавливания должно превышать несущую способность сваи на 20 %, или следует определить эту величину по формуле [39]

$$F_{\text{вд}} = 1,4 p_p, \quad (8)$$

где $F_{\text{вд}}$ – конечное усилие вдавливания, т; p_p , т – расчетная нагрузка на сваю.

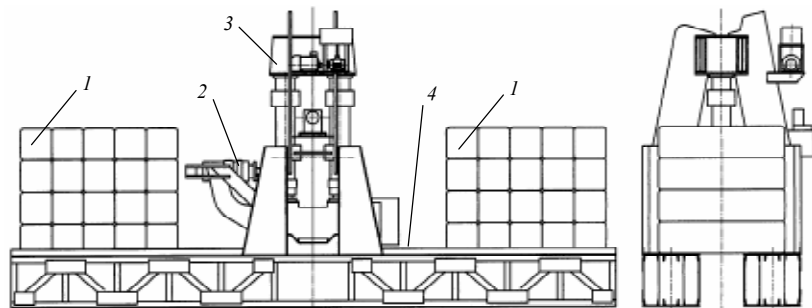


Рис. 22. Установка вдавливания свай UCSV 200: 1 – инвентарные грузы; 2 – гидроцилиндр зажима свай; 3 – верхняя балка рабочего органа установки; 4 – пространственная балка грузовой платформы



Рис. 23. Установка вдавливания свай CO 450: 1 – грузовая рама (при вдавливании свай на плечи с двух сторон укладываются инвентарные металлические грузы массой по 5 т); 2 – гидроцилиндры; 3 – рабочая площадка с ограждением

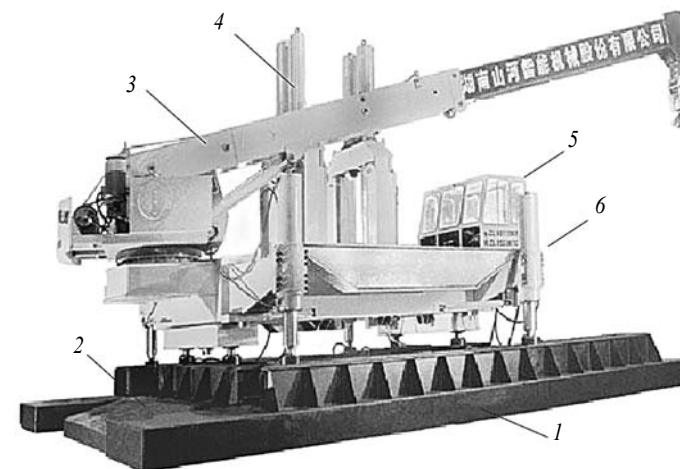


Рис. 24. Установка вдавливания Starke 240 (320): 1 – боковые опорные балки; 2 – центральная опорная платформа; 3 – кран с кабиной управления; 4 – гидроцилиндры вдавливающего устройства; 5 – кабина управления процессом вдавливания; 6 – гидроцилиндры перемещения опорных балок

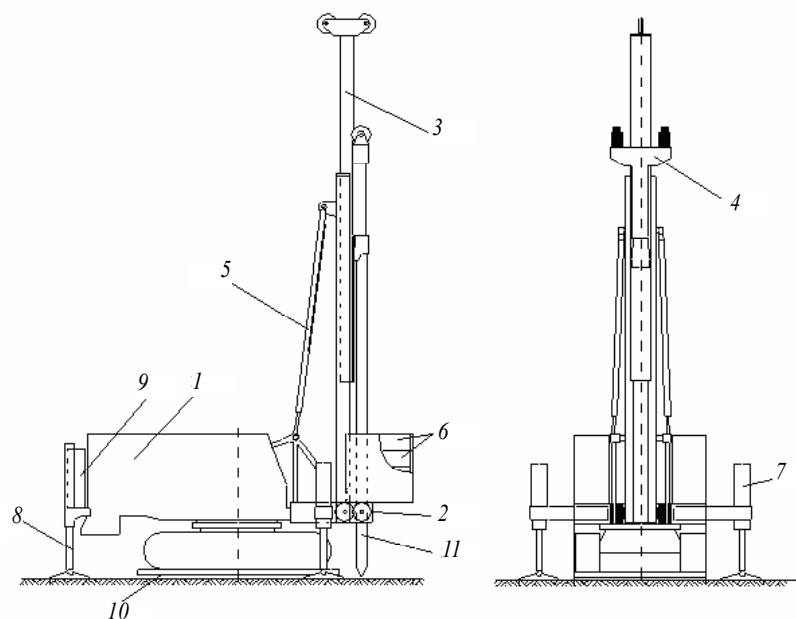


Рис. 25. Установка вдавливания свай СВУ В-6: 1 – базовая машина – кран РДК 250; 2 – передняя рама; 3 – направляющая стойка; 4 – вдавливающий узел; 5 – раскосы; 6 – пригрузы; 7, 8 – аутригеры; 9 – гидростанция; 10 – опорная плита; 11 – свая

Следует отметить, что для пластичных глинистых грунтов Санкт-Петербурга достаточно развить усилие вдавливания, равное несущей способности сваи.

По рассчитанному усилию вдавливания выбирается тип УВС по табл. 19, 21.

Если строительство ведется в стесненных условиях, необходимо проверить соответствие габаритов УВС размерам захватки (табл. 19, п. 4, 5).

Существуют особые требования при вдавливании крайних свай в примыкании к существующим конструкциям. Так, при производстве работ установками УСВ 120 (160) для развития усилий вдавливания свыше 100 тс применяются выносные грузовые платформы, препятствующие погружению сваи ближе 3,5 м от стен зданий. В этих условиях крайние сваи в примыкании следует вдавливать установкой УСВ 200.

Рассмотрим организацию захватки погружения свай по рис. 27.

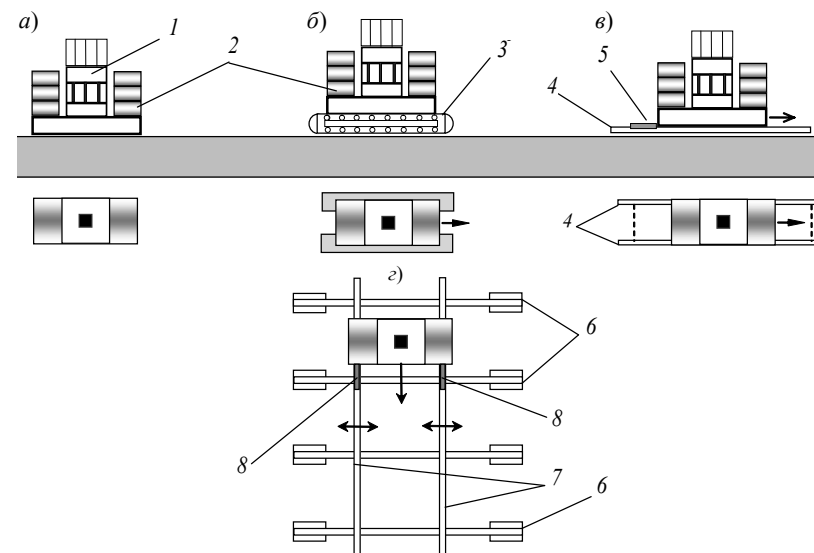


Рис. 26. Модульная система передвижения УВС: а – установка на каждую сваю переставляется краном; б, в, г – установка на ходовых устройствах в виде гусеничного и рельсового хода, модульных перекрестных балках соответственно; 1 – УВС; 2 – инвентарные пригрузы; 3 – гусеничный ход; 4 – рельсы; 5, 8 – гидроцилиндры перемещения УВС; 6 – продольные неподвижные балки; 7 – поперечные передвижные балки

Квалификационный состав звена свай представлен в табл. 22.

Таблица 22

Квалификационный состав звена при вдавливании свай

№	Наименование профессии	Разряд	Кол-во	Основные обязанности
1	Машинист крана	5	1	Управление и контроль за состоянием технических средств
2	Машинист копра	5	1	
3	Копровщик-стропальщик	3	1	Такелажные работы, осмотр оснастки, руководство подачей и раскладкой свай, разметка свай
4	То же	2	1	
5	Производитель работ	–	1	Организация работ, надзор за выполнением требований правил охраны труда и проекта, инструктаж, оперативное решение технических вопросов, ведение исполнительной документации

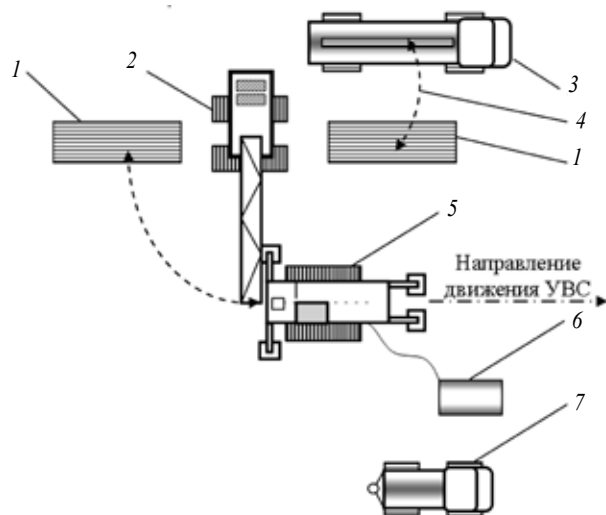


Рис. 27. План-схема организации работ по вдавливанию свай: 1 – штабель свай на прокладках; 2 – гусеничный кран; 3 – автотранспортное средство доставки свай; 4 – траектория перемещения свай краном; 5 – самоходная УВС; 6 – силовая установка (может монтироваться на базе УВС); 7 – самоходная буровая установка на базе автомобиля

При вдавливании свай в плотные грунты или в примыкании к существующим зданиям для снижения усилия вдавливания и исключения выпора грунта с деформациями конструкций зданий вдавливание выполняется в лидерные скважины. В этом случае применяется буровая установка (поз. 7 рис. 27).

При вдавливании свай в примыкании к существующим зданиям работы, как правило, производят с поверхности земли без отрыва котлована.

Площадка, с которой будут погружаться сваи, должна быть горизонтально спланированной и усилена песком и щебнем для обеспечения маневра установки.

Производительность погружения крайних свай у стен здания – не более 3–4 свай в день.

Для предотвращения неравномерных осадок конструкций примыкающего здания сваи погружаются с наибольшим удалением друг от друга (рис. 28).

При расположении свайного поля кустами порядок погружения свай распределяется аналогично, т. е. сначала погружается

одна свая из первого куста, затем свая из последнего, и в третью очередь – из среднего. В следующую смену таким же образом.

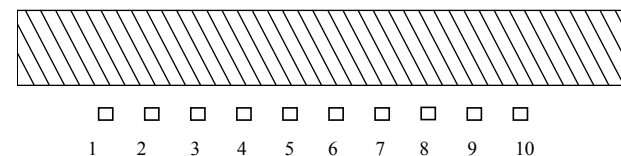


Рис. 28. План-схема последовательности погружения свай в примыкании к существующему зданию. Последовательность вдавливания свай: 1-й день: 1 – свая № 1, 2 – свая № 10 (последняя в ряду), 3 – свая № 6 (средняя в ряду); 2-й день: 1 – свая № 2, 2 – свая № 9, 3 – свая № 5

2.4. Технологии устройства буронабивных свай

В нормативных документах различают следующие технологии устройства буронабивных свай [39]:

а) набивные бетонные и железобетонные, устраиваемые в грунте строительной площадки путем укладки бетонной смеси в скважины, образованные в результате принудительного вытеснения грунта;

б) буровые железобетонные, устраиваемые в грунте путем заполнения заранее пробуренных скважин бетонной смесью.

Набивные сваи по способу устройства подразделяют:

а) на устраиваемые путем погружения инвентарных труб, нижний конец которых закрыт оставляемым в грунте металлическим башмаком или бетонной пробкой, с последующим извлечением этих труб по мере заполнения скважин бетонной смесью;

б) виброштампованные, устраиваемые в скважинах путем заполнения скважин жесткой бетонной смесью, уплотняемой виброштампом в виде трубы с заостренным нижним концом и закрепленным на ней вибропогружателем;

в) в выштампованном ложе, устраиваемые путем выштамповки в грунте скважин пирамидальной или конусной формы с последующим заполнением их бетонной смесью.

Буровые сваи по способу устройства подразделяют на следующие виды:

а) сплошного сечения с уширениями или без них, бетонированные в скважинах, пробуренных с креплением стенок скважин извлекаемыми обсадными трубами и без них;

б) полые круглого сечения, устраиваемые с применением многосекционного вибросердечника;

в) с уплотненным забоем, устраиваемым путем втрамбовывания в забой скважины щебня;

г) с камуфлетной пятой, устраиваемые путем бурения скважин с последующим образованием уширения взрывом или за счет использования инвентарного уширителя с последующим заполнением скважин бетонной смесью;

д) буронабивные диаметром 0,15–0,25 м, устраиваемые в пробуренных скважинах путем нагнетания (инъекции) в них мелкозернистой бетонной смеси или цементно-песчаного раствора, или буроинъекционные с уплотнением окружающего грунта путем обработки скважины по разрядно-импульсной технологии (сваи РИТ);

е) буроинъекционные, устраиваемые полым шнеком.

Номенклатура буронабивных свай согласно СП 50-102–2003 приведена в табл. 23.

Таблица 23

Номенклатура буронабивных свай

Тип свай	Способ изготовления свай	Диаметр свай*, мм	Класс бетона	Длина свай, м
БСС	Вращательным бурением в устойчивых глинистых грунтах без закрепления стенок скважин	500/1200 1600	B15–B22,5	10–30
		800/1800 1000 1200	B15–B22,5 B15 B15	
БССм	То же	400, 500	B15	2–4
БСВг	Вращательным бурением в неустойчивых грунтах с закреплением стенок скважин глинистым раствором	600/1600	B15–B22,5	8–20
БСВо	Вращательным или ударно-канатным бурением в неустойчивых грунтах с закреплением стенок скважин трубами, оставляемыми в грунте	600/1600 800/ 1800	B15–B22,5	8–30
БСИ	То же, с извлечением инвентарных обсадных труб	880 980 1080 1180	B15	8–50

* Перед чертой указан диаметр ствола свай, за чертой – диаметр уширения.

В Санкт-Петербурге применяют следующие технологии:

1. Буровые:

1) проходной шнек – скважина устраивается с помощью непрерывного проходного (полого) шнека. Грунт извлекается на поверхность посредством винтовой лопасти, наваренной по всей длине сердечника шнека. Бетон подается на забой под давлением через внутреннюю полость трубы шнека;

2) устройство свай под защитой обсадных труб. Трубы погружаются вращением и одновременным вдавливанием гидравлическим домкратом. Обсадная труба состоит из нескольких жестко соединенных секций. По мере погружения трубы из нее извлекают грунт и трубу наращивают следующей секцией. Для предотвращения попадания воды в скважину стыки секций герметизируют рулонными вставками. В качестве бурового инструмента используется шнек, закрепленный на конце телескопической штанге Келли, ковшебуры, колонковые буры, грейферы и ударные желонки;

3) технология двойного вращения. Скважина бурится под защитой вращающейся обсадной трубы, внутри которой в другую сторону вращается полый шнек;

2. Набивные технологии:

1) с ввинчиванием полый обсадной трубы с теряемым башмаком. По мере извлечения труба заполняется бетоном;

2) с вибрационным погружением буровой трубы с теряемым башмаком;

3) с ввинчиванием полый буровой трубы, оснащенной эллипсоидным шнеком. При извлечении в полость трубы под давлением подается бетонная смесь, вытесняющая грунт из скважины (технология также называют «сваи вытеснения»).

Технологические особенности перечисленных технологий представлены в табл. 24.

Принимая решение об использовании буронабивных технологий, необходимо предварительно проанализировать известные данные о возможных дефектах при производстве работ в различных районах Санкт-Петербурга (табл. 25) [6].

Сравнительные характеристики буронабивных технологий

Технология	Вспомогательное оборудование	Рабочий орган, формирующий скважины	Способ подачи бетона	Максимальный диаметр свай, мм	Максимальная длина свай, м
Проходной шнек	Кран, вибратор, бетоновоз, бетононасос, экскаватор	Полый шнек	Через полость шнека	1400	33
Устройство свай под защитой обсадных труб	Кран, бетононасос, бетоновоз, экскаватор	Обсадная труба с армированным нижним торцом	ВПГ, бетонolitные трубы	2000	60
Двойное вращение	Кран, бетоновоз, бетононасос, экскаватор	Буровая труба со шнеком внутри	Через полость шнека	1000	26
Ввинчивание обсадной трубы с теряемым наконечником	Кран, бетоновоз, бадья	Буровая труба	ВПГ или сброс в трубу	700	32
Вибрационное погружение обсадной трубы	Кран, вибратор, бетоновоз, бетононасос	То же	То же	900	30
Сваи уплотнения	То же	»	Подача под давлением через трубу	800	30

Экспертная оценка наиболее вероятных дефектов буронабивных технологий

Технология	Дефекты					Динамические воздействия на грунт и конструкции соседних зданий
	Потеря устойчивости стенок скважины		Нарушения сплошности бетонного ствола свай	Появление шлама на забое скважины или грунтовой воды в трубах	Разуплотнение грунта, приводящее к выпору или провалам грунта	
	Сверхрасчетное извлечение грунта из скважины					
С выемкой грунта						
Проходной шнек	+	–	+	–	+	–
Под защитой обсадных труб	–	+	–	+	–	+
Двойное вращение	–	–	+	+	–	–
Вибрационные технологии с извлечением грунта	–	+	–	+	–	+
Без выемки грунта						
С ввинчиванием буровой трубы с теряемым башмаком	–	–	+	–	+	–
С вибрационным погружением буровой трубы	–	–	–	–	+	+
Сваи вытеснения	–	–	–	–	+	–

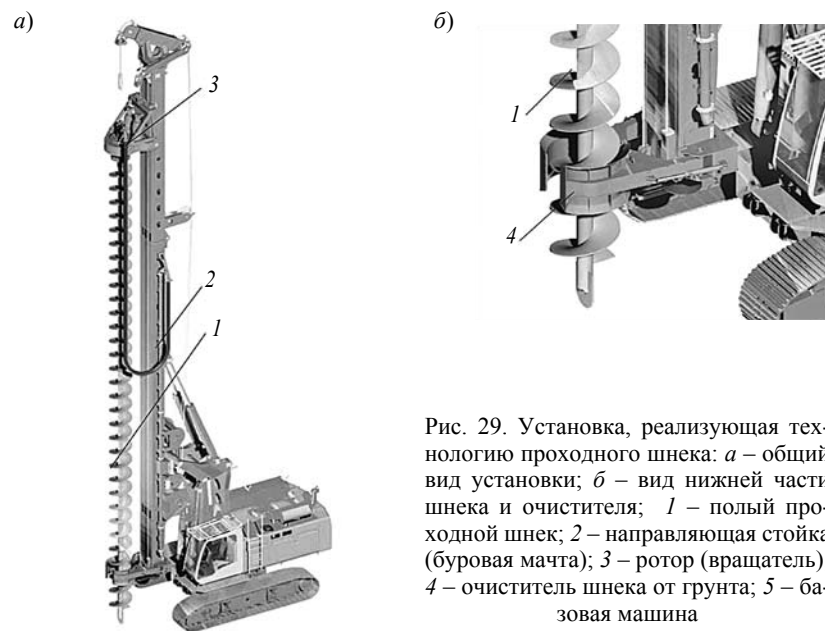
Примечание: «–» – дефект маловероятен или невозможен; «+» – дефект вероятен.

2.4.1. Технология с использованием проходного шнека

Сваи, устраиваемые непрерывным (проходным) полым шнеком, состоят из элементов длиной 1,5–6,0 м. Наружный диаметр шнеков 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200 мм, диаметр внутреннего отверстия трубы шнека 100–125 мм. Грунт извлекается на поверхность при подъеме шнека посредством винтовой лопасти, наваренной по всей длине сердечника трубы шнека (рис. 29). Шнек перемещается внутри направляющего очистителя, установленного на направляющей стойке, и оснащен буровыми наконечниками для рыхлых, связных и твердых грунтов.

Технологический цикл устройства свай по рассматриваемой технологии состоит из следующих операций (рис. 30):

- 1) геодезическая разметка планового положения свай;
- 2) наводка установки на точку устройства свай;
- 3) погружение шнековой колонны на заданную проектную отметку, при необходимости производят наращивание шнека (рис. 30, а, б);
- 4) постепенное извлечение шнека с одновременной подачей на забой бетонной смеси бетононасосом через полость шнека. Бетон



закачивается под давлением примерно 2 кг/см² для выдавливания заглушки из отверстия в нижнем торце трубы. В дальнейшем давление устанавливается в пределах 1–1,5 кг/см². При бетонировании шнековая колонна должна быть постоянно заполнена бетонной смесью. При подъеме шнековой колонны ее нижний конец должен быть заглублен в бетон не менее чем на 1 м (рис. 30, в). Шнек поднимается без вращения или медленным вращением в том же направлении, что и при движении вниз;

5) зачистка экскаватором устья скважины от извлеченного грунта;

6) установка арматурного каркаса в бетонный ствол с помощью вибратора или под действием силы тяжести на крюке крана, ковше экскаватора или с использованием вспомогательной лебедки установки (рис. 30, з);

7) формирование оголовка свай; в случае необходимости погружение дополнительного арматурного каркаса;

8) перемещение установки на следующую точку устройства свай.

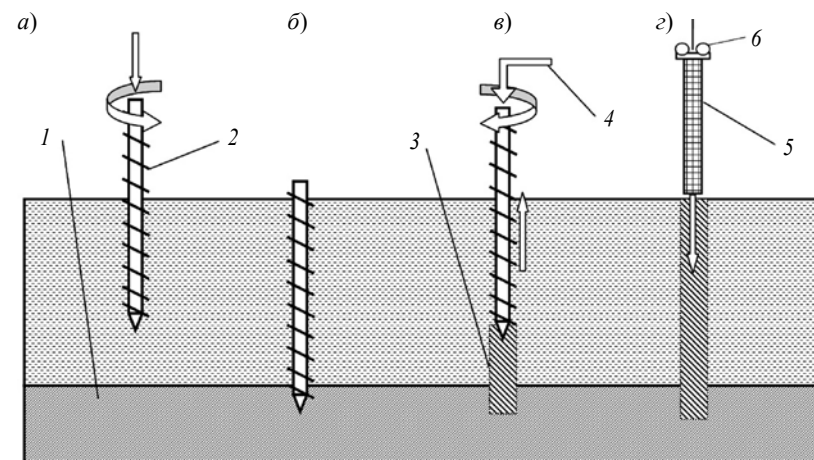


Рис. 30. Технологические операции по устройству набивных свай с помощью проходного шнека: а, б – забуривание шнека на проектную отметку; в – извлечение шнека с одновременным заполнением бетоном скважины; з – вибрационная установка арматурного каркаса в бетонный ствол; 1 – несущий слой грунта; 2 – проходной шнек; 3 – заполненная бетоном скважина в грунте; 4 – направление подачи бетона в скважину через полость шнека; 5 – арматурный каркас; 6 – вибратор на крюке-кране

Для обеспечения погружения каркаса в скважину необходимо использовать самоуплотняющийся бетон с крупностью щебня 5–20 мм и маркой пластичности П 4 (5).

По представленной технологии можно изготавливать сваи максимальным диаметром 1200 мм, длиной до 32 м.

Характеристики технологического оборудования представлены в приложении.

Основные преимущества и недостатки настоящей технологии представлены в табл. 26.

Таблица 26

Характеристика технологии проходного шнека

Преимущества	Недостатки
Изготовление свай большой несущей способности без динамических воздействий. Высокая производительность	Возможно частичное уплотнение или разуплотнение грунта по всей глубине сваи при бурении. При работе в слабых водонасыщенных грунтах на поверхность может извлекаться объем грунта, значительно превышающий геометрический объем скважины (эффект налипания грунта на шнек). Подсос грунта в скважину при несвоевременной подаче бетонной смеси в момент отрыва шнека от забоя. Сезонное удорожание при прогреве бетона. При формировании свай в напорных водонасыщенных грунтах происходит вымывание свежееуложенного бетона и оголение арматурного каркаса. Дополнительные затраты на вывоз грунта. При наличии в основании плотных грунтов с галечниками или валунными включениями может произойти отклонение ствола сваи от проектного положения или остановка бурения

На основании вышесказанного в табл. 27 и 28 приводятся область использования в зависимости от инженерно-геологических условий и уровня воздействия на окружающую застройку при работе в стесненных условиях, а также квалификационный состав звена.

Таблица 27

Область применения технологии

Наименование фактора	Область использования	Обоснование (возможные дефекты при устройстве свай)
1	2	3
1. Инженерно-геологические условия		
1.1. Плотные грунты с галечниками или валунными включениями	Ограниченная	Отклонение ствола сваи от проектного положения или остановка бурения

Окончание табл. 27

1	2	3
1.2. Напластования слабых грунтов	Отрицательная	На поверхность может извлекаться объем грунта, превышающий геометрический объем скважины
1.3. Пески	Эффективная	–
1.4. Полутвердые и твердые глинистые грунты	Эффективная	–
2. Работа в стесненных условиях		
2.1. Вплотную к зданиям с фундаментами мелкого заложения	Отрицательная	Возможны недопустимые осадки конструкций зданий при ослаблении грунта и сверхпроектном расходе бетона.
2.2. То же на расстояниях до 20 м	Ограниченная	За исключением п. 1.2
2.3. Вплотную к зданиям со свайными фундаментами	То же	То же
2.4. Работа в стесненных условиях при реконструкции	»	В зависимости от геометрических размеров захватки и вида грунта

При использовании арматурных каркасов длиной свыше 12 м в состав звена вводится сварщик.

Таблица 28

Квалификационный состав при устройстве свай с использованием проходного шнека

№	Наименование профессии	Разряд	Кол-во	Основные обязанности
1	Машинист крана	5	1	Управление и контроль за состоянием технических средств
2	Машинист буронабивной установки	5	1	
3	Бетонщик-стропальщик	3	1	Такелажные работы, руководство подачей, погружением и соединением каркасов, работа с бетононасосом
4	То же	2	1	
5	Производитель работ	–	1	Организация работ, надзор за выполнением требований правил охраны труда и проекта, инструктаж, оперативное решение технических вопросов, ведение исполнительной документации

План-схема организации работ показан на рис. 31.

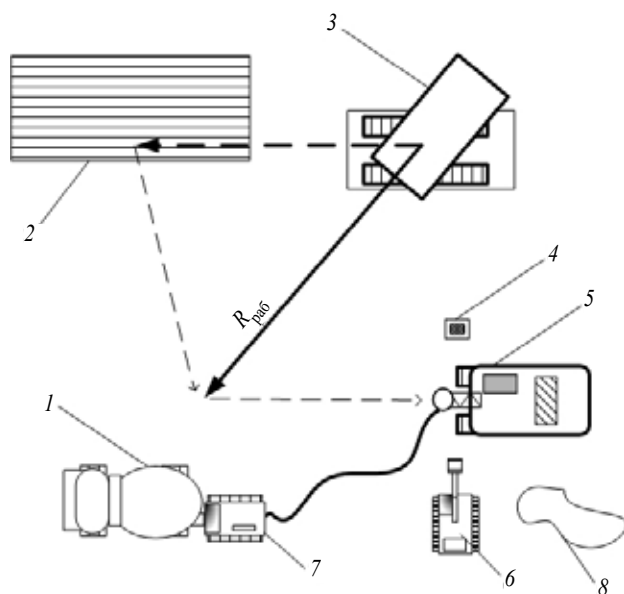
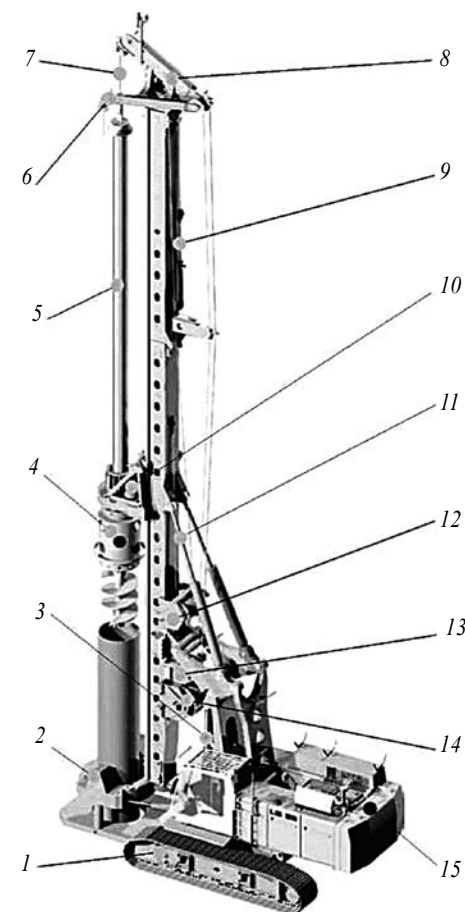


Рис. 31. План-схема организации работ при устройстве буровых свай по технологии проходного шнека: 1 – автобетоновоз; 2 – арматурные каркасы; 3 – кран; 4 – вибратор; 5 – буровая установка; 6 – гидравлический экскаватор; 7 – самоходный бетононасос на гусеничном ходу; 8 – отвал грунта

2.4.2. Устройство свай под защитой обсадных труб

Технология под защитой обсадных труб наиболее рациональна для устройства свай большого диаметра (в основном до 2 м). Обсадную трубу погружают вращателем через закрепленный на трубе хомутом и одновременном вдавливании гидравлическим домкратом (рис. 32). Обсадная труба состоит из нескольких жестко соединенных секций. По мере погружения трубы из нее извлекают грунт и наращивают следующую секцию. Стыки секций обсадных труб дополнительно герметизируют. В качестве бурового инструмента применяют разнообразные инструменты, такие как шнеки, ковшебуры, колонковые буры, желонки, грейферы, закрепленные на конце телескопической штанги Келли, раздвигающейся при углублении скважины (рис. 33, 34).

Рис. 32. Установка, реализующая технологию устройство свай под защитой обсадных труб: 1 – ходовая часть; 2 – вращатель; 3 – устройство изменения вылета мачты; 4 – переходник со шнеком; 5 – штанга Келли; 6 – вспомогательный гусек; 7 – канат штанги Келли; 8 – вспомогательный оголовок; 9 – цилиндр натяжения каната системы вертикальной подачи; 10 – буровой привод-вращатель; 11 – устройство наклона мачты; 12 – лебедка вертикальной подачи; 13 – вспомогательная лебедка; 14 – лебедка штанги Келли; 15 – поворотная платформа



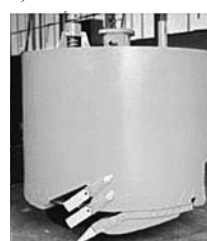
а)



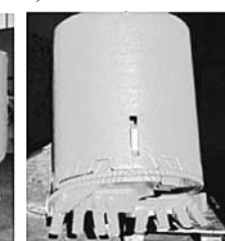
б)



в)



г)



д)



Рис. 33. Буровой инструмент: а, в, г – для пластичных грунтов; б, д – для плотных скальных грунтов

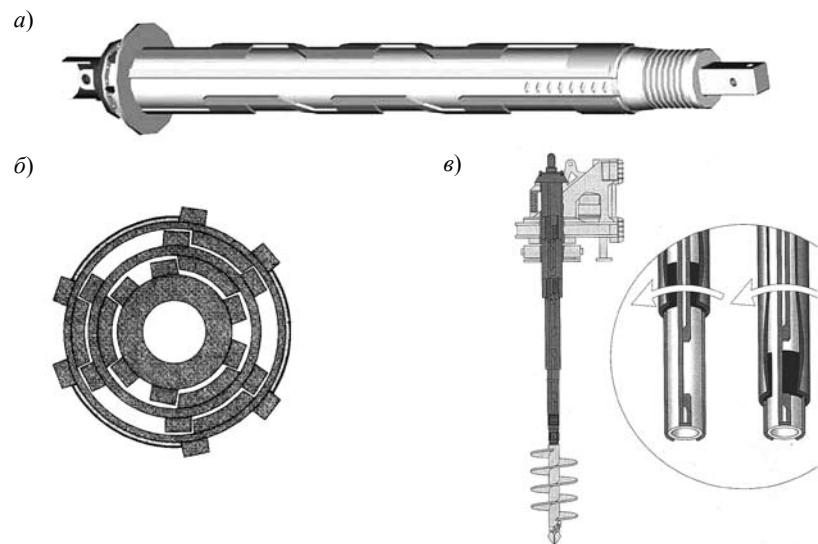


Рис. 34. Телескопическая штанга Келли: а – внешний вид штанги; б – поперечный разрез; в – схема работы замкового соединения

Скорость проходки скважин зависит от вида грунта и производительности бурового инструмента.

Технологический цикл устройства свай состоит из следующих операций (рис. 35):

- 1) геодезическая разметка планового положения свай;
- 2) наводка установки на точку устройства свай;
- 3) последовательное погружение секций обсадной трубы и извлечение грунта с дальнейшей его эвакуацией. Процесс начинается с опережающего бурения скважины обсадной трубой с армированным наконечником (кольцевой коронкой). Обсадная труба при этом погружается в грунт вращателем или трубовкручивающим столом на глубину 1,5–2,0 м (рис. 35, а–д). Далее с помощью телескопической штанги Келли и подвешенного на ней короткого шнека обсадная труба очищается от грунта (рис. 35, д, е). При бурении в мягкопластичных грунтах – чистка труб ковшовым буром. Операции по бурению скважин и извлечению грунта повторяются через каждые 1,5–2,0 м погружения обсадных труб;
- 4) по достижении проектной глубины выполняется извлечение бурового инструмента из колонны обсадных труб, зачистка забоя от шлама, установка и фиксация арматурного каркаса (рис. 35, ж);

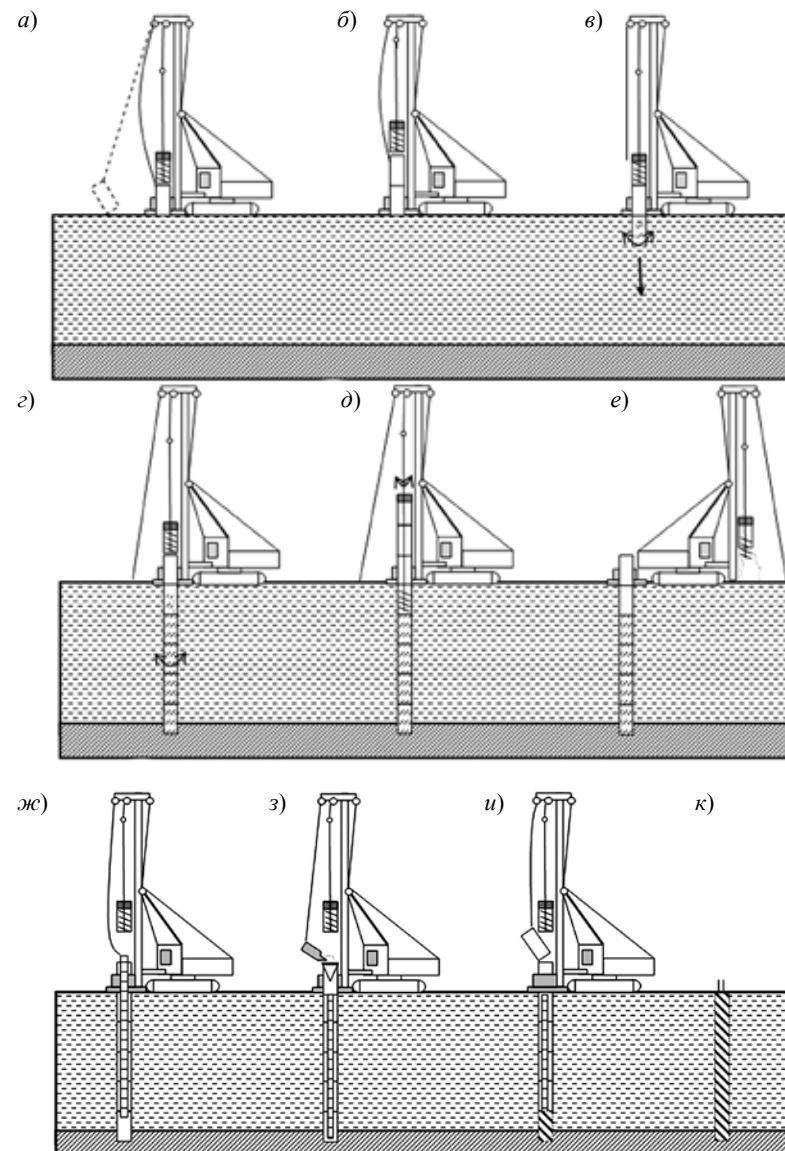


Рис. 35. Технологический цикл устройства свай в обсадных трубах: а, б – монтаж первых секций обсадных труб; в, г – вращательное погружение труб; д, е – очищение обсадных труб от грунта коротким шнеком с последующим его извлечением на поверхность

Область применения технологии

Наименование фактора	Область использования	Обоснование (возможные дефекты при устройстве свай)
<i>1. Инженерно-геологические условия</i>		
1.1. Плотные грунты с галечниками или валунными включениями	Эффективная	При работе в слабых водонасыщенных грунтах возможен выпор и сверхпроектное извлечение грунта на поверхность, что приводит к осадкам соседних зданий. В этом случае в скважине необходимо создавать избыточное давление на забой: оставлять грунтовую пробку большей длины, работать под давлением воды или глинистого раствора
1.2. Напластования слабых грунтов	То же	
1.3. Пески	»	
1.4. Полутвердые и твердые глинистые грунты	»	
<i>2. Работа в стесненных условиях</i>		
2.1. Вплотную к зданиям с фундаментам мелкого заложения	Ограниченная	См. п. 1.2
2.2. То же на расстояниях до 20 м	То же	То же
2.3. Вплотную к зданиям со свайными фундаментами	»	»
2.4. Работа в стесненных условиях при реконструкции	»	В зависимости от геометрических размеров захватки и вида грунта

Таблица 31

Квалификационный состав звена при устройстве свай с использованием обсадных труб

№	Наименование профессии	Разряд	Кол-во	Основные обязанности
1	2	3	4	5
1	Машинист крана	5	1	Управление и контроль за состоянием технических средств
2	Машинист буронабивной установки	5	1	
3	Бетонщик-стропальщик	3	1	Такелажные работы, руководство подачей и погружением каркасов, работа с бетононасосом, монтаж/демонтаж обсадных труб, монтаж системы ВПТ
4	То же	2	1	
5	Слесарь-монтажник	3	1	

5) бетонирование свай методом вертикально перемещающейся трубы (ВПТ). Бетонную смесь подают в бетонолитную трубу из лотка автобетоносмесителя или бетононасосом (рис. 35, з);

6) по мере бетонирования из скважины извлекаются обсадные трубы и секции бетонолитных труб. При подъеме труб необходимо обеспечить погружение нижних обсадной и бетонолитной трубы в бетон на 1,0–1,5 м (рис. 35, и, к).

По рассматриваемой технологии можно изготавливать сваи максимальным диаметром до 2000 мм и длиной до 80 м.

Характеристики технологического оборудования указаны в приложении.

Основные преимущества и недостатки технологии представлены в табл. 29.

Таблица 29

Характеристика технологии устройства свай под защитой обсадных труб

Преимущества	Недостатки
Возможность работы в грунтах с включением валунов. Высокое качество сплошности ствола свай при бетонировании. Контроль соответствия фактических характеристик грунта проектным. Изготовление свай большой несущей способности без динамических и вибрационных воздействий на окружающую застройку	Низкая производительность. Сезонное удорожание при прогреве бетона. Дополнительные затраты на вывоз грунта

Область использования технологии в зависимости от инженерно-геологических условий и уровня воздействия на окружающую застройку приводится в табл. 30, а в табл. 31 – квалификационный состав звена.

План-схема организации работ показана на рис. 36.

При использовании арматурных каркасов длиной свыше 12 м в состав звена вводится сварщик.

1	2	3	4	5
6	Производитель работ	–	1	Организация работ, надзор за выполнением требований правил охраны труда и проекта, инструктаж, оперативное решение технических вопросов, ведение исполнительной документации

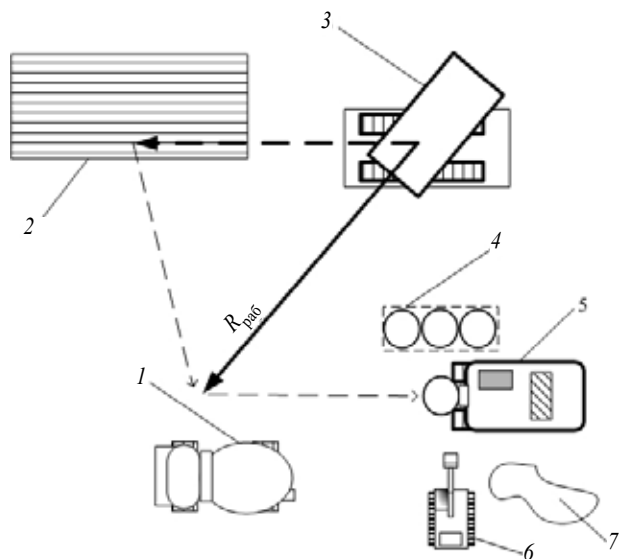


Рис. 36. План-схема организации работ при устройстве буровых свай под защитой обсадных труб: 1 – автобетоновоз; 2 – арматурные каркасы; 3 – кран; 4 – участок складирования обсадных и бетонолитных труб; 5 – буровая установка; 6 – гидравлический экскаватор; 7 – отвал грунта

2.4.3. Технология, реализуемая за счет двойного вращения рабочих элементов

Скважина бурится под защитой вращающейся обсадной трубы, внутри которой в другую сторону вращается проходной шнек, извлекающий грунт на поверхность (рис. 37).

Технологический цикл устройства свай состоит из следующих операций (рис. 38):

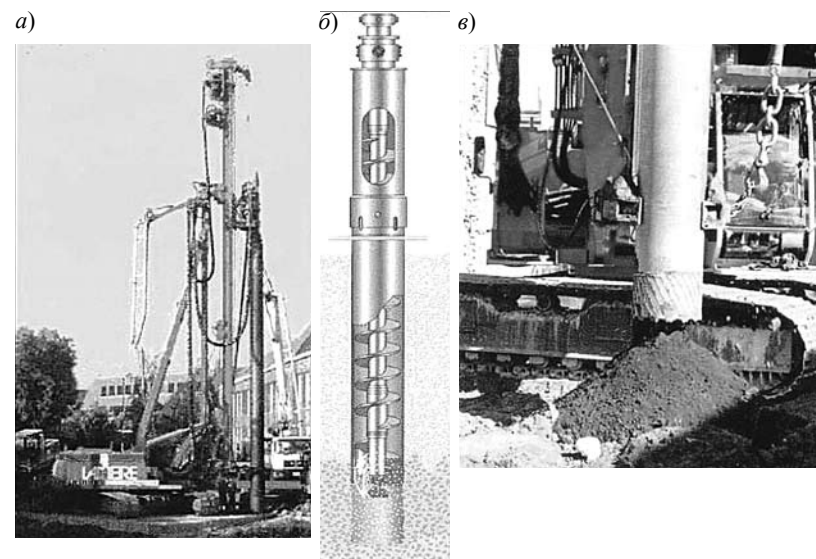


Рис. 37. Установка, реализующая технологию двойного вращения: а – внешний вид буровой установки с бетононасосом; б – разрез бурового инструмента (обсадная труба с шнеком); в – экскавация грунта из трубы

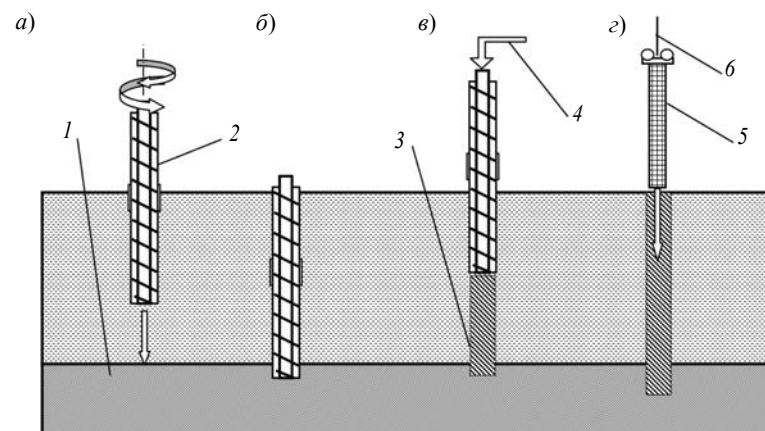


Рис. 38. Технологическая последовательность устройства свай: а, б – бурение на проектную отметку; в – извлечение шнека с одновременным заполнением бетоном скважины; г – вибрационная установка арматурного каркаса в бетонный ствол; 1 – несущий слой грунта; 2 – обсадная труба с проходным шнеком; 3 – заполненная бетоном скважина в грунте; 4 – направление подачи бетона в скважины через полость шнека; 5 – арматурный каркас; 6 – вибратор на крюке-кране

Область применения технологии

Наименование фактора	Область использования	Обоснование (возможные дефекты при устройстве свай)
<i>1. Инженерно-геологические условия</i>		
1.1. Плотные грунты с галечниками или валунными включениями	Ограниченная	Отклонение ствола свай от проектного положения или остановка бурения
1.2. Напластования слабых грунтов	Эффективная	
1.3. Пески	То же	
1.4. Полутвердые и твердые глинистые грунты	»	
<i>2. Работа в стесненных условиях</i>		
2.1. Вплотную к зданиям с фундаментам мелкого заложения	Ограниченная	См. п. 1.1
2.2. То же на расстояниях до 20 м	То же	То же
2.3. Вплотную к зданиям со свайными фундаментами	»	»
2.4. Работа в стесненных условиях при реконструкции	Ограниченная Отрицательная Эффективная	В зависимости от геометрических размеров захватки и грунтовых условий

- 1) геодезическая разметка планового положения свай;
- 2) наводка установки на точку устройства свай (рис. 38, а);
- 3) бурение на заданную проектную отметку с одновременным погружением непрерывного проходного шнека (вращение вправо) и обсадной трубы (влево) (рис. 38, а, б);
- 4) постепенное извлечение буровой колонны с одновременной подачей на забой бетонной смеси бетононасосом через полость в шнеке (рис. 38, в);
- 5) извлечение грунта из обсадной трубы при левом вращении шнека (рис. 38, в);
- 6) перемещение экскаватором извлеченного грунта;
- 7) установка арматурного каркаса с помощью вибратора на кране (рис. 38, з);
- 8) перемещение установки на следующую точку устройства свай;
- 9) формирование оголовка, погружение в случае необходимости дополнительного арматурного каркаса в верхнюю часть свай.

По данной технологии можно изготавливать сваи максимальным диаметром 900 мм, длиной до 25 м.

Характеристики технологического оборудования приведены в приложении.

Основные преимущества и недостатки технологий представлены в табл. 32.

Таблица 32

Характеристики технологии устройства свай методом двойного вращения

Преимущества	Недостатки
Изготовление свай большой несущей способности без динамических воздействий. Высокая производительность. Гарантия качества и заполнения скважины при подаче бетона под давлением бетононасоса. Отсутствие сдвиговых деформаций и выпора при работе вплотную к существующим зданиям	Подсос грунта в скважину при несвоевременной подаче бетонной смеси в момент отрыва шнека от забоя. Сезонное удорожание при прогреве бетона. Дополнительные затраты на вывоз грунта

На основании вышесказанного в табл. 33 приводится область использования технологии в зависимости от инженерно-

геологических условий и уровня воздействия на окружающую застройку.

Схема организации захватки, а также квалификационный состав и функциональные обязанности звена аналогичны технологии проходного шнека (см. п. 2.4.1).

2.4.4. Технологии с погружением обсадной трубы с теряемым башмаком

В грунт ввинчивается и одновременно задавливается полая обсадная труба с теряемым башмаком с последующим заполнением ствола бетоном и извлечением трубы (рис. 35, 39).

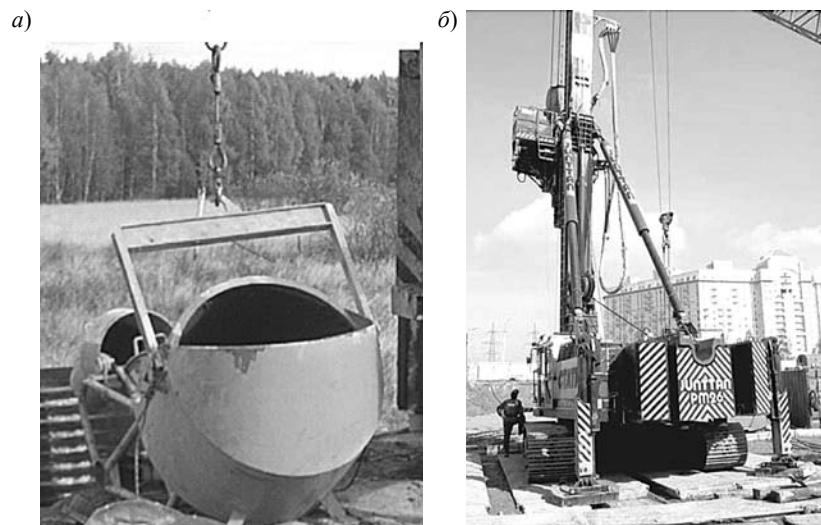


Рис. 39. Технологическое оборудование: *а* – бадья для заполнения бетоном обсадной трубы; *б* – буровая установка

Технологический цикл устройства свай по представляемому способу состоит из следующих операций (рис. 40):

- 1) геодезическая разметка планового положения свай;
- 2) наводка установки на точку устройства свай;
- 3) установка теряемого наконечника и соединение его через гидроизолирующую прокладку с обсадной трубой;
- 4) устройство скважины на заданную проектную отметку путем погружения трубы за счет крутящего момента и осевого вдавливания (рис. 40, *а*);
- 5) по завершении погружения трубы на проектную отметку выполняется визуальная проверка герметичности полости трубы на отсутствие в ее полости грунтовых вод;
- 6) установка арматурного каркаса в полость буровой трубы (рис. 40, *б*);
- 7) подача в трубу порцию праймера (300 л), состоящего из цемента, песка и воды (1 : 1 : 1);
- 8) заполнение трубы бетоном через верхний торец с помощью бадьи (рис. 40, *а, б*);

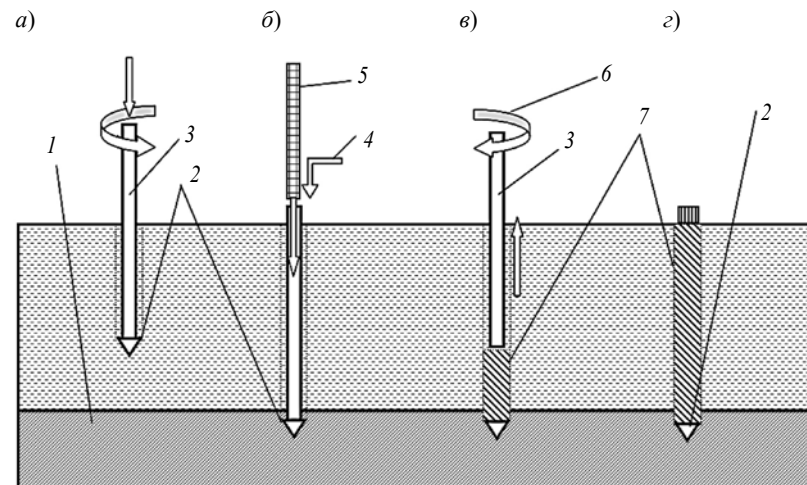


Рис. 40. Технологическая последовательность устройства свай: 1 – плотный грунт; 2 – теряемый башмак; 3 – обсадная труба; 4 – подача бетона бадьей или бетононасосом; 5 – арматурный каркас; 6 – направление вращения обсадной трубы; 7 – свая в грунте

9) извлечение трубы обратным вращением (рис. 40, *в*). Для облегчения извлечения трубы допускается порционное заполнение трубы пластичным бетоном через бетонолитные трубы и постепенное извлечение трубы на величину бетонного столба;

10) перемещение установки на следующую точку устройства свай;

11) формирование оголовка; при необходимости погружение в случае необходимости дополнительного арматурного каркаса в верхнюю часть свай.

Известны следующие технологии, применяемые в настоящее время в Санкт-Петербурге: «Фундекс», «Атлас», «Омега». Приведем их принципиальные отличия:

1. «Фундекс» – используется теряемый чугунный башмак диаметром, превышающим наружный диаметр обсадной трубы. Толщина стенки труб 16–20 мм, длина секций до 12 м. Трубы свариваются до необходимой длины свай в горизонтальном положении на специальном стенде строительной площадки (максимальная длина труб-свай до 35 м). Соответствие применяемых для устрой-

ства свай диаметров буровой трубы и теряемого в грунте бурового наконечника приведено в табл. 34. При извлечении трубы бетонщик находится на площадке около верхнего торца трубы и выполняет приемку бетона (рис. 40).

Таблица 34

Параметры буровых труб системы «Фундекс»

Маркировка свай	Наружный диаметр буровой трубы (бетоновода), мм	Диаметр теряемого бурового наконечника, мм
356/406	356	406
406/457	406	457
457/508	457	508
508/558	508	558
558/610	558	610
620/660	620	660



Рис. 41. Общий вид вращателя (ротора) и мачты установки, рабочей площадки бетонщика

2. «Атлас» – диаметр теряемого башмака равен диаметру трубы, при этом буровая труба снизу оснащена винтовой режущей поверхностью (рис. 42). Режущий наконечник выпускают диаметром 360, 410, 460 и 510 мм с винтовыми лопастями диаметром 530, 610, 670 и 720 мм соответственно. Длина свай до 25 м. Получаемая свая имеет характерную винтовую форму ствола (рис. 42, б). На верхнем торце буровая труба жестко соединена с приемным бункером длиной 2,4 м. В некоторых случаях каркас опускают в заполненную бетоном скважину, как в технологии проходного шнека.

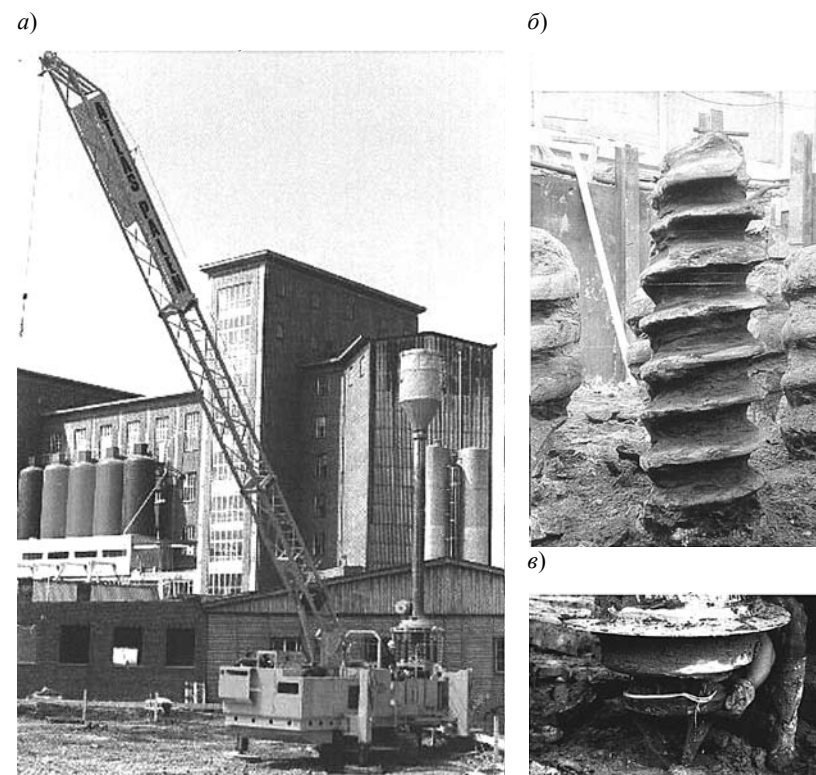


Рис. 42. Технология «Атлас»: а – буровая установка; б – тело сваи в грунте; в – теряемый наконечник

3. «Омега» – по аналогии с технологией «Атлас» буровая труба на нижнем торце имеет винтовой режущий наконечник в виде конуса с винтовой лопастью, шаг которой увеличивается с удалением от острия (рис. 43).

По этим технологиям можно изготавливать сваи максимальным диаметром 540, 720 и 610 мм, длиной до 30 м.

Характеристики применяемого оборудования представлены в приложении.

Основные преимущества и недостатки рассмотренной технологии представлены в табл. 35.

В табл. 36 приводится область использования технологии в зависимости от инженерно-геологических условий и уровня воздействия на окружающую застройку.

Квалификационный состав звена по устройству свай представлен в табл. 37.

При использовании арматурных каркасов длиной свыше 12 м в состав звена вводится сварщик.

План-схема организации работ показана на рис. 44.



Рис. 43. Общий вид работ по изготовлению свай по технологии «Омега»

Таблица 35

Преимущества и недостатки технологий ввинчивания буровых труб с теряемым башмаком

Преимущества	Недостатки
Изготовление свай большой несущей способности с винтовым профилем боковой поверхности с минимальным перерасходом бетона. Высокая производительность. Отсутствие затрат на вывоз грунта	Выпор и провалы грунта. Сезонное удорожание при прогреве бетона. В случае несвоевременного отсоединения теряемого башмака при подъеме трубы образуются пустоты между забоем и пятой сваи. При формировании свай в напорных водонасыщенных грунтах происходит вымывание свежееположенного бетона и оголение арматурного каркаса. Отсутствие уплотнения бетона. При наличии в основании плотных грунтов с галечниками или валунными включениями может произойти отклонение ствола свай от проектного положения или остановка бурения с деформацией башмака. При бурении плотных песков и твердых глинистых грунтов происходит перегрев трубы с возможным заклиниванием башмака

Таблица 36

Область применения технологии «Омега»

Наименование фактора	Область использования	Обоснование (возможные дефекты при устройстве свай)
1	2	3
<i>1. Инженерно-геологические условия</i>		
Плотные грунты с галечниками или валунными включениями	Ограниченная	Может произойти отклонение ствола свай от проектного положения или остановка бурения с деформацией башмака
Напластования слабых грунтов	Эффективная	—
Пески	То же	—
Полутвердые и твердые глинистые грунты	Ограниченная	При недостаточной мощности буровой установки возможна остановка бурения
<i>2. Работа в стесненных условиях</i>		
Вплотную к зданиям с фундаментами мелкого заложения	Отрицательная	Недопустимые осадки конструкций при выпоре и провалах грунта
То же на расстояниях до 20 м	Эффективная	То же

1	2	3
Вплотную к зданиям со свайными фундаментами	Ограниченная	Недопустимые осадки конструкций при выпоре и провалах грунта
Работа в стесненных условиях при реконструкции	То же	Большая масса и размеры установок, большая вероятность выпора грунта.

Таблица 37

Состав звена при устройстве свай по технологии с обсадной трубы с теряемым башмаком

№	Наименование профессии	Разряд	Кол-во	Основные обязанности
1	Машинист крана	5	1	Управление и контроль за состоянием технических средств
2	Машинист буронабивной установки	5	1	
3	Бетонщик-стропальщик	3	1	Такелажные работы, руководство подачей и погружением каркасов, работа с бадьей, сварка буровой трубы
4	Бетонщик-стропальщик-сварщик	2	1	
5	Производитель работ	—	1	Организация работ, надзор за выполнением требований правил охраны труда и проекта, инструктаж, оперативное решение технических вопросов, ведение исполнительной документации

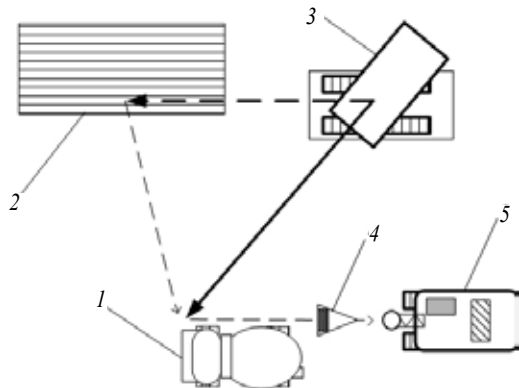


Рис. 44. План-схема организации работ при устройстве набивных свай по технологии ввинчивания буровой трубы с теряемым башмаком: 1 – автобетоновоз; 2 – арматурные каркасы; 3 – кран; 4 – бадья; 5 – буровая установка

2.4.5. Технологии устройства набивных свай с вибрационным погружением обсадной трубы

Обсадная труба с теряемым башмаком плоской или конусообразной формы (могут изготавливаться из металла или из железобетона) погружается в грунт за счет вибрационного воздействия, создаваемого вибрационным погружателем, жестко закрепленным на верхнем торце обсадной трубы (рис. 45, 46). Труба также может изготавливаться с раскрывающимися створками (рис. 45, 2). После погружения в трубу устанавливается арматурный каркас и подается бетонная смесь; при подъеме трубы под давлением бетона башмак отрывается от трубы (раскрываются створки), и образующаяся полость заполняется бетоном.

При вибропогружении в водонасыщенных песках в зоне контакта трубы с грунтом происходит разжижение песка и резкое снижения сил сопротивления погружению. При погружении в маловлажные пески происходят удары башмака о грунт, который при этом уплотняется и выпирается в стороны. При погружении трубы в глинистые грунты снижение сопротивления погружению происходит за счет разупрочнения водно-коллоидных пленок и ослабления связей между частицами грунта [7].

Набивные сваи изготовляют погружением обсадной трубы с теряемым башмаком в песчаные грунты со степенью влажности $0,5 < G < 1$ и глинистые – с показателем консистенции $0,5 < IL < 0,75$ или путем пробивки скважины трубой с конусным наконечником в песчаных грунтах со степенью влажности $G < 0,5$ и глинистых – с показателем консистенции $0,25 < IL < 0,5$, а также в лессовых грунтах [7].

Технологический цикл устройства свай состоит из следующих операций (рис. 47):

- 1) геодезическая разметка планового положения сваи;
- 2) наводка установки на точку устройства сваи;
- 3) установка теряемого наконечника и соединение его через гидроизолирующую прокладку с обсадной трубой (рис. 47, б);
- 4) устройство скважины на заданную проектную отметку путем вибрационного погружения обсадной трубы (рис. 47, а);
- 5) визуальная проверка герметичности полости трубы на отсутствие в ней грунтовых вод;

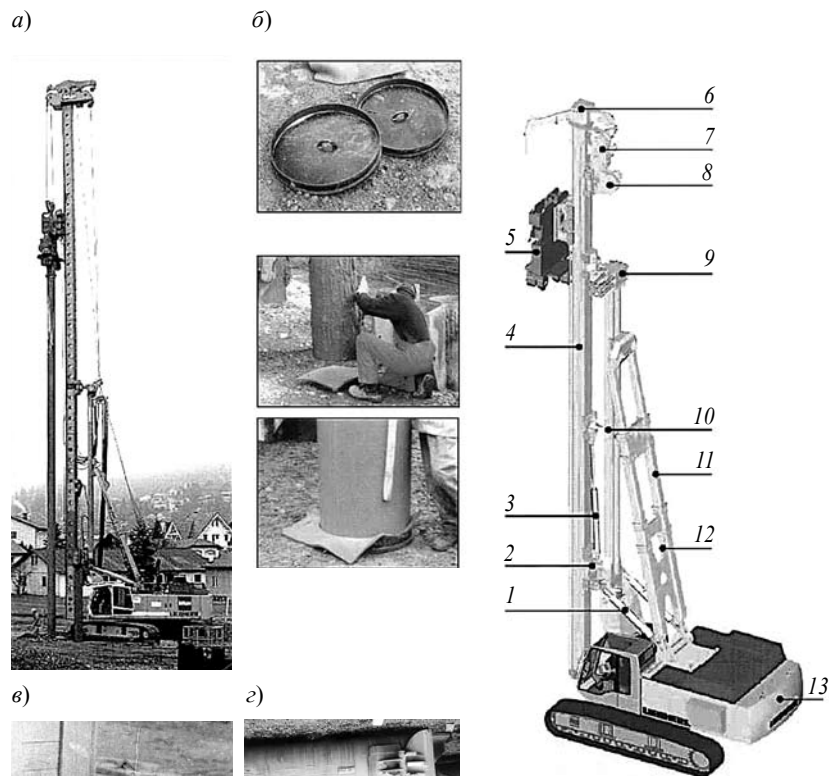


Рис. 45. Оборудование для осуществления технологии с вибрационным погружением обсадной трубы: а – общий вид установки с вибропогружателем на мачте копра; б – этапы установки плоского теряемого башмака на торец буровой трубы через герметизирующую прокладку; в – конусообразный башмак из железобетона; г – обсадная труба с раскрывающимися створками

Рис. 46. Общий вид буровой установки для изготовления набивных свай по вибрационной технологии: 1 – механизм изменения вылета стрелы; 2 – механизм поворота мачты; 3 – механизм вертикальной регулировки мачты; 4 – мачта (стойка); 5 – вибропогружатель; 6 – оголовок мачты с блоками; 7 – канатная система спуска-подъема вибропогружателя; 8 – вспомогательная лебедка; 9 – механизм поперечного наклона мачты; 10 – опорная балка мачты; 11 – механизм продольного наклона мачты; 12 – рама опорной балки; 13 – базовая машина

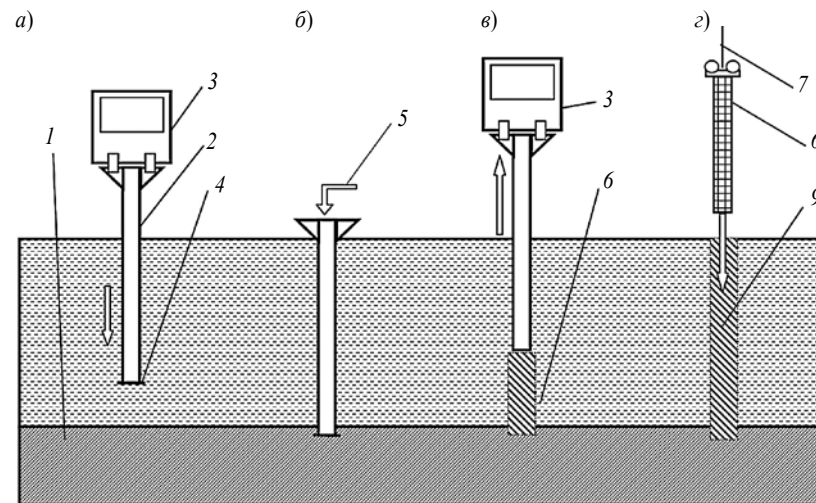


Рис. 47. Технологические этапы устройства вибронабивной сваи: 1 – плотный грунт; 2 – обсадная труба; 3 – вибропогружатель; 4 – теряемый башмак; 5 – подача бетона бадьей или бетононасосом; 6 – ствол скважины, заполненный бетоном; 7 – вибратор на кране для погружения арматурного каркаса; 8 – арматурный каркас; 9 – свая в грунте

6) заполнение обсадной трубы бетоном через верхний торец с помощью бадьи или растворонасоса (с использованием при необходимости бетонолитной трубы) (рис. 47, б);

7) уплотнение бетонной смеси в стволе скважины при вибрационном извлечении трубы (рис. 47, в);

8) вибрационное погружение арматурного каркаса в свежее залитый бетон сваи, каркас допускается устанавливать в трубу до ее заполнения бетоном;

9) перемещение установки на следующую точку устройства сваи.

По данной технологии можно изготавливать сваи максимальным диаметром 900 мм, длиной до 30 м.

В устойчивых глинистых грунтах возможно изготовление набивных свай без выемки грунта методом вибрационной пробивки скважины в соответствии с технологической схемой, приведенной на рис. 48 [25].

Инвентарная обсадная труба, применяемая для изготовления свай по указанной технологии, должна быть закрыта конусным наконечником, приваренным к ее нижнему концу.

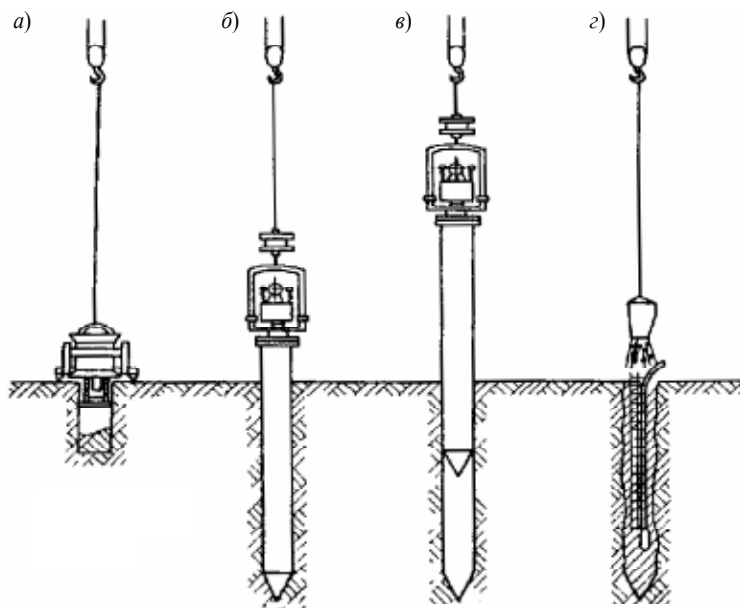


Рис. 48. Технологическая схема изготовления набивных свай вибрационной проходкой скважины обсадной трубой: *а* – проходка на устье лидерной скважины виброгрейфером; *б* – погружение обсадной трубы, закрытой снизу; *в* – извлечение обсадной трубы с помощью вибрационной установки; *г* – бетонирование свай

При вибрационном погружении обсадной трубы следует непрерывно контролировать ее вертикальность (рис. 48, *а–в*).

Допускается проходить скважину под защитой открытой снизу обсадной трубы на глубину меньше проектной на 1–3 м. Оставшаяся часть скважины должна пробиваться обсадной трубой того же диаметра, но с конусным наконечником в основании.

Извлечение трубы производится в вибрационном режиме, причем скорость подъема ограничивается только грузоподъемностью амортизатора (примерно 1 м/мин). При снижении усилия извлечения трубы до значения, равного или меньшего грузоподъемности крана на данном вылете стрелы или копра, дальнейший подъем трубы должен производиться при выключенном вибропогружателе.

После образования скважины она заполняется бетоном, затем в ствол устанавливается арматурный каркас (рис. 48, *г*).

Характеристики оборудования представлены в приложении. Следует отметить, что возможно устройство свай без копровой установки с использованием стрелового самоходного крана, на крюке которого подвешен вибропогружатель.

Основные преимущества и недостатки рассматриваемой технологии приведены в табл. 38.

Таблица 38

Характеристика технологии с вибрационным погружением обсадной трубы

Преимущества	Недостатки
Изготовление свай большой несущей способности. Высокая производительность в слабых грунтах. При вибрационном извлечении обсадных труб происходит дополнительное уплотнение бетонной смеси. Отсутствие затрат на вывоз грунта. Минимальная стоимость машино-часа при использовании крана без копра	Образование воронок грунта вокруг свай. Сезонное удорожание при прогреве бетона. При формировании свай в напорных водонасыщенных грунтах происходит вымывание свежесложенного бетона и оголение арматурного каркаса. Мониторинг за динамическим воздействием на существующую застройку. Ограниченное использование в плотных песках и грунтах с галечниками или валунными включениями

На основании вышесказанного в табл. 39 приводится область использования технологии в зависимости от инженерно-геологических условий площадки строительства и уровня воздействия на окружающую застройку.

Квалификационный состав звена свай представлен в табл. 40.

Схема организации работ аналогична технологии с погружением обсадной трубы с теряемым башмаком.

2.4.6. Технологии с уплотнением (вытеснением), раскаткой околосвайного грунта

При технологии вытеснения в грунт ввинчивается обсадная труба, оснащенная эллипсоидным шнеком-раскатчиком (рис. 49).

При погружении рабочего органа грунт вытесняется в сторону и вокруг скважины образуется уплотненная зона, размер которой зависит от свойств грунта, скорости погружения, размеров и конструкции рабочего органа.

Таблица 39

Область применения вибрационной технологии

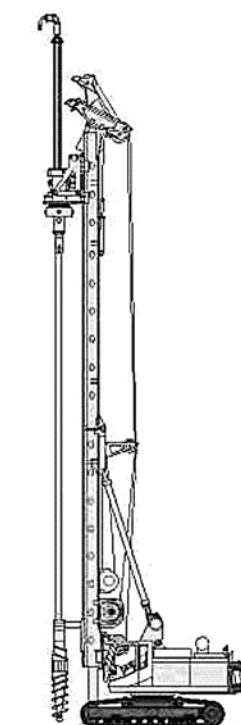
Наименование фактора	Область использования	Обоснование (возможные дефекты при устройстве свай)
<i>1. Инженерно-геологические условия</i>		
1.1. Плотные грунты с галечниками или валунными включениями	Отрицательная	Невозможность погружения
1.2. Напластования слабых грунтов	Эффективная	—
1.3. Водонасыщенные пески	То же	—
1.4. Полутвердые и твердые глинистые грунты	Ограниченная	При недостаточной мощности вибратора возможна остановка погружения труб
<i>2. Работа в стесненных условиях</i>		
2.1. Вплотную к зданиям с фундаментами мелкого заложения	Отрицательная	Динамическое воздействие на существующую застройку
2.2. То же на расстояниях до 20 м	То же	
2.3. Вплотную к зданиям со свайными фундаментами	Ограниченная	См. п. 1.1, 1.4
2.4. Работа в стесненных условиях при реконструкции	То же	См. п. 2.1

Таблица 40

Квалификационный состав звена при устройстве вибрационных свай

№	Наименование профессии	Разряд	Кол-во	Основные обязанности
1	Машинист крана	5	1	Управление и контроль за состоянием технических средств
2	Машинист буронабивной установки	5	1	
3	Бетонщик-стропальщик	3	1	Такелажные работы, руководство подачей и погружением каркасов, работа с бадьей и регулирование работы вибропогружателя
4	Бетонщик-стропальщик-сварщик	2	1	
5	Производитель работ	—	1	Организация работ, надзор за выполнением требований правил охраны труда и проекта, инструктаж, оперативное решение технических вопросов, ведение исполнительной документации

а)



б)



Рис. 49. Установка, реализующая набивную технологию вытеснения: а – общий вид установки; б – рабочий наконечник обсадной трубы

Технологический цикл устройства свай состоит из следующих операций (рис. 50):

- 1) геодезическая разметка планового положения свай;
- 2) наводка установки на точку устройства свай;
- 3) устройство скважины на проектную отметку путем вращательно-вдавливающего погружения бурового инструмента раздвигающего и уплотняющего грунт (рис. 50, а, б);
- 4) извлечение трубы с одновременным заполнением под давлением скважины бетонной смесью через отверстие в торце трубы (рис. 50, в);
- 5) установка арматурного каркаса с помощью вибратора на кране (рис. 50, г);
- 6) перемещение установки на следующую точку устройства свай;
- 7) формирование оголовка, погружение в случае необходимости дополнительного арматурного каркаса в верхнюю часть свай.

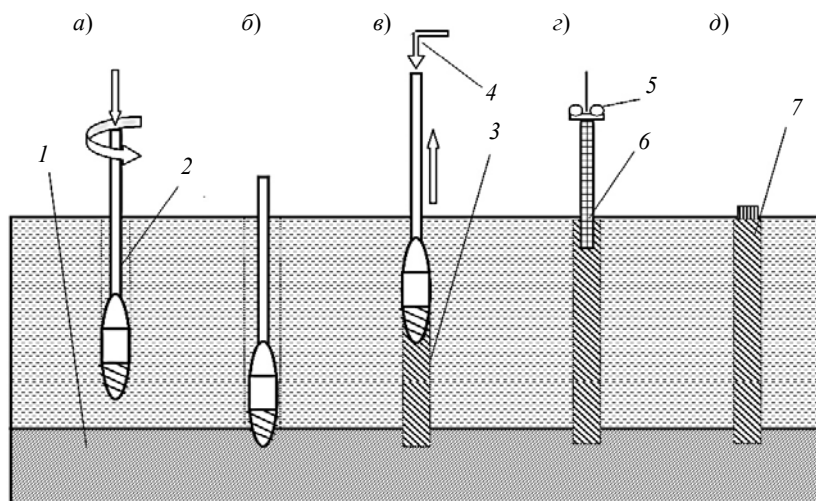


Рис. 50. Технологическая последовательность устройства сваи уплотнения: 1 – плотный грунт; 2 – обсадная труба; 3 – скважина, заполняемая бетоном; 4 – подача бетона бетононасосом; 5 – вибратор, подвешиваемый на стрелу крана; 6 – арматурный каркас; 7 – свая в грунте

Основные преимущества и недостатки технологии приведены в табл. 41.

Таблица 41

Характеристика технологий с ввинчиванием буровой трубы, оснащенной шнеком-раскатчиком

Преимущества	Недостатки
Большая производительность. Высокая несущая способность по боковой поверхности – на 30 % выше аналогичного показателя буровых технологий. Достаточное качество при подаче бетона под давлением бетононасоса. Отсутствие затрат на вывоз грунта	Выпор грунта за счет большой производительности может привести к деформациям близлежащих фундаментов. Сезонное удорожание при прогреве бетона. При наличии в основании плотных грунтов с галечниками или валунными включениями может произойти отклонение ствола сваи от проектного положения или остановка бурения с деформацией башмака. При наличии слабых прослоек грунта возможен перерасход бетона до 30–40 %

По технологиям, использующим вращение обсадных труб, можно изготавливать сваи максимальным диаметром 800 мм, длиной до 32 м.

Характеристики оборудования представлены в приложении. В табл. 42 приводится область использования технологии в зависимости от инженерно-геологических условий площадки строительства.

Таблица 42

Область применения технологии

Наименование фактора	Область использования	Обоснование (возможные дефекты при устройстве свай)
<i>1. Инженерно-геологические условия</i>		
Плотные грунты с галечниками или валунными включениями	Ограниченная	Может произойти отклонение ствола сваи от проектного положения или остановка процесса раскатки
Напластования слабых грунтов	Эффективная	–
Вонасыщенные пески	То же	–
Полутвердые и твердые глинистые грунты	Ограниченная	–
<i>2. Работа в тесненных условиях</i>		
Вплотную к зданиям с фундаментами мелкого заложения	Ограниченная	Возможны осадки конструкций при выпоре грунта
То же на расстояниях до 20 м	То же	То же, см. п. 1.1
Вплотную к зданиям со свайными фундаментами	»	То же, см. п. 1.1
Работа в тесненных условиях при реконструкции	Отрицательная	Большая масса и размеры установок, большая вероятность выпора грунта

Квалификационный состав звена представлен в табл. 43.

Таблица 43

Квалификационный состав звена при устройстве свай вытеснения

№	Наименование профессии	Разряд	Кол-во	Основные обязанности
1	2	3	4	5
1	Машинист крана	5	1	Управление и контроль за состоянием технических средств
2	Машинист буронабивной установки	5	1	

Окончание табл. 43

1	2	3	4	5
3	Бетонщик-стропальщик	3	1	Такелажные работы, руководство подачей, погружением и соединением каркасов, работа с бетононасосом
4	Бетонщик-стропальщик, бетонщик-сварщик	2	1	
5	Производитель работ	—	1	Организация работ, надзор за выполнением требований правил охраны труда и проекта, инструктаж, оперативное решение технических вопросов, ведение исполнительной документации

При использовании арматурных каркасов длиной свыше 12 м в состав звена вводится сварщик.

План-схема организации работ показан на рис. 51.

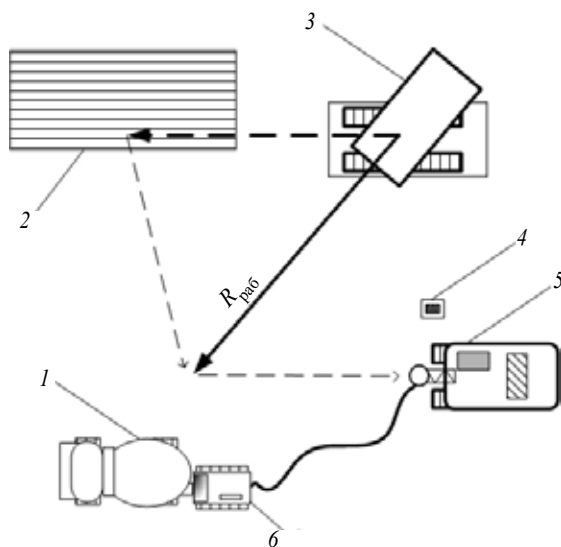


Рис. 51. План-схема организации работ при устройстве набивных свай по технологии вытеснения: 1 – автобетоновоз; 2 – арматурные каркасы; 3 – кран; 4 – вибратор; 5 – буронабивная установка; 6 – самоходный бетононасос на гусеничном ходу

3. Разработка раздела организации свайных работ

Процесс устройства свайного основания включает: подготовительные работы, предпроектное погружение и статические испытания свай в грунте, погружение свай в соответствии с проектом, контрольные испытания свай, вырубки (срубки) бетона оголовков свай до проектного уровня низа ростверка. Общая технологическая последовательность свайных работ представлена на рис. 52.

Предпроектное погружение свай	Отдых свай в грунте	Статические испытания свай	Принятие решения о несущей способности свай	Устройство свай в соответствии с требованиями проекта	Контрольные испытания свай (статические или динамические) после проектного погружения	Срубка голов свай
2 куста	6–28 сут	2 сут на 1 исп.	5 сут	Продолжительность определяется по ЕНиР	2 сут на 1 исп.	По ЕНиР

Рис. 52. Схематичный календарный план устройства свайного основания

В подготовительный период выполняются работы по освоению и расчистке территории строительной площадки, устройству опорной геодезической сети, наружных сетей и подземных коммуникаций; возведению постоянных и временных зданий и дорог, используемых в период строительства. Устанавливают инвентарные здания, доставляют свайное оборудование, заводские сваи или арматурные каркасы для буронабивных технологий, производят разбивку и закрепление осей здания [36].

Предпроектное погружение и испытание грунтов сваями выполняется для уточнения несущей способности грунтов и определения расчетной нагрузки на сваю (p_p) [32, 39, 40]. По техническому заданию проектной организации в разных точках площадки в осях планируемого объекта погружаются «кусты» свай (минимум 2 куста) вблизи разведочных скважин для последующего испытания грунтов (рис. 53) [49].

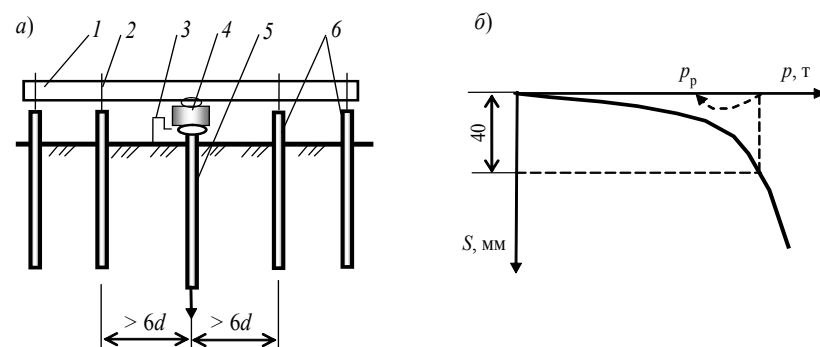


Рис. 53. Схема проведения испытания грунтов сваями статической вдавливающей нагрузкой: а – испытательная установка; б – результаты испытаний в виде графика зависимости осадки сваи (S) от усилия вдавливания (P): 1 – связующая металлическая балка; 2 – металлическая тяга; 3 – реперная система, фиксирующая осадки сваи; 4 – гидравлический домкрат; 5 – испытываемая свая; 6 – анкерные сваи

В «куст» свай в зависимости от проектной расчетной и максимальной вдавливающей нагрузки на сваю входит 1, 5, 7 свай. Центральная свая служит для загрузки грунтов осевой вдавливающей нагрузкой, крайние сваи – анкеры, работающие на выдергивание. Нагрузка передается на голову испытываемой сваи гидравлическими домкратами, упираемыми в металлическую балку, объединяющую анкерные сваи. Существует схема испытания грунтов одной свай, загружаемой инвентарными металлическими пригрузами с грузовой платформы (рис. 54).

При составлении технологической карты для определения схемы испытания грунтов сваями пользоваться данными табл. 44.

После «отдыха» свай в грунте (для заводских свай в водонасыщенных песках – 10 сут, в пластичных грунтах 20 сут, для буронабивных свай – 28 сут) выполняют «ступенчатое» статическое

Таблица 44
Количество свай в «кусте» при испытании грунтов сваями статической вдавливающей нагрузкой для многоэтажного строительства

Расчетная нагрузка на сваю, тс	Количество свай в «кусте»	Примечание
До 100	5	Балка + анкерные сваи
100–120	7	То же
Свыше 120	1	Грузовая платформа

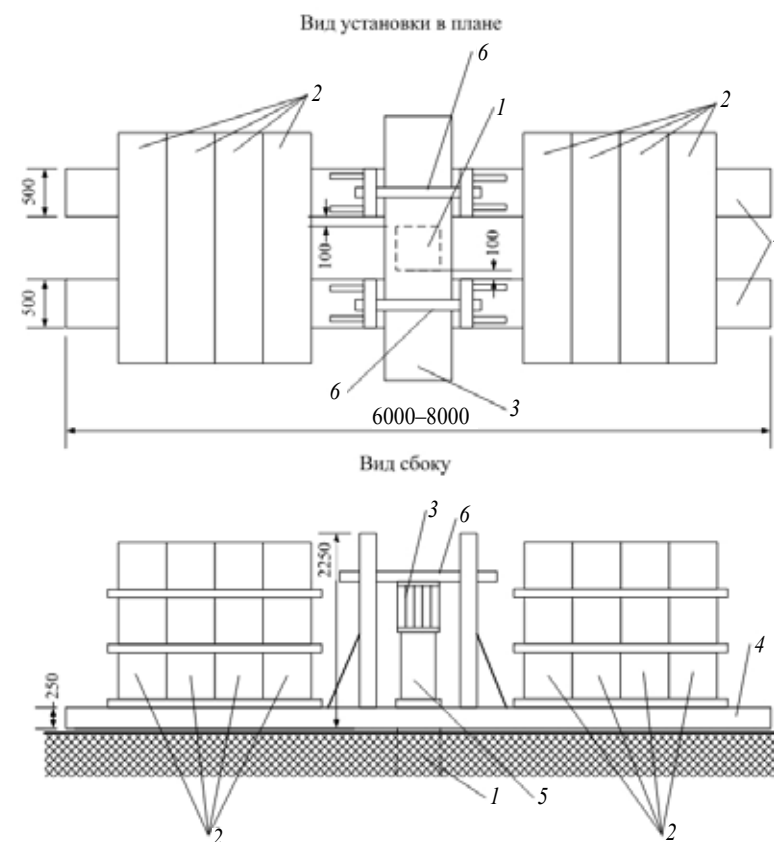


Рис. 54. Схема испытания с помощью грузовой платформы и инвентарных грузов: 1 – свая; 2 – инвентарные металлические грузы на деревянных прокладках; 3 – упорная балка; 4 – станина; 5 – домкрат; 6 – стопорный палец; реперная система контроля осадок сваи не показана

вдавливание центральной сваи до максимальной нагрузки, равной полуторному значению расчетной несущей способности сваи, или до срыва (осадки более 40 мм) [27, 32, 39, 40]. По результатам испытаний строится график зависимости осадки сваи от усилия вдавливания, по которому проектная организация определяет несущую способность сваи по грунту (рис. 53, б) [39, 40].

При *погружении* свай работы ведутся по согласованному проекту. Завершающим этапом погружения свай является контроль качества работ, выполняемых на основании журналов устройства свай, бетонных работ, входного контроля и ведомостей погруженных свай, исполнительных схем с указанием отклонений свай в плане, по глубине и по вертикали (при необходимости).

В состав основных показателей, контролируемых при устройстве фундаментов из заводских свай, входят контроль их положения в плане, отметки голов и вертикальность оси свай [27, 32, 39].

Предельные отклонения фактического положения забивных свай в плане от проектного при однорядном расположении свай поперек оси свайного ряда составляют $\pm 0,2d$ (d – диаметр или сторона сечения свай), а вдоль оси ряда $\pm 0,3d$; для кустов и лент с расположением в два и три ряда $\pm 0,2d$ – для крайних свай поперек оси свайного ряда и $\pm 0,3d$ – для остальных свай и крайних свай вдоль оси свайного ряда; для сплошного свайного поля $\pm 0,2d$ для крайних свай и $\pm 0,4d$ – для средних свай [39].

Предельные отклонения фактических отметок голов свай от проектных при монолитном ростверке или плите составляют ± 3 см, при сборном ростверке ± 1 см.

Предельные отклонения осей погруженных свай от вертикали составляют ± 2 % их длины.

В состав основных показателей, контролируемых при устройстве фундаментов из буронабивных свай, входят контроль их положения в плане и отметки голов.

Предельные отклонения фактического положения свай в плане от проектного поперек ряда составляют ± 10 см, а вдоль ряда при кустовом расположении свай ± 15 см.

Контрольные испытания свай в грунте выполняются после отдыха свай для уточнения несущей способности грунтов. Испытания могут выполняться как статической вдавливающей нагрузкой (0,1 % от общего количества свай), так и динамическими нагрузками (минимум 6 испытаний) [27]. Для буронабивных свай дополнительно выполняется контроль сплошности тела сваи вол-

новыми неразрушающими методами или испытанием выбуренного бетонного керна [12, 39].

По окончании устройства и документальной приемки свайного основания погружения свай выполняется срубка бетонных голов свай [36]. Срубка выполняется либо для оголения рабочей продольной арматуры сваи для жесткого соединения с ростверком, либо при недопогружении забивных свай до проектных отметок. Работы выполняются вручную с помощью ручного инструмента или специального гидравлического оборудования, устанавливаемого на голову сваи краном (рис. 55). Срубка голов свай на уровне более 1 м от поверхности грунта выполняется с инвентарных подмостей с ограждением [37, 38].

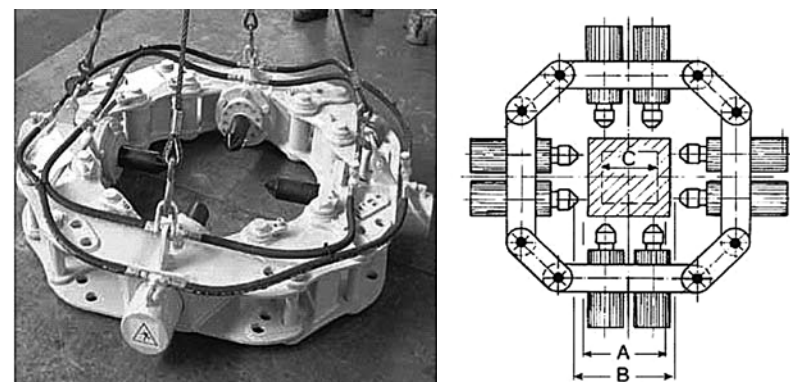


Рис. 55. Гидравлическое оборудование для срубki голов свай

Для планирования последовательности и сроков выполнения свайных работ в технологической карте на графическом листе приводятся календарный линейный график и сетевой, или циклограмма [10].

В отличие от общего календарного плана производства работ по объекту, показывающего взаимодействие во времени и пространстве бригад исполнителей, календарный график выполнения производственного процесса определяет технологическую последовательность выполнения отдельных операций.

Календарный график регламентирует развитие строительного производства во времени и в пространстве на основе рассчитанных объемов строительно-монтажных работ и принятых организационно-технологических решений. График отражает последовательность и сроки выполнения работ.

При построении графика осуществляют взаимную увязку сроков выполнения отдельных видов работ, учитывают состав основных машин и оборудования, специфические условия труда, стесненность условий площадки строительства. Исходными материалами для составления календарного плана служат принятая технология устройства свай, расчеты затрат труда в человеко-днях и машино-сменах на основании ведомости объемов работ.

Расчеты затрат труда выполняются в табличном виде на основании норм времени ЕНиР сборника 12 «Свайные работы» [30] с учетом производительности современного свайного оборудования:

- 1) бойка заводских свай – гидравлический молот с массой ударной части 7 т – 250 пог. м в смену;
- 2) то же – дизельный молот с массой ударной части 2,5 т – 150 пог. м в смену;
- 3) то же – механический молот с массой ударной части до 5 т – 130 пог. м в смену;
- 4) вдавливание заводских свай установкой УСВ 200 – 32 пог. м (для свай длиной до 16 м) и 56 пог. м (для свай длиной до 28 м) в смену;
- 5) вдавливание заводских свай установками УСВ 120, УСВ 160, УВТ 200, СО 450, *Starke* 240 – 100 пог. м в смену;
- 6) вдавливание заводских свай установкой СВУ В-6 – 90 пог. м в смену;
- 7) устройство буровых свай под защитой обсадных труб – 20–40 пог. м в смену;
- 8) устройство буровых свай двойным вращением рабочих элементов – 100–150 пог. м в смену;
- 9) устройство буронабивных свай проходным шнеком – 150–250 пог. м в смену;
- 10) то же ввинчиванием обсадной трубы с теряемым башмаком – 150–250 пог. м в смену;
- 11) то же вибрационным погружением обсадной трубы – 200–250 пог. м в смену;
- 12) то же при уплотнении (вытеснении) грунта – 150–200 пог. м в смену.

4. Разработка раздела безопасности труда при производстве свайных работ

Для составления технологической карты необходимо разработать мероприятия по безопасности труда – как в графической части, так и в пояснительной записке. В нормативных документах изложены основные требования по организации работ, которые необходимо привязывать к условиям строительной площадки [37, 38].

При разработке строительного плана устройства свай необходимо показать опасные для людей зоны, в которых постоянно действуют или могут действовать опасные факторы.

Существуют зоны постоянно действующих опасных производственных факторов (места вблизи от неогражденных котлованов и траншей глубиной свыше 1,3 м) и зоны потенциально опасных производственных факторов: зоны перемещения машин, оборудования или их частей, рабочих органов, а также места, над которыми краном перемещают грузы [23, 24, 37, 38, 42].

На строительной площадке на границах зон *постоянно* действующих опасных производственных факторов должны быть установлены защитные ограждения, а зон *потенциально* опасных производственных факторов – сигнальные ограждения и знаки безопасности. На плане производства работ границы зон выделяются огибающими линиями и отдельно отмечаются в условных обозначениях.

В технологической карте необходимо привести расчеты зон действия опасных факторов по трем вариантам производства работ:

- 1) при работе строительных машин у откосов котлована;
- 2) при перемещении грузов кранами;
- 3) при погружении свай и бурении скважин.

Указания по расчету опасных зон представлены в табл. 45.

Таблица 45

Расчет зон действия опасных факторов для свайных работ

Категория опасного фактора	Сопутствующая технологическая операция	Описание и расчет опасной зоны	Примечание
1	Разработка котлована	При проектировании котлована необходимо учитывать угол естественного откоса грунта и устанавливать трапы для спуска рабочих	[37, 38]
1	Установка строительных машин вблизи откоса	Крайнюю опору автомобилей при разгрузке и кранов следует устанавливать не ближе 1 м от бровки естественного откоса	То же
2	Перемещения грузов краном	При подъеме груза на высоту до 10 м рассчитывается как: $R_{\text{оп.зоны}} = L + 4, \text{ м}$	Рис. 56
3	Бойка свай, устройство буронабивных свай, бурение скважин	Опасной зоной является окружность с центром в точке устройства сваи или скважины с радиусом, равным 15 м	Рис. 57
3	Подтаскивание свай или каркаса для подъема на мачту установки	Линейная зона шириной 10 м, расположенная вдоль троса для подтаскивания от места стоянки копра до места раскладки	То же
3	Вдавливание или вибрационное погружение заводской сваи	Опасной зоной является окружность с центром в точке погружения сваи с радиусом, равным: $R_{\text{оп.зоны}} = L + 4, \text{ м}$	»

Примечания. 1. Обозначения факторов: 1, 2, 3 – при организации котлована и работе строительных машин у откосов, при работе грузоподъемных кранов по перемещению грузов, при устройстве свай и бурении скважин соответственно.

2. $R_{\text{оп.зоны}}$ – радиус опасной зоны; $R_{\text{раб}}$ – радиус работы (зоны обслуживания) крана; L – длина заводской сваи или арматурного каркаса.

3. В расчете опасных зон при перемещении грузов краном рассматривать только перемещение свай, арматурных каркасов или буровых труб с вибропогружателем в зависимости от принятой технологии. Опасная зона падения груза изображается в виде окружности с радиусом ($R_{\text{оп.зоны}} + R_{\text{раб}}$) в центре оси вращения крана.

Максимальные размеры рабочей зоны $R_{\text{раб}}$ при перемещении заводских железобетонных свай краном РДК 250 (длина стрелы 22,5 м, гуська 5 м), выполненные на основании табл. 45, приведены в табл. 46. Границы опасных зон необходимо учитывать при составлении плана производства свайных работ и схем организации работ.

Таблица 46

Размеры рабочей зоны $R_{\text{раб}}$ при перемещении заводских железобетонных свай краном РДК 250 (длина стрелы 22,5 м, гуська 5 м)

Сечение свай, см	Длина свай, м	Мас-са, т	Без гуська	С гуськом		Радиус опас-ной зоны при подъеме свай на высоту до 10 м
				$R_{\text{раб}}, \text{ м}$		
			$R_{\text{раб}}, \text{ м}$	Основной подъем	Вспомогатель-ный подъем на гуське	
1	2	3	4	5	6	7
30×30	3	0,70	19,00	18,50	24,00	7,00
	4	0,90	19,00	18,50	24,00	8,00
	5	1,13	19,00	18,50	23,50	9,00
	6	1,35	19,00	18,50	22,00	10,00
	7	1,58	19,00	18,50	21,50	11,00
	8	1,80	19,00	18,50	20,50	12,00
	9	2,03	18,50	17,50	19,50	13,00
	10	2,25	18,50	16,50	18,50	14,00
	11	2,48	18,00	16,50	18,50	15,00
	12	2,70	17,50	15,50	18,00	16,00
35×35	4	1,23	19,00	18,50	22,00	8,00
	5	1,53	19,00	18,50	21,50	9,00
	6	1,84	18,50	17,50	19,50	10,00
	7	2,14	18,00	17,00	18,50	11,00
	8	2,45	17,00	15,50	18,50	12,00
	9	2,76	16,50	15,00	17,50	13,00
	10	3,06	16,00	14,50	17,00	14,00

1	2	3	4	5	6	7
35×35	11	3,37	15,00	14,50	17,00	15,00
	12	3,68	14,50	14,00	16,50	16,00
	13	3,98	14,00	13,50	16,00	17,00
	14	4,29	14,00	13,50	16,50	18,00
	15	4,59	13,50	13,00	15,50	19,00
	16	4,90	13,00	12,00	15,00	20,00
40×40	4	1,60	19,00	18,50	21,50	8,00
	5	2,00	18,50	17,50	19,50	9,00
	6	2,40	18,00	16,50	18,50	10,00
	7	2,80	17,50	15,50	18,00	11,00
	8	3,20	15,00	14,50	17,00	12,00
	9	3,60	14,50	13,50	16,00	13,00
	10	4,00	14,00	13,50	16,00	14,00
	11	4,40	13,50	12,00	15,00	15,00
	12	4,80	13,00	12,00	15,00	16,00
	13	5,20	12,50	12,00	—	17,00
	14	5,60	11,50	11,50	—	18,00
	15	6,00	11,00	11,00	—	19,00
	16	6,40	10,50	10,50	—	20,00

При одновременной работе нескольких механизмов создаваемые опасные зоны не должны пересекаться. Например, при одновременной работе нескольких копров (бурильных установок) на площадке расстояние между точками погружения свай должно быть не менее 30 м [37, 38]. При работе нескольких грузоподъемных кранов в стесненных условиях допускается их установка в смежных опасных зонах. В этом случае расстояние между металлоконструкциями кранов и перемещаемыми грузами должно быть не менее 5 м. Поворот стрел кранов разрешается одновременно в одну сторону или запрещается в направлении соседнего крана [42].

Дополнительно в графической части технологической карты необходимо показывать лестницы для спуска в котлован, знаки безопасности на въезде автотранспорта в опасные зоны работы

техники, сигнальные ограждения над бытовыми помещениями вблизи работы крана, необходимые ограничения рабочей зоны кранов, привязать все проходки механизмов к осям здания, указать безопасные расстояния между работающими парами техники.

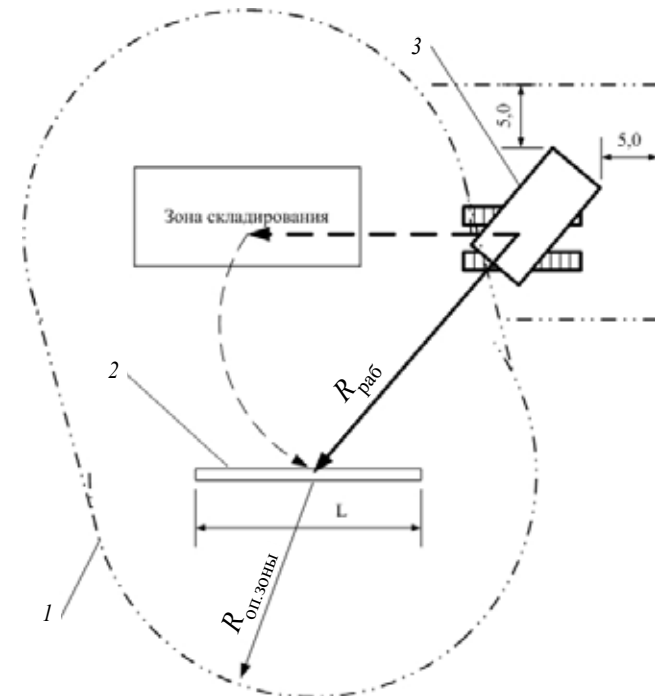


Рис. 56. Расчетная схема определения опасной зоны при перемещении груза краном: 1 – граница опасной зоны; 2 – перемещаемый груз; 3 – грузоподъемный кран

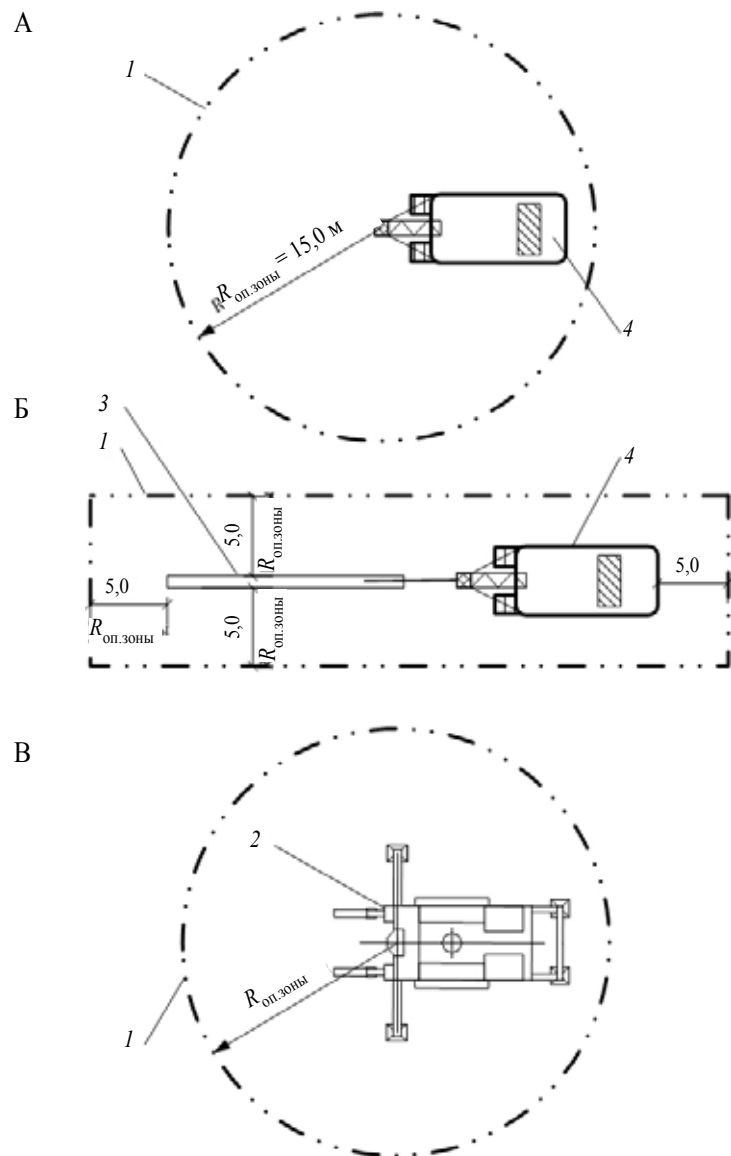


Рис. 57. Расчетная схема определения опасных зон при устройстве свай: 1 – граница опасной зоны; 2 – установка вдавливания свай; 3 – свая (арматурный каркас); 4 – копер или буронабивная установка

Рекомендуемая литература

1. Афанасьев А. А. Технология возведения зданий / А. А. Афанасьев, И. А. Афонин. – М.: АСВ, 2000. – 287 с.
2. Байдулин А. Х. Качество и безопасность строительных технологий / А. Х. Байдулин, С. Г. Головнев. – Челябинск.: ЮУрГУ, 2006. – 452 с.
3. Бадьин Г. М. Справочник технолога-строителя / Г. М. Бадьин – СПб.: БХВ-Петербург, 2009. – 512 с.
4. Бадьин Г. М. Производство свайных работ: учеб. пособие / Г. М. Бадьин – Л.: ЛИСИ, 1987. – 84 с.
5. Белецкий В. Ф. Технология и механизация строительного производства: учебник для вузов / В. Ф. Белецкий. – Ростов н/Д, 2004. – 750 с.
6. Богов С. Г. Проблемы устройства свайных оснований в городской застройке в условиях слабых грунтов Санкт-Петербурга / С. Г. Богов // Реконструкция городов и геотехническое строительство. – 2004. – № 8. – С. 119–127.
7. Верстов В. В. Вибрационная техника и технология в свайных и буровых работах / В. В. Верстов, М. Г. Цейтлин, Г. Г. Азбель. – Л.: Стройиздат, 1987. – 262 с.
8. Возведение одноэтажного промышленного здания из сборных железобетонных элементов: метод. указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Технология возведения зданий и сооружений» для студ. спец. 270102 – промышленное и гражданское строительство, 080502 – экономика и управление на предприятии строительства всех форм обучения / сост.: Юдина А. Ф.; СПбГАСУ. – СПб., 2007. – 58 с.
9. Голубев Б. И. Определение объемов строительных работ: справочник / Б. И. Голубев. – М.: Стройиздат, 1991. – 63 с.
10. Дипломное проектирование: метод. указания для студентов специальности 270102 – промышленное и гражданское строительство для всех форм обучения / сост.: Г. М. Бадьин и др.; СПбГАСУ. – СПб., 2009. – 52 с.
11. Конюхов Д. С. Строительство городских подземных сооружений мелкого заложения / Д. С. Конюхов. – М.: Архитектура-С, 2005. – 304 с.
12. Мангушев Р. А. Современные свайные технологии: учеб. пособие / Р. А. Мангушев, А. В. Ершов, А. И. Осокин. – СПбГАСУ. – СПб., 2010. – 240 с.
13. Монтаж строительных конструкций стреловыми самоходными кранами: метод. указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Технология возведения зданий и сооружений» для студентов специальности 290300 – промышленное и гражданское строительство, 290500 – городское строительство и хозяйство / сост.: Копанская Л. Д., Верстов В. В., Егоров А. Н.; СПбГАСУ. – СПб., 1999. – 110 с.
14. Полищук А. И. Основы проектирования и устройства фундаментов реконструируемых зданий / А. И. Полищук. – Томск, 2005. – 427 с.

15. Поляков В. И. Машины грузоподъемные для строительно-монтажных работ: справочное пособие / В. И. Поляков, М. Д. Полосин. – М.: Стройиздат, 1993. – 39 с.
16. *Руководство* по производству свайных работ, эксплуатации копров и копро-вого оборудования и технике безопасности при устройстве свайных фунда-ментов / ЦНИИОМТП. – М.: Стройиздат, 1980. – 60 с.
17. Смородинов М. И. Свайный копер / М. И. Смородинов. – М.: Стройиздат, 1986. – 85 с.
18. Сорочан Е. А. Основания, фундаменты и подземные сооружения / Е. А. Со-рочан и др. – М.: Стройиздат, 1985. – 480 с.
19. *Строительное* производство: основные термины и определения: учеб. посо-бие / Г. М. Бадьин и др. – М.: Изд-во АСВ; СПб.: СПбГАСУ, 2006. – 297 с.
20. *Строительное* производство: энциклопедия. – М.: Стройиздат, 1995. – 463 с.
21. *Технология* строительного производства: учебник для вузов // Л. Д. Акимова и др. – 4-е изд., перераб. и доп. – Л.: Стройиздат, 1987. – 606 с.
22. Штоль Т. М. Технология возведения подземной части зданий и сооружений / Т. М. Штоль, В. И. Теличенко, В. И. Феклин. – М.: Стройиздат, 1990. – 282 с.
23. *Федеральный закон*. Технический регламент о безопасности зданий и соору-жений от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ. – М., 2009.
24. *Федеральный закон*. Технический регламент о требованиях пожарной безо-пасности от 22 июня 2008 г. № 123-ФЗ. – М., 2008.
25. ВСН 390–84. Проектирование и устройство набивных свай по вибрационной технологии.
26. ВСН 490–87. Проектирование и устройство свайных фундаментов и шпун-товых ограждений в условиях реконструкции промышленных предприятий и городской застройки.
27. ГОСТ 5686. Грунты. Методы полевых испытаний сваями.
28. ГОСТ 25100–95. Грунты. Классификация.
29. СНиП 2.02.01–83*. Основания зданий и сооружений. С изменениями. – М., 2002.
30. ЕНиР 12. Свайные работы.
31. ЕНиР 14. Бурение скважин на воду.
32. СНиП 2.02.03–85. Свайные фундаменты. Поправки БСТ № 11. – 2003.
33. СНиП 3.01.03–84. Геодезические работы в строительстве.
34. СНиП 3.02.01–87. Земляные сооружения, основания и фундаменты. С уче-том изменений ГОСТ Р 12.3.048. – М., 2002.
35. СНиП 11-02–96. Инженерные изыскания для строительства. Основные по-ложения. Взамен СНиП 1.02.07–87.
36. СНиП 12-01–2004. Организация строительства. Взамен СНиП 3.01.01–85.
37. СНиП 12-03–2001. Безопасность труда в строительстве. Ч. I. Общие положе-ния. Взамен СНиП 12-03–99.
38. СНиП 12-04–2002. Безопасность труда в строительстве. Ч. II. Строительное производство.
39. СП 50-102–2003. Проектирование и устройство свайных фундаментов.
40. ТСН 50-302–2004. Проектирование фундаментов зданий и сооружений в Санкт-Петербурге.
41. *Методические* рекомендации по разработке и оформлению технологических карт. МДС 12-29.2006. – М., 2007. – 18 с.

42. РД-11-06–2007. Методические рекомендации о порядке разработки проектов производства работ грузоподъемными машинами и технологических карт погрузо-разгрузочных работ. – М., 2007.

Интернет-ресурсы

1. <http://www.dcpuk.com>
2. <http://ozkanlarmakine.com.tr>
3. <http://pile.com>
4. <http://ptc.fayat.com>
5. <http://apeholland.com>
6. <http://www.ihcfundex.com>
7. <http://www.imeco.at>
8. <http://www.junttan.com>
9. <http://www.menck.com>
10. <http://www.bsp-if.com>
11. <http://www.pilemer.com>
12. <http://www.liebherr.com>
13. <http://msind.ru>
14. <http://www.kobelco-crane.ru>
15. <http://georec.spb.ru>
16. <http://www.bauer-equipment.ru>
17. <http://www.proletarsky.ru/rus/46>
18. <http://www.hammers.ru>
19. <http://www.svaeboy.ru>
20. <http://www.ubt-ekb.ru>
21. <http://www.azm-sdm.ru>
22. <http://www.casagrandegroup.com>
23. <http://www.ozsm.ru>
24. <http://www.ankergeo.com>
25. <http://www.fundament-invest.ru>
26. <http://www.thyssenkrupp.com>
27. <http://starke.su>

Параметры заводских свай

Обозначение свай согласно ГОСТ 19804-9 «Сваи железобетонные. Технические условия»:

- 1) С – квадратного сплошного сечения, цельные и составные, с поперечным армированием ствола;
- 2) СП – квадратного сечения с круглой полостью, цельные;
- 3) СК – полые круглого сечения диаметрами от 400 до 800 мм, цельные и составные;
- 4) СО – сваи-оболочки диаметром от 1000 до 3000 мм, цельные и составные;
- 5) 1СД – сваи-колонны квадратного сплошного сечения, двух-консольные, расположенные по крайним осям здания;
- 6) 2СД – то же, расположенные по средним осям здания;
- 7) СЦ – квадратного сплошного сечения, цельные, без поперечного армирования ствола, с напрягаемой арматурой в центре сваи.

Маркировка одиночных призматических железобетонных свай длиной до 16 м согласно серии 1.011.1-10, выпуск 1, часть 1. – Фундаментпроект: С 80.30-2.

Длина свай – 8 м, в дипломном проекте принимать от 5 до 16 м.

Сечение свай – 300×300 мм, наиболее распространенные типоразмеры в Санкт-Петербурге: 300×300, 350×350 и 400×400.

Индекс армирования – 2, обозначает диаметр стержней продольной арматуры от 10 (индекс 1) до 25 мм (индекс 13).

Маркировка составных призматических железобетонных свай длиной до 28 м согласно серии 1.011.1-10, выпуск 8. – Фундаментпроект: С270.35-Св.

Длина свай – 27 м. Сечение свай – 350×350 мм.

Тип стыка секций свай – сварной.

Верхняя секция: С130.35-ВСв.3

Длина свай – 27 м. Сечение свай – 350×350 мм.

Индекс армирования – 3.

Нижняя секция: С140.35-НСв.4

Длина свай – 14 м. Сечение свай – 350×350 мм.

Индекс армирования – 4.

Приложения

Приложение 1

Иностранные обозначения буронабивных свайных технологий

Таблица 1

Обозначения буронабивных технологий

Описание технологии	Иностранное название технологии
Буровые сваи с извлечением грунта	
Проходной шнек – скважина устраивается с помощью непрерывного полого шнека	<i>CFA, SOB</i>
Технология двойного вращения	<i>Double Rotary, CAP, DKS Front-Of-Wall drilling (FOW)</i>
Устройство свай под защитой обсадных труб с извлечением грунта шнеками или специальным буровым инструментом, закрепленным на конце телескопической штанги	<i>Kelly drilling, Reverse circulation drilling</i>
Набивные сваи без извлечения грунта	
С ввинчиванием полой обсадной трубы	<i>Fudex, Atlas, Omega</i>
С вибрационным погружением обсадной трубы с теряемым башмаком	<i>RED BULL</i>
С забивкой полой обсадной трубы с теряемым наконечником и извлечением ее вибратором	<i>Vibrex, Syper Vibrex</i>
С ввинчиванием полой буровой трубы, оснащенной эллипсоидным шнеком-раскатчиком	<i>CDP, DDS, Displacement, VdW, Full displacement piling (FDP)</i>

Таблица 2

**Спецификация составных призматических
железобетонных свай**

Марка свай	Верхняя секция	Нижняя секция
1	2	3
C160.30-Св	C80.30-BCв.1	C80.30-HCв.1
C170.30-Св	C50.30-BCв.1	C120.30-HCв.3
C180.30-Св	C60.30-BCв.1	C120.30-HCв.3
C190.30-Св	C70.30-BCв.1	C120.30-HCв.3
C200.30-Св	C80.30-BCв.1	C120.30-HCв.3
C210.30-Св	C90.30-BCв.2	C120.30-HCв.3
C220.30-Св	C100.30-BCв.2	C120.30-HCв.3
C230.30-Св	C110.30-BCв.3	C120.30-HCв.3
C240.30-Св	C120.30-BCв.3	C120.30-HCв.3
C140.35-Св	C60.35-BCв.2	C80.35-HCв.2
C150.35-Св	C70.35-BCв.2	C80.35-HCв.2
C160.35-Св	C80.35-BCв.2	C80.35-HCв.2
C170.35-Св	C90.35-BCв.2	C80.35-HCв.2
C180.35-Св	C60.35-BCв.2	C120.35-HCв.3
C190.35-Св	C70.35-BCв.2	C120.35-HCв.3
C200.35-Св	C80.35-BCв.2	C120.35-HCв.3
C210.35-Св	C90.35-BCв.2	C120.35-HCв.3
C220.35-Св	C100.35-BCв.2	C120.35-HCв.3
C230.35-Св	C110.35-BCв.2	C120.35-HCв.3
C240.35-Св	C120.35-BCв.3	C120.35-HCв.3
C250.35-Св	C110.35-BCв.2	C140.35-HCв.4
C260.35-Св	C120.35-BCв.3	C140.35-HCв.4
C270.35-Св	C130.35-BCв.3	C140.35-HCв.4
C280.35-Св	C140.35-BCв.4	C140.35-HCв.4
C140.40-Св	C60.40-BCв.2	C80.40-HCв.2
C150.40-Св	C70.40-BCв.2	C80.40-HCв.2
C160.40-Св	C80.40-BCв.2	C80.40-HCв.2
C170.40-Св	C90.40-BCв.3	C80.40-HCв.2
C180.40-Св	C60.40-BCв.2	C120.40-HCв.4
C190.40-Св	C70.40-BCв.2	C120.40-HCв.4
C200.40-Св	C80.40-BCв.2	C120.40-HCв.4
C210.40-Св	C90.40-BCв.3	C120.40-HCв.4
C220.40-Св	C100.40-BCв.3	C120.40-HCв.4
C230.40-Св	C110.40-BCв.4	C120.40-HCв.4
C240.40-Св	C120.40-BCв.4	C120.40-HCв.4

Окончание табл. 2

1	2	3
C250.40-Св	C110.40-BCв.4	C140.40-HCв.5
C260.40-Св	C120.40-BCв.4	C140.40-HCв.5
C270.40-Св	C130.40-BCв.4	C140.40-HCв.5
C280.40-Св	C140.40-BCв.5	C140.40-HCв.5

Примечание. Для изготовления свай применяется бетон класса В25.

Стык устраивается путем сварки закладных деталей оголовков свай с четырьмя металлическими накладками. В дипломном проекте размер накладки принимать 10×160×200 мм, масса 2,49 кг. Между оголовками устанавливается металлическая прокладка размерами 4×150×150 мм, массой 0,7 кг. Сварку производят электродами Э-46, Э 50А, катетом шва 8 мм. После сварки стык окрашивается антикоррозионными составами на основе битумных или полимерных составов.

Таблица 3

Массы и объемы прямоугольных железобетонных свай (без остря)

Длина свай, м	Сторона квадратной свай, м					
	0,3		0,35		0,4	
	масса	объем	масса	объем	масса	объем
	т	м³	т	м³	т	м³
4	0,90	0,36	1,23	0,49	1,6	0,64
5	1,13	0,45	1,53	0,61	2,00	0,80
6	1,35	0,54	1,84	0,74	2,40	0,96
7	1,58	0,63	2,14	0,86	2,80	1,12
8	1,80	0,72	2,45	0,98	3,20	1,28
9	2,03	0,81	2,76	1,10	3,60	1,44
10	2,25	0,9	3,06	1,23	4,00	1,60
11	2,48	0,99	3,37	1,35	4,40	1,76
12	2,70	1,08	3,68	1,47	4,80	1,92
13	2,93	1,17	3,98	1,59	5,20	2,08
14	3,15	1,26	4,29	1,72	5,60	2,24
15	3,38	1,35	4,59	1,84	6,00	2,40
16	3,60	1,44	4,90	1,96	6,40	2,56

Технические характеристики копров и молотов

Таблица 4

Технические характеристики универсальных гидравлических копров (рис. 1)

Фирма (страна)	Марка копра	Масса ударной части молота	Размеры, м						Масса без мо- лота, т	Макси- мальная длина свай, м	
			a	b	c	d	e	f*			g
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Junttan (Финляндия)	PM-16	3-4	4,0	0,9	3,65	4,46	2,4-3,6	3,9	20,4	30	16
	PM-20L	4-5	4,15	0,8	3,92	4,76	3,6-5,1	4,0	21,9	39	14-16
	PM-20LC	4-5	4,25	0,9	4,5	5,05	4,2-5,7	4,2-5,7	21,9	42	15-19
	PM-23	3-5	4,25	0,9	4,2	5,05	3,8	4,2-5,7	24,9	44	19
	PM-25	5-9	4,4	0,9	4,2	5,05	3,6-5,1	4,2-5,7	23,5-29,5	50	16
	PM-26	7-9	4,8	0,9	4,7	5,7	3,7-4,6	4,6	26,3	57,3	17
PVE (Нидерланды)	PM-30	9-12	5,0	0,9	4,7	5,7	3,9-5,4	5,2	39	83	32
	PVE 3015	7	3,6	0,9	3,95	4,85	2,8	3,7	18,8	27	15
	PVE 4017	10	4,1	0,9	3,9	4,8	3,7	3,7	23,4	39	17
	PVE 5021	6-7	4,4	0,9	4,1	5,03	3,2	3,0-4,3	26,3-24,8	50	18-21
	PVE 6025	10	4,8	0,9	4,1	5,03	3,3	4,9	31,57	60	25
	PVE 8027	12,5	4,8	0,9	4,1	5,03	3,4-4,9	4,0	34,5	80	27

IHC Findex (Голландия)	FN14	—	4,3	0,7	5,05	4,32	3,69-5,37	3,2	24,8	39	18
	F15	—	6	0,75	6,43	—	3,3-5,8	7,75	34/47,4	86	38
	F4201	—	6	0,9	6,43	—	4,56-6,06	6,6	42,2	90	35
	F3500	—	5,0	0,9	6,43	—	3,8-5,4	7,4	35	68	28
	LRB125	5	4,2	0,7	4,7	5,1	2,5-3,5	3,67	12,5	44-48	15
	LRB155	8	4,3	0,7	—	5,54	3-4,88	4	18/21/24	66	18-24
Liebherr (Германия)	LRB250	12	4,8	0,8	4,83	5,74	3-4,7	4,7	24/27/30	73-84	То же
	LRB255	15	4,7	0,8	—	5,8	3,22-4,9	4,23	21/24/27/30	78	»
Baut (Австрия)	Baut-655	6	3,8	0,9	4,1	5,05	4,2	4,2	24	55	17
«Ропат» (Россия)	СК 25	7,3	4,3	0,9	4,7	5,1	4,0	3,6	22	33,8	16
ООО «СпецАвто» (Россия)	КБУ12	5	3,5	0,8	4,2	5,04	3,3-5,0	3,6	20,6	43,6	12
	КБУ14	5	3,5	0,8	4,2	5,04	3,3-5,0	3,6	22,6	44,2	14
	КБУ16	5	3,5	0,8	4,2	5,04	3,3-5,0	3,6	24,6	44,8	16

* Размер приведен в рабочем положении с учетом выдвижного аутригера или противовеса.

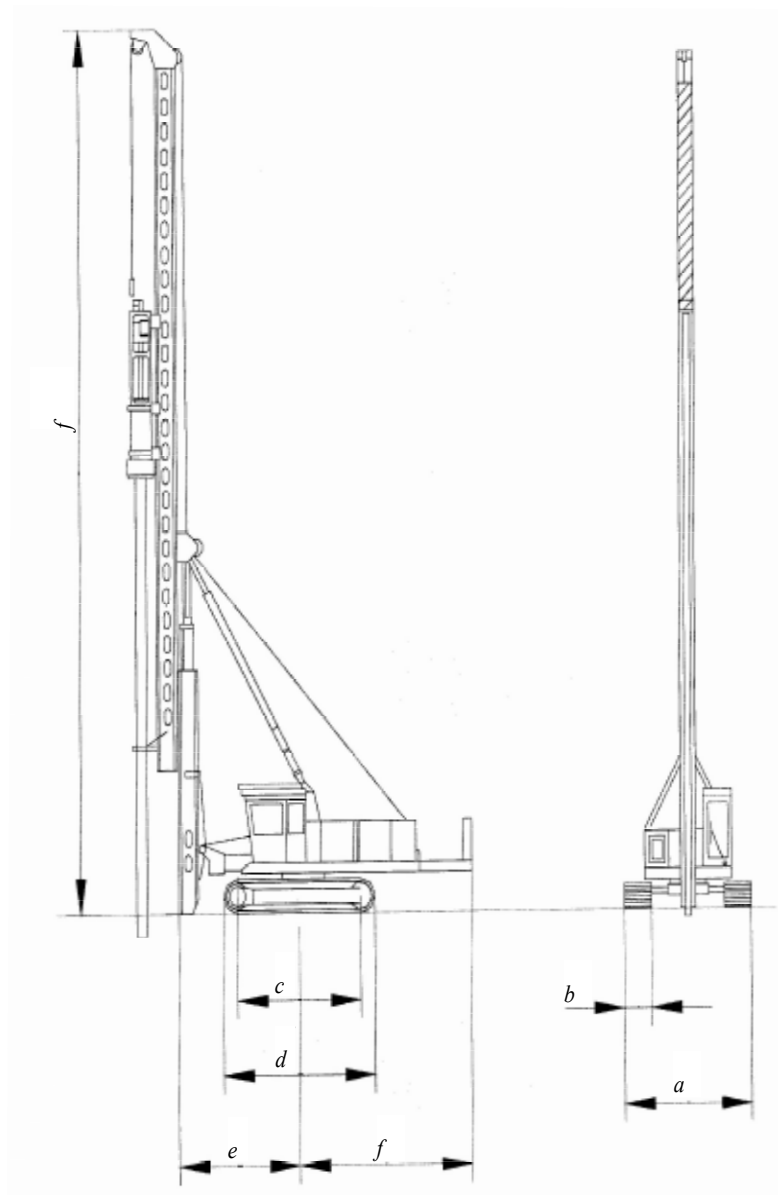


Рис. 1. Схема универсального полноповоротного копра

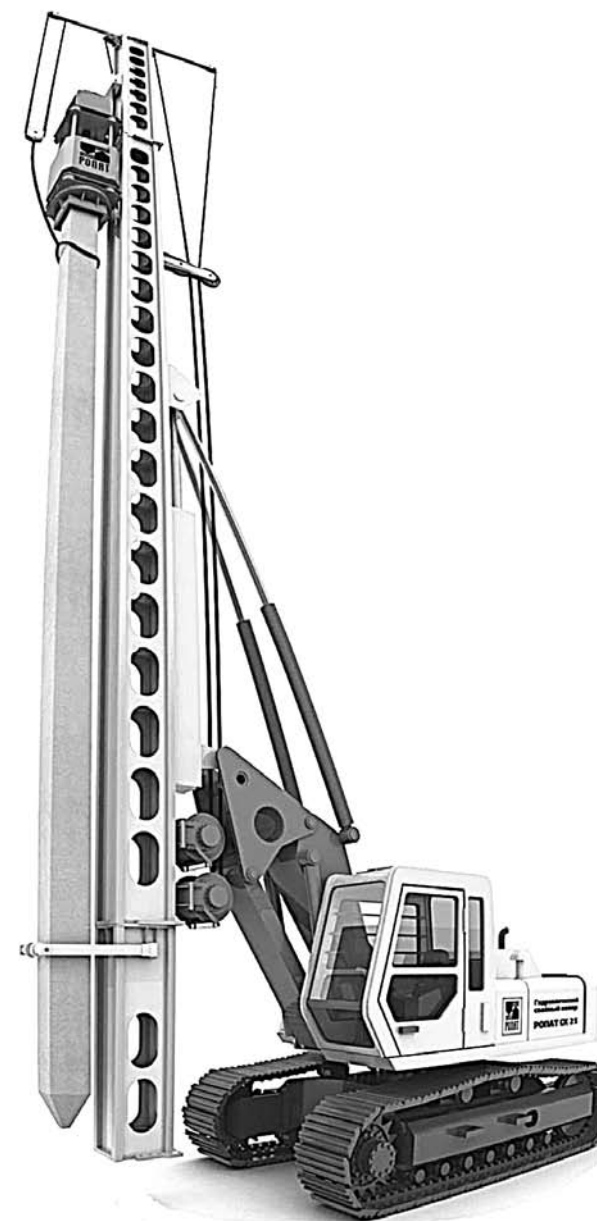


Рис. 2. Общий вид копра СК 25

Таблица 5

Транспортные размеры копров
(рис. 2, 3)

Фирма	Марка	Длина, м	Высота без молота, м	Ширина, м
<i>Junttan</i>	<i>PM-16</i>	19,2	3,6	3,0
	<i>PM-20L</i>	17,9	3,5	3,1
	<i>PM-20LC</i>	17,9	3,7	3,2
	<i>PM-23</i>	20,2	3,4	3,2
	<i>PM-25</i>	19,5(20,6;25,4)	3,8	3,4
	<i>PM-26</i>	12,1	3,5	3,3
	<i>PM-30</i>	25,3	3,5	3,7
<i>PVE</i>	<i>PVE 3015</i>	17,9	3,3	3,0
	<i>PVE 4017</i>	17,0	3,5	3,3
	<i>PVE 5021</i>	19,3	3,6	3,4
	<i>PVE 6025</i>	19,5	3,5	3,5
	<i>PVE 8027</i>	22,5	3,5	3,5
<i>IHC Fundex Equipment</i>	<i>FN14</i>	18,1	3,5	3,0
	<i>F15</i>	2,0	3,7	3,5
	<i>F4201</i>	26,1	4,3	3,5
	<i>F3500</i>	24,0	3,8	3,5
<i>Liebherr</i>	<i>LRB125</i>	13,3	3,4	3
	<i>LRB155</i>	19,1	3,8	2,9
	<i>LRB250</i>	21,2	3,8	3,2
	<i>LRB255</i>	22,1	3,9	3,2
«Ропат»	СК 25	14,8	3,2	3,2
<i>Banut</i>	<i>Banut-655</i>	18	3,2	2,4
ООО «Спецавто»	КБУ-12	13,7	3,7	3,5
	КБУ-14	15,1	3,7	3,5
	КБУ-16	17,7	3,7	3,5

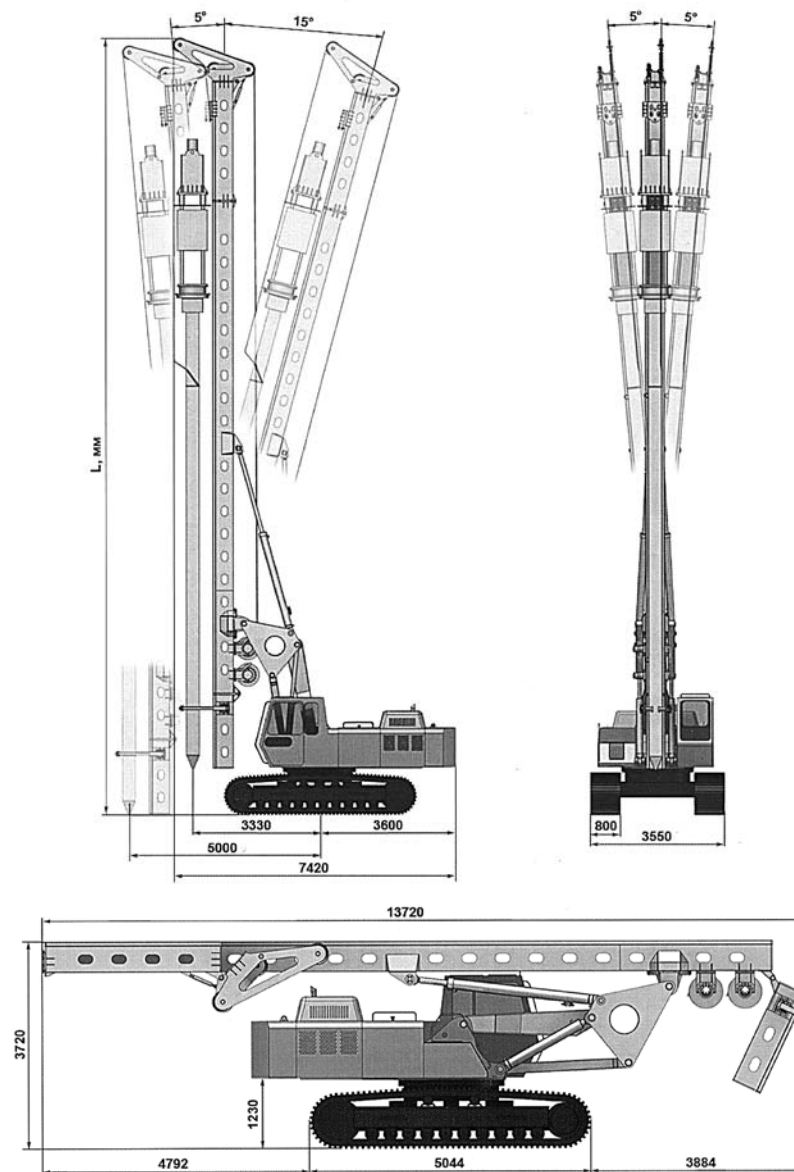


Рис. 3. Общий вид копра КБУ 12 (14, 16)

Таблица 6

Технические характеристики копров на базе строительных машин

Характеристики	Марка копра			
	СП-49Д	КО 8	КОГ 16	УГМГ 16
Базовая машина	Трактор Т130	Урал-375, КрАЗ-257К	Кран ДЭК-251 (321), МКГ-25.1	ДЭК-251, ДЭК-321, ДЭК-361
Максимальная длина погружаемой сваи, м	14	8	16	16
Грузоподъемность, т	12	7,5	16	16
Тип дизельного молота	С-996, СП-76А		СП-76А, СП-77А, СП-78А, СП-6ВМ, СП-7(8)	
Размер в рабочем положении, мм: длина высота ширина	4728 18 465 5045	8400 1300 4210	13 900 2400 4300	— — —
Изменение вылета мачты, м	0,4	0,5	3,5	1,2
Полная масса копра с молотом, т	30,3	13,9	~50	55

Таблица 7

Технические характеристики бурильно-сваебойных машин
ОАО «Завод „Стройдормаш”» (Россия)

Наименование показателя	Марка копра		
	БМ 811 (рис. 4)	БМ 833 (рис. 5)	БМ 831 (рис. 6)
Базовое шасси	Б-10Б (Т-170)	Б-10Б (Т-170)	Трактор
Максимальная глубина бурения шнеком, м	8 (15)	8 (15)	8 (15)
Диаметр бурения, м	0,15; 0,20; 0,25; 0,36; 0,40; 0,45; 0,50		
Угол бурения, градусов	80–95	80–95	80–95
Тип привода подачи и вращения бурильного инструмента	Гидравлический		
Максимальный крутящий буровой момент, Н·м	14 700	14 700	14 700
Максимальная осевая нагрузка при бурении, кН	98 (68,6)	98 (68,6)	98 (68,6)
Частота вращения бурильного инструмента, об/мин	32,5–80	32,5–80	32,5–80
Тип дизельного молота	СП-74, СП-75А	СП-74, СП-75А	СП-74, СП-75А
Максимальная высота подъема крюка, м	10	10	10
Максимально допустимая длина забиваемой сваи, м	8 (12)	8 (12)	8 (12)
Масса забиваемой сваи, кг	До 3000	До 3000	До 3000
Габаритные размеры в транспортном положении (длина×ширина×высота), мм	13 600× ×4260× ×4500	13 600× ×4260× ×4500	13 600× ×2800× ×3700
Габаритные размеры в рабочем положении (длина×ширина×высота), мм	6300×4260× ×13 900	6300×4260× ×13 900	1040×4501× ×3800
Масса полная, кг	29 550	29 550	25 000

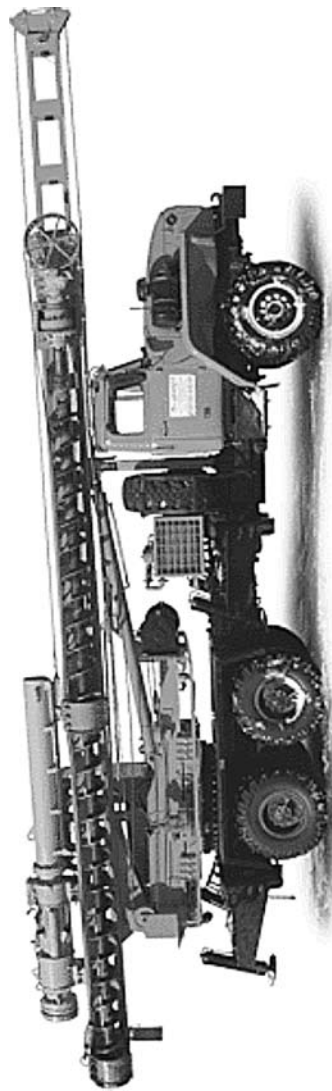


Рис. 4. Общий вид самоходной бурильно-свабойной машины БМ 811



Рис. 5. Общий вид самоходной бурильно-свабойной машины БМ 833

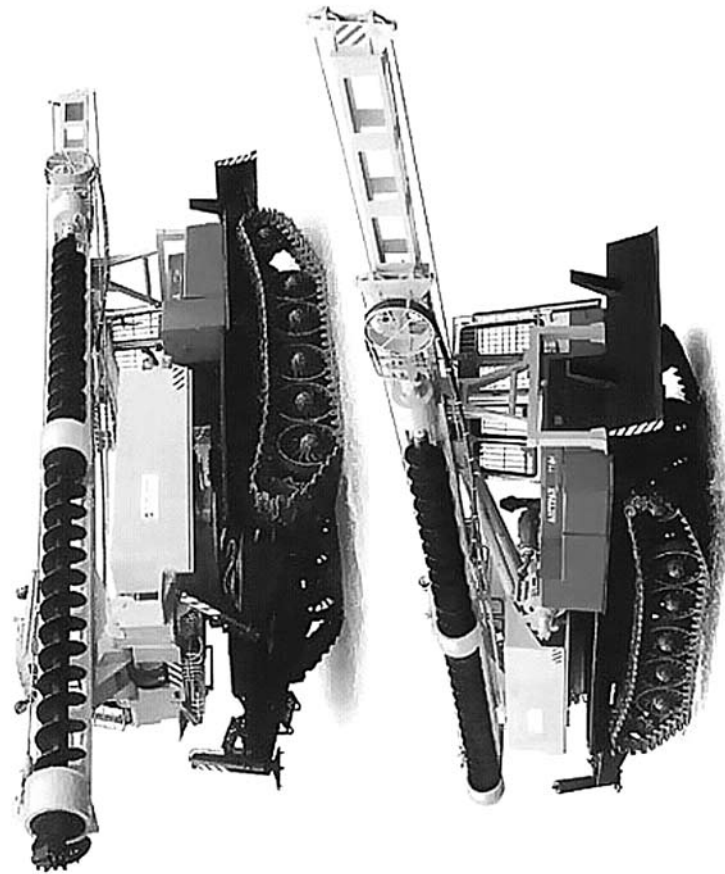


Рис. 6. Общий вид самоходной бурильно-свабойной машины БМ 831

Таблица 8

**Технические характеристики копров на базе автомобиля
КамАЗ 53228 ОАО «Завод „Строймаш”» (Россия)**

Характеристика	Марка копра	
	УГМК 12 (рис. 7)	УГМК 8
Максимальная длина забиваемых свай, м	12	8
Сечение забиваемой сваи, см	35×35	35×35
Угол поворота мачты в плане, град	180	240
Рабочие наклоны мачты, градус, вперед-назад	12–12	12–12
Габаритные размеры в рабочем положении (высота × ширина × длина), мм	19 000× ×5300×10 200	14 500×5300× ×10 200
То же в транспортном положении (высота × ширина × длина), мм	3960×2500× ×1300	3890×2500× ×1400
Полная масса копра, т	24	21,1
Транспортная скорость передвижения, км/ч	40	40
Типы применяемых дизельных молотов	СП-74, СП-75, СП-5, СП-6ВМ	



Рис. 7. Общий вид копра на базе автомобиля КамАЗ – УГМК 12.

Таблица 9

**Технические характеристики дизельных молотов
и молотов свободного падения**

(рис. 8, а, б, в)

Марка молота	Размеры, м	Масса ударной части, т	Масса молота, т	Высота сброса ударной части, м		Энергия удара (макс.), тс · м	Частота удара, уд./мин
				макс.	мин.		
1	2	3	4	5	6	7	8
Молот свободного падения (Россия)							
МСП	1,2×0,9×0,8	4	4	1	–	4,0	10–12
МСП	1,5×0,9×1,0	5	5	1	–	5,0	10–12
Дизельные молоты							
ОАО «Завод „Строймаш”» (Россия)							
С-995	3,9×0,7×0,5	1,25	2,60	2,8	–	3,5	44
С-1047	4,9×0,9×0,8	2,5	5,5	2,8	–	7,0	То же
С-996	4,3×0,8×0,6	1,8	3,65	2,8	–	5,0	»
СП-74	4,1×0,4×0,7	0,6	1,5	2,3	–	1,4	»
СП-75А	4,5×0,7×0,6	1,25	2,7	2,3	–	2,9	»
СП-76А	4,5×0,8×0,6	1,8	3,85	2,3	–	4,2	»
СП-77А	5,2×0,9×0,7	2,5	5,5	2,3	–	5,9	»
СП-78А	5,5×0,9×1,0	3,5	7,7	2,3	–	8,2	»
СП-79А	5,8×1,0×0,9	5,0	10	2,3	–	11,8	»
СП-60	1,9×0,5×0,5	0,24	0,4	0,7	–	0,2	»
СП-4	3,8×0,9×0,9	1,25	2,5	1,2	–	1,7	»
СП-5	4,0×0,9×0,9	1,8	3,1	1,2	–	2,2	»
СП-6ВМ	4,6×0,9×1,1	2,5	4,2	1,5	–	3,8	»
СП-7	4,6×0,9×1,1	3	4,7	1,4	–	4,2	»
СП-8	4,6×0,9×1,1	3,5	5,2	1,5	–	5,1	»
Itesco (Австрия)							
D8-32	4,7×0,4	0,798	1,9	3,0	–	1,3–2,4	37–53
D16-32	4,7×0,48	1,596	3,5	3,4	–	2,1–4,9	37–53
D19-42	4,7×0,5	1,9	4,0	3,1	–	2,5–5,8	37–53

Окончание табл. 9

1	2	3	4	5	6	7	8
D25-32	5,0×0,7	2,5	6,1	3,2	—	3,9–7,9	36–52
D30-32	5,3×0,7	3	7,2	3,2	—	4,8–9,5	36–52
D36-32	5,3×0,7	3,6	9,1	3,2	—	5,5–11,4	36–52
D46-32	5,3×0,7	4,6	10,1	3,2	—	7,1–14,5	37–53
D62-22	5,9×0,8	6,622	13,6	3,4	—	6,6–13,6	36–50
D80-23	6,2×0,9	8,845	18,5	3,5	—	8,8–18,5	36–45
D100-13	6,2×0,9	10,71	22,0	3,9	—	21,4–40,7	34–45
<i>Delmag</i> (Германия)							
D6-32	4,3×0,3×0,5	0,6	1,62	3,2	—	1,9	38–52
D8-22	4,7×0,3×0,4	0,8	1,935	3,4	—	2,7	36–52
D12-42	4,8×0,4×0,4	1,28	2,735	3,5	—	4,6	35–52
D16-32	5,1×0,4×0,5	1,6	3,62	3,4	—	5,4	36–52
D19-42	5,2×0,4×0,5	1,82	3,84	3,6	—	6,6	35–52
D25-32	5,5×0,6×0,7	2,5	5,67	3,6	—	9,0	35–52
D30-32	То же	3,0	6,17	3,4	—	10,3	36–52
D36-32	5,5×0,7×0,8	6,6	7,99	1,9	—	12,3	36–53
D46-32	То же	4,6	8,99	3,6	—	16,6	35–53
D62-22	5,9×0,7×0,8	6,2	12,25	3,6	—	22,4	35–50
D80-23	7,2×0,8×0,9	8,0	16,9	3,6	—	28,8	35–45
<i>HPSI</i> (США)							
D8-22	4,7×0,4×0,5	0,8	2,4	3,3	—	2,6	37–52
D12-42	4,8×0,4×0,5	1,3	3,2	3,2	—	4,1	37–52
D19-42	5,1×0,4×0,5	1,8	4,4	3,2	—	5,8	37–52
D25-32	5,4×0,6×0,7	2,5	6,7	3,2	—	8,0	37–52
D30-32	5,4×0,6×0,7	3,0	7,2	3,2	—	9,6	37–52
D36-32	5,6×0,7×0,8	3,6	9,0	3,2	—	11,5	37–52
D46-32	5,6×0,7×0,8	4,6	9,9	3,2	—	14,7	37–52
D62-22	6,9×0,8×0,8	6,2	13,2	3,6	—	22,2	35–50
D80-23	7,2×0,9×1,1	7,9	18,5	3,4	—	27,0	36–45

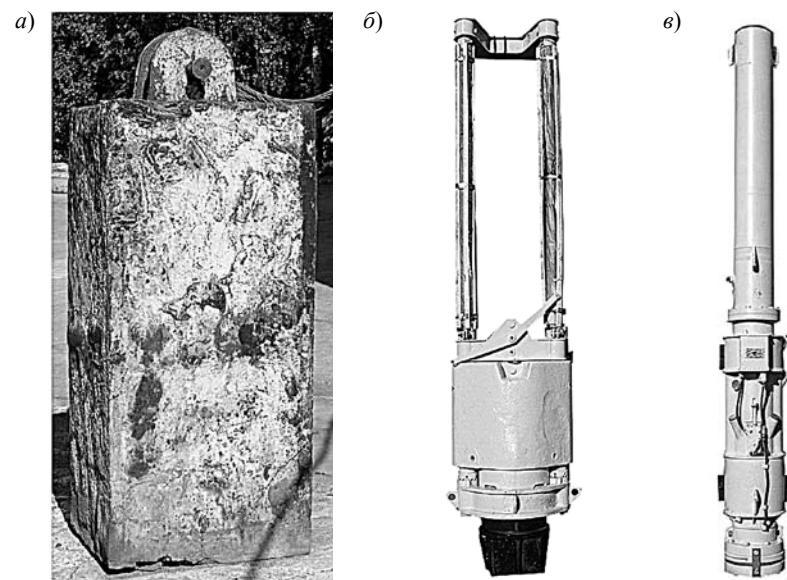


Рис. 8. Общий вид свайных молотов: а – молот свободного падения; б – дизельный молот СПИ-6В; в – дизельный молот СПИ-76А

Таблица 10

Технические характеристики гидравлических молотов

(рис. 9, 10)

Марка молота	Размеры, м	Масса ударной части, т	Масса молота, т	Высота сброса ударной части, м		Энергия удара (макс.), тс×м	Частота удара, уд./мин
				макс.	мин.		
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Junttan</i> (Финляндия)							
ННК-4	5,5×0,9×0,9	4	6,2	0,8	0,1	3,2	30–100
ННК-6	6,2×0,9×0,9	6	8,6	0,8	0,1	4,8	30–100
ННК-7	6,6×0,9×0,9	7	9,7	1,2	0,1	8,4	30–100
ННК-9	6,6×0,9×0,9	9	13	1,2	0,1	11,2	30–100
ННК-5s	6,6×0,9×0,9	5	9,0	1,5	0,1	7,4	30–100
ННК-7s	7,4×0,9×0,9	7	12,5	1,5	0,1	10,3	30–100

Продолжение табл. 10

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>HHK-9s</i>	8,1×0,9×0,9	9	16	1,5	0,1	13,2	30–100
<i>HHK-14s</i>	8,7×1,5×1,5	14	24,7	1,5	0,1	20,6	30–100
<i>HHK-16s</i>	8,7×1,5×1,5	16	27	1,5	0,1	24	30–100
<i>HHK-18s</i>	8,1×1,6×1,6	18	30,7	1,5	0,1	27	30–100
<i>HHK-3AL</i>	4,4×0,9×0,9	3	5,0	0,8	0,1	2,4	40–100
<i>HHK-4AL</i>	4,7×0,9×0,9	4	6,2	0,8	0,1	3,1	40–100
<i>HHK-5AL</i>	5,1×0,8×0,9	5	7,6	0,8	0,1	3,9	40–100
<i>HHK-3A</i>	5,2×0,8×0,9	3	6,2	1,2	0,1	3,5	40–100
<i>HHK-4A</i>	5,5×0,8×0,9	4	7,1	1,2	0,1	4,7	40–100
<i>HHK-5A</i>	5,9×0,8×0,9	5	8,6	1,2	0,1	5,9	40–100
<i>HHK-7A</i>	6,6×0,9×0,9	7	11,2	1,2	0,1	8,2	40–100
<i>HHK-9A</i>	6,6×0,9×0,9	9	13	1,2	0,1	11,2	40–100
<i>HHK-12A</i>	6,9×1,3×1,3	12	20,2	1,2	0,1	14,1	40–100
<i>HHK-14A</i>	7,5×1,3×1,3	14	22,5	1,2	0,1	16,4	40–100
<i>DKH (Корея)</i>							
<i>DKH-3L</i>	5,0×0,9×0,9	3	6,0	1,2	0,2	3,6	40–100
<i>DKH-4L</i>	5,3×0,9×0,9	4	7,0	1,2	0,2	4,8	40–100
<i>DKH-5L</i>	5,8×0,9×0,9	5	8,0	1,2	0,2	6,0	40–100
<i>DKH-7L</i>	6,7×0,9×0,9	7	10,5	1,2	0,2	8,4	40–100
<i>DKH-10L</i>	5,9×1,2×1,1	10	14,3	1,2	0,2	12,0	40–100
<i>DKH-13L</i>	6,4×1,2×1,1	13	19,0	1,2	0,2	15,6	40–100
<i>«Ропат» (Россия)</i>							
МГ3ш	4,6×0,7×0,8	3,1	5,7	1,2	0,1	0,3–3,8	42–200
МГ4ш	4,8×0,9×0,9	4,4	7,7	1,1	0,1	0,4–5,0	42–200
МГ5ш	4,5×0,9×0,9	5,4	8,7	0,9	0,1	0,4–5,3	42–200
<i>Imeco (Австрия)</i>							
<i>HI225u</i>	9,9	36,3	69,2	0,9	0,15	32,5	30–60
<i>HI400u</i>	9,9	36,3	64,6	1,52	0,15	54,2	25–60
<i>HI750u</i>	9,9	54,4	109,1	1,9	0,15	101,7	22–40

Продолжение табл. 10

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>IHC-гидравлические молоты двойного действия (Нидерланды)</i>							
<i>SC-30</i>	5,1×0,6	1,7	4,1	–	–	0,1–3	50
<i>SC-50</i>	5,3×0,7	3,3	5,9	–	–	0,1–5	50
<i>SC-75</i>	6,1×0,8	5,7	9,8	–	–	0,4–7,5	50
<i>SC-110</i>	5,6×1,0	7,9	14,1	–	–	0,6–11	40
<i>SC-150</i>	6,4×1,0	11	18,75	–	–	1–15	40
<i>SC-200</i>	5,7×1,3	13,6	26,5	–	–	1–20	40
<i>S-30</i>	5,7×0,5	1,5	3,7	–	–	0,2–3	65
<i>S-35</i>	5,6×0,6	3	7,1	–	–	0,2–3,5	60
<i>S-70</i>	7,1×0,6	3,5	8,3	–	–	0,2–7	50
<i>S-90</i>	7,9×0,6	4,5	9,2	–	–	0,2–9	50
<i>S-120</i>	7,9×,7	6,2	14,3	–	–	0,6–15	44
<i>S-150</i>	8,7×0,7	7,5	16,2	–	–	0,6–15	44
<i>S-200</i>	8,9×0,9	10	24,5	–	–	1–20	45
<i>HPSI (США)</i>							
1250	5,8×0,8	5,67	8,2	0,2	1,2	1,1–6,9	40–70
2500	6,3×1,0	11,3	15,2	0,2	1,2	2,3–13,1	40–70
3505	7,8×1,3	14,0	20,5	0,2	1,5	2,8–21,3	30–60
<i>Dawson (Канада)</i>							
<i>HPH1200</i>	4,6×0,4	1,04	3	0,2	1,15	0,64–1,2	80–120
<i>HPH1800</i>	5,0×0,5	1,5	4,2	0,2	1,27	0,1–1,9	80–120
<i>HPH2400</i>	5,3×0,5	1,9	6,0	0,2	1,26	0,1–2,4	80–120
<i>HPH4500</i>	5,5×0,6	3,5	8,5	0,2	1,29	1,8–4,5	80–120
<i>HPH6500</i>	6,5×0,7	4,65	10,4	0,2	1,40	2,5–6,5	80–120
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>BSP (Великобритания)</i>							
<i>HH11</i>	6,9×1,2	11	17,2	0,2	1,5	16,4	33–60
<i>HH14</i>	7,6×1,2	14	20,4	0,2	1,5	20,8	31–50
<i>HH16</i>	8,2×1,2	16	22,8	0,2	1,5	23,9	30–43
<i>CX40</i>	4,0×0,9×0,9	3	5,1	0,2	1,3	4,0	45–100

Окончание табл. 10

1	2	3	4	5	6	7	8
CX50	4,0×0,9×0,9	4	6,1	0,2	1,3	5,1	45–100
CX60	4,9×0,8×0,9	5	7,6	0,2	1,20	6,0	43–100
CX75	4,9×0,8×0,9	6	8,7	0,2	1,2	7,1	40–100
CX85	4,9×0,8×0,9	7	9,8	0,2	1,2	8,3	40–100
CX110	5,5×0,8×0,9	9	12,1	0,2	1,2	10,6	36–100
CG165	7,0×1,2×1,3	11	17,2	0,2	1,5	17	34–100
CG210	7,4×1,2×1,3	14	20,4	0,2	1,5	21	32–100
<i>NISSHA</i> – молоты двойного действия (Япония)							
NH-20	4,5×0,8	2	5,4	0,2	1,6	3,2	30–90
NH-40	5,6×1,0	4	9,8	0,2	1,5	6,0	33–80
NH-70	5,7×1,3	7	14,3	0,2	1,2	8,9	30–72
NH100-2	7,9×1,3	10	22,5	0,2	1,4	14,4	27–62
NH-115B	8,5×1,7	11	27,5	0,2	1,8	20,3	23–62
<i>Starke</i> (Китай)							
HHP-5	6,5×1,1×0,9	5	10,4	1,2	0,2	6,0	36–90
HHP-8	7,3×1,4×1,2	8	14,5	1,2	0,2	9,6	36–90
<i>Banrut</i> – модель <i>SuperRam</i> – <i>SuperRamXL</i> (Германия)							
3000	4,7×1,1×1,1	3	4,9	1,2	0,2	3,5	100
4000	4,3×1,1×1,1	4,11	6	1,2	0,2	4,7	100
5000	4,3×1,1×1,1	5,06	7	1,2	0,2	5,8	100
6000	4,5×1,1×1,1	6,07	8	1,2	0,2	7,0	100
6000X1	5,0×1,6×1,4	6,11	9,2	1,4	0,2	8,2	100
8000XL	5,0×1,6×1,4	8,01	11,1	1,4	0,2	10,9	100
10000XL	5,2×1,6×1,4	10	13,1	1,2	0,2	11,7	100
<i>Liebherr</i> (Германия)							
H 110/9	5,5×0,9×0,9	9	12,5	1,2	0,2	10,6	36–100
H 110/7	То же	7	10,3	1,2	0,2	8,3	40–100

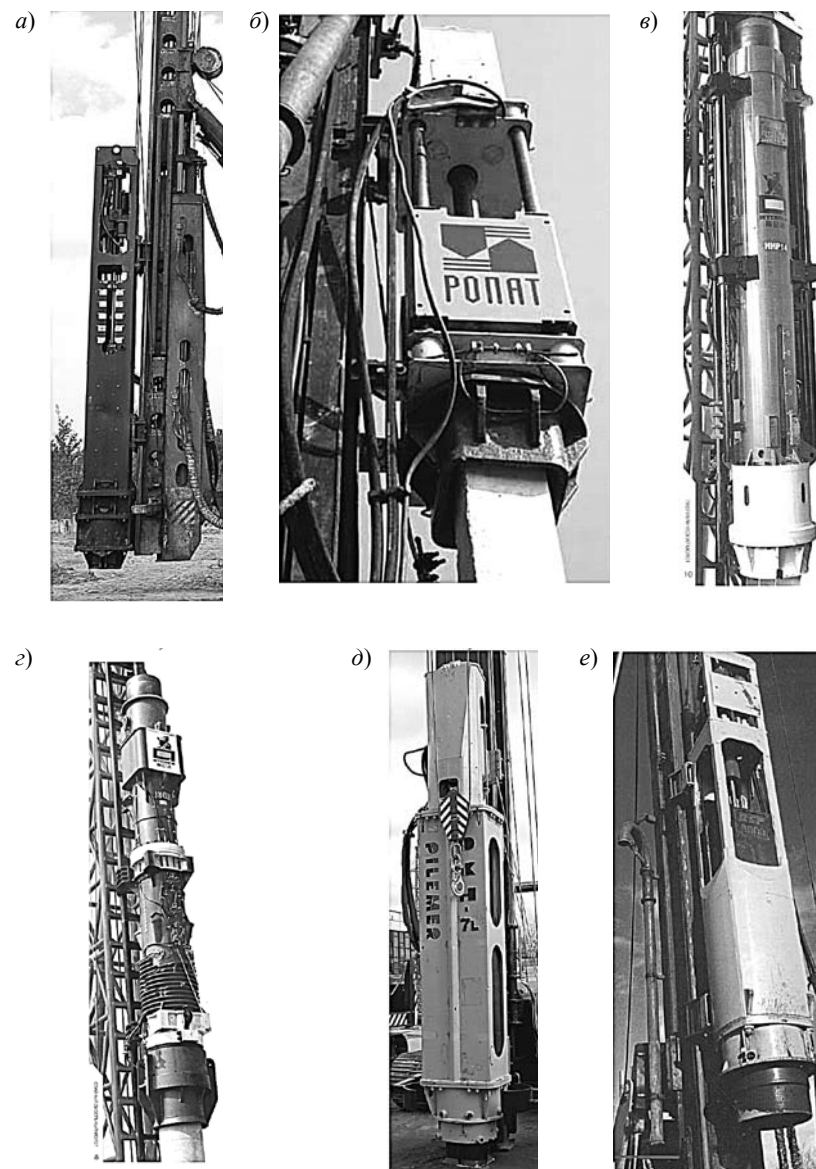


Рис. 9. Общий вид свайных молотов: а – гидравлические молоты *HNK-7*; б – «Ропат»; в, г – гидравлический и дизельный молоты *Starke*; д, е – гидравлические молоты *DKH-7L*, *BSP*

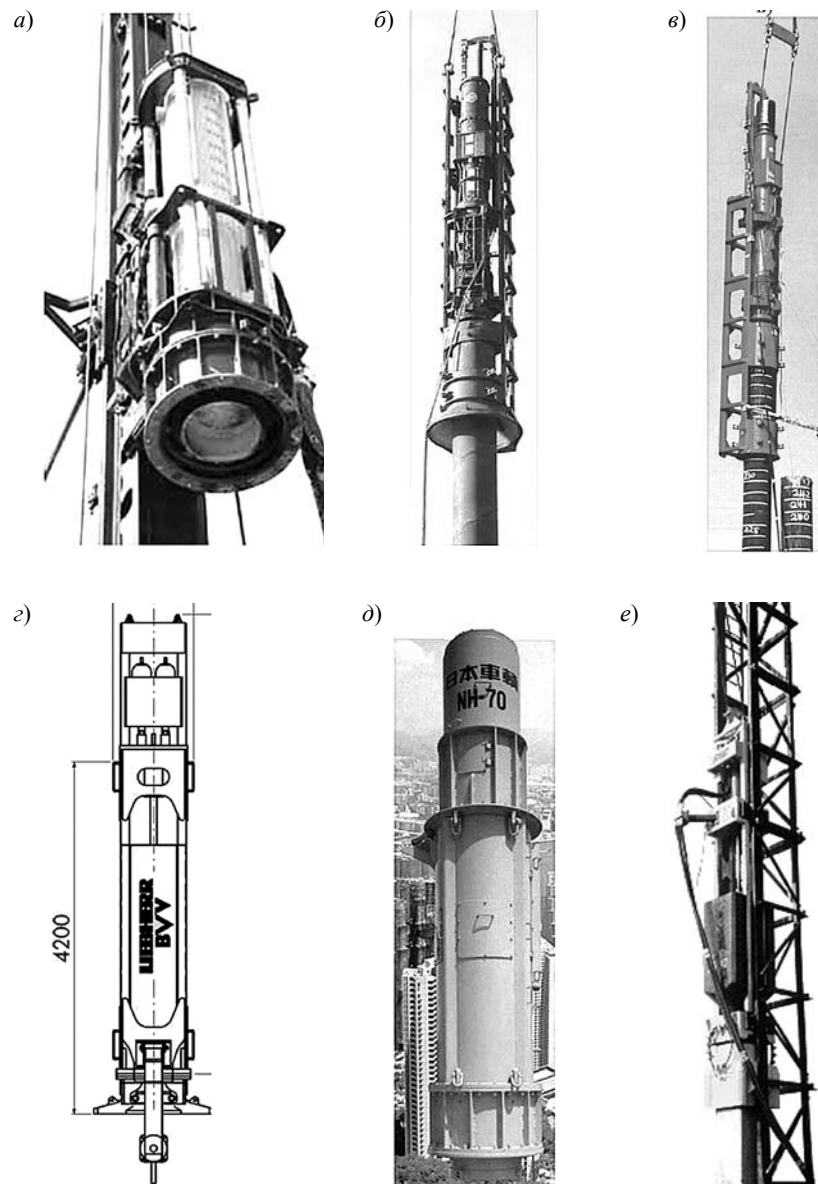


Рис. 10. Общий вид свайных молотов: а, б – гидравлический и дизельные молоты *Imeco*; в – дизельный молот *Delmag*; г, д, е – гидравлические молоты *Liebherr*, *NISSHA*, *HPSI*

Технические характеристики установок вдавливания свай

Таблица 11

Технические характеристики шагающих установок вдавливания свай *Starke* (КНДР)

Параметр	Модель установки									
	YZY 180	YZY 240 (рис. 11)	YZY 320	YZY 400	YZY 500	YZY 600	YZY 700	YZY 800		
Максимальное усилие вдавливания с пригрузом, тс	180	240	320	400	500	600	700	800		
Размеры погружаемых свай квадратного сечения, мм	250–350	300–350	350–400	350–400	350–400	350–400	350–400	350–400		
Диаметр сечения круглой свай, мм	300–400	300–400	300–500	300–500	300–600	300–600	300–600	300–600		
Скорость погружения, м/мин	5,4/1,6	4,4/2,1	5,6/1,5	4,7/1,3	5,2/1,2	5,6/1,1	5,2/1,1	5,3/1,0		
Рабочий ход вдавливания, м	1,5	1,5	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8		
Горизонтальная длина шага, м	600	600	3300	3300	3300	600	600	600		
Вертикальная длина шага, м	2000	3000	800	800	800	3000	3000	3000		
Мощность двигателя, кВт	76	80	97	105	115	133	153	153		
Размеры (д×ш×в*), м	9,1×5,1×5,9	9,6×5,8×6,2	11,9×9,5×6,9	12,9×10×7,38	12,×11,4×7,3	13,5×12×7,4	13,5×13,0×7,5	13,6×13,5×7,8		
Масса установки без пригруза, т	60	80	120	140	160	178	186	190		

* Высота от уровня передвижения до вертикальных цилиндров.

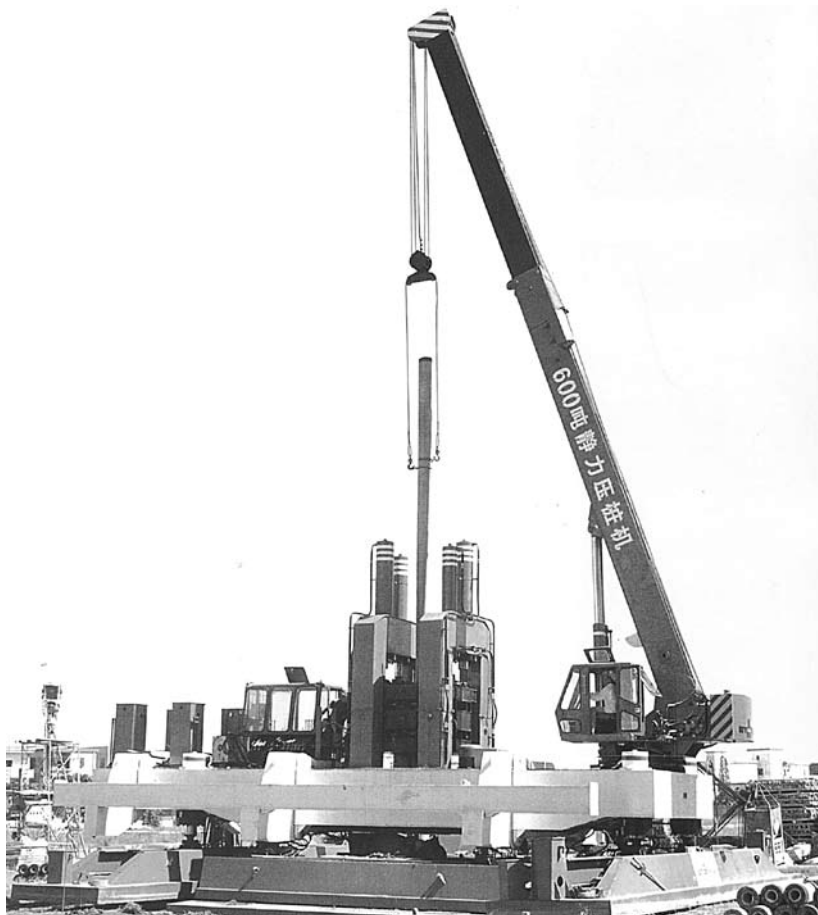


Рис. 11. Общий вид установки YZY 240

**Технические характеристики гидравлической установки
вдавливания СО 450 фирмы «Трансзвук» (Украина)**

Максимальное усилие вдавливания, тс	200
Скорость погружения, м/мин	1,0
Максимальное сечение призматической сваи, мм	450
Потребляемая мощность, кВт	74
Масса без пригрузов, тс	14,3
Размеры, мм	6000×1600×3100

**Технические характеристики полиспастной установки вдавливания
СВУ В-6 фирма «Тайзер» (Россия)
(рис.12)**

Максимальное усилие вдавливания, тс	100
Скорость вдавливания, м/мин	0,5–2,5
Базовая машина	кран РДК 250
Мощность электродвигателя (гидростанция), кВт	22
Потребляемая мощность установки, кВт	50
Напряжение в сети, В	380
Размеры погружаемых элементов:	
максимальная длина, м	14
максимальный размер поперечного сечения, см	65
Габаритные размеры, м:	
а) в рабочем положении:	
длина	8,6–9,6
ширина	5,2–7,5
высота	20
б) в транспортном положении:	
длина	15,1 (8,6)
ширина	3,3
высота	3,7
Масса, т:	
установки в рабочем положении	11
в том числе навесного оборудования с грузами	73
транспортный вес установки	59
Удельное давление установки, кг/см ²	0,7



Рис. 12. Общий вид установки СВУ В-6

**Технические характеристики гидравлической установки
вдавливания свай УВТ 200 (Украина)**
(рис. 13)

Максимальное усилие вдавливания, тс	200
Максимальное сечение погружаемых элементов, мм	550
Электрическая мощность, полная, кВт	72
Габаритные размеры, мм:	
длина	6000
ширина	2450
высота	3100
Масса установки без пригрузов, т	22
Масса дополнительного гусеничного хода, т	30

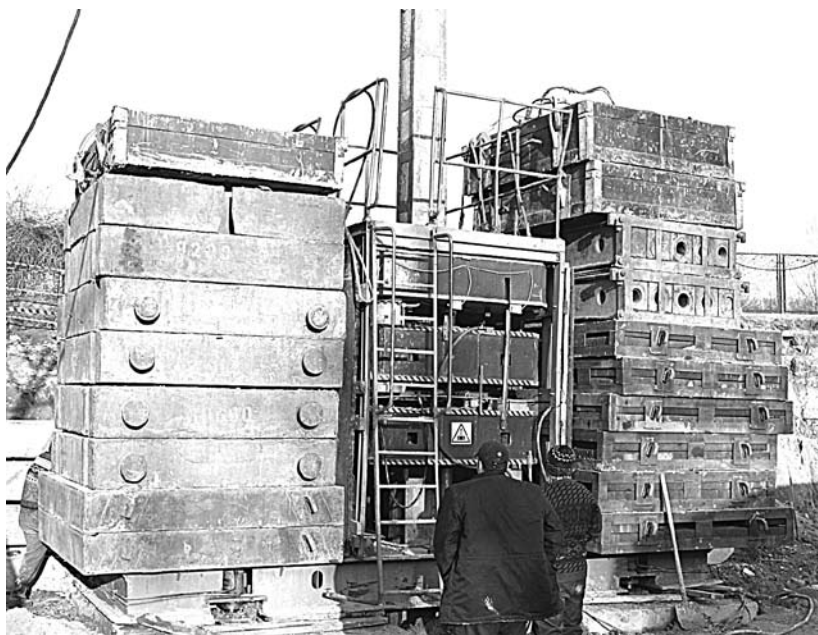


Рис. 13. Общий вид установки вдавливания УВТ 200

Таблица 12

**Технические характеристики установки вдавливания свай
УСВ 120, УСВ 160 (рис. 14)**

Параметры установки	УСВ 120	УСВ 160
Минимальное усилие вдавливания без пригрузов, тс	70	90
Максимальное усилие вдавливания с пригрузами, тс	120	160
Масса установки, т	117	135
Сечения погружаемых свай, см	30–40	30–40
Тип погружаемого шпунта	Ларсен-IV (V)	
Минимальная длина погружаемых свай, м	4	4
Скорость вдавливания, м/мин	2,0	2,0
Удельное давление гусениц установки на грунт, МПа	0,18	0,10
Максимальная потребляемая мощность, кВт	150	180
Габаритные размеры установки в рабочем положении, м: Б×В×Г×Ж	9,5×3,6× ×3,8×7,5	9,9×3,6× ×3,8×7,5

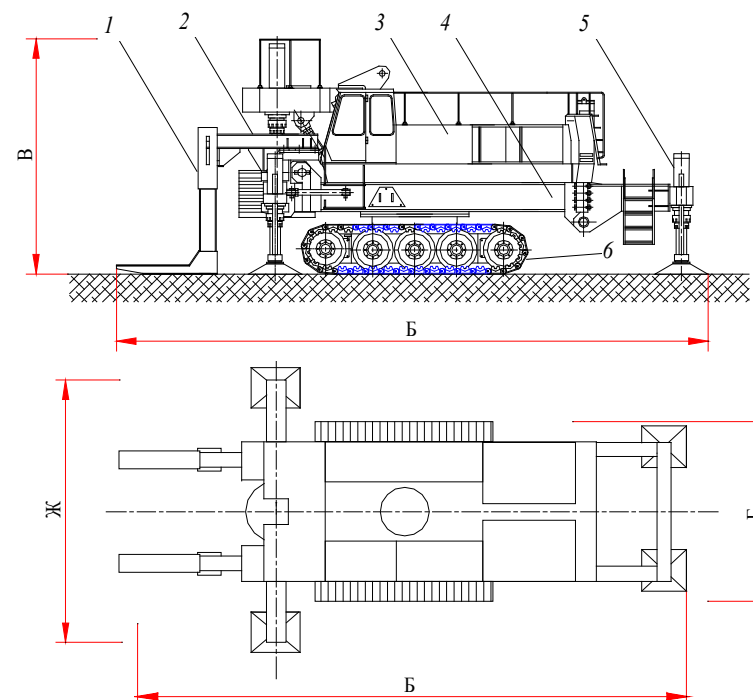


Рис. 14. Схема установки УСВ 120 (160): 1 – тяга грузовой платформы; 2 – выносная балка; 3 – силовая установка; 4 – сварная несущая рама; 5 – аутригер задний; 6 – гусеничная ходовая тележка

**Технические характеристики гидравлической установки вдавливания
свай UCS 200 (Россия)**
(рис. 15)

Сечение погружаемых свай, см	30–40
Максимальное усилие вдавливания, тс	200
Скорость вдавливания, м/мин	0,5
Полная масса установки в рабочем состоянии, т	200
Общая мощность электродвигателей, кВт	170
Минимальное расстояние от оси вдавливания сваи до существующих сооружений, м	1,3

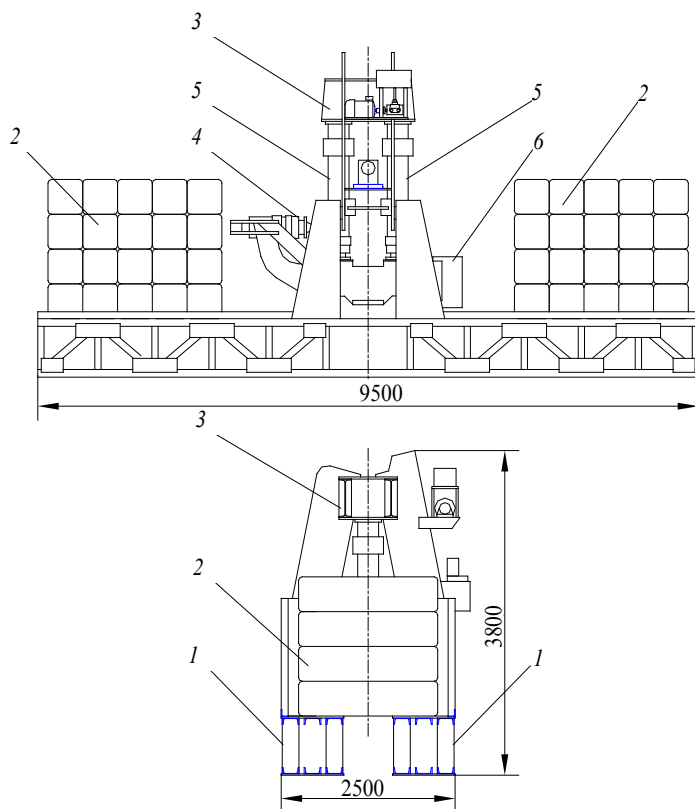


Рис. 15. Схема установки UCS 200: 1 – пространственная балка грузовой (балластной) платформы; 2 – инвентарные грузы; 3, 6 – верхняя и нижняя балки рабочего органа установки; 4 – гидроцилиндр зажима свай; 5 – гидроцилиндры вдавливания свай

Приложение 5

Технические характеристики буронабивных установок

Таблица 13

Технологические параметры буровых установок

№	Фирма производитель (страна), марка установки	Поддерживаемые технологии						
		С выемкой грунта			Без выемки грунта			
		1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	2.4
1	<i>SoilMec</i> (Италия) <i>SF-120</i>	$\frac{31}{1200}$		$\frac{25}{800}$				$\frac{28}{800}$
2	<i>SoilMec</i> (Италия) <i>SR-70</i>	$\frac{25,5}{1200}$	$\frac{77}{2000}$	$\frac{23,5}{800}$				
3	<i>Fundex</i> (Нидерланды) <i>F 3500</i>	$\frac{26}{600}$			$\frac{35}{720}$		$\frac{35}{720}$	
4	<i>Fundex</i> (Нидерланды) <i>F 2800</i>				$\frac{25}{720}$		$\frac{25}{720}$	
5	<i>Bauer</i> (Германия) <i>BG 28</i>	$\frac{25,5}{1200}$	$\frac{73}{2100}$	$\frac{16}{880}$				$\frac{17}{880}$
6	<i>Bauer</i> (Германия) <i>BG 36</i>	$\frac{17,2}{1200}$	$\frac{68,6}{2500}$					$\frac{17}{880}$
7	<i>Bauer</i> (Германия) <i>BG 40 BS 100B</i>	$\frac{27,2}{1200}$	$\frac{80,5}{2500}$	$\frac{17,9}{1180}$				$\frac{26}{880}$
8	<i>Junttan</i> (Финляндия) <i>PM-26</i>	$\frac{23,4}{800}$	$\frac{41}{1500}$		$\frac{32}{600}$			
9	<i>Junttan</i> (Финляндия) <i>PM-28-40</i>	$\frac{21}{1200}$	$\frac{41}{2000}$		$\frac{35}{800}$			
10	<i>Casagrande</i> (Италия) <i>B 300</i>	$\frac{29}{1200}$	$\frac{66,7}{2500}$	$\frac{21}{500}$				
11	<i>Casagrande</i> (Италия) <i>B 180HD</i>	$\frac{21,7}{1200}$	$\frac{67}{1800}$					
12	<i>Liebherr</i> (Германия) <i>LRB-255</i>	$\frac{23}{1000}$	$\frac{52}{1800}$	$\frac{18,5}{900}$		$\frac{30}{610}$		
13	<i>Liebherr</i> (Германия) <i>LRB-155</i>	$\frac{21}{1000}$	$\frac{52}{1200}$	$\frac{21}{900}$		$\frac{24}{610}$		
14	<i>CMV</i> (Италия) <i>CMV TH 16</i>	$\frac{21}{1000}$	$\frac{49,5}{1500}$					
15	<i>CMV</i> (Италия) <i>CMV TH 26</i>	$\frac{27}{1200}$	$\frac{50}{2000}$					

Условные обозначения:

- а) 1.1 – проходной шнек; 1.2 – устройство свай под защитой обсадных труб; 1.3 – технология двойного вращения; 2.1 – с погружением обсадной трубы с теряемым башмаком; 2.2 – с вибрационным погружением обсадной трубы; 2.3 – с забивкой и вибрационным извлечением буровой трубы; 2.4 – сваи уплотнения (вытеснения);
- б) для поддерживаемых технологий в числителе указана максимальная длина (м), в знаменателе – максимальный диаметр свай (мм).

Технические характеристики буровых установок фирм *SoilMec, Fundex, Casagrande*

Наименование показателя	Марка установки					
	SF-120 (рис. 16)	SR-70 (рис. 17)	F 3500 (рис. 18)	F 2800 (рис. 19)	B 300 (рис. 20)	B 180HD (рис. 21)
Высота мачты, м	29,0	23,9	35,0 (40,0)	31,0	22,0–26,1	21,1
Расстояние от оси сваи до поворотной оси, мм	4500	4100–4800	3885–5385	3800–5000	4000–4800	3451–4000
Радиус поворотной части, мм	4500	4595	7420	4395	4550	4000
Длина гусениц, мм	6280	5690	5500	5500	5783	5190
Ширина гусениц, мм	900	900	900	900	900	700
Ширина гусеничного хода в рабочем положении, мм	5000	4480	5000	4900	400	3900
Масса в рабочей комплектации, т	118	75–86	≈100	≈90	88	60,5
Вращающий момент, тс · м	30	27,1	45	45	25	18
Осевое усилие вдавливания бурового инструмента, тс	30	20	100	80	22	20

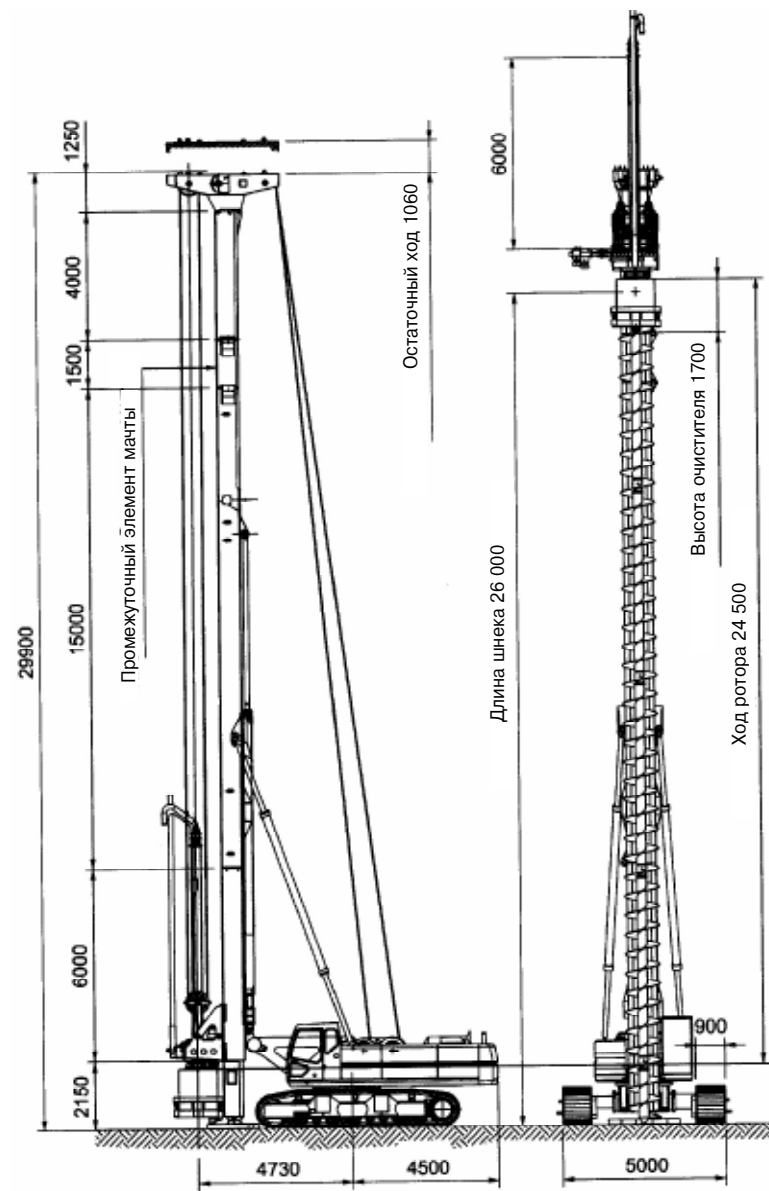
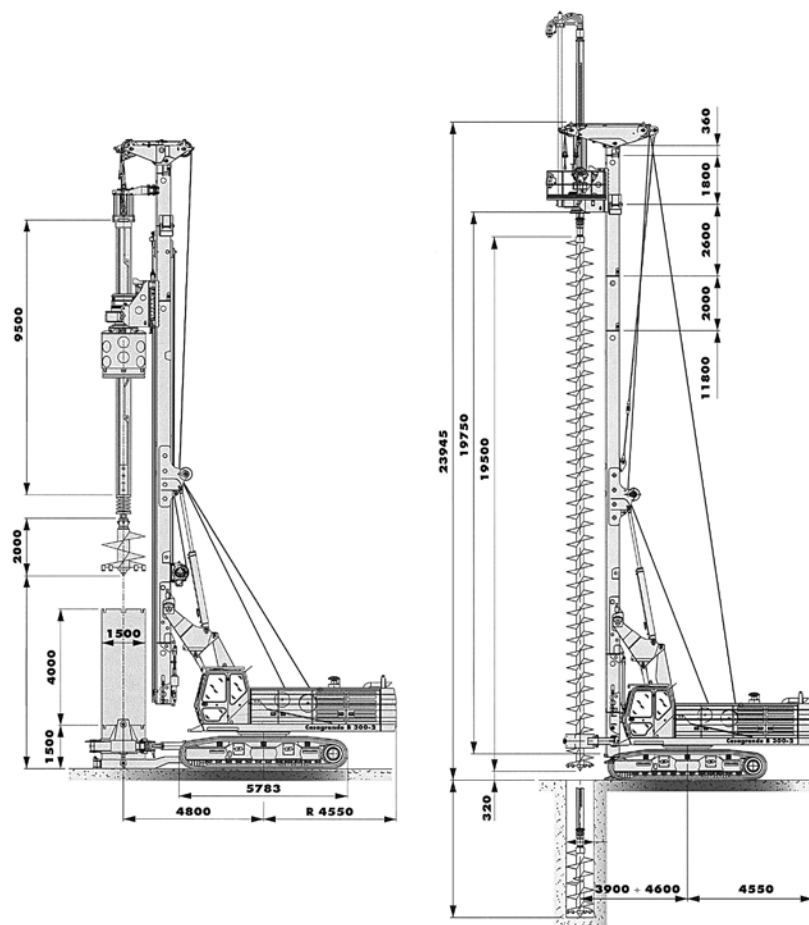


Рис. 16. Общий вид буровой установки SF 120

а)



б)

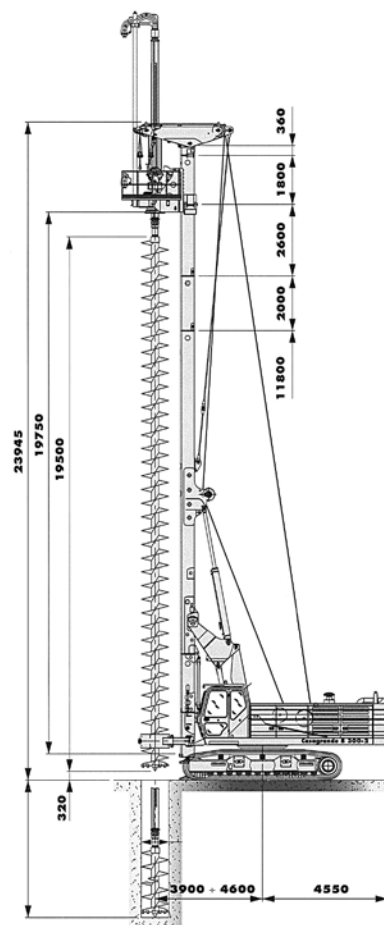
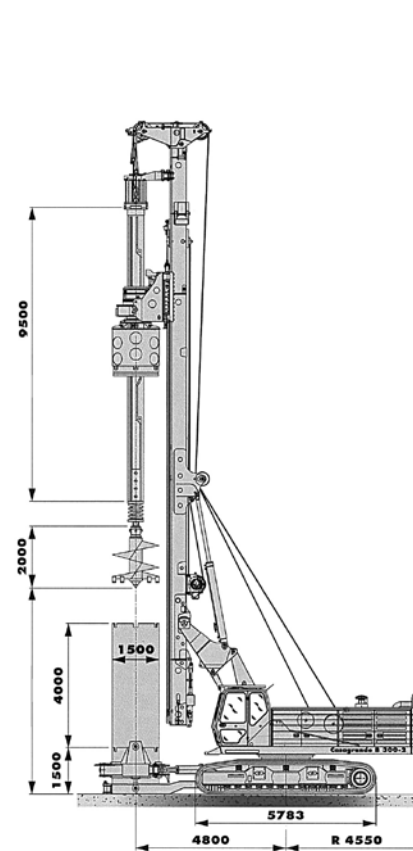


Рис. 20. Общий вид буровой установки В 300: а – модификация для технологии устройства свай под защитой обсадных труб; б – модификация для технологии проходного шнека

а)



б)

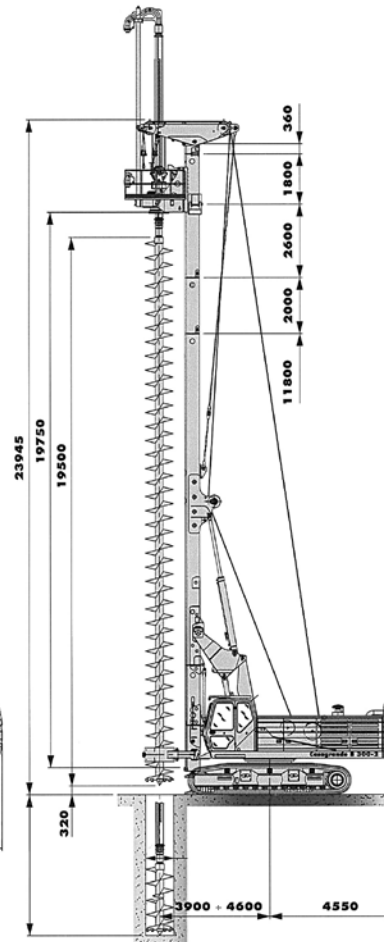


Рис. 21. Общий вид буровой установки В 180HD: а – модификация для технологии устройства свай под защитой обсадных труб; б – модификация для технологии проходного шнека

Технические характеристики буровых установок фирм *Bauer, Liebherr*

№	Наименование показателя	Марка установки				
		BG 28 (рис. 22)	BG 36 (рис. 23)	BG 40 BS 100B (рис. 24)	LRB 255 (рис. 25)	LRB 155 (рис. 26)
1	Высота мачты, м	26,5	26,2	27,0	21,2–30,2	21,2–30,0
2	Расстояние от оси сваи до поворотной оси, мм	4080–4400	4300–650	4800–5100	4000–5700	3225–4900
3	Радиус поворотной части, мм	4300	4500	4650	4230	4230
4	Длина гусениц, мм	5680	5680	6000	5800	5800
5	Ширина гусениц, мм	800	800	1000	800	800
6	Ширина гусеничного хода в рабочем положении, мм	4500	4600	5000	4700	4700
7	Масса в рабочей комплектации, т	96	114	140	78,5	78
8	Вращающий момент, тс · м	27,5	36,7	39	25 (29)	25 (29)
9	Осевое усилие вдавливания бурового инструмента, тс	25	40	46	45	50

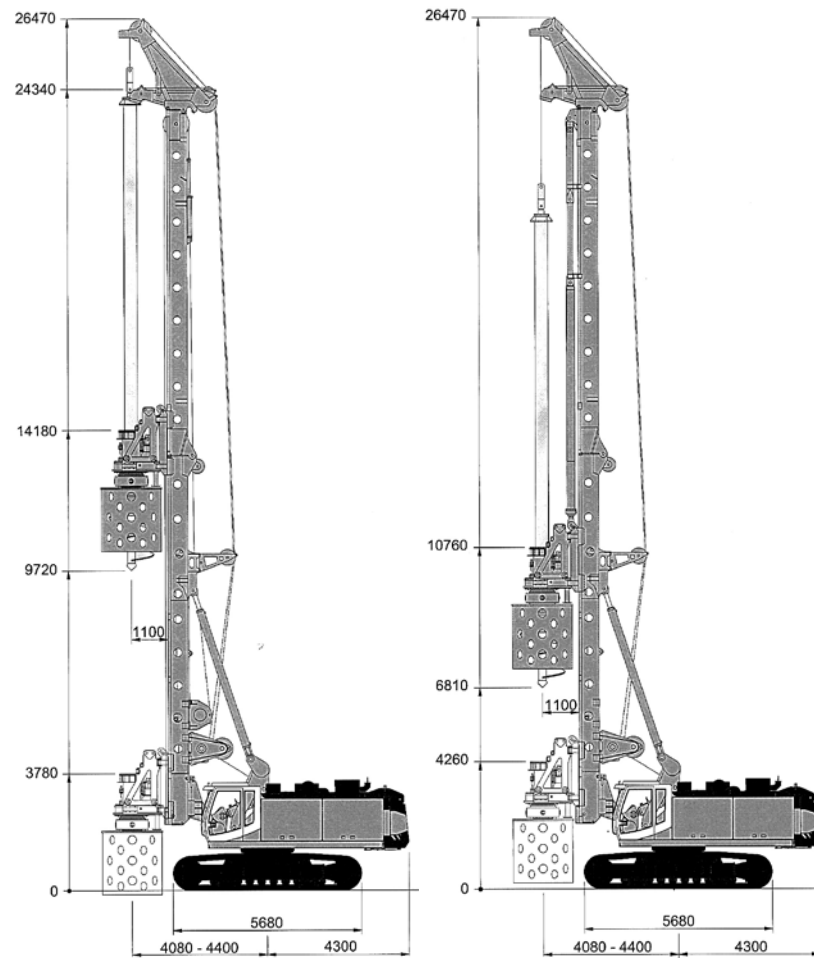


Рис. 22. Общий вид буровой установки BG 28

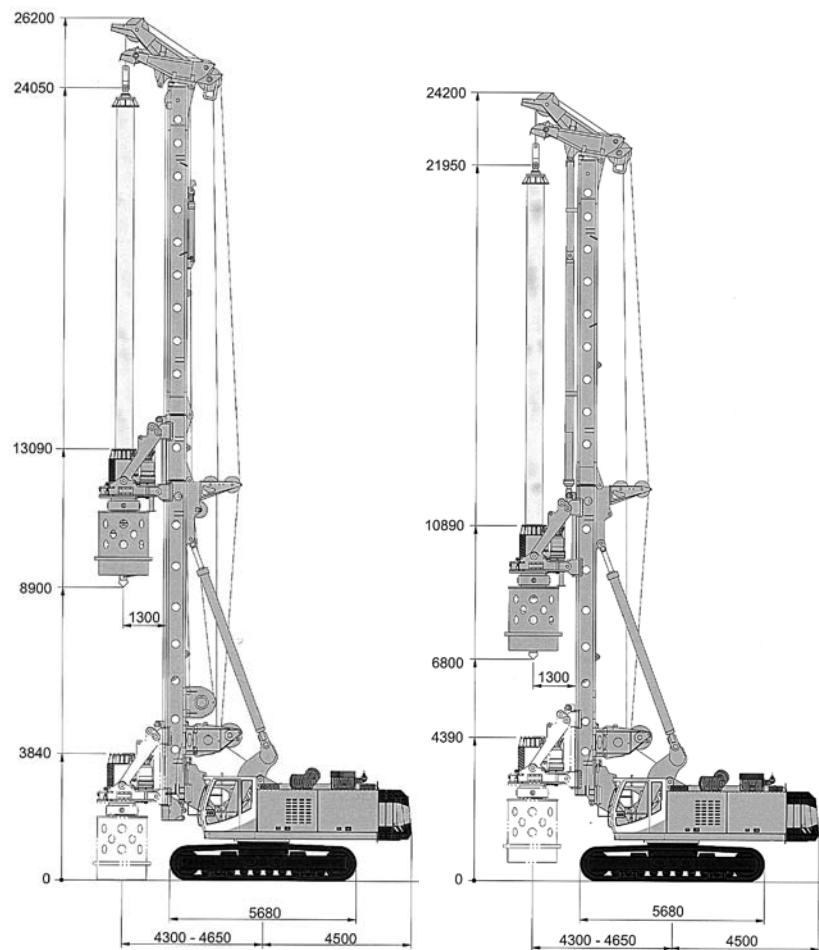


Рис. 23. Общий вид буровой установки BG 36

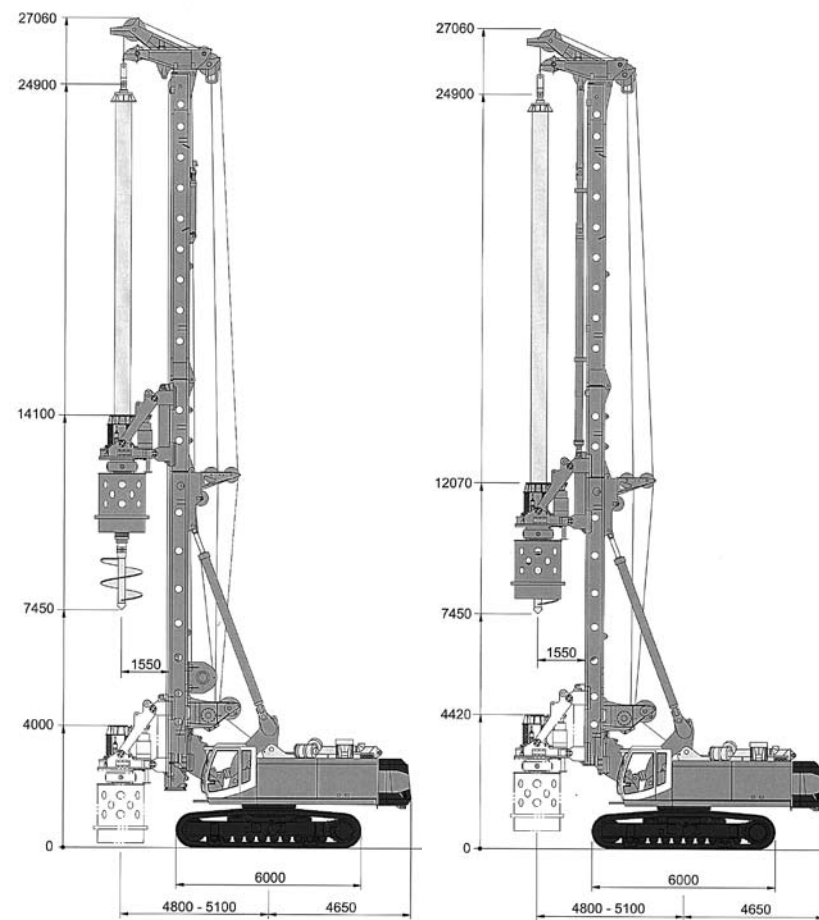


Рис. 24. Общий вид буровой установки BG 40 и BS 100B

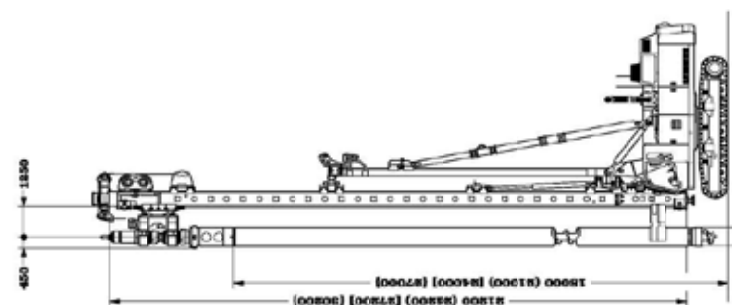
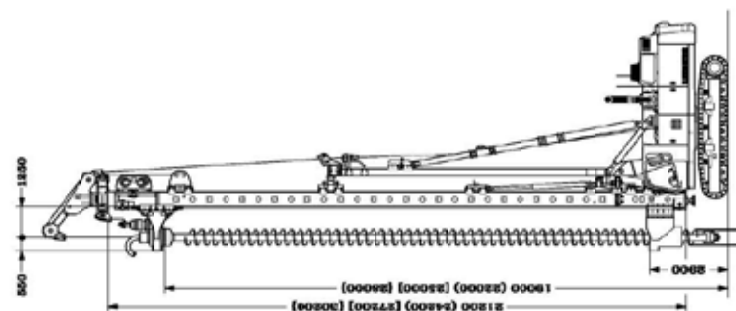
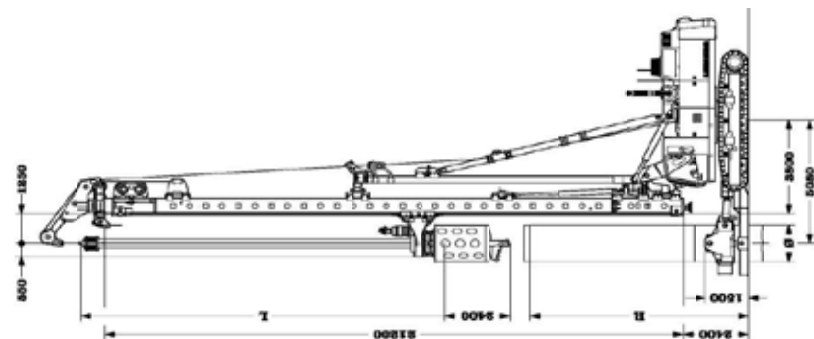
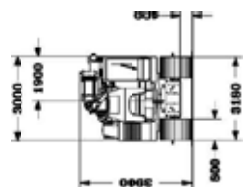


Рис. 25. Общий вид
буровой установки
LRB 255

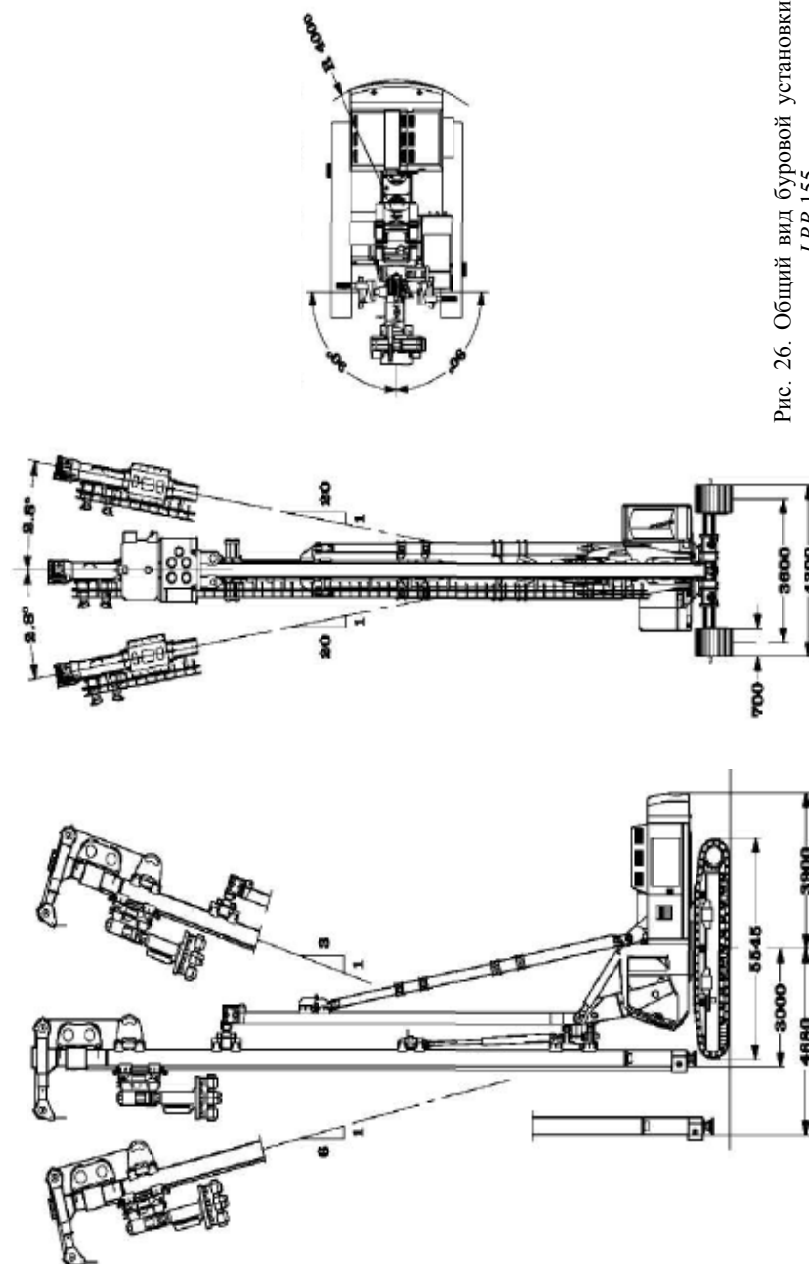


Рис. 26. Общий вид буровой установки
LRB 155

Таблица 16

**Технические характеристики буровых установок фирм
CMV, Junttan**

№	Наименование показателя	Марка установки			
		CMV TH 16 (рис. 27)	CMV TH 26 (рис. 28)	PM-26 (рис. 29)	PM-28-40
1	Высота мачты, мм	19220	22195	27370	27460
2	Расстояние от оси сваи до поворотной оси, мм	3950–3450	4395–5395	4700–5600	4700–5600
3	Радиус поворотной части, мм	4000	4400	4650	4870
4	Длина гусениц, мм	5100	5690	5700	5700
5	Ширина гусениц, мм	700	900	900	900
6	Ширина гусеничного хода в рабочем положении, мм	3950	4400	4800	4780
7	Масса в рабочей комплектации, т	53	79	90–110	100–115
8	Вращающий момент, тс · м	16	26,3	40	40
9	Осевое усилие вдавливания бурового инструмента, тс	12	29,4	24	24

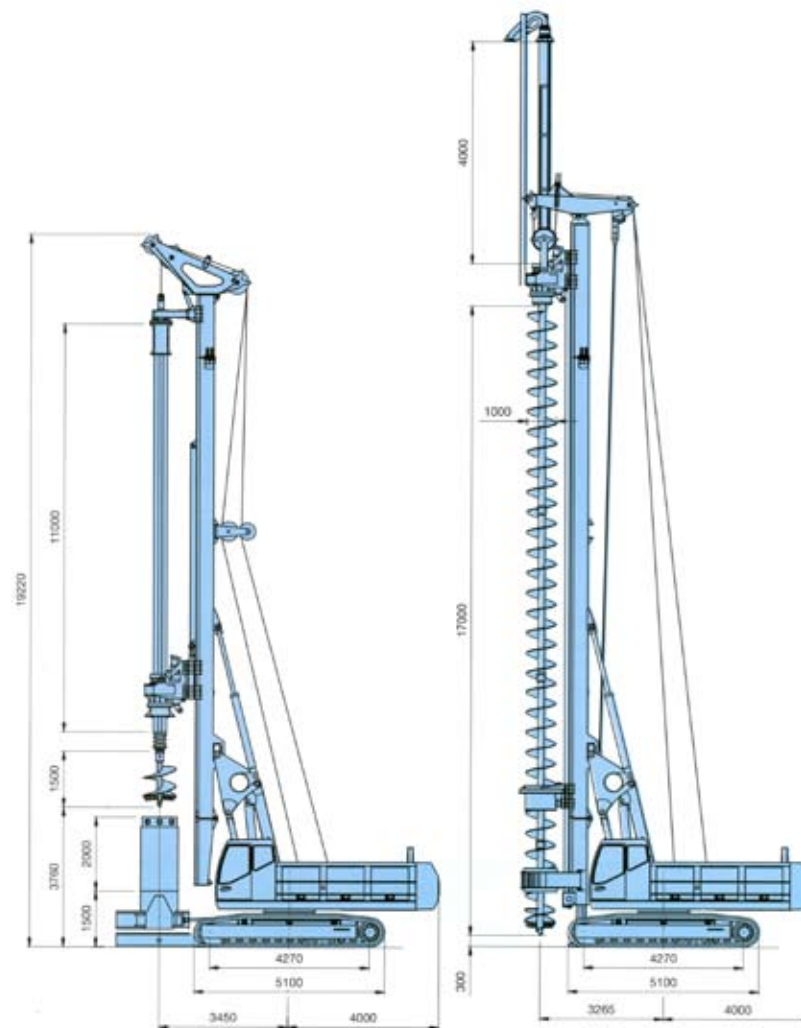


Рис. 27. Общий вид буровой установки CMV TH 16

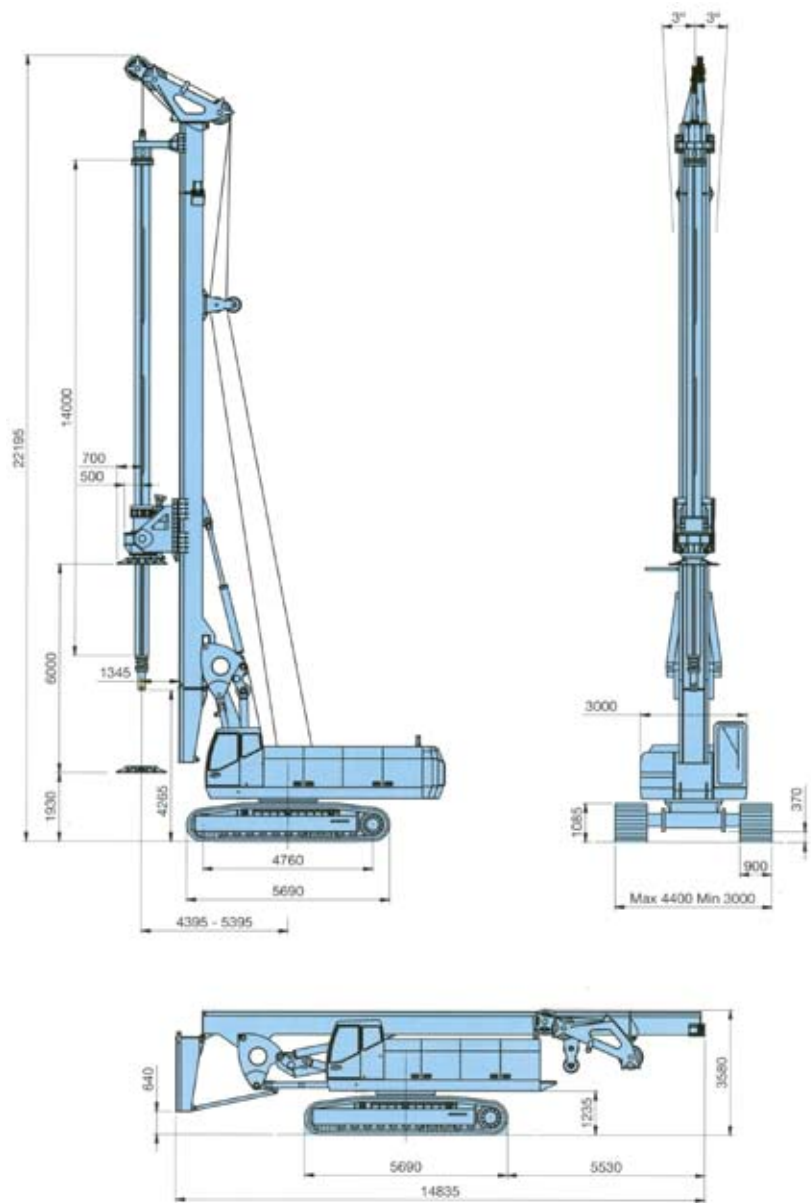


Рис. 28. Общий вид буровой установки *CMV TH 26*

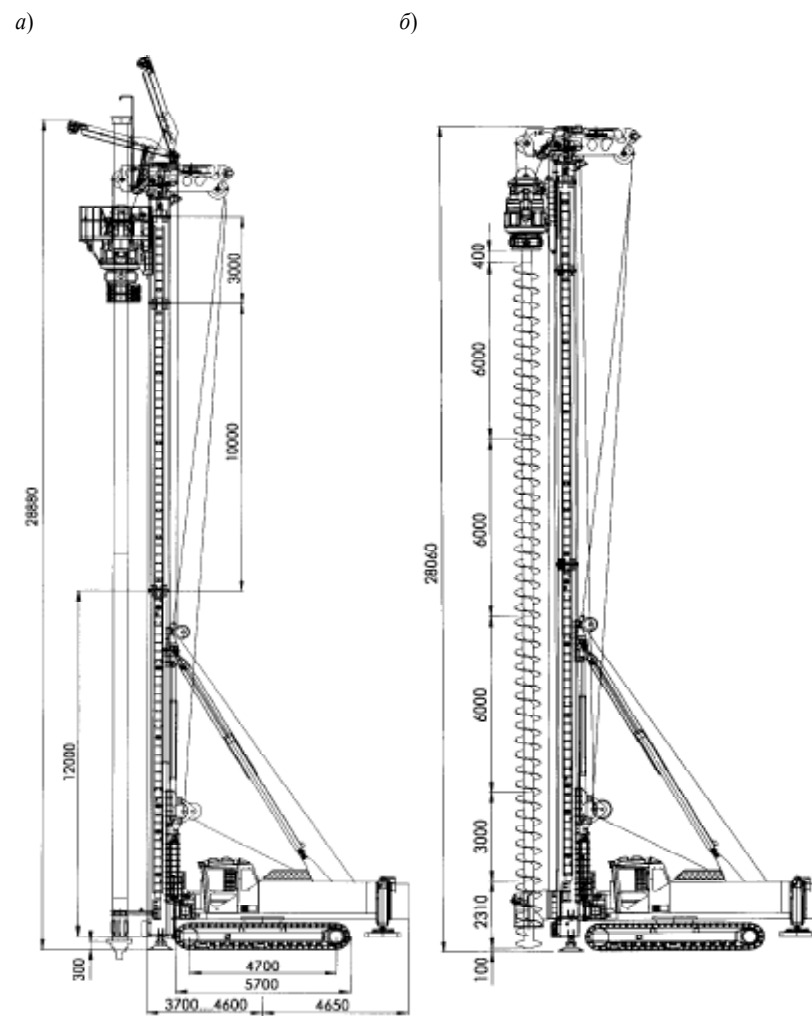


Рис. 29. Общий вид буровой установки *PM-26*: *а* – модификация для технологии с ввинчиванием буровой трубы с теряемым башмаком; *б* – модификация для технологии проходного шнека

Нормы расхода материалов при устройстве буронабивных свай

Арматурные каркасы буронабивных свай изготавливают из звеньев длиной от 6 до 11,7 м (рис. 30).

Диаметр каркаса должен быть на 100–200 мм меньше диаметра скважины, иметь достаточную пространственную жесткость, обеспечивающую геометрическую неизменяемость при транспортировке и установке в скважину. Жесткость каркаса увеличивается приваркой поперечной арматуры большего диаметра (10–16 мм) или хомутов из полосовой стали толщиной 5–6 и шириной 50–60 мм с шагом 1,5–2,0 м по длине каркаса.

Стыки звеньев каркасов осуществляются с помощью сварки продольных стержней нижнего со стержнями верхнего каркаса либо сваркой с кольцом жесткости, в нижней части верхнего звена. Предельная длина каркаса устанавливается с учетом инженерно-геологических условий, принятой технологии изготовления и наличия соответствующего кранового и транспортного оборудования.

При определении параметров арматурных каркасов в составе дипломного проекта допускается выполнять армирование свай не на всю длину согласно данным табл. 17 и рис. 31.

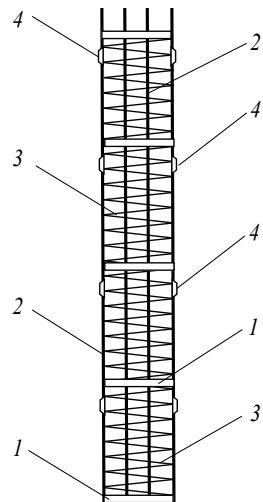


Рис. 30. Конструкция арматурного каркаса буронабивной сваи: 1 – кольцо жесткости из полосовой стали с шагом 1500–2000 мм; 2 – продольная арматура; 3 – витая спираль диаметром 8 (10) мм с шагом 200–300 мм или кольца диаметром 10 мм с шагом 300 мм; 4 – фиксатор защитного слоя, располагается по периметру сваи с продольным шагом 2000 мм

Факторы, определяющие вид армирования буронабивных свай

Вид каркаса	Рис.	Грунтовые условия	Особые условия площадки	Нагрузки на сваю		
				Выдергивающие	Сжимающие	Горизонтальные
На всю глубину	31, а	Слабые водонасыщенные грунты по всей глубине свай	Наличие по глубине свай карстовых пустот или подземных выработок	По всей свае	Напряжения в бетоне не более прочности	При растягивающих напряжениях в бетоне свыше 0,4 МПа
Верхняя часть свай	31, б, в	То же в верхней части свай на глубину h	Наличие в пределах глубины h карстовых пустот, подземных выработок	Восприимчивые каркасом свай	То же	То же менее 0,4 МПа
Без армирования	31, в	Связные грунты $I_L < 0,4$	Нет	Нет	»	То же

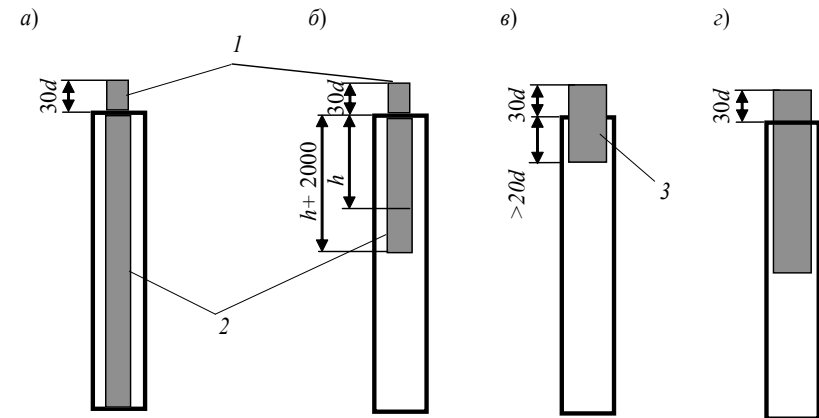


Рис. 31. Схемы армирования буронабивных свай: а – армирование буронабивной сваи на всю глубину; б, в, г – неполное армирование свай; 1 – выпуски арматуры; 2 – арматурные каркасы; 3 – отдельные арматурные стержни; d – диаметр продольной арматуры

Геометрические характеристики и объемы материалов для изготовления буронабивных свай приведены в табл. 18, 19.

Таблица 18

Материалы и характеристики продольной арматуры каркасов буронабивных свай

Диаметр свай, см	Класс арматуры	Диаметр арматуры, мм	Число продольных стержней, шт
40	A-I, A-II, A-III	12, 14, 16	6
50	То же	12, 14, 16	6
60	A-II, A-III	14, 16, 18	6, 8, 10
80	То же	16, 18, 20	8, 10
90	– » –	16, 18, 20	8, 10, 12
100	– » –	16, 18, 20	10, 12, 14
110	– » –	16, 18, 20, 22, 16, 18, 20, 22, 25	12, 14, 16
120	– » –	16, 18, 20, 22, 25	12, 14, 16

Таблица 19

Геометрический объем бетона буронабивной сваи без уширения

Диаметр свай, м	Объем бетона, м ³ , при длине свай, м								
	5	10	15	20	25	30	35	40	45
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,3	0,35	0,71	1,06	1,41	1,77	2,12	2,47	2,83	3,18
0,4	0,63	1,26	1,89	2,51	3,14	3,77	4,40	5,03	5,65
0,5	0,98	1,96	2,94	3,93	4,91	5,89	6,87	7,85	8,84
0,6	1,41	2,83	4,24	5,65	7,07	8,48	9,90	11,31	12,72
0,7	1,92	3,85	5,77	7,70	9,62	11,54	13,47	15,39	17,32
0,8	2,51	5,03	7,54	10,05	12,57	15,08	17,59	20,11	22,62
0,9	3,18	6,36	9,54	12,72	15,90	19,08	22,27	25,45	28,63
1,0	3,93	7,85	11,78	15,71	19,63	23,56	27,49	31,42	35,34
1,1	4,75	9,50	14,25	19,00	23,76	28,51	33,26	38,01	42,76
1,2	5,65	11,31	16,96	22,62	28,27	33,93	39,58	45,24	50,89
1,3	6,64	13,27	19,91	26,55	33,18	39,82	46,46	53,09	59,73
1,4	7,70	15,39	23,09	30,79	38,48	46,18	53,88	61,57	69,27

Окончание табл. 19

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,5	8,84	17,67	26,51	35,34	44,17	53,01	61,85	70,69	79,52
1,6	10,10	20,11	30,16	40,21	50,26	60,32	70,37	80,42	90,48
1,7	11,35	22,70	34,05	45,40	56,74	68,09	79,44	90,79	102,14
1,8	12,72	25,45	38,17	50,89	63,62	76,34	89,06	101,79	114,51
1,9	14,18	28,35	42,53	56,71	70,88	85,06	99,24	113,41	127,59
2,0	15,71	31,42	47,12	62,83	78,54	94,25	109,96	125,66	141,37

Расход арматуры при устройстве буронабивных свай можно принимать в пределах 55–80 кг на 1 м³ бетона свай.

Методика выбора параметров вибрационных погружателей (ВП)

К основным техническим характеристикам вибропогружателя относятся:

1) статический момент массы дебалансов (эксцентриковый момент) – произведение массы дебаланса (эксцентрика) вибропогружателя (m) на расстояние (r) между его центром тяжести и серединой оси вращения:

$$K = m \cdot r, \text{ кг} \cdot \text{м}.$$

Общий момент массы дебалансов равен сумме моментов отдельных дебалансов и является основным фактором, определяющим способность погружения свай в грунт;

2) частота θ – число колебаний дебаланса (эксцентрика) в минуту, может также измеряться в герцах (Гц). Герц определяет количество колебаний за одну секунду: 1 Гц = 1/с;

3) вынуждающая (центробежная) сила, определяет способность ВП преодолевать сопротивление грунта при погружении свай, выступает как аналог ударного воздействия для преодоления лобового сопротивления грунта. Определяется зависимостью:

$$P_0 = K \cdot \omega^2, \text{ Н},$$

где ω – угловая скорость (рад/с) определяется отношением

$$\omega = (2 \cdot \pi \cdot \theta)/60,$$

где θ – частота в оборотах в минуту;

4) динамическая или вибрирующая масса, определяется как сумма масс редуктора, системы гидравлического зажима и погружаемого (извлекаемого) элемента;

5) амплитуда колебаний – это общее вертикальное смещение вибрирующих деталей вибропогружателя за одно колебание; определяет предел снижения сопротивляемости грунта при погружении элементов (особенно важны большие значения амплитуды при работе в пластичных грунтах). Можно считать аналогом высоты подъема ударной части молота при забивке свай. Определяется следующей зависимостью:

$$A = 2000 \cdot K / m_0, \text{ мм},$$

где m_0 – масса ВП и погружаемого элемента в кг.

Исходными данными для расчета параметров вибропогружателя являются: масса погружаемого элемента m_0 , кг; геометрические размеры погружаемого элемента; глубина погружения 1 м; характеристика грунтовых условий.

1. Определение сопротивления грунта. На основании исходных данных, характеризующих грунтовые условия, определяется расчетная величина $F_{кр}$ – критическое сопротивление срыву при заданной максимальной глубине погружения (кН):

для свай

$$F_{кр} = Z \sum_{i=1}^{i=k} \sigma_i l_i; \quad (1)$$

для шпунта

$$F_{кр} = \sum_{i=1}^{i=k} \sigma_i l_i, \quad (2)$$

где i – порядковый номер слоя мощностью l_i ; σ – величины удельного сопротивления срыву, принимаются по данным табл. 20; k – общее число слоев; Z – периметр поперечного сечения.

Таблица 20

Зависимость величины удельного сопротивления срыву σ от вида грунта

Вид грунтов	Для свай, кН/м ²		
	Стальные трубы	Ж/б свай	Открытые снизу оболочки
Водонасыщенные песчаные и текуче-пластичные глинистые	6	7	5
Те же, грунты с прослойками плотных глинистых или гравелистых грунтов	8	10	7
Тугопластичные глинистые	15	18	10
Полутвердые и твердые глинистые	25	30	20

2. После определения ориентировочного значения массы m_0 , кг, погружаемого элемента и жестко соединенных с ним частей вибропогружателя рассчитывается примерная величина статического момента массы дебалансов, кг · м:

$$K = 10^{-3} (A_0 m_0) / \psi, \quad (3)$$

где $\psi = 0,8$ – для железобетонных свай и $\psi = 1$ – для остальных погружаемых элементов.

Рекомендуемая амплитуда колебаний A_0 , необходимая для эффективного погружения, определяется по данным табл. 21.

3. Вычисляется частота колебаний вибропогружателя, Гц:

$$\theta = 5 \sqrt{F_{кр} / K}. \quad (4)$$

В тех случаях, когда подбор параметров вибропогружателя производится при не определенном заранее диапазоне изменения величины θ , ее необходимо определить из условия:

$$\theta \geq 1,56 \cdot 10^2 F_{кр} \chi / (m_0 v_0). \quad (5)$$

Амплитуда скоростей колебаний v_0 для успешного погружения должна находиться в диапазоне 0,5–0,8 м/с; $\chi = 0,6–0,8$ – для низкочастотных вибропогружателей (5–10 Гц) и $\chi = 1$ – для остальных. Если величина θ определена этим методом, то статический момент массы дебалансов рассчитывается по формуле, кг · м:

$$K = 1,6 \cdot 10^{-1} m_0 v_0 / (\varphi \cdot \theta). \quad (6)$$

Таблица 21

Зависимость амплитуды колебаний A_0 , мм, от вида погружаемых элементов

Виды погружаемых элементов	Песчаные грунты			Глинистые грунты		
	5–12 Гц	13–17 Гц	18–25 Гц	5–12 Гц	13–17 Гц	18–25 Гц
Стальной шпунт, стальные открытые снизу трубы и другие элементы с площадью поперечного сечения до 150 см ²	–	8–10	4–6	–	10–12	6–8
Трубчатые с закрытым концом сваи с площадью поперечного сечения до 800 см ²	–	10–12	6–8	–	12–15	8–10
Ж/б сваи квадратного или прямоугольного сечения площадью до 2000 см ²	12–15	–	–	15–20	–	–
Ж/б оболочки большого диаметра, погружаемые с выемкой грунта из полости	6–10	4–6	–	8–12	6–10	–

4. Определяется необходимая минимальная масса вибропогружателя и погружаемого элемента, кг:

$$m_0 \geq 10 p_0 U_c, \quad (7)$$

где U_c – площадь поперечного сечения, см²; p_0 – рекомендуемые значения необходимого давления.

Зависимость давления p_0 от вида и размеров погружаемых в водонасыщенные песчаные и слабые глинистые грунты элементов приведена ниже:

а) стальные трубы малого диаметра и другие элементы с площадью поперечного сечения до 150 см² – от 0,15 до 0,3;

б) трубчатые стальные (с закрытым концом) сваи с площадью поперечного сечения до 800 см² – от 0,4 до 0,5;

в) железобетонные сваи квадратного и прямоугольного сечения площадью до 2000 см² – от 0,6 до 0,8.

5. Проверяется значение отношения силы тяжести к амплитуде вынуждающей силы P_0 :

$$v_1 < 0,248 m_0 / (K \theta^2) < v_2, \quad (8)$$

где $v_1 = 0,15$, $v_2 = 0,5$ – для стального шпунта;

$v_1 = 0,3$, $v_2 = 0,6$ – для легких свай;

$v_1 = 0,4$, $v_2 = 1,0$ – для тяжелых свай и оболочек.

При выполнении расчетов по этому пункту в случае необходимости увеличивается либо масса m_0 , либо амплитуда вынуждающей силы (за счет увеличения K и θ).

6. Окончательно уточняются величины K , θ и m_0 , после чего эти параметры проверяются по формулам:

$$P_0 \geq \chi F_{кр}; \quad (9)$$

$$10^3 \psi K / m_0 \geq A_0. \quad (10)$$

Кроме того, проводится проверка уточненных параметров по формулам п. 4 и 5.

7. Мощность приводного двигателя определяется из условия, чтобы на 1 т возмущающей силы вибропогружателя приходился 1 кВт мощности.

При погружении элементов (за исключением железобетонных оболочек диаметров свыше 1200 мм) в водонасыщенные пески и пластичные глинистые грунты допускается выполнять следующую упрощенную проверку технологических параметров вибропогружателя (вместо п. 4–6).

Вычисляется коэффициент A :

$$A = \frac{K}{m_0}, \quad (11)$$

где m_0 – масса погружаемого элемента и жестко соединенных с ним частей вибропогружателя, кг; K – величина статического момента массы дебалансов, кг · м.

Значение A должно находиться в пределах от 5 до 10 мм.

Выполняется проверка удельного давления системы P , кг/см², вычисляемого по формуле

$$P = \frac{m_0}{U_0} > 3 \text{ кг / см}^2, \quad (12)$$

где U_0 – площадь поперечного сечения погружаемого элемента, см².

При погружении труб и оболочек с открытым торцом без извлечения грунта необходимо учитывать, что на конечной стадии погружения грунт создает уплотненное ядро, заполнив внутреннюю полость. Поэтому при расчете U_0 необходимо также учитывать внешний диаметр трубы (оболочки).

Выполняется проверка возмущающей (центробежной силы вибропогружателя) P_0 , кгс:

$$P_0 = K \cdot \omega^2 = K \cdot N^2 / 90\,000, \quad (13)$$

где K – величина статического момента массы дебалансов, кг · см; N – частота в оборотах в минуту.

При этом должно выполняться условие:

$$P_0 \geq m_0. \quad (14)$$

Пример

Требуется подобрать вибропогружатель для погружения металлической трубы с открытым торцом диаметром 630 мм, длиной 10 м, массой 1520 кг. Грунтовые условия – пески водонасыщенные.

1. Определение сопротивления грунта. Определяется расчетная величина $F_{кр}$ – критическое сопротивление срыву при заданной глубине погружения трубы в 28 м (кН):

$$F_{кр} = Z \sum_{i=1}^{i=k} \sigma_i l_i,$$

где i – порядковый номер слоя мощностью $l_i = 10$ м; $\sigma = 6$ кН/м² – величины удельного сопротивления срыву грунта; $k = 1$ – общее число слоев; $Z = 1,979$ м – периметр поперечного сечения трубы.

$$F_{кр} = 1,979 \cdot 6 \cdot 10 = 118,7 \text{ кН.}$$

2. Рассчитывается примерная величина статического момента массы дебалансов, кг · м:

$$K = 10^{-3} (A_0 m_0) / \psi,$$

где $m_0 = 8000$ кг, примерная масса погружаемого элемента и жестко соединенных с ним частей вибропогружателя; $\psi = 1$ – для погружаемых труб; $A_0 = 10$ мм – рекомендуемая амплитуда колебаний, необходимая для эффективного погружения, определяется по данным табл. 6 [с. 74, 1].

$$K = 0,010 \cdot 8000 / 1 = 80 \text{ кг · м.}$$

3. Вычисляем частоту колебаний вибропогружателя, Гц:

$$\theta = 5 \sqrt{F_{кр} / K};$$

$$\theta = 5 \sqrt{118,7 \cdot 10 / 80} = 19 \text{ Гц.}$$

4. Определяется необходимая минимальная масса вибропогружателя и погружаемого элемента, кг:

$$m_0 \geq 10 p_0 U_c,$$

где $U_c = 194,78$ – площадь поперечного сечения кольцевой трубы, площадь сечения окружности диаметром 63 см составляет 3115,7 см²; $p_0 = 0,5$ – рекомендуемые значения необходимого давления, МПа.

В начальный момент вибрационного погружения:

$$m_0^{\min} = 10 \cdot 0,5 \cdot 194,78 = 973,9 \text{ кг.}$$

В конечной стадии погружения при заполнении полости трубы уплотнившимся грунтовым ядром:

$$m_0^{\max} = 10 \cdot 0,5 \cdot 3115,7 = 15\,578,5 \text{ кг.}$$

На основании расчетов принимаем вибропогружатель АРЕ 250 В со следующими техническими характеристиками:

- статический момент 52 кг · м;
- частота колебаний 0–2300 об./мин (0–38 Гц);
- амплитуда колебаний 25,4 мм;

- полная масса погрузателя 6304 кг;
 - возмущающая (центробежная сила) 3008 кН.
- Вычисляется коэффициент A :

$$A = \frac{K}{m_0},$$

где $m_0 = 1520 + 6304 = 7824$ кг $\approx 7,8$ т, масса погружаемого элемента и жестко соединенных с ним частей вибропогрузателя.

Значение A должно находиться в пределах от 5 до 10 мм ($5 \leq A \leq 10$).

$$A = 52 / 7824 = 0,007 \text{ м} = 7 \text{ мм} > 5 \text{ мм}.$$

Выполняется проверка удельного давления системы P , кг/см², вычисляемого по формуле

$$P = \frac{m_0}{U_0} > 3 \text{ кг/см}^2,$$

где $U_0 = 194,78$ (3115,7) – площадь поперечного сечения погружаемого элемента, см².

В начальный момент вибрационного погружения

$$P = 7824 / 194,78 = 40,2 \text{ кг/см}^2 > 3 \text{ кг/см}^2.$$

В конечной стадии погружения при заполнении полости трубы уплотнившимся грунтовым ядром:

$$P = 7824 / 3115,7 = 2,5 \text{ кг/см}^2 < 3 \text{ кг/см}^2.$$

Выполняется проверка возмущающей (центробежной силы) вибропогрузателя P_0 , кгс:

$$P_0 \geq m_0,$$

$$P_0 = K \cdot \omega^2 = K \cdot N^2 / 90000,$$

где $K = 5200$ – величина статического момента массы дебалансов, кг · см; $N = 2300$ – максимальная частота вибропогрузателя в оборотах в минуту.

$$P_{0(\text{расчетн})} = 5200 \cdot 2300^2 / 90000 = 306 \text{ тс} > 7,8 \text{ тс};$$

$$P_{0(\text{паспортн})} = 301 \text{ тс} > 7,8 \text{ тс}.$$

На основании выполненных расчетов можно заключить о возможности применения вибропогрузателя модели *АРЕ 250 В* для погружения трубы.

Технические характеристики вибрационных погрузателей

Таблица 22

Технические характеристики вибрационных погрузателей

Модель	Вынуждающая сила, кН (т)	Частота колебаний, об/мин (Гц)	Статический момент дебалансов, кгс · м	Амплитуда колебаний, мм	Вибрационная / полная масса, кг	Размеры (д×ш×в), мм	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8
ОАО «Охтинский завод строительных машин» (Россия) (рис. 32)							
В-06.30	150 (15)	1440 (24)	6	26	453/1865	1326×1020×1650	Электропривод
В-402	270 (270)	1440 (24)	12	25	940/2710	1550×1095×1980	То же
В-402ВЧ	256 (25,6)	1980 (33)	6	13	940/2710	То же	»
В-11.44	260 (26)	1500 (25)	11	20	1100/3000	1540×1060×1925	»
В-16.60	370 (37)	25	16	16	1940/4750	2485×1290×2400	»
В-20.60	466 (46,6)	1500 (25)	20	19	2100/5000	То же	»
В-32.60	357 (35,7)	1020 (17)	32	33	1940/4800	»	»
В-60.75	345 (34,5)	720 (12)	60	62	1930/5400	2223×1335×2906	»
ВГ-402	837 (83,7)	2280 (38)	12	24	990/1150	1040×790×900	Гидропривод
ВГ-03.15	258 (26,3)	2802 (46,7)	3	17	347/585	1390×378×908	»
ВГ-06.30	411 (42)	2502 (41,7)	6	22	536/840	1303×610×856	»

1	2	3	4	5	6	7	8
Мюллер <i>ThyssenKrupp Gft Bautechnik</i> (Германия) (рис. 33)							
С постоянным моментом							
<i>MS-25 H2/H3</i>	774 (77,4)	1680 (280)	25	26	1930/3200	2200×681×1745	
<i>MS-50 H2/H3</i>	1430 (143)	1614 (26,9)	50	30	3340/6300	2600×696×2035	
<i>MS-100 H3</i>	2860 (286)	1614 (26,9)	100	37	5300/9000	2600×696×2965	
Со ступенчатой настройкой момента							
<i>MS-25 H HF</i>	750 (75)	2170 (36,2)	12–15–20–25	17	2900/3700	1800×660×1885	
<i>MS-50 H HF</i>	1500 (150)	2362 (37,8)	24–30–40–50	22	4500/6100	2300×6600×2465	
<i>MS-100 H HF</i>	2500 (250)	2156 (37,2)	48–60–80–100	26	7700/10900	2410×660×3235	
<i>MS-120 H HF</i>	3000 (300)	1850 (37,2)	80–94–110–116	26	89 001/5500	2310×1140×3425	
<i>MS-200 H HF</i>	3910–4000	1800–1385	110–150–190	18–25–32	11 750/15 500	2300×1352×3655	
С настраиваемыми частотой и амплитудой							
<i>MS-10 H Fvar</i>	610 (61)	2358 (39,3)	0–10	12	1700/2300	1655×842×1530	
<i>MS-16 H Fvar</i>	969 (100)	2350 (39,2)	0–16	12	2600/3500	1930×757×1995	
<i>MS-24 H Fvar</i>	1453 (145)	2350 (39,2)	0–24	17	2900/5050	1790×780×2145	
<i>MS-32 H Fvar</i>	1979 (198)	2375 (39,6)	0–32	14–12	4500/7000	2375×802(1070)×2455	
<i>MS-48 H Fvar</i>	2907 (291)	2350 (39,2)	0–48	18–15	5400/8900	2371(2351)×929 (1133)×2470	
Навесные на экскаватор							
<i>MS-1 HFB</i>	90 (9)	1680 (56)	0,7	3	538/350	–	

<i>MS-2 HFB</i>	245 (25)	3186 (53,1)	2,2	6	739/815	–	
<i>MS-3 HFB</i>	296 (30)	3000 (50)	3	8	739/830	–	
<i>MS-4 HFB</i>	374 (37)	2850 (47,5)	4,2	10	787/1230	–	
<i>MS-6 HFB</i>	464 (46)	2550 (42,5)	6,5	16	800/1240	–	
<i>MS-7 HFB</i>	604 (60)	2802 (46,7)	7	17	800/1300	–	
<i>MS-10 HFB</i>	600 (60)	2340 (39)	10	19	1036/2410	–	
<i>MS-17 HFB</i>	604 (60)	1800 (30)	17	33	1036/2468	–	
<i>MS-5 HFB</i>	400 (40)	2700 (45)	0–5	10	1073/1580	–	
<i>MS-8 HFB</i>	585 (59)	2580 (43)	0–8	16	1110/1815	–	
<i>PTC Fayat</i> (Франция)							
С постоянным моментом							
<i>3H5</i>	95 (10)	1680 (28)	3	20	305/555	616×485×1025	
<i>7H5</i>	288 (29)	1980 (33)	6,5	20	650/980	980×590×1075	
<i>15H1</i>	473 (47)	1680 (28)	15	24	1250/2150	1590×650×1350	
<i>18H2</i>	498 (50)	1620 (27)	17	24	1430/2500	1590×620×1610	
<i>25H1.4</i>	778 (78)	1740 (29)	23	21	2200/3600	2500×740×1800	
<i>30H1.4</i>	946 (95)	1680 (28)	30	21	2470/4120	2500×740×1800	
<i>30HP</i>	880 (88)	1620 (27)	30	30	2000/3300	2110×780×1900	
<i>40HD</i>	1260 (126)	1680 (28)	40	26	3000/6200	2320×910×2070	
<i>50HD1</i>	1130 (113)	1500 (25)	45	29	3100/6300	250×680×2020	

1	2	3	4	5	6	7	8
50HD2	1257 (126)	1550 (25)	50	31	3200/6400	2550×680×2020	
65HD	1770 (177)	1650 (26)	65	26	5000/7300	2350×745×2500	
75HD	1887 (189)	1500 (25)	75	25	5930/11 800	3460×780×2110	
120HD	2550 (25)	1382 (23)	120	29	8200/13 300	2300×1505×3000	
200HD	4230 (423)	1380 (23)	199	29	13 340/19 540	2300×1520×4000	
265HD	6050 (605)	1400 (24)	261	26	19 950/27 450	4100×2000×2300	
Высокочастотные с переменной амплитудой							
190m HFV	155 (16)	2700 (45)	0–1,9	9,1	415/550	680×600×1474	
8HFV	473 (47)	2300 (38)	0–8	9	1690/2090	1250×600×1474	
10HFV	590 (59)	2300 (38)	0–10	11	1700/2100	1250×600×1474	
12HFV	710 (71)	2300 (38)	0–12	14	1710/2100	1250×600×1474	
15HFV	890 (89)	2300 (38)	0–15	14	2200/3180	1780×780×1900	
15HFV/S	890 (89)	2300 (38)	0–15	13	2210/3200	1780×780×1900	
17HFV	1000 (100)	2300 (38)	0–17	11	2880/4380	1965×910×2120	
23HFV	1360 (136)	2300 (38)	0–23	13	3610/5500	2200×860×2115	
30HFV	1596 (160)	2300 (38)	0–27	14	3770/5600	2200×860×2115	
34HFV	2010 (201)	2300 (38)	0–34	14	5000/7000	2320×860×2255	
48HFV	2640 (2640)	2200 (37)	0–48	17	5700/8000	2350×1120×2490	
60HFV/S	3190 (319)	2300 (38)	0–54	17	6360/1200	2280×1410×2830	
3HF5	175 (18)	2300 (38)	3	20	305/560	616×485×1025	

7HF4	385 (38,5)	2300 (38)	6,5	20	650/980	865×590×1075	
13HF3	798 (79,8)	2300 (38)	13,5	22	1200/2500	1745×700×1510	
15HF3	887 (89)	2300 (38)	15	23	1300/2600	1745×700×1510	
20HF3	1060 (106)	2300 (38)	18	19	1900/3050	1745×765×1647	
30HF3.4	1596 (160)	2300 (38)	27	22	2400/4000	2200×765×2030	
25HV	690 (69)	1620 (27)	0–23,5	16	2850/4350	1800×875×2400	
30HV	946 (95)	1380 (28)	0–30	21	2900/4400	1800×875×2400	
60HV/W	1890 (189)	1680 (28)	0–60	19	6350/8200	2220×1090×2125	
120HV	2550 (255)	1380 (23)	0–120	25	95001/4250	2300×1505×3260	
Сдвоенные (тандем) и проходные							
13HT	420 (42)	1700 (28)	13	5	4750/6000	Максимальный диаметр оболочки 457 мм	
26HT	840 (84)	1700 (28)	26	9	5500/6500	610 мм	
50HT	1260 (126)	1500 (25)	50	13	7300/9200	600 мм	
Навесные на экскаватор							
1PHFC	70 (7)	3000 (50)	0,7	6	240	480×430×450	
3PHFC	244 (24)	2700 (45)	3	13	765	1040×610×1000	
7PHFC	385 (39)	2300 (38)	6,5	21	1070	1040×610×1000	
10PHFC	493 (49)	2100 (35)	10	22	1600	1280×630×865	
13PHFC	410 (41)	1680 (28)	13	21	1500	1280×660×865	

1	2	3	4	5	6	7	8
1PHF	70(7)	3000 (50)	0,7	6	315	485×460×800	
3PHF	175 (18)	2300 (38)20	3	19	665	615×485×1025	
7PHF	385 (38)	2300 (38)	6,5	20	980	800×590×1300	
10PHF	493 (49)	2100 (35)	10	22	1940	940×620×1410	
13PHFC	410 (41)	1680 (28)	13	21	1500	1280×660×865	
1PHF	70 (7)	3000 (50)	0,7	6	315	485×460×800	
3PHF	175 (18)	2300 (38)20	3	19	665	615×485×1025	
7PHF	385 (38)	2300 (38)	6,5	20	980	800×590×1300	
10PHF	493 (49)	2100 (35)	10	22	1940	940×620×1410	
13PH	410 (41)	1680 (28)	13	28	1740	940×620×1410	
<i>APE Holland</i> (Нидерланды) (рис. 34)							
С постоянным моментом							
<i>APE</i> Модель 3	40 (4)	2300 (38,3)	0,35	30	125/272	440×180×910	
Модель 6	80 (8)	2300 (38,3)	0,7	30	206/300	630×180×910	
Модель 15	240 (24)	1800 (30)	7	25	680/1451	940×300×1170	
Модель 20	365 (37)	1800 (30)	10	25	1134/1905	940×300×1170	
Модель 50	532 (53)	1800 (30)	15	22	1361/2630	1320×350×1720	
Модель 100	767 (77)	1670 (27,8)	25	25	1814/3583	2130×360×2390	
Модель 150	898 (90)	1800 (30)	25	20	1905/3855	2230×360×1800	

Модель 150 <i>low headroom</i>	898 (90)	1800 (30)	25	20	1905/3085	2230×360×1470	
Модель 150 <i>Tungsten</i>	1063 (106)	1800 (30)	30	22	1950/3900	2230×360×1800	
Модель 200	1797 (180)	0–1800 (30)	51	30	4308/6167	2560×350×2380	
Модель 200 <i>Tungsten</i>	2126 (213)	0–1800 (30)	60	29	4399/6759	2560×350×2380	
Модель 200-6	2454 (245)	0–1800 (30)	70	37	5442/8006	3810×350×2400	
Модель 200-6 <i>Tungsten</i>	3272 (327)	0–1800 (30)	92	36	5699/8775	3810×350×2400	
Модель 400B (Кинг-Конг)	3558 (356)	400–1400 (6,6–23,3)	150	40	14 512/22 226	3050×660×2440	
Высокочастотные							
Модель 120V	1043 (104)	0–2300 (0–38)	0–18	13	3084/3970	1750×350×2540	
Модель 170V	1503 (150)	0–2300 (0–38)	0–26	17	3130/4060	1750×350×2540	
Модель 250V	2512 (251)	0–2100 (0–38)	0–52	25	4536/6304	1750×350×2540	
Модель 200	2847 (285)	0–2200 (0–37)	51	30	6167	2560×350×238	
Модель 200	2890 (289)	0–2100 (0–35)	60	33	6759	2560×350×238	<i>Tungsten</i>
Сдвоенные (тандем) и проходные							
Модель 50 <i>Tandem</i>	1067 (107)	400–1800 (6,6–30)	30	13	2947/6500	2130×410×2390	
Модель 100 <i>Tandem</i>	1423 (142)	400–1670 (6,6–27,8)	51	25	3903/7258	2130×410×2390	

1	2	3	4	5	6	7	8
Модель 200 <i>Tandem</i>	3595 (360)	0–1800 (0–30)	101	33	94 771/6304	2570×360×2380	
Модель 400B <i>Tandem</i>	6435 (643)	400–1500 (6,6–25)	300	30	31 751/47 200	3000×3000×3700	
Навесные на экскаватор							
Модель 33E	267 (27)	0–2300 (0–38)	4,6	15	567/910	1120×530×1100	
Модель 15E	240 (24)	0–1800 (0–30)	7	25	680/1451	940×3050×2910	
Модель 20E	365 (36)	0–1800 (0–30)	10	25	1134/1270	940×300×1170	
<i>Liebherr</i> (Германия) (рис. 35)							
11100H	1117 (112)	2400 (40)	0–17,7	18	2980/3600	1191×550×2337	
23 VML	1350 (135)	2300 (38)	0–23	17	2700/3600	1300×795×2095	
40 VML	1750 (175)	2000 (33)	0–40	19	4300/6200	2300×740×2590	
Проходные (кольцевые)							
20 VMR	1160 (116)	2300 (38)	0–20	0–6	6900	2362×1320×1480	Диаметр 406–508 мм
32 VMR	1800 (180)	2300 (38)	0–32	0–5	12 500	2180×1671×1685	Диаметр 406–610 мм
<i>Starke</i> (КНДР) (рис. 36)							
SV-35S	350 (35)	2600 (43)	5	10	1000/1320	1185×592×2043	
SV-40S	400 (40)	2500 (42)	6	12	1030/1350	1185×606×2043	

SV-50S	530 (53)	2500 (42)	7,7	14	1090/1410	1251×616×2077	
SV-80	800 (80)	1650 (28)	26	17	3370/4110	2286×590×2497	
SV-35L	350 (35)	2600 (43)	5	11	922/1241	1130×705×1672	
SV-40L	400 (40)	2500 (42)	6	13	968/1288	1130×720×1672	
SV-50L	530 (53)	2500 (42)	7,7	16	1035/1355	1210×730×1706	
SV-150/160	1520 (152)	1650 (28)	51	16	6252/7802	2746×680×3200	
<i>Ozkanlar</i> (Турция)							
SV/R25NF	805 (81)	1700 (28)	25	28	1785/2880	1596×456×1820	
SV/R30NF	954 (95)	1700 (28)	30	21	2913/4686	2400×390×2089	
SV/R50NF	1220 (122)	1480 (25)	50	28	3568/5745	2440×456×2085	
SV/R101NF	2448 (245)	1480 (25)	101	31	6493/8917	2500×456×2904	
SV/R200NF	4400 (440)	1400 (23)	200	35	11 420/18 850	3000×1630×3400	
Высокочастотные							
SV/R14NF	625 (63)	2000 (33)	14	25	1140/1640	1060×459×1516	
SV/R25NF	118 (12)	2000 (33)	25	18	2873/4646	2400×390×2089	
Высокочастотные с переменной амплитудой							
SV/RVM	620 (62)	2500 (42)	0–9	10	1820/2480	1250×570×1490	
SV/R18VM	1047 (105)	2300 (38)	0–18	15	2445/3330	1596×676×2287	
SV/R24VM	1458 (146)	2350 (39)	0–24	17	2863/4157	1650×722×2197	
SV/R36VM	2095 (209)	2300 (38)	0–36	16	4448/6943	2500×675×2672	
SV/R48VM	2793 (279)	2300 (38)	0–48	19	5060/7550	2500×818×2672	То же

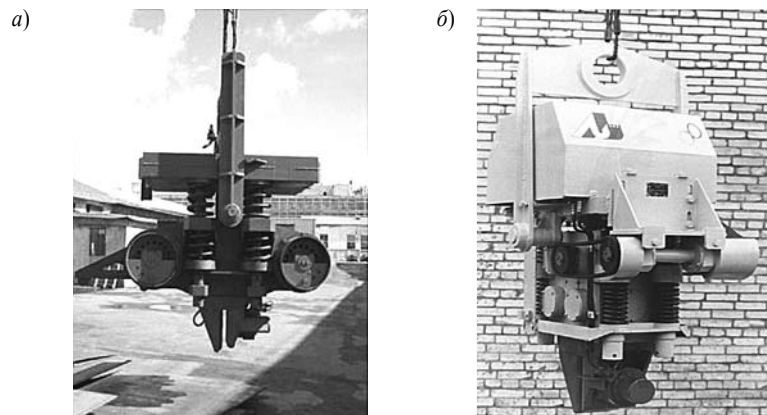


Рис. 32. Общий вид вибрационных погружателей ОАО «Охтинский завод строительных машин»: а – В32.60; б – В402

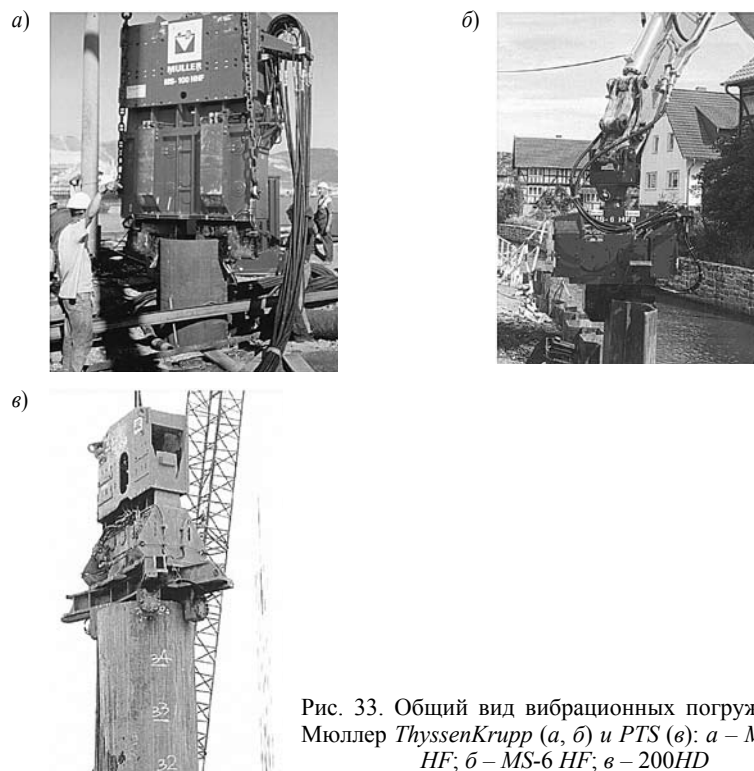


Рис. 33. Общий вид вибрационных погружателей Мюллер *ThyssenKrupp* (а, б) и *PTS* (в): а – MS-100-HF; б – MS-6 HF; в – 200HD

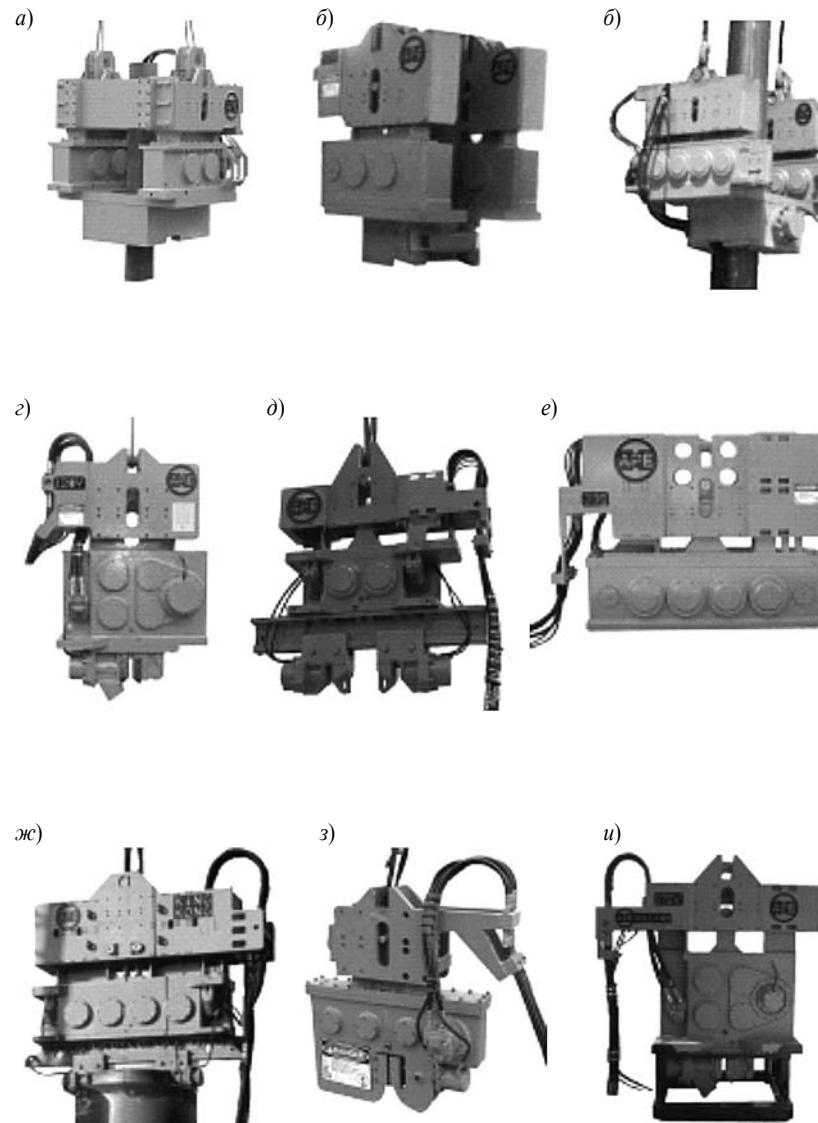


Рис. 34. Общий вид вибрационных погружателей фирмы *APE*: а – модель 50; б – модель 100; в – модель 200; г – модель 120V; д – модель 150; е – модель 200 (высокочастотная); ж – модель 400V (Кинг-Конг); з – модель 6; и – модель 170V

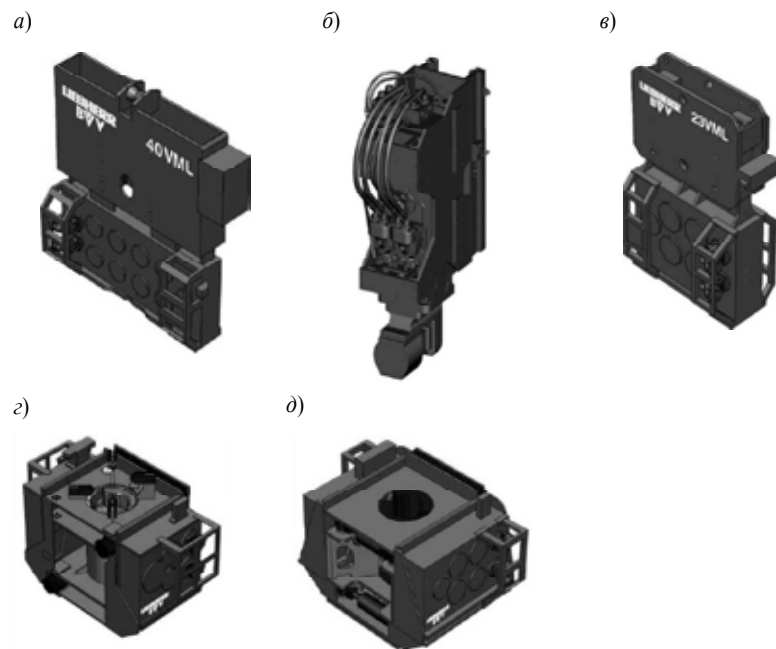


Рис. 35. Общий вид вибрационных погружателей *Liebherr*: а – 40VML; б – 1100H; в – 23VML; г – 20VMR; д – 32VMR

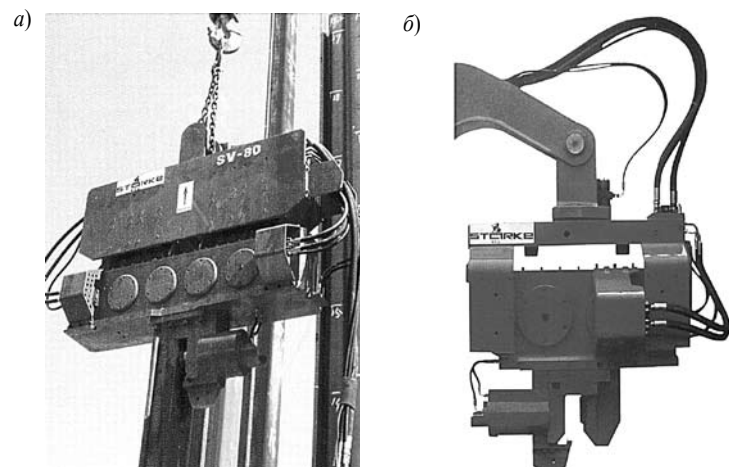


Рис. 36. Общий вид вибрационных погружателей *Starke*: а – SV-80; б – SV-35S

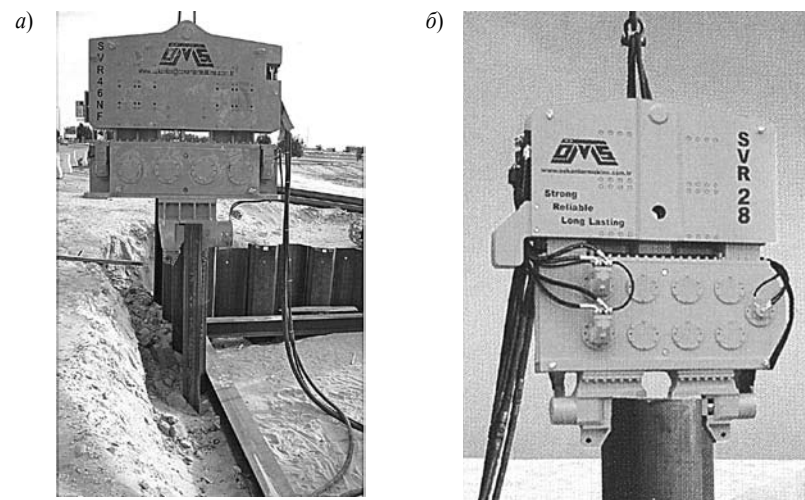


Рис. 37. Общий вид вибрационных погружателей *Ozkanlar*: а – SVR46NF; б – SVR28

Таблица 23

Технические характеристики гидравлических станций фирмы РТС

Модель	Мощность, кВт	Подача гидронасоса, л/мин	Масса, т	Максимальные размеры (д×ш×в), мм
MS-A 112V	112	260	3000	3240×1765×2200
MS-A 180V	187	300	4300	3700×1490×2200
MS-A 260V	261	525	4300	3700×1490×2200
MS-A 370V	365	740	7000	4100×1700×2200
MS-A 420V	421	740	7000	4100×1700×2435
MS-A 660V	656	1065	9300	4800×2020×2500
MS-A 785V	785	1380	15 000	5705×2400×2585
MS-A 1000V	1007	1660	15 000	6100×2400×2500

**Технические характеристики гидравлических станций
фирмы APE Holland**

Модель	Мощность, лс	Подача гидронасоса, л/мин	Масса, т	Максимальные размеры (д×ш×в), мм
Модель 10	10	22	113	762×584×762
Модель 14	14	22	91	762×584×762
Модель 55	55	100	1251	2250×960×940
Модель 40	43,5	75	1200	1600×990×2080
Модель 80	76	150	2268	1750×990×2080
Модель 260	260	305	3090	2620×1400×1630
Модель 350	350	455	5580	3200×1630×1700
Модель 375	375	475	5800	3250×1860×2350
Модель 475	475	455	6000	3200×1600×1700
Модель 575	575	40	6758	3500×1830×2050
Модель 700	700	40	8165	3960×1790×2570

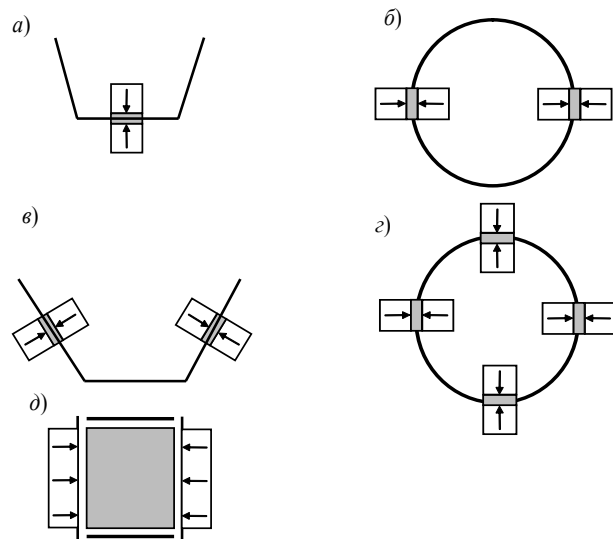


Рис. 38. Схемы зажимных гидравлических наголовников: а – простые; б – с двумя параллельными зажимами; в – с двумя зажимами, установленными под углом; г – с четырьмя зажимами, переставляемыми по горизонтальным балкам; д – с зажимами для погружения элементов прямоугольного сечения

Зажимные наголовники предназначены для соединения погружаемого (извлекаемого) элемента с вибрационным погружателем (рис. 38). Прочность соединения обеспечивается гидронасосом, располагаемым в энергоблоке. Усилие зажима должно быть минимум в 1,2 раза больше вынуждающей силы погружателя.

Современные наголовники подразделяются в зависимости от количества зажимных блоков и их взаимного расположения на следующие виды:

- 1) с одним зажимом для погружения единичного шпунтового элемента (рис. 39, а);
- 2) с двумя параллельными зажимами, переставляемыми по горизонтальным балкам для погружения труб и оболочек (рис. 39, б);
- 3) с двумя зажимами, установленными под разными углами на горизонтальных балках для погружения U и Z – образных шпунтовых элементов (рис. 39, в);
- 4) с четырьмя зажимами, переставляемыми по горизонтальным балкам для погружения оболочек диаметром свыше 2 м; балки устанавливаются на X-образной траверсе (рис. 39, г);
- 5) с зажимами для погружения элементов прямоугольного сечения от 300 до 450 мм (рис. 39, д);
- 6) комбинированные.



Рис. 39. Общий вид гидравлической станции привода вибропогружателя

Оглавление

ДЛЯ ЗАПИСЕЙ

Введение	3
1. Общие сведения	4
1.1. Основные термины и определения	4
1.2. Исходные данные для составления технологической карты на производство свайных работ	6
1.3. Содержание и оформление технологической карты	7
2. Разработка раздела технологий устройства свай различными методами	12
2.1. Общие сведения о свайных фундаментах	12
2.2. Выбор технологии устройства свай на примере инженерно- геологических условий Санкт-Петербурга	13
2.3. Технологии погружения заводских свай	16
2.3.1. Забивка	22
2.3.2. Вдавливание	41
2.4. Технологии устройства буронабивных свай	53
2.4.1. Технология с использованием проходного шнека	58
2.4.2. Устройство свай под защитой обсадных труб	62
2.4.3. Технология, реализуемая за счет двойного вращения рабочих элементов	68
2.4.4. Технологии с погружением обсадной трубы с теряемым башмаком	71
2.4.5. Технологии устройства набивных свай с вибрационным погружением обсадной трубы	79
2.4.6. Технологии с уплотнением (вытеснением), раскаткой околосвайного грунта	83
3. Разработка раздела организации свайных работ	89
4. Разработка раздела безопасности труда при производстве свайных работ ..	95
Рекомендуемая литература	101
Приложение 1. Иностранные обозначения буронабивных свайных технологий	104
Приложение 2. Параметры заводских свай	105
Приложение 3. Технические характеристики копров и молотов	108
Приложение 4. Технические характеристики установок вдавливания свай	127
Приложение 5. Технические характеристики буронабивных установок	133
Приложение 6. Нормы расхода материалов при устройстве буронабивных свай	150
Приложение 7. Методика выбора параметров вибрационных погружателей	154
Приложение 8. Технические характеристики вибрационных погружателей	161

ДЛЯ ЗАПИСЕЙ

ДЛЯ ЗАПИСЕЙ

Учебное издание

Верстов Владимир Владимирович,
Гайдо Антон Николаевич

**ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА
СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ**

Учебное пособие

Редактор О. Д. Камнева
Корректоры: А. Г. Лавров, М. А. Котова
Компьютерная верстка Н. И. Печуконис

Подписано к печати 22.12.2010. Формат 60×84 1/16. Бум. офсетная.

Усл. печ. л. 10,5. Тираж 200 экз. Заказ 140. «С» 114.

Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет.
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4.

Отпечатано на ризографе.
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 5.