

Г л а в а 8

Машины и оборудование для свайных работ

8.1. Копры и копровое оборудование

При устройстве свайных фундаментов зданий и сооружений различного назначения применяют два вида свай – забивные железобетонные и металлические заводской готовности и буронабивные железобетонные сваи, устройство которых осуществляется в вертикальных и крутонаклонных скважинах непосредственно на месте производства работ. При возведении водозащитных ограждений котлованов, колодцев и траншей используют металлический и железобетонный шпунт. Для погружения готовых свай и шпунта применяют сваепогружающие агрегаты, копры и копровое оборудование со свайными погружателями ударного, вибрационного, виброударного, вдавливающего и вибровдавляющего действия и для завинчивания свай. Некоторые виды оборудования используют также для извлечения из грунта ранее погруженных элементов (сваевыдергиватели).

Сваепогружатели являются сменным оборудованием копров и самоходных (на базе самоходных машин) копровых установок, предназначенных для подтаскивания и установки сваи под требуемым углом наклона в заданной точке погружения, для установки сваепогружателя на сваю, направления сваепогружателя и сваи при погружении, а также перемещения в зоне производства работ.

Копры выполняются передвижными на рельсоколесном ходовом устройстве и безрельсовыми. Они разделяются на:

универсальные – имеющие на полноповоротной платформе оборудование для погружения свай с изменяемым вылетом, продольным и поперечным наклоном копровой мачты для погружения вертикальных и наклонных свай;

полууниверсальные – имеющие на поворотной платформе оборудование для погружения вертикальных свай или только наклонных свай;

простые – для погружения вертикальных свай, не имеющие механизмов поворота платформы, изменения вылета и рабочего наклона копровой мачты.

Рельсовые копры с электрическим и электрогидравлическим приводом, передвигаются по рельсовому пути. В их конструкциях используются сборочные единицы и механизмы строительных башенных кранов. В городском строительстве применяют универсальные и полууниверсальные копры.

Рельсовые копры мостового типа (рис. 8,1, а) предназначены для выполнения массовых сосредоточенных объемов свайных работ при устройстве сборных фундаментов и ростверков, а также при возведении зданий и сооружений на слабых и водонасыщенных грунтах. Они позволяют с большой точностью погружать железобетонные сваи длиной 8...12 м. Составными частями таких копров является самоходный металлический мост 1, передвигающийся по рельсам 5, уложенным с двух сторон вдоль продольной

оси котлована, и самоходная копровая тележка или рельсовый копер 3 со сваепогружателем 2, перемещающиеся по мосту вдоль поперечных рядов свай 4. Таким образом обеспечивается возможность погружения свай в любой точке свайного поля, перекрываемого мостом. Индивидуальные электрические приводы механизмов передвижения моста и копровой тележки включены в единую координатно-шаговую систему автоматического наведения сваи на точку погружения с программным или полуавтоматическим управлением, что обеспечивает высокое качество производства свайных работ.

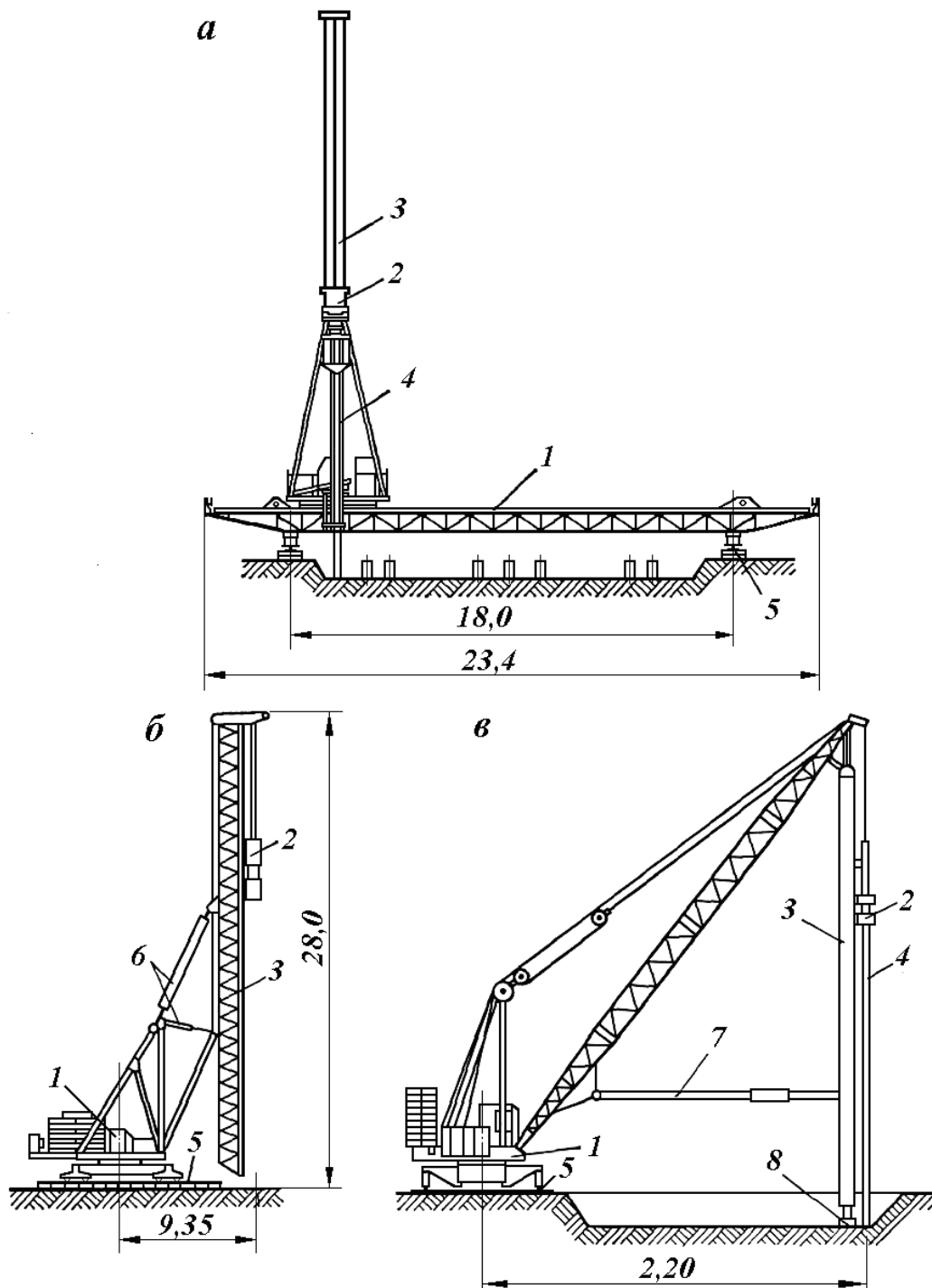


Рис.8.1. Схемы сваебойных установок на рельсовом ходу:

а – установка мостового типа; *б* – универсальный полноповоротный копер;
в – установка на кране нулевого цикла; 1 – база (мост, ходовая рама с поворотной платформой); 2 – молот; 3 – копровая мачта; 4 – свая; 5 – подкрановый путь; 6 – устройство для управления копровой мачтой; 7 – телескопическая распорка; 8 – пята

Базой универсального копра (рис. 8.1, б) являются стандартные ходовые тележки башенного крана. На поворотной платформе 1 смонтированы ферма с гидравлическими механизмами 6 управления копровой мачтой 3, лебедки для подтаскивания свай, подъема-опускания молота 2 и свай, подъема-опускания копровой мачты при монтаже и демонтаже. Поворотная платформа опирается на раму ходового устройства через опорно-поворотный круг. Лебедки, механизмы передвижения копра и вращения поворотной платформы имеют электрический привод. Гидроцилиндры изменения вылета и рабочих наклонов копровой мачты приводятся в действие от одной насосной станции. Копры, смонтированные на поворотных платформах башенных кранов, применяют для погружения железобетонных свай длиной 12...25 м. Параллелограммно-шарнирная система связей опорных конструкций и копровой мачты обеспечивает значительный вылет мачты (более 6 м), что позволяет обслуживать при одноразовом линейном перемещении копра большую площадь свайного поля.

Рельсовый копер на базе крана нулевого цикла (рис. 8.1, в), предназначен для забивки свай длиной 8...12 м. Копровая мачта 3 подвешена к стреле крана и опирается в рабочем положении на пяту 8. Нижняя часть мачты соединена с поворотной платформой 1 крана телескопической распоркой 7, позволяющей изменять угол наклона мачты и свай 4. Копер перемещается по рельсам 5, уложенным вдоль продольной оси котлована.

Самоходные копровые установки представляют собой навесное и сменное копровое оборудование, смонтированное на гусеничных тракторах, экскаваторах и грузовых автомобилях. Такие установки обладают энергетической автономностью, полной механизацией вспомогательных операций, достаточными мобильностью и маневренностью, высокими технико-экономическими показателями.

В городском строительстве используются универсальные и полууниверсальные навесные копровые установки на тракторах класса 10... 15. Их используют для погружения свай длиной до 8...12 м при возведении фундаментов в крупнопанельном и каркасно-панельном домостроении, кирпичных зданий гражданского и промышленного назначения. Копровое оборудование навешивается сбоку или сзади базовой машины.

В самоходной установке на базе экскаватора сменная копровая стрела, несущая дизель-молот, навешивается на решетчатую крановую стрелу и соединяется с поворотной платформой экскаватора телескопической распоркой. При забивке свай копровая стрела устанавливается в вертикальное положение и обеспечивает погружение свай на вылетах от оси вращения экскаватора до 4...6 м. Подъем и опускание дизель-молота осуществляется грузовой лебедкой экскаватора через двукратный полиспаст. Длина копровых стрел 10...25 м, с их помощью погружают сваи длиной 7...20 м.

Гидравлический копер (рис. 8.2) смонтирован на гидравлическом экскаваторе 13 пятой размерной группы, на котором вместо экскавационного оборудования смонтирована решетчатая стрела 7 с гидроцилиндрами 12 подъема и опускания. На стрелу навешена копровая мачта 8 с оголовком 11 и нижней

опорой 1. Установка мачты в заданное положение обеспечивается гидроцилиндром 14. На копровой мачте смонтированы: грузовая лебедка 9, крюковая подвеска 10, лебедка 5 перемещения гидромолота 6, шнековый бур 3 с приводом 4 для бурения лидерных скважин под сваи 2 в прочных и мерзлых грунтах.

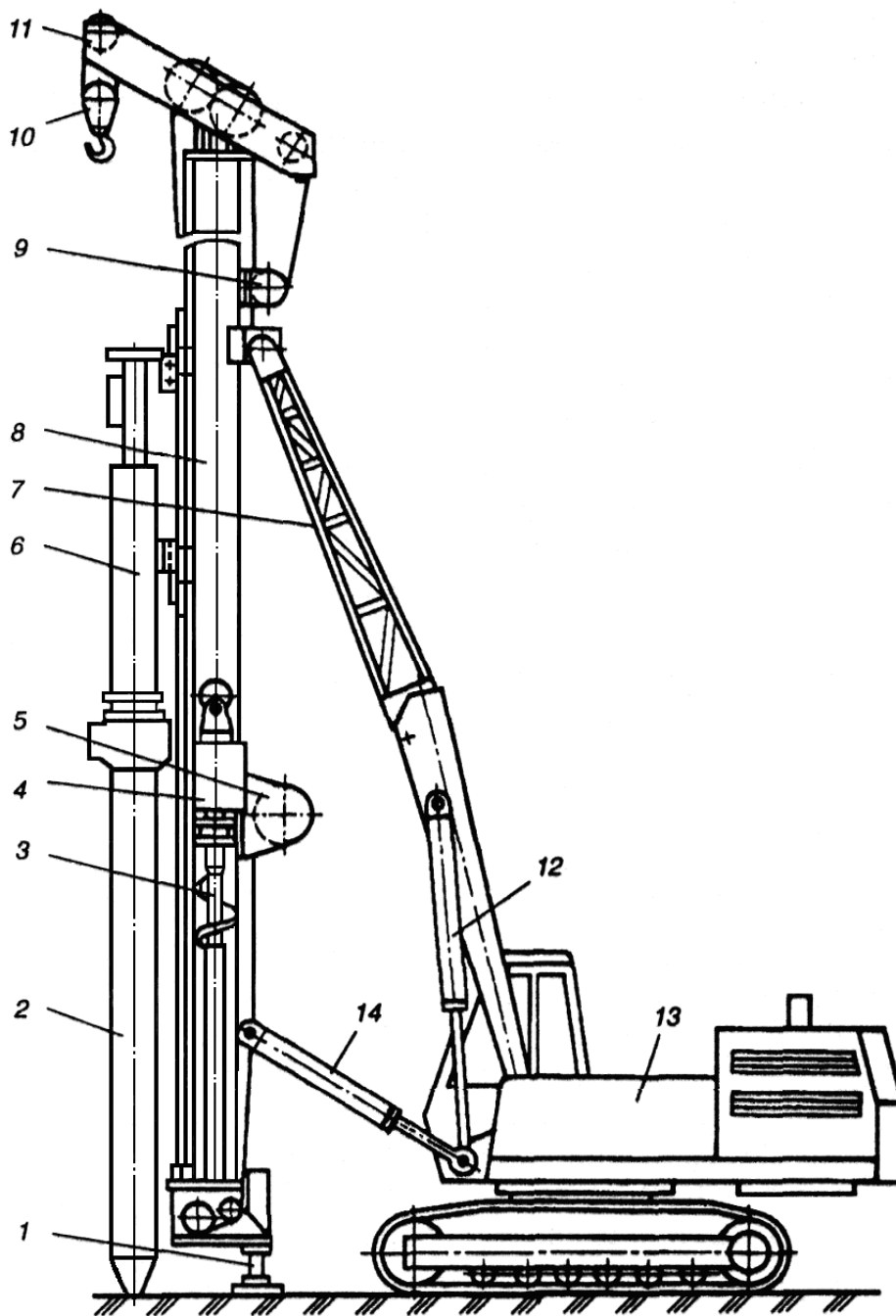


Рис. 8.2. Гидравлический копер

По сравнению с рассмотренными выше навесными копрами с дизель-молотами гидравлические копры имеют более высокие производительность, маневренность, транспортабельность и безопасность работы.

Основными параметрами копров и копровых установок являются: грузоподъемность Q (наибольшая суммарная масса подвешенной сваи, наголовника и сваепогрузателя), высота мачты H (расстояние от опорной плоскости копра до оси верхнего грузового блока), вылет мачты L (расстояние от оси вращения

поворотной платформы копра до вертикальной оси погружаемой сваи), продольный установочный наклон мачты α (угол между продольной осью мачты и вертикалью в продольной плоскости симметрии копра), поперечный установочный наклон β (угол между продольной осью мачты и вертикалью в поперечной плоскости симметрии копра), колея K ходового устройства копра, общая масса m копра с противовесом и т.п. Мачты копров составлены из нескольких унифицированных секций, что позволяет при необходимости менять их длину.

8.2. Свайные погружатели

Технологический цикл погружения готовых свай включает операции захвата и установки свай в проектное положение, погружения свай в грунт до проектной отметки, перемещения сваебойной установки к месту погружения очередной сваи. Сваепогружатели разнообразны по конструкции, виду потребляемой энергии и принципу работы. Классификация свайных погружателей приведена на рис. 8.3. В городском строительстве наибольшее распространение получили сваепогружатели ударного действия, к которым относятся свайные молоты.



Рис. 8.3. Классификация свайных погружателей

Свайные молоты состоят из массивной ударной части, движущейся возвратно-поступательно относительно направляющей конструкции в виде цилиндра (трубы), поршня со штоком, штанг и т.п. Ударная часть молота наносит чередующиеся удары по головке сваи и погружает сваю в грунт. Направляющая часть молота снабжена устройством для закрепления и центрирования молота на свае.

Рабочий цикл молота включает два хода – холостой (подъем ударной части в крайнее верхнее положение) и рабочий (движение ударной части вниз и удар по свае). По роду привода свайные молоты разделяются на механические (применяются редко), паровоздушные, дизельные и гидравлические. Основными параметрами свайных молотов являются масса ударной части, наибольшая энергия одного удара, наибольшая высота подъема ударной части, частота ударов в минуту.

Паровоздушные молоты приводятся в действие энергией пара или сжатого до 0,5...0,7 МПа воздуха. Различают молоты простого одностороннего

действия, у которых энергия привода используется только для подъема ударной части, совершающей затем рабочий ход под действием собственного веса, и молоты двустороннего действия, энергия, создаваемая паром или сжатым воздухом, сообщает ударной части дополнительное ускорение при рабочем ходе, в результате чего увеличивается энергия удара и сокращается продолжительность рабочего цикла. Ударной частью паровоздушных молотов *простого действия* служит чугунный корпус массой 1250...6000 кг, направляющей – поршень со штоком, опирающимся на головку сваи. Такие молоты несложны по конструкции, просты и надежны в эксплуатации, но вследствие малой производительности (не более 30 ударов в минуту) применяются сравнительно редко. Наиболее распространены автоматически работающие паровоздушные молоты двустороннего действия с частотой ударов по свае до 100...300 в минуту и массой ударной части до 2250 кг. К недостаткам молотов двустороннего действия относятся значительная масса неподвижных частей («мертвая» масса), составляющая 60...70% (у молотов простого действия до 30%) общей массы молота, возможность погружения только легких шпунтов, деревянных и железобетонных свай, большой расход пара или сжатого воздуха.

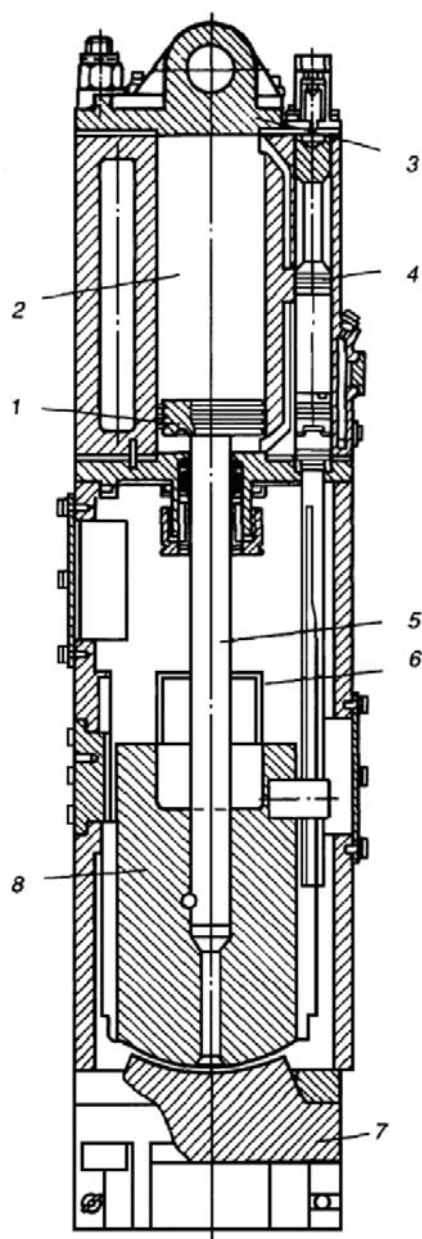


Рис. 8.4. Паровоздушный молот двойного действия

Основными узлами паровоздушного молота *двустороннего действия* (рис. 8.4, а) являются неподвижный закрытый корпус, подвижный поршень со штоком 5 и массивным бойком 8 (ударная часть) и автоматическое парораспределительное устройство 4. Корпус молота составлен из двух цилиндров: парового 2, в котором помещен поршень 1, и направляющего 6 для бойка 8. Сверху корпус закрыт крышкой с проушиной для подъема и удерживания молота, а снизу – ударной плитой (наковальней) 7, укрепляемой на головке свай. Наковальня воспринимает удары ударной части и может перемещаться в незначительных пределах по вертикали. Возвратно-поступательное движение ударной части молота обеспечивается за счет попеременной подачи пара или сжатого воздуха в надпоршневую или подпоршневую полости парового цилиндра золотниковым распределительным устройством. Золотник 3 этого устройства поворачивается вокруг оси под действием поступающего пара (сжатого воздуха) автоматически. Изменяя давление подаваемого пара (сжатого воздуха), регулируют энергию удара

молота. Паровоздушные молоты устанавливают на копре или подвешивают к крюку стрелового самоходного крана. Их можно использовать для забивки как вертикальных, так и наклонных свай, а также для выполнения свайных работ под водой. Основным недостатком паровоздушных молотов является их зависимость от компрессорных установок или парообразователей.

Дизель-молоты (прямодействующие двигатели внутреннего сгорания, работающие по принципу двухтактного дизеля) широко применяют для погружения свай на объектах городского строительства. Они получили преимущественное распространение в строительстве благодаря энергетической автономности, мобильности, простой и надежной конструкции и высокой производительности.

По типу направляющих для ударной части дизель-молоты делятся на трубчатые и штанговые. У трубчатого дизель-молота направляющей ударной части в виде массивного подвижного поршня служит неподвижная труба, у штангового – направляющими ударной части в виде массивного подвижного цилиндра служат две штанги. Распыление дизельного топлива в камере сгорания у штанговых молотов – форсуночное, а у трубчатых – ударное. Дизель-молоты подвешиваются к копровой стреле с помощью захватов и подъемно-сбрасывающего устройства («кошки»), предназначенного для подъема и пуска молота и прикрепленного к канату лебедки копровой установки.

Различают легкие (масса ударной части до 600 кг), средние (до 1800 кг) и тяжелые (свыше 2500 кг) дизель-молоты.

Штанговый дизель-молот (рис. 8.5) состоит из следующих основных узлов: поршневого блока с шарнирной опорой, ударной части – подвижного рабочего цилиндра, двух направляющих штанг с траверсой, механизма подачи топлива и захвата – «кошки». Поршневой блок включает поршень 12 с компрессионными кольцами, отлитый заодно с основанием 2. В центре днища поршня установлена распылительная форсунка 3, соединенная топливопроводом 13 с плунжерным топливным насосом 14 высокого давления (до 50 МПа), питающимся из топливного резервуара. Основание поршневого блока опирается на шарнирную опору, состоящую из сферической пяты 1 и наголовника 15. В основании закреплены нижние концы направляющих штанг 4, верхние концы которых соединены траверсой. По штангам перемещается массивный ударный цилиндр 10 со сферической камерой сгорания в донной части. На внешней поверхности цилиндра укреплен штырь (выступающий стержень) 11, приводящий в действие топливный насос 14 при падении ударной части вниз. Для запуска молота в работу захват – «кошку» 7, подвешенный к канату 8 лебедки копра, опускают вниз для обеспечения автоматического зацепления крюка 6 за валик 5 ударного цилиндра, после чего «кошку» и сцепленную с ней ударную часть поднимают лебедкой в верхнее крайнее положение. Далее поворотом вручную (через канат) рычага сброса 9 освобождают от «кошки» ударный цилиндр и он под действием собственной силы тяжести скользит по направляющим штангам вниз. При продвижении цилиндра на поршень 12 воздух, находящийся во внутренней полости

цилиндра, сжимается (в 25...28 раз) и температура его резко повышается (до 600°C). При нажатии што́ра 11 цилиндра на приводной рычаг топливного насоса 14 дизельное топливо по топливопроводу 13 подается к форсунке 3 и распыляется в камере сгорания, смешиваясь с горячим воздухом. При дальнейшем движении цилиндра вниз горячая смесь самовоспламеняется, и в то же мгновение цилиндр наносит удар по шарнирной опоре, наголовник 15 который надет на голову сваи. Расширяющиеся продукты сгорания смеси (газы) выталкивают ударную часть вверх и выходят в атмосферу. Поднимающийся рабочий цилиндр быстро теряет скорость, под действием собственного веса начинает опять падать вниз, и цикл повторяется. Дизель-молот работает автоматически до выключения топливного насоса.

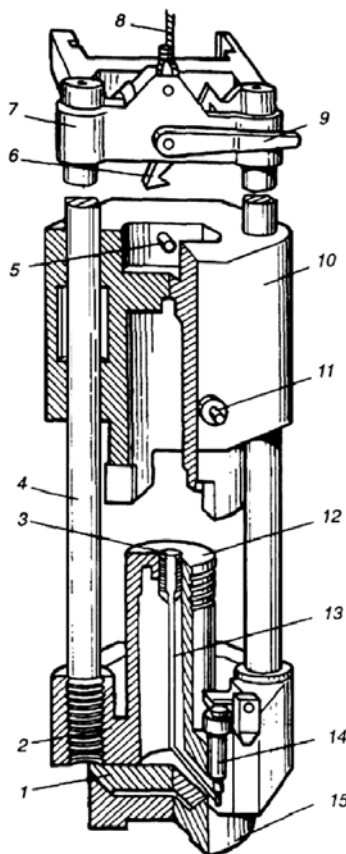


Рис. 8.5. Штанговый дизель-молот

Штанговые дизель-молоты обладают малой энергией удара (25...35% потенциальной энергии ударной части). Их применяют для забивки в слабые и средней плотности грунты легких железобетонных и деревянных свай, стальных труб и шпунта при сооружении защитных шпунтовых стенок траншей, котлованов и каналов. Штанговые дизель-молоты выпускаются с массой ударной части 240 и 2500 кг, развивают энергию удара соответственно 3,2 и 20 кДж при частоте ударов 50...55 в минуту и степени сжатия 16 и 25.

Трубчатые дизель-молоты предназначены для забивки в грунт преимущественно железобетонных свай массой 1,2...10 т и могут работать при температуре окружающего воздуха от + 40 до – 40°C. При температуре ниже – 25°C молоты при запуске подогревают.

Промышленность выпускает пять моделей однотипных трубчатых дизель-молотов, различающихся между собой массой ударной части, которая составляет 1250, 1800, 2500, 3500 и 5000 кг.

Конструктивными и технологическими особенностями трубчатых дизель-молотов является применение водяной системы охлаждения, кольцевой камеры сгорания типа «Тор» и принудительной смазки.

Все трубчатые дизель-молоты выполнены по единой конструктивной схеме, максимально унифицированы и состоят из следующих основных узлов (рис. 8.6): ударной части – поршня 1 с компрессионными кольцами, сменного рабочего цилиндра 7 и направляющей трубы 3, шабота 9, по которому наносит удар поршень, топливной и масляной систем, пускового устройства – «кошки» 5 с подъемно-сбрасывающим механизмом 4. В верхней части направляющей трубы имеются две проушины для крепления каната при установке молота на копер. Рабочий цилиндр герметично закрыт снизу шаботом с компрессионными кольцами, передающим энергию удара поршня на сваю. К фланцу шабота прикреплен свайный наголовник. Между фланцами рабочего цилиндра и шабота установлен кольцевой резиновый амортизатор, предотвращающий жесткое соударение корпуса цилиндра и шабота при больших осадках сваи. В нерабочем состоянии рабочий цилиндр и шабот соединяют планкой. Нижний торец поршня – сферически и по форме соответствует выемке в шаботе. При полном контакте сферических поверхностей поршня и шабота (в момент удара кольцевая полость, образованная кольцевыми выточками в их сферах, представляет собой камеру сгорания. Топливо в сферу шабота подается под давлением 0,3...0,5 МПа плунжерным насосом 8, которым управляет падающий поршень, нажимающий на приводной рычаг 7. К насосу топливо поступает по гибким резиновым шлангам из топливного бака 11. Полость рабочего цилиндра 9 сообщается с атмосферой через четыре всасывающе-выхлопных патрубков 2, направленные вверх.

Смазка трущихся рабочих поверхностей цилиндра и поршня осуществляется принудительно. Отвод тепла от стенок рабочего цилиндра при повышенных температурах окружающего воздуха обеспечивается системой водяного охлаждения циркулярно-испарительного типа, состоящей из расположенного в зоне камеры сгорания бака 10 для воды с заливной и сливной горловинами.

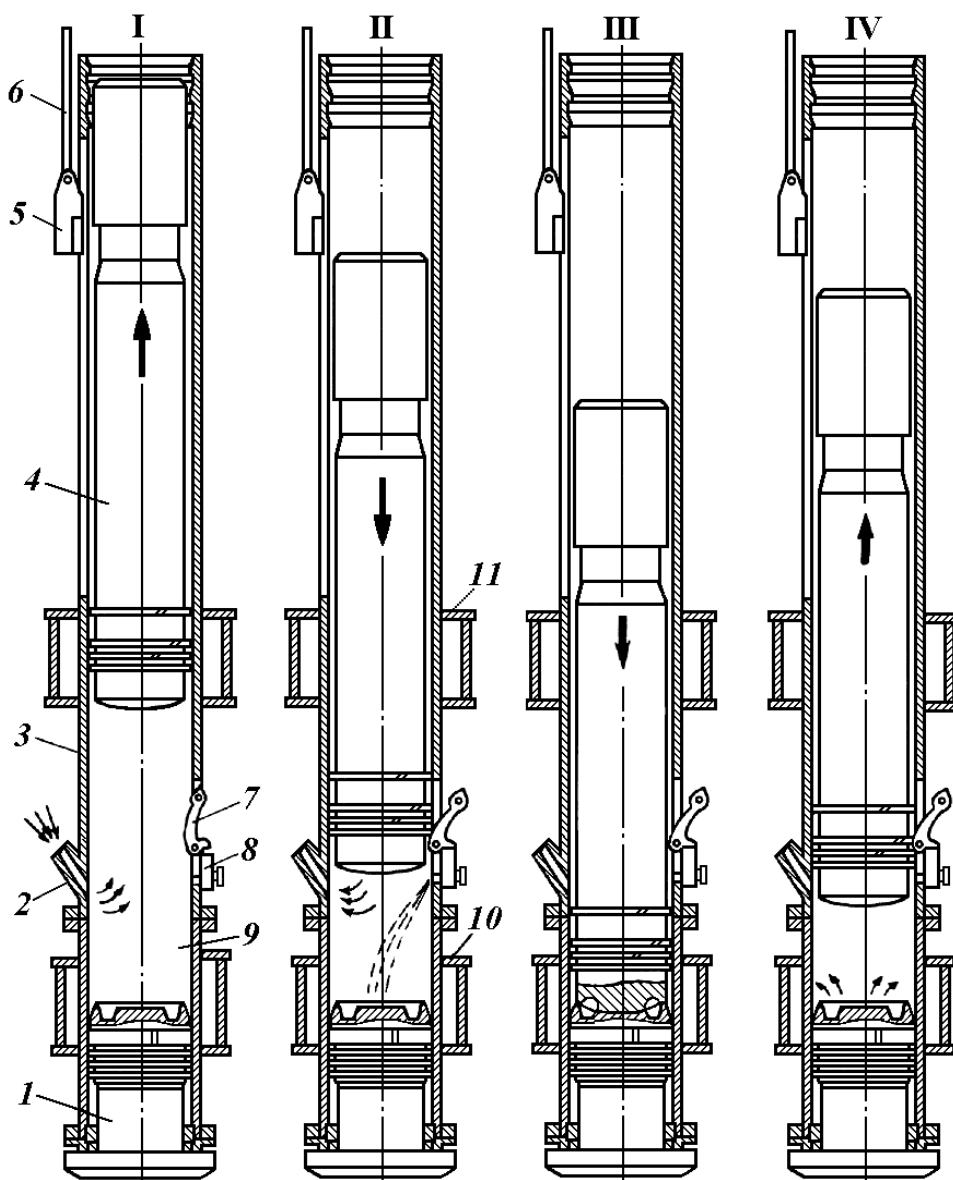


Рис. 8.6. Цикл работы трубчатого дизель-молота

В направляющей трубе со стороны, обращенной к копру, имеется продольный паз, в котором перемещается подъемный рычаг кошки, входящий в зацепление с поршнем при его подъеме при запуске молота.

Работа трубчатого дизель-молота осуществляется в такой последовательности. Перед пуском молота поршень 4 поднимается «кошкой» 5, подвешенной на канате 6 лебедки копра в крайнее верхнее положение, после чего происходит автоматическое расцепление «кошки» и поршня (положение I). При свободном падении вниз по направляющей трубе 3 поршень нажимает на приводной рычаг 7 топливного насоса 8, который подает дозу топлива в сферическую выточку шабота 1 (положение II). При дальнейшем движении вниз поршень перекрывает отверстия всасывающе-выхлопных патрубков 2 и начинает сжимать воздух в рабочем цилиндре 9, значительно повышая его температуру. В конце процесса сжатия головка поршня наносит удар по шаботу, чем обеспечивается погружение сваи в грунт и распыление топлива в кольцевую камеру сгорания, где оно самовоспламеняется, перемешиваясь с горячим сжатым воздухом (положение III).

Часть энергии расширяющихся продуктов сгорания – газов (максимальное давление сгорания 7...8 МПа) передается на сваю, производя ее дополнительное (после механического удара) погружение, а часть расходуется на подброс поршня вверх на высоту до 3 м. Вследствие воздействия на сваю последовательно двух ударов – механического и газодинамического – достигается высокая эффективность трубчатых дизель-молотов. При движении поршня вверх (положение *II*) расширяющиеся газы по мере открывания всасывающе-выхлопных патрубков 2 выбрасываются в атмосферу. Через те же патрубки засасывается свежий воздух при дальнейшем движении поршня вверх.

Достигнув крайнего верхнего положения, поршень начинает свободно падать вниз, рабочий цикл повторяется, и в дальнейшем молот работает автоматически до полного погружения сваи. Таким образом, в течение первого такта цикла работы трубчатого дизель-молота происходит продувка цилиндра, сжатие воздуха, впрыск и разбрызгивание топлива, а в течение второго – самовоспламенение горячей смеси топлива с воздухом и расширение продуктов сгорания, выхлоп отработанных газов в атмосферу и засасывание в цилиндр свежего воздуха. Высота подскока ударной части дизель-молотов регулируется путем изменения количества впрыскиваемого насосом топлива, что позволяет изменять величину энергии удара в зависимости от типа свай и плотности грунта.

Трубчатые молоты более эффективны, чем штанговые, так как при равной массе ударной части могут забивать более тяжелые (в 2...3 раза) сваи за один и тот же отрезок времени. Штанговые дизель-молоты имеют низкие энергетические показатели и невысокую долговечность (в 2 раза меньшая, чем у трубчатых), поэтому производство их сокращается и они будут полностью заменены более совершенными трубчатыми молотами. Трубчатые дизель-молоты развивают энергию удара 40...160 кДж при высоте подброса ударной части 3000 мм и степени сжатия 15. Число ударов в минуту – 42.

Общим недостатком дизель-молотов является большой расход энергии на сжатие воздуха (50...60%) и поэтому сравнительно небольшая мощность, расходуемая на забивку сваи. Массу ударной части дизель-молота подбирают в зависимости от массы погружаемой сваи и типа применяемого молота. Так, масса ударной части штангового дизель-молота должна быть не менее 100...125%, а трубчатого – 40...70% от массы сваи, погружаемой в грунт средней плотности.

Гидравлические свайные молоты по конструкции и принципу действия аналогичны гидропневматическим молотам (рис.7.27), но обладают значительно большей массой ударной части и энергией единичного удара. Серийно гидравлические свайные молоты в настоящее время не выпускаются. В соответствии с перспективным типоразмерным рядом свайных гидромолотов предусмотрен выпуск молотов с массой ударной части 500...7500 кг и энергией единичного удара 15...75 кДж.

Гидравлические свайные молоты просты в эксплуатации, имеют высокий к.п.д. (0,55...0,6), экологически безопасны, а их пусковые качества не зависят от

вверх. Полость B отсекается от сливной магистрали и соединяется через полость z , осевое отверстие в золотнике 8 и полость a с гидропневмоаккумулятором 7 и насосом 6 . В полости B создается давление за счет подачи рабочей жидкости от насоса 6 и гидропневмоаккумулятора 7 , так как рабочая поверхность бойка в полости B больше, чем в полости A , боек вместе с ударной массой движется вниз и наносит удар по свае 13 через наголовник 11 с демпфером 12 . В нижнем положении бойка полость 6 золотника 8 через полости B и a соединяется с напорной магистралью, золотник опускается вниз, так как рабочая поверхность золотника в полости 6 больше, чем в полости a . Полость B соединяется со сливом, гидропневмоаккумулятор 7 заряжается, боек начинает движение вместе с ударной массой вверх. Затем цикл повторяется.

Свайные гидромолоты с массой ударной части 500 и 1800 кг развивают энергию единичного удара в пределах 15...25 кДж у молота легкого типа и в пределах 35...40 кДж у молота среднего типа. Частота ударов молотов 1,1...1,2 Гц, рабочее давление 16 МПа.

Энергия удара (Дж) свайных молотов механических и одностороннего действия (паровоздушных, гидравлических и дизель-молотов) $E = GH\eta$, а молотов двустороннего действия $E = (G + pS)H\eta$,

где G – вес ударной части, Н; H – величина рабочего хода ударной части, м; p – давление рабочей жидкости, сжатого воздуха или пара, Па; S – рабочая площадь поршня, м²; η – к.п.д. молота (для паровоздушных молотов $\eta = 0,85...0,9$, для штанговых дизель-молотов – 0,35...0,4, для трубчатых – 0,6...0,65, для гидравлических молотов – 0,55...0,65).

Эффективность погружения сваи в грунт зависит от соотношения масс сваи m_c и ударной части молота m_m , частоты ударов молота n_m и скорости соударения v_c ударной части молота с шаботом. Практически установлена необходимость соблюдения следующих условий: $0,5 \leq m_c/m_m \leq 2,5$ (при $m_c/m_m > 2,5$ эффективность погружения сваи резко снижается); $v_c \leq 6$ м/с (при $v_c > 6$ м/с большая часть энергии удара затрачивается на разрушение наголовника и головы сваи); $n_m \geq 30$ мин⁻¹ при $n_m < 30$ мин⁻¹ свая успевает полностью остановиться, и молоту приходится дополнительно преодолевать инерцию неподвижной сваи).

Вибропогружатели сообщают погружаемым в грунт (или извлекаемым) элементам (свае, шпунту, трубе) направленные вдоль их оси колебания определенной частоты и амплитуды, благодаря чему резко снижается коэффициент трения между грунтом и поверхностью внедряемого (извлекаемого) элемента. Они применяются для погружения в песчаные и супесчаные водонасыщенные грунты металлического шпунта, двутавровых балок, труб, железобетонных свай и оболочек, а также извлечения их из грунта. Составными частями вибропогружателя являются электродвигатель, вибровозбудитель и наголовник. Жесткое соединение вибропогружателя с погружаемым (извлекаемым) элементом обеспечивается сменным наголовником с механическим или гидравлическим захватом.

В вибропогружателях в качестве вибровозбудителей используются вибраторы направленного действия с четным количеством (четыре, шесть или восемь) горизонтально расположенных параллельных валов с дебалансами, синхронно вращающимися в различных направлениях.

Общая масса дебалансов на каждом валу одинакова. Дебалансные валы приводятся во вращение одним или двумя электродвигателями специального виброударостойкого исполнения через ременную, цепную или зубчатую передачи.

Главным параметром вибропогружателей является установленная мощность электродвигателей. К основным параметрам относятся вынуждающая сила, статический момент дебалансов, амплитуда и частота колебаний. Вынуждающая (центробежная) сила вибровозбудителя, возникающая при вращении дебалансов, достигает максимального значения при их вертикальном положении и направлена вдоль оси погружаемого элемента. При горизонтальном положении дебалансов вибровозбудителя их центробежные силы взаимно уравниваются. Величина вынуждающей силы вибропогружателя F (кН) зависит от суммарной массы m дебалансов, расстояния их от центра массы до оси вращения (эксцентриситета) e и угловой скорости дебалансных валов ω : $F = m\omega^2 e$. Амплитуда колебаний a (мм) представляет собой отношение статического момента дебалансов M ($M = me$) к массе колеблющейся конструкции m_k (т.е. $a = M/m_k$). Частота колебаний n вибровозбудителя равна частоте вращения дебалансных валов.

Различают низкочастотные ($n \leq 10$ Гц) и высокочастотные ($n \geq 16,6$ Гц) вибропогружатели.

Низкочастотные вибропогружатели используют для погружения в однородные слабые грунты массивных железобетонных оболочек и свай длиной до 12 м. Они характеризуются значительной амплитудой колебаний, сравнительно большими статическими моментами дебалансов, вынуждающей силой и общей массой, малой частотой колебаний. Конструкции низкочастотных вибропогружателей довольно разнообразны. Рассмотрим в качестве примера устройство и принцип действия низкочастотных вибропогружателей типа ВП и ВРП.

У вибропогружателей ВП (рис. 8.8, а) вибровозбудитель, приводной электродвигатель 1 и наголовник 12 сваи 13 жестко соединены между собой. В корпусе вибровозбудителя 5 в сферических подшипниках вращаются несколько пар дебалансных валов с дебалансами 4. Движение дебалансным валам, вращающимся попарно в разные стороны, передается от электродвигателя через промежуточную шестерню 2 и систему синхронизирующих цилиндрических шестерен 3, закрепленных на валах. Для крепления на стреле копра корпус вибропогружателя снабжен четырьмя направляющими роликами 14. Каждый вибропогружатель комплектуется пультом управления с пусковой и защитной аппаратурой.

Вибропогружатели типа ВРП снабжены системой автоматического управления режимом погружения различных свай и свай-оболочек, которая

обеспечивает плавное регулирование вынуждающей силы, статического момента дебалансов, амплитуды и частоты колебаний, в зависимости от сопротивления грунта. Частота вращения дебалансов регулируются командоконтроллером, а статический момент – путем перемещения подвижной части дебалансов с помощью гидросистемы погрузателя. Вибропогружатели имеют отверстие для очистки внутренней полости сваи-оболочки от грунта в процессе погружения.

Высокочастотные вибропогружатели применяют для погружения в малосвязные грунты элементов с малым лобовым сопротивлением: шпунта, труб и профильного металла длиной до 20 м. По сравнению с низкочастотными высокочастотные вибропогружатели имеют значительно меньший статический момент дебалансов (не более 60 кН·см) и соответственно меньшую (до 10...14 мм) амплитуду колебаний. Конструкции высокочастотных вибропогружателей имеют мало различий.

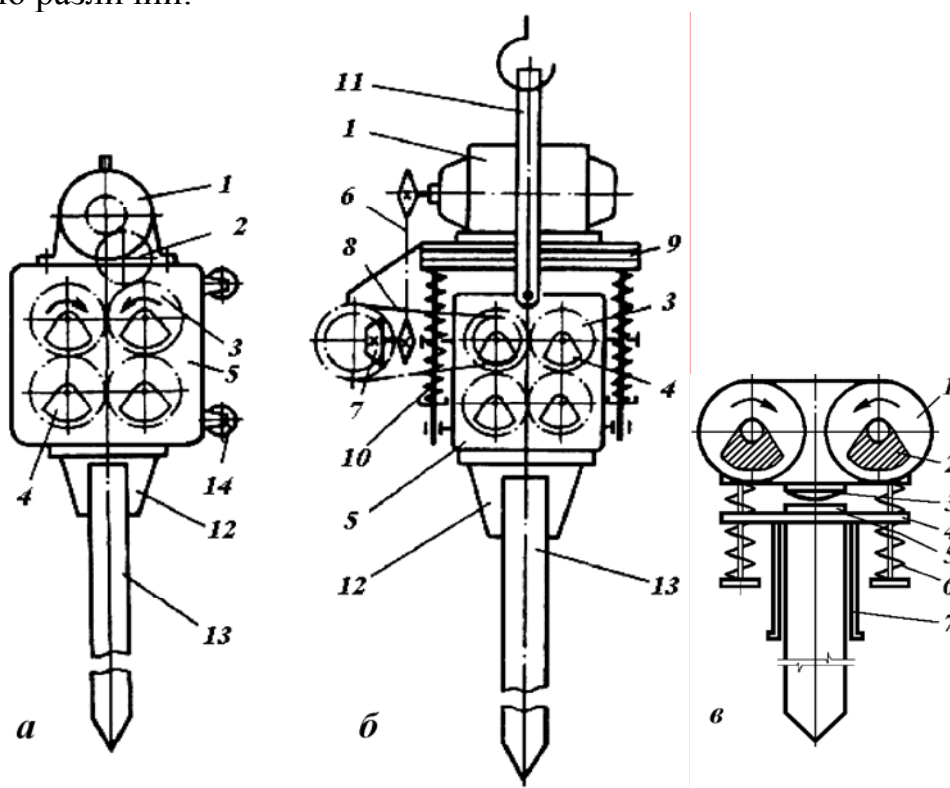


Рис. 8.8. Принципиальные схемы вибропогружателей:
низкочастотного (а), высокочастотного (б) и вибромолота (в)

Высокочастотный вибропогружатель (рис. 8,8, б) включает четыреххвальный вибратор 5, приводной электродвигатель 1 с короткозамкнутым ротором, установленный на подпружиненных пригрузочных плитах 9, и наголовник 12. Наличие между электродвигателем и вибратором амортизирующих пружин 10 позволяет существенно уменьшить вредное воздействие вибрации на электродвигатель: в процессе погружения колебания совершают только вибратор и свая 13.

Изменяя число пригрузочных плит, а следовательно, и массу пригруза, создающего необходимое давление на погружаемый элемент, подбирают оптимальные режимы вибраций, способствующие наиболее эффективному погружению в соответствующую грунтовую среду элемента заданных

параметров. Привод четырехвального вибратора осуществляется через вертикальную цепную передачу 6, конический редуктор 7, горизонтальную цепную передачу 8 и систему синхронизирующих шестерен 3, закрепленных на дебалансных валах с дебалансами 4. Каждый дебаланс вибропогружателя состоит из двух частей, что позволяет регулировать его статический момент изменением взаимного расположения частей. Установка дебалансов в заданном положении осуществляется с помощью подпружиненных фиксаторов. При работе вибропогружатель подвешивается на крюке грузоподъемного устройства с помощью подвески 11.

Вибропогружатели в 2,5...3 раза производительнее паровоздушных и дизельных молотов; они удобны в управлении и не разрушают погружаемые элементы. Основными их недостатками являются непригодность для погружения свай (шпунта) в связные маловлажные грунты и сравнительно небольшой срок службы электродвигателей.

Вибромолоты сообщают погружаемым элементам как вибрационные, так и ударные импульсы и обеспечивают погружение в плотные грунты металлического шпунта длиной до 13 м, металлических свай и труб длиной до 20 м. Конструкции вибромолотов имеют мало различий. Некоторые типы молотов могут работать как в ударном, так и в безударном режимах в зависимости от жесткости упругой системы, параметров вибратора, сопротивления грунта погружению и т.д.

Вибромолоты используют также для погружения железобетонных свай в однородные водонасыщенные грунты и извлечения из грунта труб, свай и шпунта.

Основными элементами вибромолота являются подпружиненная ударная часть, нижняя пригрузочная плита и наголовник. Ударная часть представляет собой (рис. 8.8, в) двухвальный бестрансмиссионный вибровозбудитель 1 направленных вертикальных колебаний с ударником 3. В корпусе вибровозбудителя смонтированы два электродвигателя, на параллельных валах которых, синхронно вращающихся в различных направлениях, закреплены дебалансы 2 с регулируемым статическим моментом. Ударная часть и нижняя плита 4 с наковальней 5 соединены между собой рабочими пружинами 6. Наголовник 7 соединяется с погружаемым элементом жестко или надевается на него свободно без закрепления.

При вращении дебалансов ударник 3 колеблющегося вибровозбудителя наносит частые (до 24 Гц) удары по наковальне 5, установленной свободно на нижней плите молота и передающей удары непосредственно погружаемому элементу. Режим работы вибромолота (энергия и частота ударов) регулируют в процессе его работы путем изменения зазора между ударником и наковальней, добиваясь в каждом отдельном случае наибольшей производительности машины.

Вибромолоты характеризуются теми же параметрами, что и вибропогружатели, а также энергией и частотой ударов. Вибромолоты имеют суммарную мощность электродвигателей 14...80 кВт, максимальную

вынуждающую силу 112...180 кН, частоту ударов 8...12 Гц. Энергия удара (Дж):

$$E = mv^2 / [2(1 - R)],$$

где m – масса ударной части молота, кг; v – ударная скорость вибромолота, м/с ($v \leq 2$ м/с); R – условный коэффициент восстановления скорости при ударе ($-1 \leq R \leq +1$).

Вибропогружатели и вибромолоты работают в комплексе с копром или стреловым самоходным краном.

Шпунтовыдергиватели предназначены для извлечения из грунта металлических свай, труб и шпунта длиной 10...20 м. Наибольшее распространение получили шпунтовыдергиватели виброударного действия, работающие по принципу вибромолотов. Они оснащаются клиновыми и гидравлическими наголовниками и эксплуатируются совместно со стреловыми самоходными кранами, экскаваторами-кранами и копровыми установками.

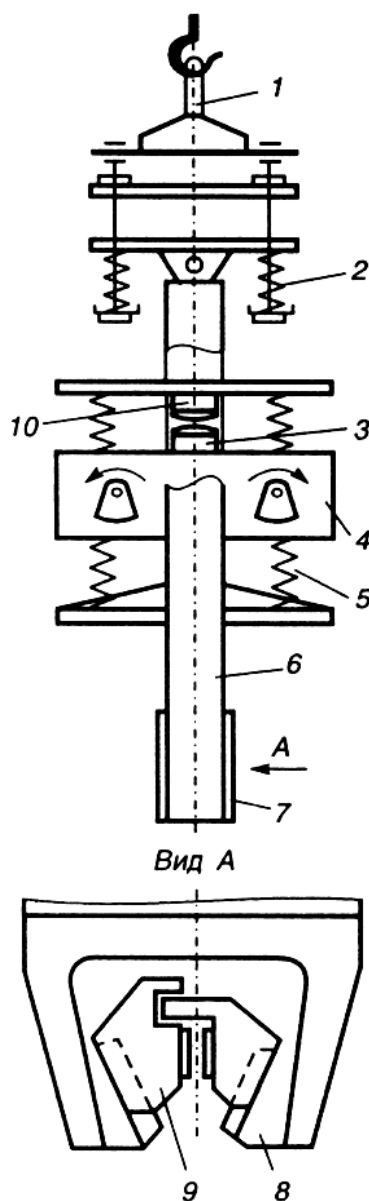


Рис. 8.9 Принципиальная схема шпунтовыдергивателя

Шпунтовыдергиватель (рис. 8.9) состоит из вибровозбудителя 4, виброизолятора 2, подвески 1, рамы 6 с клиновым захватом 7 и пульта дистанционного управления. В корпус вибровозбудителя вмонтированы два

электродвигателя, на консолях параллельных валов которых закреплены четыре дебаланса с регулируемым статическим моментом. При синхронном вращении дебалансов в разные стороны создаются вертикально направленные колебания. Вибровозбудитель опирается через витые пружины 5 на раму 6, которая ограничивает его движение сверху, в результате чего вибровозбудитель с бойком 3 наносит удары по раме с наковальней 10 с определенной частотой и энергией. Рама передает энергию удара извлекаемому элементу через клиновой захват, который состоит из двух клиньев 9, скользящих в направляющих 8.

Виброизолятор служит для гашения динамических нагрузок на грузоподъемное устройство, возникающих при работе вибровозбудителя, и состоит из комплекта витых пружины и рычагов. Шпунтовыдергиватели эксплуатируются совместно со стреловыми самоходными кранами грузоподъемностью до 25 т, гусеничными экскаваторами со стреловым оборудованием грузоподъемностью до 20 т и вертикальным телескопическим копровым оборудованием. Шпунтовыдергиватели имеют суммарную мощность электродвигателей 15...44 кВт, энергию удара 0,74...2,85 кДж, частоту ударов 8...16 Гц.

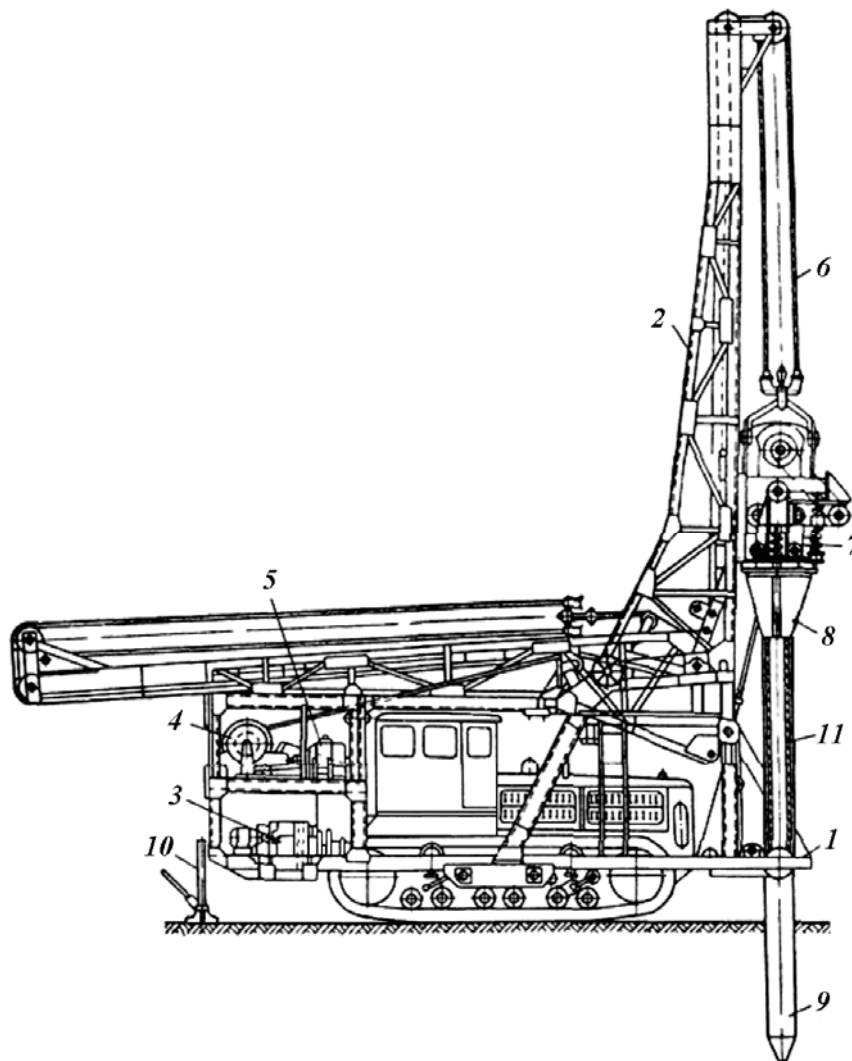


Рис. 8.10 Вибровдавливающая машина на базе трактора С-100

Кроме ударного и вибрационного погружения свай применяется метод **вдавливания**. При вдавливании сваи опускают переднюю опорную плиту, на

которую въезжает пригрузочный трактор. При массе трактора 40 т включением лебедки через шестикратный полиспаст на оголовник сваи давит усилие 35 т. Часто применяется комбинированное воздействие вдавливания и вибрации с помощью вибровдавляющего погружателя (рис. 8.10), представляющего собой навесное оборудование на тракторе, на котором установлена дополнительная рама 1, на ней спереди крепится направляющая стрела 2, а сзади – генератор 3 и двух-барабанная лебедка 4 с электродвигателем 5. На направляющей стреле подвешен на полиспасте 6 вибропогружатель 7 с наголовником 8, через который передается воздействие на погружаемую сваю 9. Дополнительно продольная устойчивость тракторного вибровдавляющего погружателя создается домкратами 10, устанавливаемыми под раму сзади трактора. В рабочее положение стрела устанавливается одним из двух барабанов лебедки. С помощью другого барабана и 12-кратного полиспаста 11 происходит вдавливание вибрируемой сваи.

Строительной спецификой Санкт-Петербурга является наличие в основании фундаментов зданий структурно-неустойчивых грунтов малой несущей способности. Этим объясняется непрерывно идущий и слабо контролируемый процесс осадочных деформаций и повреждений фундаментов многих зданий, значительная часть которых является объектами историко-культурного наследия. Выбор технологий реконструкции и строительства, в условиях неустойчивых грунтов, требует тщательного предварительного обследования реакций объектов на различные воздействия, в т.ч. ударные и вибрационные, в процессе работ. Недооценка их последствий ведет к значительным повреждениям рядом стоящих домов. По этой причине уже сотни из них находятся в аварийном состоянии, особенно на участках плотной застройки центра города.

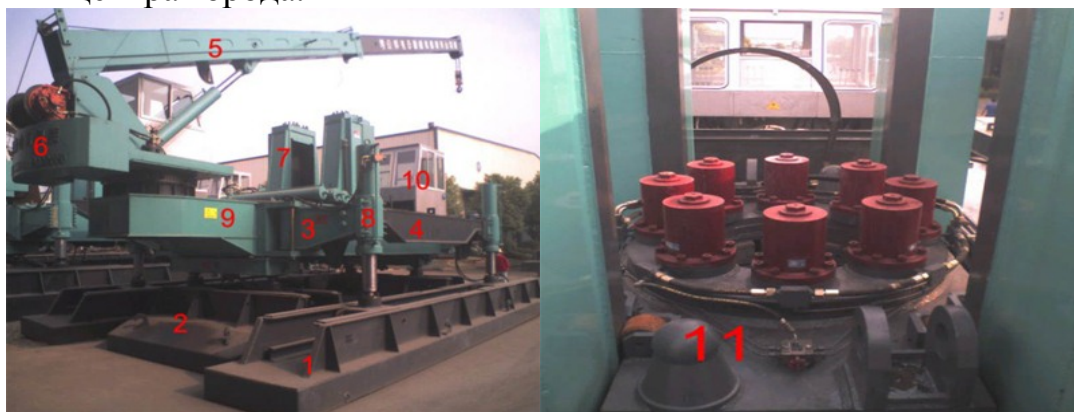


Рис. 8.11. Машина для вдавливания свай Z240 Sunward: 1 – длинная станина; 2 – короткая станина; 3 – вспомогательный кронштейн; 4 – балка противовеса; 5 – стрела крана; 6 – кран; 7 – направляющая шахта (сваевдавляющая платформа); 8 – вертикальный цилиндр; 9 – машина; 10 – кабина; 11 – корб захвата свай (между направляющими шахты 7)

Все это известно давно, и поиск не вызывающих активных деформаций зданий методов выполнения строительных работ, также давно является актуальной задачей. Особенно значимым является подбор безопасных режимов свайных работ в процессе укрепления фундаментов зданий, применение соответствующих технологий и оборудования. В настоящее время новая технология безударного статического погружения свай, разработанная ТОО

«Инжстрой» (Новгород Великий), предлагается совместно с НПСП «Северная пирамида» (Санкт-Петербург) к широкому внедрению (рис. 8.11, 8.12).

ОАО "Пролетарский завод" изготавливает сваевдавливающую установку СУПС-В, которая представляет собой специальную самоходную машину и обеспечивает статическое вдавливание свай сечением до 40×40 см без ограничения длины, с усилием вдавливания до 160 тонн. Вдавливание в грунт сваи или шпунта - надежный и простой способ закладки свайных фундаментов и шпунтовых ограждений. Он исключает динамические и вибрационные нагрузки на конструкции расположенных рядом зданий и сооружений, а также шум и удары при работе. Усилие вдавливания 160 тонн обеспечено введением специального механизма пригруза. Не исключен и способ погружения свай в предварительно пробуренные скважины, что позволяет вести работы в условиях наиболее тяжелых грунтов. Сравнительно небольшие габариты позволяют машине работать также в заводских цехах или других помещениях небольшой площади, где проводится реконструкция или фундаментные работы (рис. 8.13).



Рис. 8.12. Общий вид машины Z240 Sunward для вдавливания свай с усилием 240 т.



Рис. 8.13. Сваевдавливающая установка СУПС-В, выпускаемая ОАО «Пролетарский завод»

В плотные и связанные грунты оболочки диаметром 0,4...0,6 м погружают мощными паровоздушными молотами одинарного или двойного действия. В песчаные и малосвязные грунты оболочки диаметром 0,6...1 м погружают низкочастотными погружателями типа ВП-1, ВП-3.

Железобетонные оболочки диаметром

1,6...2 м погружаются низкочастотными вибропогружателями типа ВП-160, ВП-170, ВУ-1,6 и ПНВ-50/140. Оболочки диаметром 3, 4 и 5 м необходимо погружать двумя синхронно работающими вибропогружателями ВП-160, ВП-170 или ВП-250, установленными на общем наголовнике. Частоту вибрации следует выбирать исходя из группы грунта. При погружении свай-оболочки в песчаные грунты обычно применяют высокую частоту вибрации (600...800 в минуту). Для глинистых грунтов желательна меньшая частота вибрации (300...400 в минуту), но при этом необходимо увеличивать момент эксцентриков. У сблокированных вибропогружателей параметры суммируются. Это дает возможность спаренными вибропогружателями погружать оболочки диаметром 3, 4 и 5 м на глубину до 15 м в грунты средней плотности. Например, электродвигатель вибропогружателя ВЛ-160 имеет мощность 160 кВт.

Вибропогружатели к оболочкам крепятся посредством переходного патрубка. Ось вибропогружателя при этом должна быть соосна оси оболочки. Гайки болтов крепления вибропогружателя к переходному патрубку и переходного патрубка к оболочке должны быть хорошо затянуты. В процессе погружения оболочки гайки нужно неоднократно подтягивать, для чего монтажнику необходимо несколько раз подниматься к вибропогружателю на высоту 8...10 м. Поэтому в последнее время созданы безболтовые переходные патрубки с механическими или гидравлическими зажимами, автоматически закрепляющими вибропогружатель и сваю-оболочку.

Погружению свай-оболочек препятствуют возрастающие силы трения грунта по внутренней поверхности оболочек, поэтому в процессе погружения периодически удаляют грунт из внутренней полости при помощи грейферов, эрлифтов, гидроэлеваторов и т.п.

В слабосвязанных грунтах для уменьшения сил трения иногда применяют подмыв. Подмывные трубы крепятся специальными хомутами снаружи к погружаемой оболочке. Нижние концы труб снабжаются насадками с одним центральным и четырьмя боковыми отверстиями. Диаметр отверстий 8...18 мм. Насосная установка, применяемая для подмыва, должна обеспечивать давление 0,5...1 МПа (5...10 кгс/см²) при производительности 150 м³/ч на каждую подмывную трубу. Количество подмывных труб выбирается из расчета одна труба на 1...1,5 м периметра оболочки.

Вибропогружатель с регулируемыми параметрами ПНВ-50/140 (рис. 8.14) позволяет в процессе погружения изменять режим вибрирования и амплитуду вынужденных колебаний вибросистемы и используется для погружения оболочек различного веса и размеров. Вибропогружатель состоит из двух вибраторов 1, фундаментного переходника 2 приводных электродвигателей 3 автоматического наголовника 4 и пульта управления 5. Вибратор представляет собой сварной корпус, в котором установлены два грузовых вала. На валах жестко установлены эксцентрики с гидравлическим приводом изменения радиуса инерции. Вращение дебалансных валов синхронизируется парой цилиндрических шестерен, жестко закрепленных на концах грузовых валов. Вибраторы монтируются на полом фундаменте-переходнике, представляющем

собой обечайку с отверстием 1400 мм. Снизу к переходнику крепится автоматический наголовник. Отверстие в фундаментном переходнике вибратора позволяет в процессе погружения опускать в полость оболочки грунторазрабатывающие и грунтоудаляющие механизмы. Вибраторы машины вращаются двумя электродвигателями мощностью по 75 кВт.

Автоматический наголовник для крепления вибропогружателя к погружаемой оболочке включает верхнюю и нижнюю обечайки, соединенные между собой болтами. Между фланцами и косынками верхней обечайки наголовника по периметру размещены четыре шарнирно закрепленных гидравлических домкрата грузоподъемностью по 20 т каждый. К штокам домкратов подвешены зажимные фартуки. Насосная станция, питающая домкраты, размещена внутри верхней обечайки. Работа наголовника контролируется с пульта управления вибропогружателем.

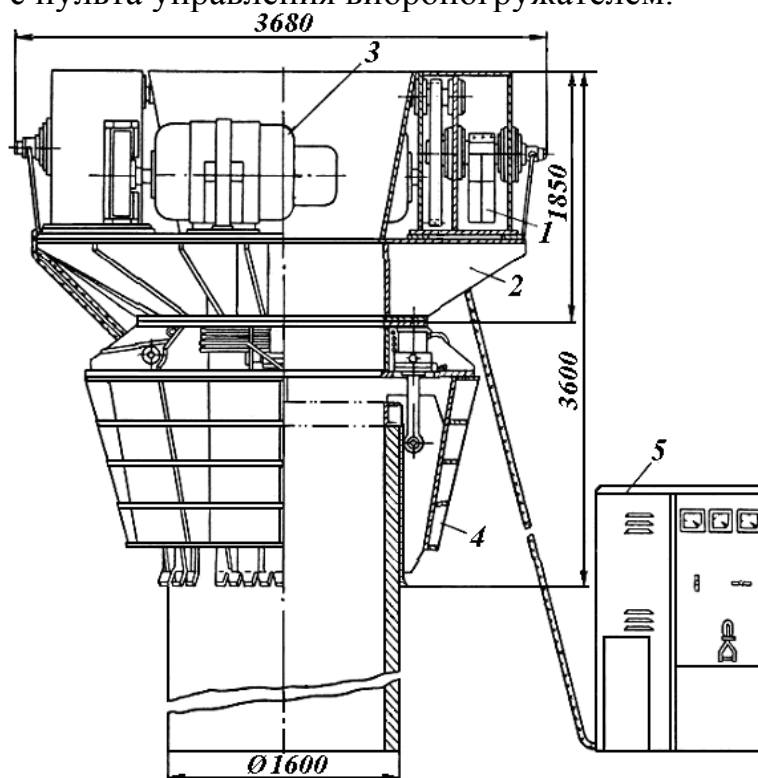


Рис. 8.14. Вибропогружатель для свай-оболочек ПНВ 50/140

На рис.8.15. приведена схема **установки для завинчивания свай**. Сваю, снабженную винтовой лопастью, подают в трубу-оболочку, вращением которой завинчивают сваю, а затем освобождают ее от оболочки с помощью специального механизма. Винтовые лопасти остаются в грунте, в качестве опорных башмаков.

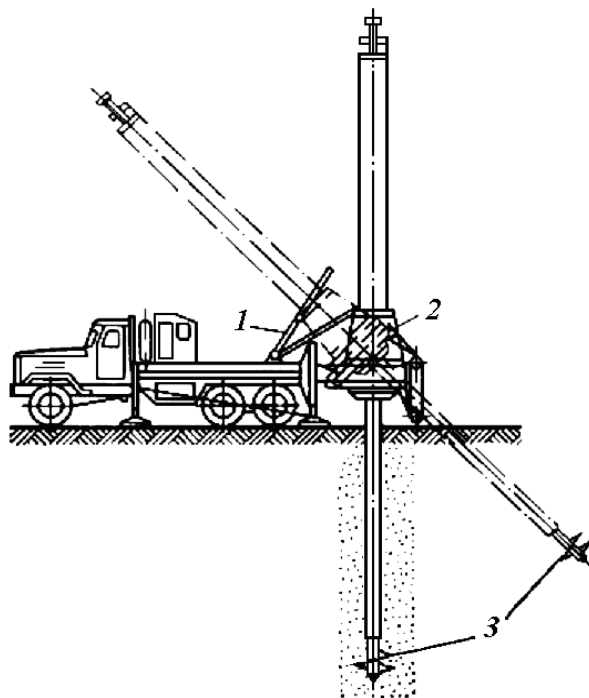


Рис. 8.15. Установка МЗС-13 для завинчивания свай:

1 – устройство для изменения наклона трубы рабочего органа; 2 – привод рабочего органа; 3 – свая

8.3 Оборудование для погружения свай в мерзлые грунты

При строительстве на вечномерзлых грунтах применяется один из двух вариантов. Вечномерзлые грунты могут использоваться в качестве основания под здания и сооружения. Сущность этого варианта заключается в поддержании мерзлого состояния грунта в течение всего периода эксплуатации сооружений. По второму варианту грунты могут находиться в оттаивающем или оттаявшем состоянии.

При устройстве свайных фундаментов на вечномерзлых грунтах сваи погружают следующими способами (рис. 8.16): *а* – установка свай при помощи грузоподъемных механизмов в пробуренные скважины с заполнением их грунтовым раствором; *б* – погружение свай в предварительно оттаянный грунт в местах погружения паровыми или электроиглами; *в* – забивка свай в пробуренные лидерные скважины, диаметр которых меньше наименьшего размера поперечного сечения свай (этот способ принято называть бурозабивным); *г* – забивка свай в вечномерзлый грунт без предварительной подготовки.

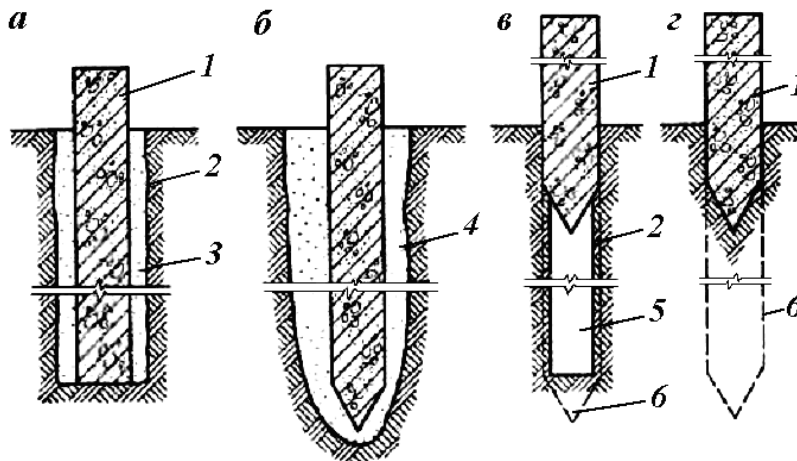


Рис. 8.16. Схемы погружения свай в вечномерзлые грунты:

1 – свая; 2 – стенка скважины; 3 – грунтовой раствор; 4 – оттаянный грунт; 5 – лидерная скважина для бурозабивной скважины; 6 – проектное положение свай

Первые два способа более эффективны при наличии твердо-мерзлых грунтов – прочно сцементированных песчаных и глинистых, имеющих температуру от $-0,3 \dots -1,5^\circ$ и ниже. Для этих грунтов характерно относительно легкое (хрупкое) разрушение. Мерзлый грунт в местах погружения свай отогревают с применением теплоэлектронагревателей (ТЭНов), электродов, а также газовых горелок и другими способами. Сущность этих способов заключается в том, что тепло, вводимое в мерзлую толщу грунта, расплавляет почвенный лед и грунт оттаивает. Важное значение имеет выбор направления теплового потока, которое зависит от способа передачи тепла от нагревательного прибора к грунту. Применяется прогрев грунта сверху вниз, радиальный и снизу вверх. Для отогрева грунта сверху вниз, как правило, применяют топливо (твердое, жидкое и газообразное). С этой целью используют электронагревательные устройства (отражательные электропечи, горелки инфракрасного излучения) и химические способы.

При оттаивании грунта с помощью электроэнергии по схеме снизу вверх применяют, как правило, глубинные электроды. Для этого можно использовать нагреватели с регулируемой длиной активной части. Активная часть всегда находится в нижней части шпура, а верхняя часть стержня – вне скважины. Толщину слоя непрогрева, защищающего от утечки тепла, обычно принимают равной 10...15 см. Отогрев зоны грунта диаметром 40...50 см занимает 16...20 ч. Мощность одного нагревателя – 1,5...2,5 кВт.

При радиальном направлении оттаивания тепловой поток распространяется во все стороны перпендикулярно к установленному ТЭНу в мерзлой зоне грунта. Шпуры для ТЭНов бурят диаметром 4...10 см и глубиной не менее $3/4$ толщины мерзлого слоя. В этих случаях применяют трубчатые электронагреватели, электронагреватели коаксиальные, инфракрасного излучения и др.

В технологической схеме подготовки грунта этим способом предусмотрены следующие операции: бурение скважин-шпуров диаметром 5...8 см; установка ТЭНов в пробуренные шпуры; утепление грунта в местах установки ТЭНов и подключение их; прогрев и термоосмосное выдерживание грунта; отключение ТЭНов и перенос их на новое место. Для утепления скважин после установки в них электродов применяют шлаковату, стекловату, шевелин, опилки.

Электронагреватели инфракрасного излучения так же, как и ТЭНов, устанавливают в предварительно пробуренные шпуры. Применение ТЭНов инфракрасного излучения позволяет отогреть за 5...6 ч зону грунта в диаметре 40...50 см при температуре наружного воздуха -25° . В последнее время для отогрева грунтов широко применяют коаксиальные электронагреватели, которые безопасны в эксплуатации, и их можно устанавливать в контакте с грунтом любой влажности. Между собой нагреватели соединяют медными или алюминиевыми шинами. В качестве источников питания используют силовые трансформаторы

или передвижные электростанции. Способы установки коаксиальных электронагревателей и их утепление такие же, как при применении ТЭНов.

Бурозабивным и забивным способами обычно погружают сваи при устройстве фундаментов в тех районах, где вечномёрзлые грунты находятся в пластичномёрзлом состоянии. Такие грунты хотя и сцементированы льдом, но обладают свойствами вязкости; при передаче нагрузок они способны сжиматься.

Способ проходки скважин зависит как от мерзлотно-грунтовых условий площадки, так и от способа погружения свай. Так, при погружении их бурозабивным способом поверхность стенок скважины должна быть ровной, а поперечные размеры соответствовать проектным. Для образования таких скважин применяют машины вращательного бурения и трубчатые буры. Эффективность бурового оборудования в значительной мере зависит от конструкции режущей части рабочего органа – бура. Высокой производительностью отличаются буры с твердосплавными резцами.

При бурении скважин трубчатыми бурами, как правило, используют те же машины, что и для забивки свай. Трубчатый бур представляет собой стальную трубу со стенками 1 толщиной 12...19 мм, скрепленными верхним торцом 2 с рабочим органом сваепогружающего агрегата (рис. 8.17, а). В боковой поверхности трубы имеется отверстие для удаления керна 3 из внутренней полости лидера, куда поступает грунт. В нижней части лидера имеется наконечник 4, изготовленный из стали повышенной прочности. Он позволяет получить скважину на 10...20 мм больше наружного диаметра трубы и извлекать керн (грунт) диаметром на 10...12 мм меньше внутреннего диаметра трубы.

Бур вначале устанавливают на точку будущей скважины, потом погружают лидер на заданную отметку и извлекают лидер из скважины. При бурении следующей скважины грунт выдавливается из трубы 1.

Для уменьшения начального усилия, необходимого для извлечения лидера 5, его оснащают специальным устройством (рис. 8.17, б), состоящим из нижней 1 и верхней 2 плит и пружин 4, прикрепленных к плитам болтами 3. Между трубой 5 и плитой 1 имеется зазор 6. При воздействии нижней подвижной плиты на поверхность мерзлого грунта сжимаются пружины, напряжение которых значительно снижает начальные усилия при извлечении лидера из скважины.

При строительстве на засоренных территориях (места свалок), где бурить скважины трубчатыми бурами затруднительно, применяют пробойники и клинья. На рис. 8.17, в показана схема клина конструкции НИИПромстроя, оснащенного отталкивающим устройством (1 – клин; 2, 3 – плиты; 4 – пружина; 5 – болт).

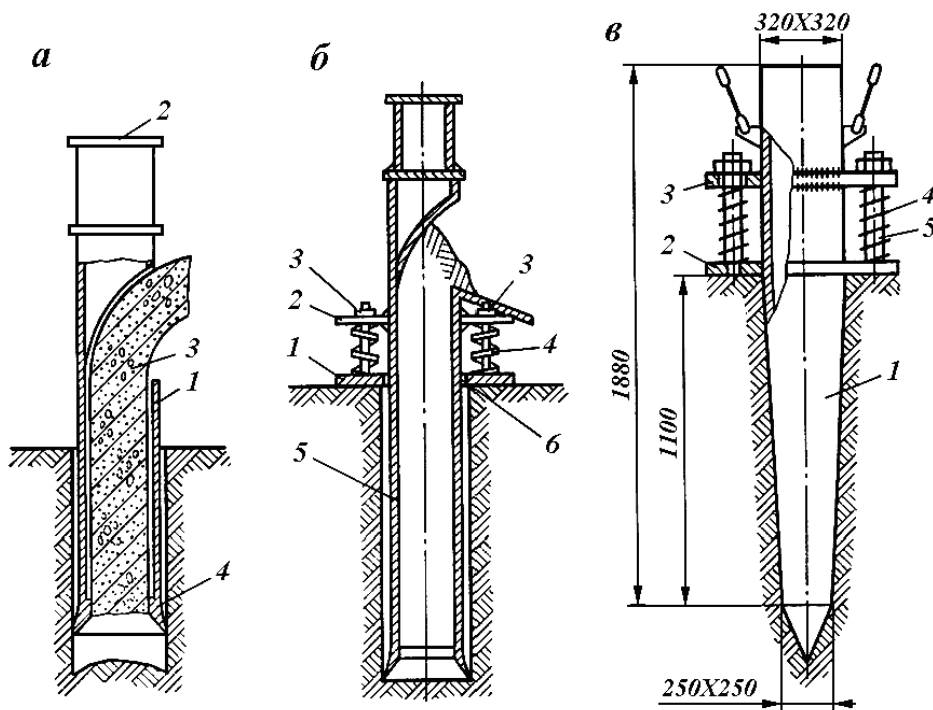


Рис.8.17. Устройства для образования скважин под сваи:

а – трубчатый бур с ножами кесонного типа; *б* – то же с отталкивающими пружинами и опорной плитой; *в* – клин конструкции НИИПромстроя

Технология погружения свай в скважины заключается в разбурировании и заливке ее грунтовым раствором и установке свай в скважину. Возможен вариант заливки раствором и после установки свай. В ряде случаев скважины заполняют до установки свай глинистым раствором. Последний отжимается опускаемой сваей вверх и плотно заполняет пазухи между стенками свай и скважиной.

Для заливки скважины после установки свай применяют как глинистый, так и песчаный раствор. В практике строительства чаще используют глинистые растворы, которые не требуется уплотнять в отличие от песчаных растворов.

Для ускорения смерзания свай с грунтовым раствором применяют различные способы, ускоряющие замораживание грунтов. К числу их относятся предварительное охлаждение скважины наружным воздухом – отсасыванием воздуха из скважины вентилятором или компрессором, а также охлаждение холодным воздухом свай, имеющих специальные полости для нагнетания воздуха.

8.4. Устройства для срезки свай

В состав работ по устройству ростверков в зависимости от их конструктивного решения входят: срубка (срезка) голов свай, устройство опалубки, установка арматурных каркасов и бетонирование (в монолитных и сборно-монолитных ростверках); срубка голов свай и монтаж элементов сборных ростверков.

До начала работ по устройству монолитного ростверка или монтажа элементов сборного ростверка необходимо составить исполнительную схему на погруженные или изготовленные буронабивные сваи. В ней указывают

фактическое положение свай в плане и высоту выступающей части. Отклонения не должны превышать допусков, предусмотренных СНиП.

После приемки забитых свай на них наносят отметки линий, выше которых головы свай требуется удалить. При этом учитывают необходимую высоту сопряжения свай с ростверком, которая зависит от характера прилагаемых нагрузок.

В свайном фундаменте, рассчитанном на вертикальные нагрузки, головы свай заделывают в сборный ростверк на 25 см, а в фундаментах, воспринимающих горизонтальные нагрузки, глубина заделки должна быть не менее 40 см, выпуски концов арматуры – не менее 10 см. При сопряжении голов свай с монолитным ростверком в фундаментах, работающих на вертикальные нагрузки, допускается заделывать головы свай на глубину 5...10 см без заделки выпусков арматуры.

В связи с тем, что забить сваи на заданную отметку удастся не всегда, приходится срезать (срубать) их головы до требуемого уровня. Применяемые в настоящее время для этих целей устройства разрушают бетон ствола свай механическим, взрывным и термическим способом.

Тип устройства, применяемого для срезки свай, зависит от способа сопряжения свай с ростверком, а также от сечения сваи и ее конструктивных решений. Опыт показывает, что при устройстве всех видов ростверков можно применять все названные способы. Для подготовки голов свай к опиранию на них плитного или панельного ростверка целесообразно применять установки, обеспечивающие горизонтальность верха срезаемых свай. Для этого были разработаны устройства различных типов.

В практике широко применяют механические способы срубки (срезки) концов свай. Установка, применяемая на объектах Главкузбасстроя работает по принципу разрушения бетонного ствола свай клиновыми резцами, которые приводят в движение гидроцилиндры, питаемые от автономной приводной станции. Рабочим органом установки являются зубья: два подвижных на каретке и два неподвижных на передней части. Каретка с закрепленными на ней зубьями перемещается посредством гидроцилиндров, подключенных к автономной приводной станции. Устройство навешивают на сваю при помощи грузоподъемного механизма. Обслуживают установку два оператора и машинист гидроподъемной машины. В смену таким устройством можно срезать 100...150 свай сечением 35×35 и 30×30 см. Масса навесного устройства для срезки свай – 270 кг, мощность электродвигателя – 4,5 кВт.

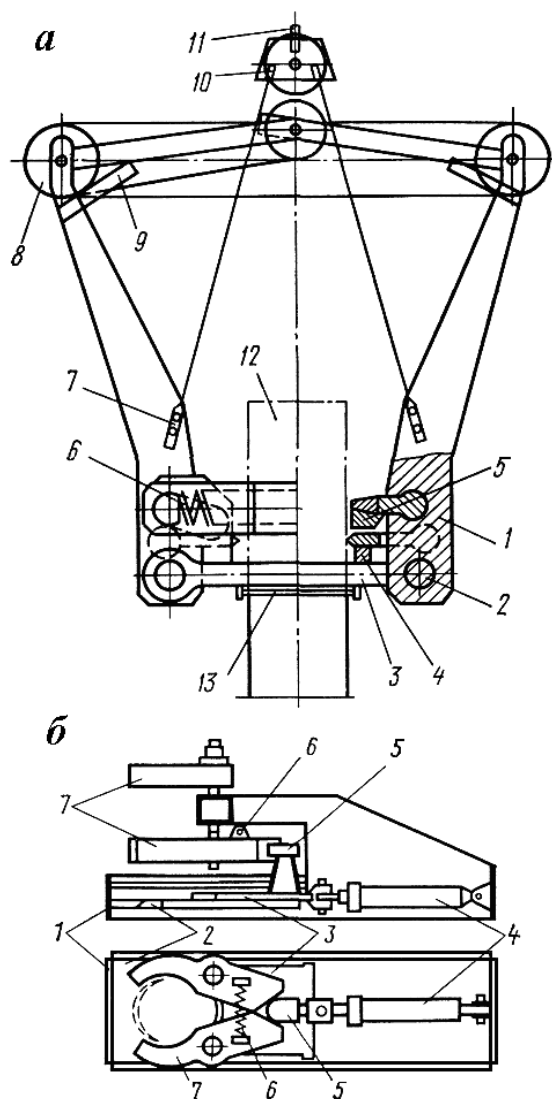


Рис. 8.18. Оборудование для срезки голов свай:

а – конструкции Главдальстроя: 1 – рычаг; 2 – палец; 3 – рама; 4 – нижний нож; 5 – верхний нож; 6 – пружина; 7 – монтажный крючок; 8 – полиспаст; 9 – упор; 10 – петля; 11 – тяговая петля; 12 – свая; 13 – струбцина;
б – сваерез с захватом: 1 – корпус; 2 – неподвижный нож; 3 – подвижный нож; 4 – гидроцилиндр; 5 – клин; 6 – пружина возврата; 7 – рычаги

Устройство для срезки концов свай конструкции Главдальстроя (рис. 8.18, *а*) состоит из двух рычагов 1, соединенных в нижней части рамой 3, а в верхней через полиспаст – гибкими связями. Рабочий орган представляет собой две пары ножей 4 и 5, возвратное 6 и монтажное 7 устройства. Установку навешивают на крюк грузоподъемного механизма и опускают на сваю 12, на которой предварительно закрепляют струбцину 13. После этого с монтажных крючьев снимают канаты и подают команду для подъема тягового блока. При этом рычаги сходятся вместе с закрепленными на них ножами. После разрушения бетона и оголения арматуры прекращают подъем тягового блока, и по мере опускания его рычаги под действием возвратного устройства становятся в исходное положение. Установку обслуживает звено из трех человек. Двое рабочих по заданным отметкам устанавливают струбцины, а звеньевой вместе с крановщиком срезает оголовки. После этого при помощи бензореаза обрезают оставшуюся арматуру. Недостатком этого устройства является необходимость последующей срезки арматуры. Наибольшее сечение

срезаемых свай – 30X30 см, высота зоны оголения арматуры – 25...30 см, установка срезает в смену 130...150 свай.

Сваерез конструкции треста Спецфундаментстрой (Нижний Новгород), обеспечивающий срезку свай без огола ее граней за пределами линии среза (рис. 8.18, б) представляет собой сварной корпус, в котором установлен неподвижный нож. Этот нож имеет форму полуокружности и размещен над неподвижным ножом, который перемещается гидроцилиндрами. Режущие поверхности ножей изготавливают из высокопрочных сталей.

Для срезки свай такое устройство при помощи грузоподъемного механизма устанавливают на сваю. Подвижной нож срезает сваю вместе с арматурой и проходит под неподвижным ножом. При этом обрубок сваи, остающийся на подвижном ноже, поворотом платформы выносятся за пределы зоны срезки. Производительность сваереза – более 150 свай в смену.

Сваерез с вибрационным воздействием (рис. 8.19) позволяет существенно снизить силу резки (см. авт. свид. 1007861, Б.И. 1983 г. № 12, авторы Волков С.А., Евтюков С.А.). Данная конструкция приведена, как перспективная, позволяющая снизить силу резки и этим повысить надежность или обеспечить срез свай больших поперечных размеров.

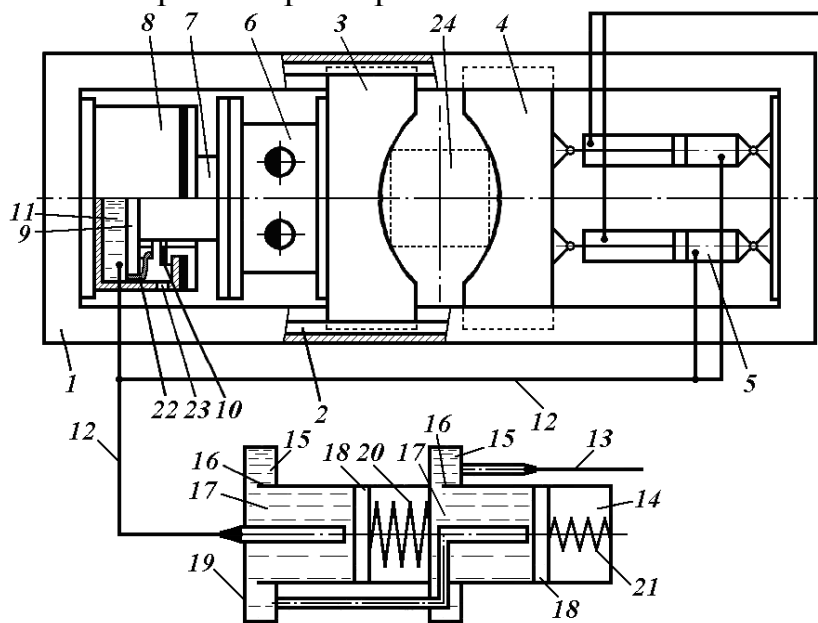


Рис. 8.19. Устройство для виброрезки свай

Он выполнен в виде замкнутой рамы 1 с направляющими 2 для ножей 3 и 4. Нож 4 перемещается, например, двумя силовыми гидроцилиндрами 5, а нож 3 силовым гидроцилиндром 8, имеющим площадь поперечного сечения больше, чем гидроцилиндры 5. Между штоком 7 гидроцилиндра 8 и ножом 3 установлен вибратор направленного действия 6. На корпусе силового гидроцилиндра 8 под поршень 9 устанавливается упругий, например, резиновый амортизатор 10. Величина, хода поршня 9 должна несколько превышать максимальную амплитуду колебаний, чем определяется длина силового цилиндра 8. В связи с малой величиной перемещения поршня 9 силового цилиндра 8 для упрощения изготовления между корпусом силового цилиндра 8 и поршнем 9 уплотнение проще выполнить в виде кольцевой

диафрагмы 22, закрепляемой как на стенке опорного цилиндра 8, так и на поршне 9. Полость силового цилиндра 8, не заполняемая рабочей жидкостью, должна соединяться с атмосферой отверстием 23. Рабочая полость 11 силового цилиндра 8 соединена трубопроводом 12 с рабочими полостями силовых цилиндров 5 и с напорной магистралью 13 через гаситель в виде последовательно установленных гидроаккумуляторов 14. Соотношение размеров стенки кольцевой камеры 15 и буртика 16 таковы, что имеется зазор между буртиком 16 и крышкой 19 гидроаккумуляторов 14.

Вибратор 6, воздействуя на нож 3 и через его режущую кромку на сваю 24, воздействует также через шток 7 и поршень 9 на рабочую жидкость, расположенную в рабочей полости силового цилиндра 8. За счет того, что рабочая жидкость не сжимаемая, вибрация через рабочую жидкость передается в рабочую полость силовых цилиндров 5, создавая также кроме статического и вибрационное воздействие ножа 4 на сваю 24.

В практике устройство для срезки свай подсоединяется к гидросистеме базовой машины, например экскаватора. Гидроаккумулятор 14, первый воспринимающий колебания, имеет упругий элемент 20, например пружину довольно значительной жесткости, диафрагма или поршень 18 имеет небольшие колебания. Колебания рабочей жидкости, ослабленные частично поршнем 18 с упругим элементом 20 и частично за счет отражений в расширенной, по сравнению с трубопроводом 12, рабочей камеры 17 гидроаккумулятора 14, передаются через кольцевую камеру в другой гидроаккумулятор 14 с диафрагмой или поршнем 18 с более жестким упругим элементом 21, который вместе с эффектом отражения волн в рабочей камере 17 и в кольцевой камере 15, практически гасит колебания, не пропуская их в гидросистему базовой машины.

Форма режущих кромок ножей 3 и 4 обеспечивает концентрацию усилий на ножах, а вибрация приводит к снижению этих сил.

Установка СП-61, Орского завода строительных машин (рис. 8.20), работает по принципу скручивания ствола сваи, для чего требуются меньшие затраты мощности и времени. Этим устройством можно захватывать сваю сбоку в любом ее месте, выступающем над поверхностью земли. Шарнирные губки и гидрозажим передают нагрузку по всем боковым граням сваи.

Устройство СП-61 может работать как с собственной станцией, так и в качестве навесного оборудования на машинах с гидравлическим приводом: экскаваторах и кранах. В этом случае безнасосную станцию подвешивают на стрелу, подключают ее к насосной станции базовой машины и управляют из кабины машиниста.

Основными узлами установки являются верхний 1 и нижний 2 захваты, держатель 5, служащий для охвата сваи 3, гидроцилиндр 4 для перемещения захватов с держателями и два гидроцилиндра 7 с гидрозажимами 6, на стяжках с цилиндрическими шарнирами 8 для охвата сваи без зазора.

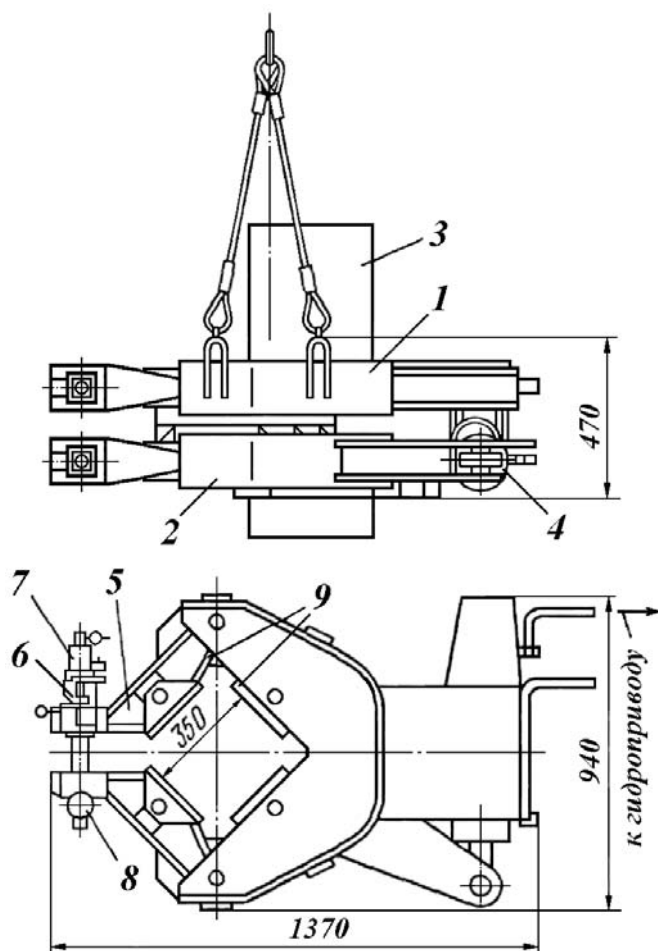


Рис. 8.20. Схема устройства для скручивания железобетонных свай

Сечение срезаемых свай – 30×30 см, наименьшая высота срезки – 0,18 м, установленная мощность – 5,5 кВт, масса устройства – 630 кг, масса бензонасосной станции – 460 кг, производительность – срезка 12 свай в 1 ч.

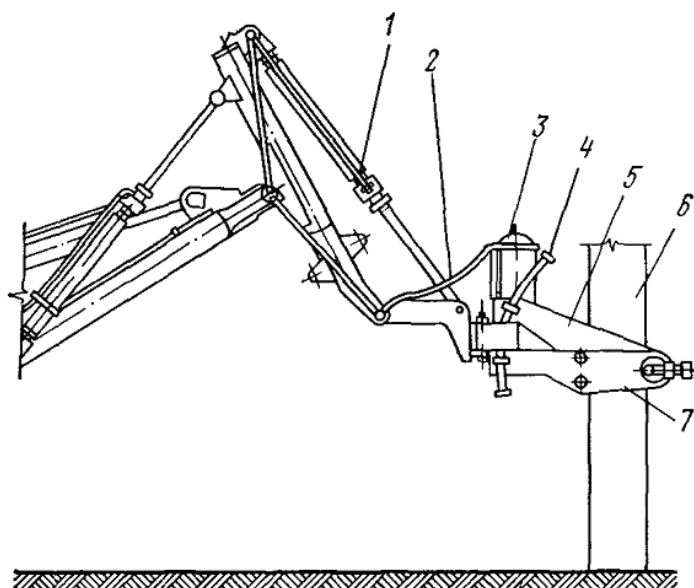


Рис. 8.21. Схема сваелома:

1 – гидроцилиндр ковша экскаватора; 2 – шланги высокого давления; 3 – гидроцилиндр сваелома; 4 – направляющие дуги; 5 – верхний рычаг; 6 – свая; 7 – нижний рычаг

Сваелом конструкции П.П. Супруна состоит из рамы, нижнего и верхнего рычагов. Нижний рычаг неподвижный, верхний может поворачиваться относи-

тельно оси при помощи гидроцилиндра. Бетон разрушается вследствие создания в свае изгибающего момента и разрушения в зоне растягивающих напряжений. Сваелом обслуживают двое рабочих. Гидроцилиндр сваелома подключают к гидросистеме механизма, на который его навешивают. Для этой цели можно использовать экскаватор на базе трактора «Беларусь» (рис. 8.21).

Сваеруб конструкции СКБ Мосстрой Главмосстроя (рис. 8.22), использующий пороховой заряд, состоит из следующих основных частей: П-образного корпуса с закрепленным на нем по контуру щитом, предохраняющим от разлета осколков, подвижного ножа корпуса, перемещающегося при работе по продольным осям откидного неподвижного ножа, расположенного в траверсе, и установочного свайного хомута с направляющими под опорные рамки-каретки, смонтированными на корпусе сваеруба. Механизм выстрела располагают на корпусе. На сваю сваеруб навешивают при помощи грузоподъемного устройства. После этого свободные концы корпуса замыкают траверсой с неподвижным ножом, заряжают и производят выстрел, под действием которого свая срезается под отметку. Цикл работы сваеруба завершается выбросом гильзы, снятием хомута и транспортировкой срезаемого конца сваи за пределы свайного поля. Масса сваеруба – 300 кг, производительность его – 160 свай в смену.

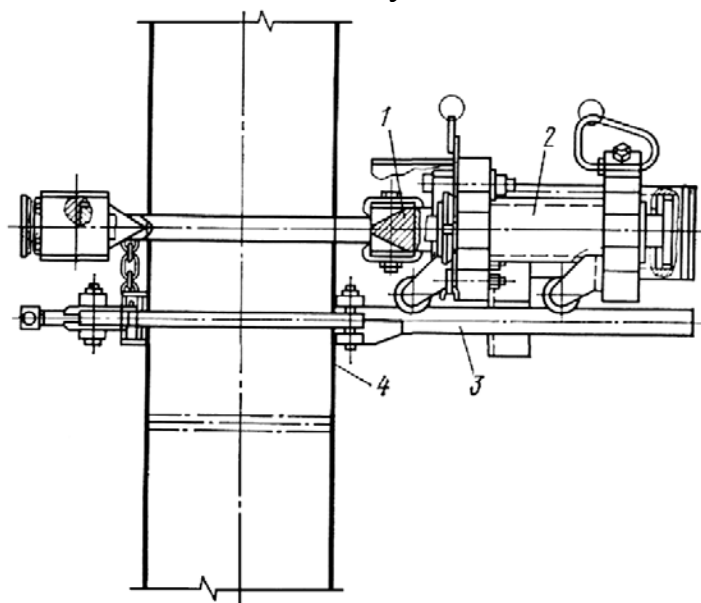


Рис. 8.22. Схема порохового сваеруба:

1 – клиновые зубья; 2 – механизм подачи; 3 – рама; 4 – свая

Способ огневой срезки концов железобетонных свай основан на использовании свойства бетона разрушаться под действием высокотемпературного нагрева факелом горелки ракетного типа. Горючую смесь (керосин, кислород, сжатый воздух) подают к горелке по шлангам от специальной передвижной станции. Этим способом наиболее целесообразно срезать концы свай с большим количеством стержней арматуры.

В сборных ростверках для обеспечения горизонтальности торца сваи используют устройства С-993, оснащенные вращающимися дисками, армированными алмазными или карборундовыми вставками. Мощность электродвигателя этого устройства – 9,5 кВт, масса – 600 кг, производительность – 6...7 свай в 1

ч. Для спиливания свай устройство грузоподъемным механизмом устанавливают на головку сваи и закрепляют гидрозажимами в положении, обеспечивающем расположение дисков на уровне линии срезки. После этого приводят в действие алмазно-металлические диски включением электродвигателя. Установку обслуживает крановщик и двое рабочих. Широкое применение установок этого типа сдерживается необходимостью охлаждения дисков водой. Применяют также и другие спиливающие устройства, одно из которых приведено на рис. 8.23, а. Заданный уровень срезки обеспечивается с помощью прибора управления лучом лазера (ПУЛ). Шпиндель пилы укреплен на кронштейне, который может перемещаться по вертикали и горизонтали с помощью гидроцилиндров. Приемником ПУЛ, укрепленным на шпинделе, определяют высоту подрезки. Применение этого механизма обеспечивает высокую точность срезки.

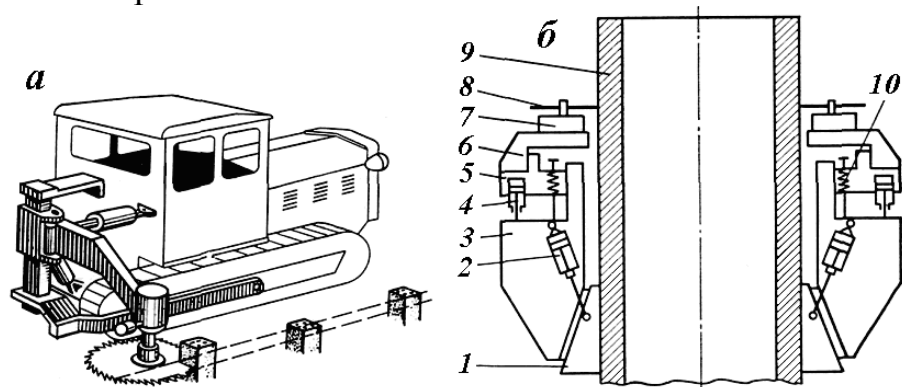


Рис.8.23. Устройство для спиливания концов свай:

а – на базе трактора; б – схема устройства для срезки голов полых свай: 1 – зажимы; 2 – гидроцилиндры; 3 – станина; 4 – гидродомкраты; 5 – кольцевая платформа; 6 – поворотный круг; 7 – суппорт; 8 – режущие диски; 9 – полая свая; 10 – винтовые домкраты

Для спиливания голов полых свай можно использовать устройство конструкции ПКБ Главстроймеханизация Минтрансстроя (рис. 8.23, б). Рабочие органы этого устройства (диски) перемещаются в радиальном направлении по отношению к свае. Перед началом работы, когда устройство находится на земле, суппорты, диски и поворотный круг ставят в исходное положение. На сваю устройство опускают при помощи крана и крепят его зажимами. Точную наводку дисков на линию среза сваи-оболочки производят с помощью гидравлических домкратов. Затем фиксируют положение инструмента винтовым домкратом. Вращающиеся диски перемещаются по периметру сваи-оболочки. Скорость резания регулируют изменением скоростей подачи суппортов и вращения поворотного круга.

Для устройства ростверков на свайном основании часто требуется срезать сваи таким образом, чтобы оставались выше среза арматурные стержни заданной длины. Для этого разработано устройство для срезки железобетонных свай, разрушающее бетон и позволяющее срезать арматурные стержни выше уровня среза сваи (авт. свид. 1176028, Б.И. 1985 г. № 32, авторы Волков С.А., Евтюков С.А., Киселев Г.М., Ражев В.П.).

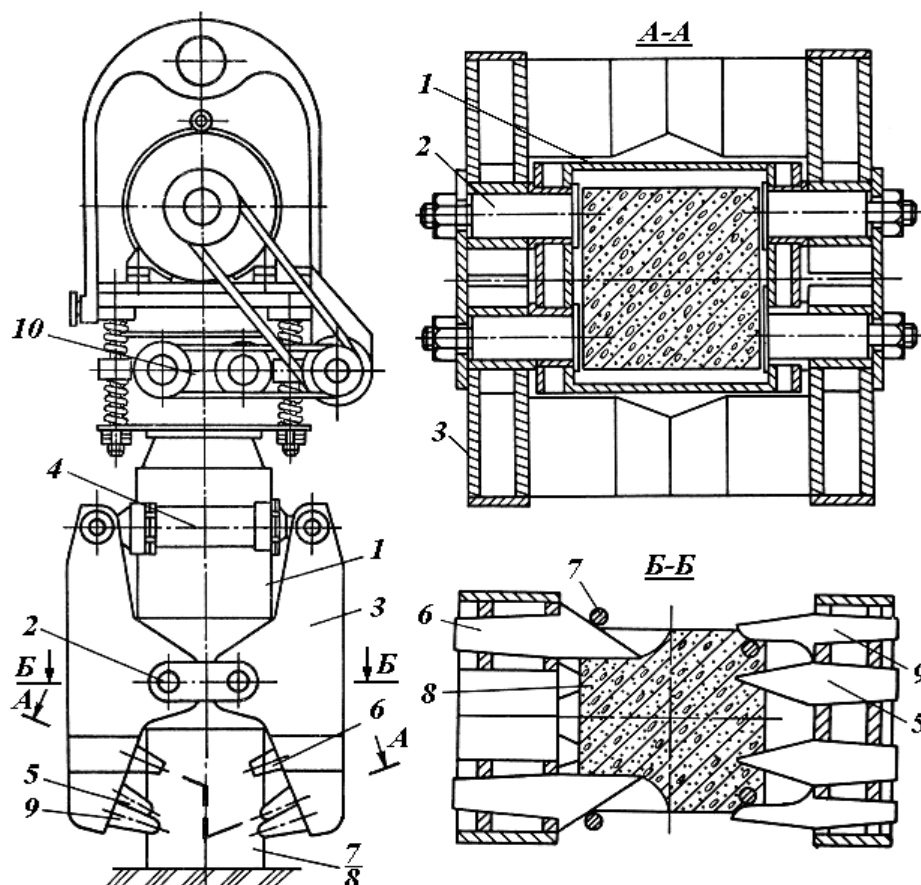


Рис. 8.24. Устройство для срезки свай с сохранением арматуры над срезом

Устройство (рис. 8.24) содержит вибровозбудитель 10, замкнутую полу раму 1, закрепленные на ней посредством шарниров 2 двуплечие рычаги 3, одни концы которых соединены гидроцилиндрами 4, и режущие органы 5, выполненные, например, в виде конусных клиньев и закрепленные на свободных концах рычагов. С целью снижения энергоемкости срезки, каждый рычаг снабжен ножами-фиксаторами 9, имеющими в плане рабочие опорные поверхности, параллельные между собой и расположенные под режущими органами, и парой зубьев 6, имеющих в плане форму клина и размещенных над режущими органами, при этом расстояние по вертикали между зубьями для отгиба арматуры и ножами-фиксаторами равно не менее десяти диаметров арматуры свай, а вибровозбудитель установлен в верхней части рамы. Зубья 6 служат для отгиба вертикальных арматурных стержней 7 и извлечения их из тела сваи 8. Вибровозбудитель 10 закреплен в верхней части рамы и способствует снижению усилия разрушения бетона и съема срезанной части с продольных арматурных стержней. Направление колебаний вибровозбудителя совпадает с осью сваи 8.

Устройство работает следующим образом. С помощью крана устройство надевают на сваю 8 таким образом, чтобы ножи-фиксаторы 9 своими режущими кромками были установлены на отметке среза сваи 8. Рабочую жидкость подают в рабочую полость силовых гидроцилиндров 4. Силовые гидроцилиндры 4 воздействуют на рычаги 3, а те, в свою очередь, — через режущие органы 5, зубья для отгиба арматуры 6 и ножи-фиксаторы 9 — на сваю 8. Когда режущие органы 5 внедряются в сваю 8 на половину своей длины, а

ножи-фиксаторы на всю длину, включается вибровозбудитель 10, который, непосредственно воздействуя на сваю 8 через режущие органы 5 и зубья 6, создает в месте среза сваи 8 переменные напряжения растяжения-сжатия, при этом на устройство воздействуют тяговым канатом, который весь цикл срезки сваи 8 должен оставаться слегка натянутым.

Устройство обеспечивает срезку железобетонных свай, расположенных в ряд или кустами, и съем срезанной части без нарушения арматуры.

8.5. Машины и оборудование для изготовления буронабивных свай

Набивные сваи после их изобретения и внедрения в России в 1899 г. широко применяют во многих странах мира. В последние несколько десятилетий объем применения набивных свай значительно возрос. Такие сваи целесообразно устраивать на площадках со сложными инженерно-геологическими условиями, затрудняющими или делающими невозможным применение забивных свай; на площадках с большой толщей просадочных грунтов; в застроенных районах, где погружение забивных свай может привести к деформациям элементов несущих конструкций или оборудования. Кроме того, при устройстве набивных свай исключается шум, вызываемый работой молотов.

При изготовлении набивных свай решаются вопросы увеличения диаметра ствола свай (до 1,5 м и более) при глубине заложения 60 м и более, для передачи на них больших сосредоточенных нагрузок (500...1000 т и более на одну сваю) и армирования ствола сваи на расчетном участке. Набивные сваи устраивают по индивидуальным проектам в соответствии с нормативно-инструктивными документами. В настоящее время в практике отечественного фундаментостроения применяют буронабивные сваи с уширениями и без них.

Технология изготовления таких свай зависит от геологических и гидрогеологических условий строительной площадки. Можно выделить следующие основные способы их устройства: без специальных мероприятий по креплению стенок скважин; под защитой глинистого раствора или избыточного давления воды; с креплением стенок скважин инвентарными или не извлекаемыми металлическими обсадными трубами; с обсадкой стенок скважины железобетонными кольцами или оболочками.

Способ изготовления буронабивных свай без крепления стенок скважины рекомендуется применять при прорезании устойчивых связанных грунтов (глинистые грунты твердой, полутвердой, тугопластичной консистенции, в том числе просадочные и набухающие); при залегании грунтовых вод в период строительства ниже пяты свай.

Конструкция буронабивных свай и способ их изготовления зависят от геологических и гидрогеологических условий строительной площадки, их размеров (глубины и диаметра). Определяющими условиями при этом являются метод и средства крепления стенок скважин. Способ устройства буронабивных свай, при котором устойчивость стенок скважины в процессе ее бурения и последующего бетонирования обеспечивается только за счет сил сцепления

между частицами грунта, условно называют сухим способом. Таким способом изготавливают сваи, как правило, в сухих и маловлажных устойчивых грунтах при длине свай до 30 м диаметром 0,4...1,2 м.

Прототипом буронабивных свай являются сваи Страуса. Название они получили по фамилии автора – инженера А.Э. Страуса. Технологический процесс их изготовления состоит в следующем. Методом ударно-вращательного бурения под защитой обсадной трубы диаметром 250...375 мм бурят скважины длиной до 12 м. После очистки от шлама скважину заполняют бетоном отдельными порциями, трамбованием его и постепенным извлечением обсадной трубы. Верхнюю часть ствола сваи армируют. На изготовление свай Страуса затрачивается много ручного труда. Вследствие этого изготавливают их крайне редко, в основном для усиления фундаментов зданий и то только в сухих грунтах.

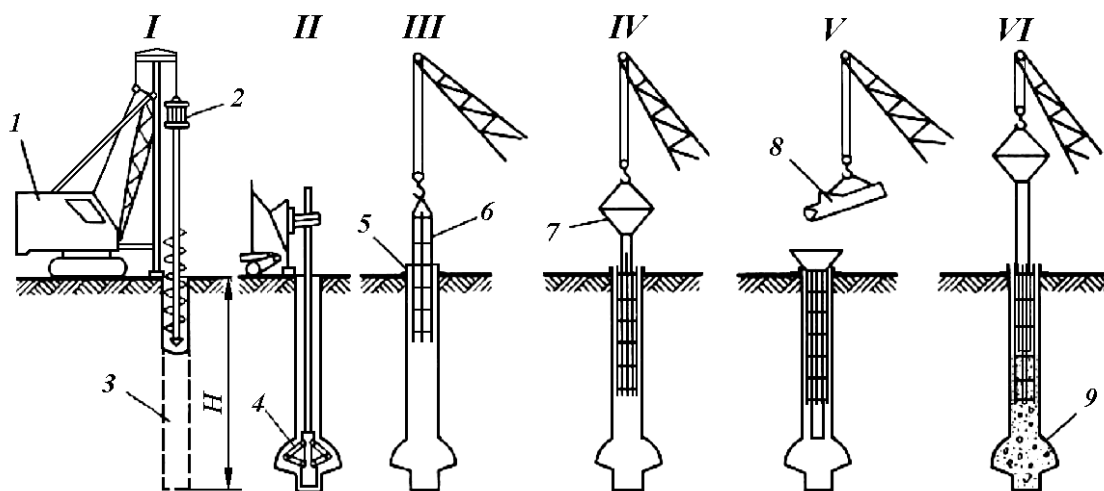


Рис. 8.25. Технологическая схема устройства буронабивных свай с уширенной пятой сухим способом: I – бурение скважины; II – устройство уширенной полости; III – установка обсадного патрубка и армирующего каркаса; IV – установка воронки; V – заполнение скважины бетонной смесью; VI – извлечение обсадного патрубка и воронки; 1 – буровая установка; 2 – электропривод; 3 – буровая скважина; 4 – ушитель; 5 – обсадной патрубков; 6 – армирующий каркас; 7 – воронка; 8 – бадья; 9 – бетонная смесь

В настоящее время буронабивные сваи устраивают с применением комплексно-механизированных средств (рис. 8.25). Для бурения скважин применяют установки СО-2, СО-1200, СБУ-2, БУК-600 и др., оснащенные шнеком или буровым ковшом. Тип рабочего органа выбирают с учетом диаметра скважины, ее глубины и вида грунтов. Разработку скважины диаметром до 0,6 м ведут шнековыми бурами, а более – ковшовыми бурами. До начала бурения на грунт устанавливают кондуктор. Применять его особенно желательно при расположении свай кустами. Устье скважины от возможного обрушения защищают металлическим патрубком. В грунтах, исключающих осыпание грунта (особенно в процессе бетонирования), такой парубок можно не устанавливать.

Бурят скважины с периодической выдачей грунта на поверхность в отвал или в транспортные средства. При необходимости в нижней части сваи или по длине скважины разбуривают полость для устройства уширения. По окончании бурения скважины устанавливают соответствие ее размеров проектным, верти-

кальность и сохранность стенок, качество основания. Осмотр ведут при помощи прибора типа перископ или телевизионной камеры. Глубину и диаметр уширения скважины измеряют при помощи приборов конструкции НИИОСП Госстроя СССР и треста «Укргидроспецфундаментстрой». После этого в скважину устанавливают арматурный каркас и приступают к бетонированию. Работу по устройству буронабивных свай, как правило, ведет комплексная бригада, состоящая из бурильщиков, плотников, арматурщиков и бетонщиков.

В тех случаях, когда не обеспечивается естественная устойчивость стенок скважин, применяют специальные меры их защиты от обрушения. Одним из них является способ бурения скважины и укладки бетонной смеси под слоем глинистого раствора, примененный советскими строителями еще в начале 30-х годов. При этом способе устраивают сваи длиной до 30 м, диаметром 0,6...1,7 м без уширения и с уширением пят до 3,5 м в неустойчивых влажных грунтах. Бурят скважины установками вращательного, вращательно-всасывающего и ударно-канатного бурения. Технологическая схема устройства буронабивных свай с применением установок вращательного бурения приведена на рис. 8.26. Перед началом проходки скважины над ее осью устанавливают опорный стол с патрубком, а ось рабочего органа – ковшового бура совмещают с осью патрубка. Вместо бура можно устанавливать шнек.

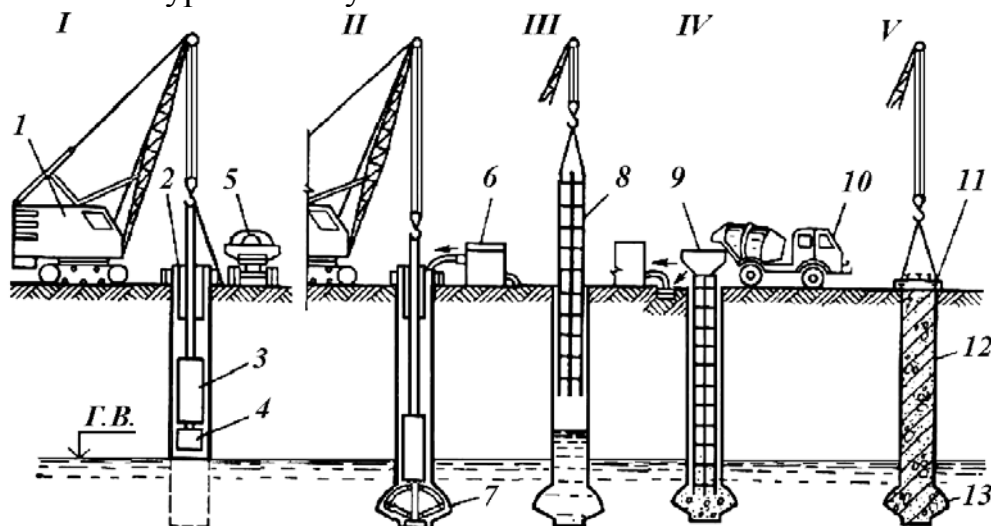


Рис. 8.26. Технологическая схема устройства буронабивных свай под защитой глинистого раствора:

I – бурение скважины; *II* – устройство уширенной полости; *III* – установка арматурного каркаса; *IV* – формование сваи; *V* – установка инвентарной опалубки и бетонирование оголовка сваи; 1 – стреловой кран; 2 – буровой кондуктор; 3 – буровое устройство; 4 – цилиндр; 5 – автосамосвал; 6 – емкость для глинистого раствора; 7 – уширитель; 8 – арматурный каркас; 9 – бункер с бетонолитной трубой; 10 – автобетоносмеситель; 11 – опалубка; 12 – ствол сваи; 13 – уширенная пят

Глубину бурения скважины регулируют величиной погружения в нее рабочего органа. При бурении в неустойчивом грунте устье скважины закрепляют посредством патрубка, который вдавливают в грунт по мере проходки скважины. После размещения установки над осью скважины, ориентирующей опорный стол, устанавливают первую секцию обсадной трубы и вырабатывают из нее грунт.

Разработку необводненных грунтов можно вести с опережением обсадной трубы. К месту бурения установку передвигают с приподнятым над грунтом

опорным столом. Устойчивость стенок скважины от обрушения, как правило, обеспечивают путем заполнения скважин глинистым раствором. Помимо гидростатического давления глинистого раствора, противодействующего проникновению грунтовой воды в скважину, на устойчивость скважины существенно влияет глинистая корка, образующаяся на ее стенках.

Для приготовления и циркуляции глинистого раствора на объекте необходимо иметь глиномешалку, грязевой насос, зумпферы для чистого и отработанного глинистого раствора и систему траншей для его сброса. Ввиду того, что приготовление глинистого раствора осложняет работы, в ряде случаев вместо такого раствора для крепления стенок скважин разрешено применять воду. Уровень воды в скважине должен на 3 м превышать уровень грунтовых вод. Избыточное давление воды создает гидростатический напор в окружающий грунт, препятствующий обрушению и оплыванию стенок скважины. Однако этот способ менее надежен, и применяют его редко. Бурить скважины и разбуривать уширения с применением воды вместо глинистого раствора в связных грунтах допускается только в тех случаях, когда устойчивость стенок скважины и свода уширения установлены опытным изготовлением и обусловлены проектом. Для устройства уширений скважин применяют специальные уширители. Их конструкция и принцип работы приводятся ниже. Зачистку скважины ведут тем же глинистым раствором до полного выноса бурового шлама. После зачистки забоя в скважину устанавливают арматурный каркас и приступают к бетонированию.

Устройство буронабивных свай с применением обсадных труб. При устройстве буронабивных свай под слоем глинистого раствора возникает ряд технологических трудностей, а главное, не всегда обеспечивается требуемое качество их стволов. Поэтому вместо раствора для крепления стенок скважины за рубежом и частично у нас применяют инвентарные или неизвлекаемые металлические обсадные трубы. Обсадку скважин в зависимости от условий их проходки производят частично или на всю глубину. Погружают трубы ударными или вибрационными механизмами посекционно с наращиванием очередной трубы. Обсадную трубу погружают в грунт вслед за забоем или с опережением его. Извлекают грунт из скважины установками вращательного и ударно-вращательного бурения. Применять такой метод целесообразно лишь в тех случаях, когда в процессе бурения встречается неустойчивый обводненный грунт с твердыми прослойками и включениями.

Наличие обсадных труб не исключает притока в скважину грунтовых вод. В ряде случаев приходится проходить пески-плывуны, которые, обладая большой подвижностью, поднимаются вверх по обсадной трубе и препятствуют работе. Для предотвращения этого в обсадную трубу заливают воду, которая позволяет создать гидростатическое давление и предотвратить поступление песка-плывуна в трубу. В этом случае скважину бетонируют методом вертикально перемещающейся трубы (ВПТ), а обсадную трубу извлекают так, чтобы ее нижний конец был заглублен в слой бетона на 1,5...2,0 м. Крепят стенки скважины обсадными трубами в ряде случаев не на всю высоту, а только в пределах неустойчивой части грунта. Для крепления нижней

части скважины последнюю бурят несколько большего диаметра, чем у обсадной трубы. В изготовленную скважину до самого дна опускают обсадную трубу (не извлекаемую или инвентарную), которую заполняют бетоном.

Слабые грунты могут оказаться на любой глубине образуемой скважины. Если стенки скважины устойчивы не по всей длине, вначале скважину бурят без обсадной трубы. При этом диаметр образуемой скважины делают несколько больше, чем у обсадной трубы. Затем трубу до дна скважины заполняют бетоном и при необходимости извлекают ее краном. Когда известно, что слабые грунты располагаются в нижней части скважины, ее бурят вначале без обсадной трубы. Затем вставляют ее в пробуренный участок скважины. Далее погружают трубы при помощи пригруза массы рабочего органа буровой установки. Для бурения этим методом можно использовать установки СО-1200, НБО-1, СБУ-2А, БУ. В случаях расположения слабых грунтов только в верхних частях скважин скважины бурят с применением обсадной трубы лишь в пределах участка слабых грунтов. Извлекают обсадную трубу тогда с помощью гидравлического выдергивателя ВТ-1, который работает в комплексе с инвентарной обсадной трубой и вибратором. Закреплять стенки скважин можно также железобетонными кольцами, большинство которых имеет одинаковые с металлическими Трубами размеры наружного диаметра, но стоимость их в несколько раз меньше последних. Железобетонные кольца погружают по мере бурения скважины с помощью специального оборудования ОС-1, состоящего из буровой установки типа СБУ-2А, ковшового бура и набора обсадных патрубков.

Буронабивные сваи повышенной несущей способности в сложных инженерно-геологических условиях можно устраивать с использованием свай-оболочек, широко применяемых в транспортном строительстве. В грунт свай-оболочки погружают одним из трех способов: без выборки грунта из оболочки, с выборкой грунта, а также в предварительно пробуренные скважины.

Для погружения свай по первому способу не требуется вырабатывать грунтовое ядро внутри оболочки. Для погружения таких оболочек применяют ударные или вибрационные механизмы. Этот способ применяют для проходки однородных слабых грунтов, если представляется возможным без нарушения прочности ствола свай образовать и уплотнить грунтовое ядро.

При проходке неоднородных грунтов с твердыми скоплениями в сложных инженерно-геологических условиях, в которых свай-оболочки испытывают со стороны грунта значительные сопротивления, их рекомендуется погружать с удалением грунта из ее полости. В этих случаях сваи погружают с помощью кольцевого вибратора, имеющего отверстие для погружения рабочего органа, вырабатывающего грунт внутри оболочки. При указанном способе могут возникать большие лобовые и боковые напряжения. Прочность оболочки в этом случае определяют нагрузками не от сооружения, а от сопротивления грунта. Это обстоятельство приводит к излишнему увеличению прочности тела свай. Этого недостатка не имеет способ погружения свай-оболочек в предварительно пробуренные скважины. При этом можно легко заделывать низ свай-оболочки в плотный грунт, а также устраивать бетонную пробку или

уширенную пятю. Имеется опыт погружения цельных оболочек длиной 20 м в предварительно пробуренные скважины. Таким способом были устроены, например, буронабивные сваи на строительстве второй очереди Лукомльской ГРЭС. Сваи-оболочки в скважины устанавливали с помощью специального оборудования ПО-1. Установленную в скважину сваю-оболочку вибрируют, в результате чего грунт вокруг сваи оседает и плотно обжимает ее ствол, а под подошвой образуется зона уплотненного грунта; несущая способность сваи в этом случае значительно возрастает.

При бетонировании скважин необходимо получение монолитного тела сваи по всей ее длине без каверн, расслоений и вкраплений грунта. В практике строительства применяют следующие способы бетонирования: свободным сбросом бетонной смеси через горловину воронки, методом ВПТ, контейнерами и при помощи бетононасосов. Применение метода свободного сброса, согласно СНиПу, ограничено «сухими» скважинами и их глубиной. В нашей стране этот метод применялся при устройстве буронабивных свай большой несущей способности (300...600 тс) на объектах Москвы, а позднее на объектах КамАЗа, Атоммаша, Казахстана и др. Метод свободного сброса применяют при бетонировании сухих скважин большого диаметра глубиной до 40 м.

При устройстве буронабивных свай в слабых и водонасыщенных грунтах, где требуются дополнительные мероприятия по обеспечению устойчивости стенок скважины, бетонирование можно выполнять методом ВПТ. Название этот метод получил от бетонолитной трубы, которая в процессе бетонирования скважины поднимается вверх. По методу ВПТ бетонная смесь подается в скважину под действием гидростатического напора глинистого раствора или воды через вертикально перемещаемые трубы диаметром 250...300 мм, нижний конец которых постоянно заглублен в уложенную смесь, вследствие чего исключается соприкосновение бетонной смеси с грунтовой водой или глинистой суспензией.

Для предотвращения смешивания бетонной смеси с глинистым раствором или водой в горловину бункера перед его загрузкой устанавливают пробку (мягкую или жесткую). При этом в случае устройства жесткой пробки расстояние от забоя скважины до нижнего конца бетонолитной трубы должно быть не более 20 см. При использовании мягкой пробки (опилки, покрытые мешковиной) нижний конец обсадной трубы требуется ставить на забой скважины с заглублением на 10...20 см. В процессе бетонирования нижний конец трубы требуется заглублять в бетонную смесь не менее чем на 1 м и не более чем на 4 м, при этом глинистый раствор вытесняется бетонной смесью в затрубное пространство к устью скважины, откуда он отводится по лоткам в прямки для очистки и повторного использования. При использовании глинистого раствора требуется обеспечить его циркуляцию, необходимую для выноса глинистых частиц, выпадающих на дно и образующих прослойку между подошвой сваи и материковым грунтом. При устройстве свай под глинистым раствором стыки бетонолитных телескопических труб должны быть герметичными. Перерывы в бетонировании не должны превышать 1 ч. При

бетонировании свай методом ВПТ интенсивность укладки бетонной смеси должна быть не менее $4 \text{ м}^3/\text{ч}$ в летних условиях и 5 – в зимних. При бетонировании методом ВПТ применяют обычно бетон гидротехнический с осадкой конуса 18...22 см, обладающий необходимой подвижностью и свойствами к самоуплотнению. Бетонирование по этому методу требует большого расхода цемента. Кроме того, после извлечения обсадных труб возможна фильтрация грунтовых вод, в результате которой цементное тесто частично вымывается из бетонной смеси и прочностные характеристики бетона снижаются.

Для уменьшения расхода цемента и повышения прочностных характеристик бетона рекомендуется использовать напорный метод бетонирования буронабивных свай, предложенный ЦНИИОМТП. При этом бетонная смесь, как и при бетонировании методом ВПТ, заполняет скважину снизу вверх. Однако скважины в этом случае заполняются под воздействием принудительного давления, создаваемого бетононасосами, а не гидростатическим напором столба бетонной смеси. Давление на входе в бетоновод диаметром 125 мм получается в 4...5 раз выше по сравнению с традиционным способом ее подачи. Это позволяет применять бетонные смеси с осадкой конуса равной 16...22 см. При этом методе на 15...20% повышается прочность бетона на сжатие, на $100...120 \text{ кг/м}^3$ можно снизить расход цемента, в 2...3 раза повысить производительность труда и темпы бетонирования.

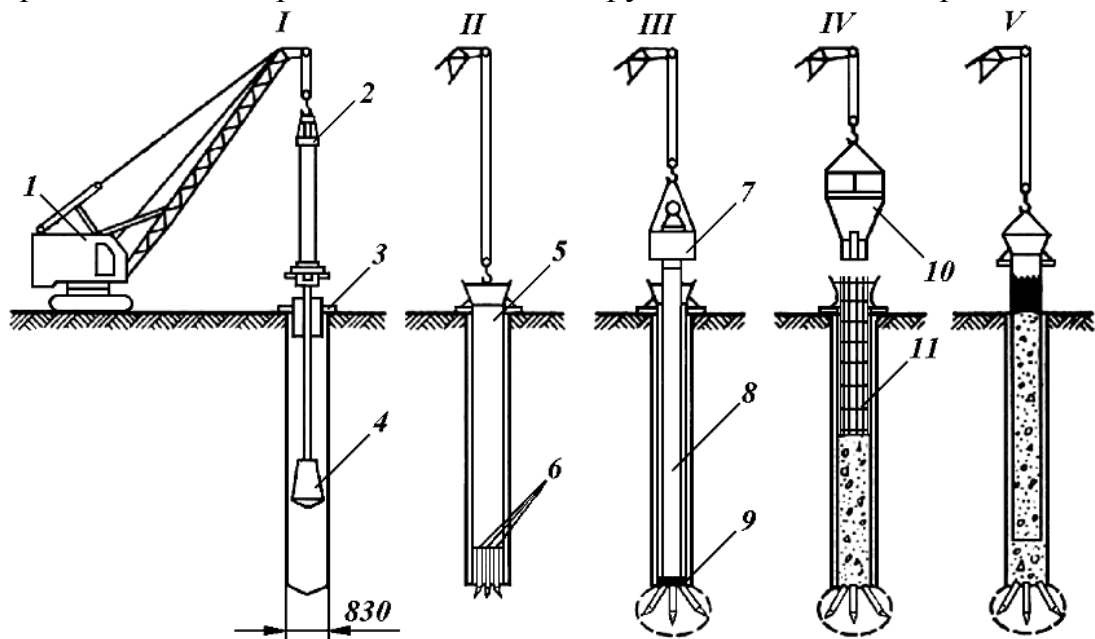


Рис. 8.27. Технологическая схема устройства опоры с корневидным основанием:

этапы устройства сваи: I – отрывка приямка; установка кондуктора и бурение скважины; II – закрепление скважины инвентарной обсадной трубой; опускание сваяк; III – погружение сваяк; IV – установка арматурного каркаса; V – извлечение обсадной трубы и формирование оголовка сваи в инвентарной опалубке; I – кран; 2 – навесное буровое оборудование; 3 – кондуктор; 4 – ковшовый бур; 5 – инвентарная обсадная труба; 6 – свайки; 7 – вибропогружатель; 8 – трубчатая мачта; 9 – опорная плита; 10 – бадья; 11 – арматурный каркас

Для повышения несущей способности буровых опор они выполняются с корневидным основанием, для чего перед формированием сваи или колонны забивают группу так называемых сваяк. Пакет из сваяк собирают на поверхности земли в трубчатом патрубке, длина которого на 0,5 м меньше их длины. В

скважину пакет сваек опускают при помощи стрелового крана, а забивают их вибропогружателем или молотом с помощью трубчатой мачты с опорной плитой, диаметр которой на 50...100 мм меньше внутреннего диаметра обсадной трубы. В пакет входит пять свайных элементов. Центральная свайка заострена симметрично, остальные – с одной стороны. Благодаря наличию скосов в острие у сваек при забивке они отклоняются от вертикального положения по радиальным направлениям. Подобное решение позволяет включить в работу больший объем грунта основания и увеличить несущую способность опоры. Опоры с корневидными основаниями устраивают с опусканием обсадной трубы или без нее. Обсадную трубу можно не ставить в тех случаях, когда устье и стенки скважины достаточно устойчивы и осыпание грунта в скважину при забивке сваек с забоя исключено. Технологическая схема устройства опор с корневидным основанием с применением навесного оборудования НБО-1 приведена на рис. 8.27.

В ряде случаев целесообразно устраивать одиночные буровые опоры вместо фундаментов из буронабивных свай. У таких опор-колонн обычно имеются уширения как в нижней, так и в верхней части свай.

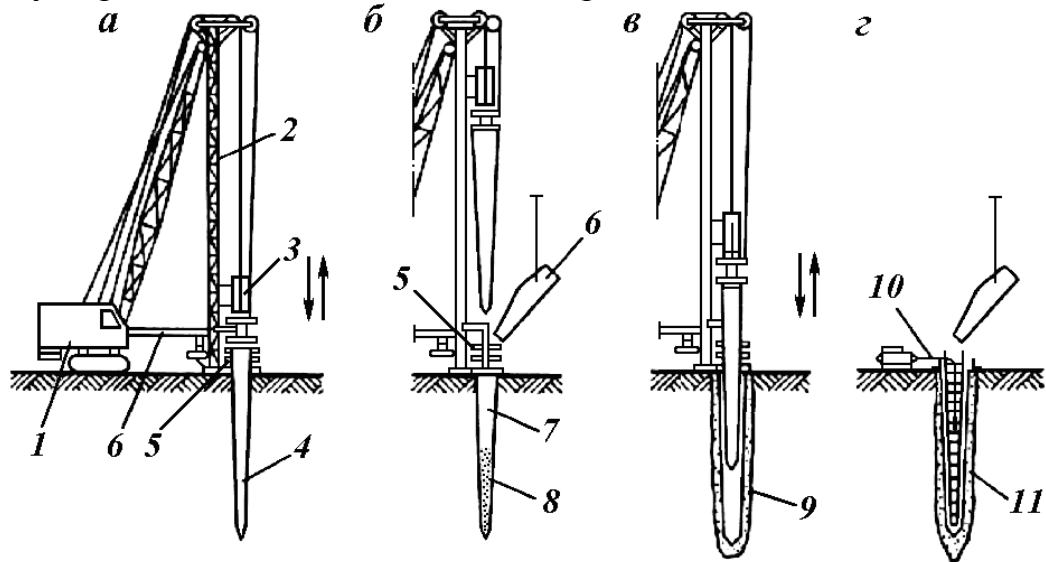


Рис. 8.28. Технологическая схема устройства набивных конических свай в

выштампованном ложе: а – образование конической скважины; б – заполнение скважины жесткой бетонной смесью или щебнем; в – выштамповывание конической скважины повторным погружением лидера; г – установка арматурного каркаса и бетонирование свай; 1 – базовая машина; 2 – мачта; 3 – падающий груз; 4 – конический лидер; 5 – гидравлическое устройство для извлечения лидера; 6 – вибрободья; 7 – коническая скважина; 8 – жесткая бетонная смесь или щебень; 9 – бетонная смесь, втрамбованная в стенки скважин; 10 – вибратор; 11 – арматурный каркас

Разработано несколько вариантов технологии устройства конических набивных свай в выштампованном ложе (сваи этого типа называют ударно-штампованными), но в каждом из них главное – это устройство скважины. Например, при устройстве ударно-штампованных свай длиной до 5 м вначале металлический лидер конической формы погружают в грунт не на всю длину, а частично, на 3,5 м (рис. 8.28, а). Затем, используя гидродомкраты извлекающего устройства и лебедку базовой машины, скважинообразователь извлекают из грунта (рис. 8.28, б), а в пробитую скважину укладывают около 0,2 м³ жесткой бетонной смеси, которую повторным погружением лидера

втрамбовывают в дно и стенки скважины. При этом увеличивается объем уплотненной зоны грунта, а также уширяется пята и ствол скважины. Процесс выштамповывания повторяют дважды до достижения требуемой величины отказа. После этого в готовую скважину опускают арматурный каркас и укладывают бетонную смесь с послойным уплотнением глубинным вибратором. Устройство набивных свай по приведенной выше технологии позволяет примерно в 3 раза повысить их несущую способность по сравнению со сваями, изготавливаемыми в скважинах без дополнительного выштамповывания их стенок и пяты жестким бетоном.

Устройство фундаментов на набивных сваях вместо монолитных ленточных фундаментов корпуса полимеризации Кустанайского завода химического волокна значительно улучшило их технико-экономические показатели: сметная стоимость их была снижена на 40%, расход бетона уменьшен на 35%, арматуры на 50,5%.

Для пробивки скважин в грунтах I...IV категорий применяют установки типа УКС (установки для устройства конических скважин). К настоящему времени создано несколько моделей установок этого типа (УКС-1, УКС-2, УКС-3 и др.).

Основными частями установки УКС-1, смонтированной на платформе крана-трубоукладчика ТО-1224В, являются конический скважинообразователь (высота конической части 5,2 м, с диаметрами вверху – 0,8, а внизу – 0,44 м), копровая мачта, несущая рама, извлекающее устройство и захват. Масса навесной части – 8 т. Устройство для образования скважины (лидер) представляет собой сварную конструкцию, состоящую из конического кожуха с наконечником и центральной трубы, внутри которой перемещается металлический молот (масса 3 т). Наличие гидравлических раскосов позволяет приводить копровую мачту, а вместе с ней и скважинообразователь в вертикальное положение. Извлекающее устройство состоит из опорных плит и гидравлических домкратов, приводимых в действие гидросистемой базовой машины. На заданную отметку скважинообразователь погружают механическим молотом с частотой ударов – 10...12 в минуту, а извлекают его гидродомкратами извлекающего устройства. Установкой УКС-1 можно бурить скважины только в грунтах I...II категорий, что ограничивает область ее применения. Производительность – 10 скважин в смену.

Установка УКС-2 смонтированная на базе крана-экскаватора, позволяет бурить конические скважины в грунтах I-IV категорий. Она по принципу действия аналогична УКС-1. Лидер имеет высоту конической части 5 м и диаметры – 0,425 0,24 м, массу ударной части – 2 т, частоту ударов 10...12 в минуту. Масса навесной части – 4 т. Производительность – 15...20 скважин в смену.

Установка УКС-3, смонтированная на базе копровой установки С-878Н, состоит из конического скважинообразователя, дизель-молота С-996 и извлекающего устройства.

Основным элементом устройства для извлечения лидера является опорная площадка с закрепленными на ней штоками гидроцилиндров подъема.

Скважинообразователь из грунта извлекают путем привода в действие гидроцилиндров механизма извлечения.

В отличие от традиционного способа проходки скважин грунт не извлекается на поверхность, а внедряется в их стенки, что позволяет увеличить несущую способность свай в 1,5...2 раза. Проходчик скважин РС-400 состоит из катков, эксцентрично установленных на общем валу и вращающихся относительно вала независимо один от другого. Привод рабочего органа в форме конического тела осуществляется через штангу электроприводом буровой установки БУК-600 или СО-2. При помощи раскатчика РС-400 можно устраивать уплотненные конические скважины диаметром 40 см глубиной до 15 м. Полный цикл образования одной скважины – 15...25 минут.

Буроинъекционные сваи (их называют также корневидными) представляют собой буровые сваи диаметром от 10 до 25 см, длиной до 30 м, заполненные цементным раствором под давлением (рис. 8.29). Отличительной особенностью свай этого типа является большая жесткость ствола, высокое сцепление боковой поверхности свай с грунтом. Такие сваи можно использовать и в качестве конструктивных элементов новых сооружений при строительстве в условиях сложившейся застройки, реконструкции действующих цехов и др. Работу начинают с проходки скважин диаметром 80...250 мм стационарными или мобильными станками вращательного бурения. Бурение ведут непосредственно через стены и фундаменты усиливаемых сооружений.

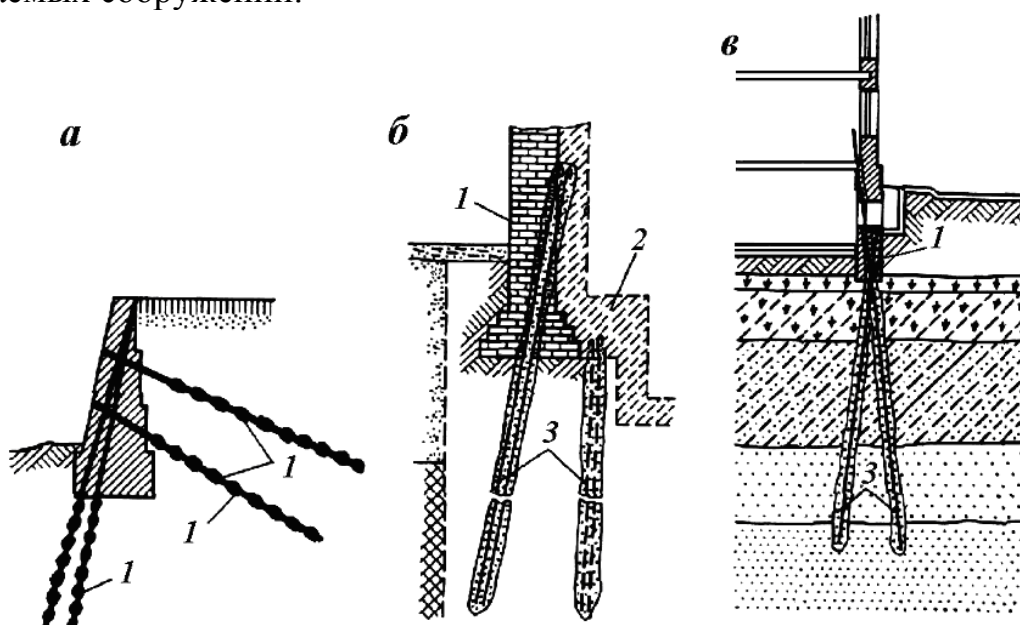


Рис. 8.29. Усиление фундаментов зданий и сооружений буроинъекционными сваями:

а – подпорная стенка; *1* – буроинъекционные сваи; *б, в* – усиление фундаментов зданий;

1 – стена существующего строения; *2* – вновь устраиваемый фундамент; *3* – буроинъекционные сваи

Скорость проходки скважин в зависимости от характера грунта и диаметра свай колеблется в пределах от 5 до 20 м/ч. В неустойчивых грунтах стенки скважин крепят обсадными трубами соответствующих диаметров. Бетонирование осуществляют через подающие трубы диаметром 18...60 мм под давлением 3...6 атм. (0,3...0,6 МПа) с одновременным извлечением по мере заполнения скважины обсадных труб. Бетонную смесь, как правило, готовят на

строительной площадке, а подают (нагнетают) ее с помощью поршневых насосов или компрессоров. Применение буроинъекционных свай в 2...2,5 раза дешевле способа химического закрепления грунтов.

Виброштампованные сваи изготавливают длиной до 12 и диаметром до 0,5 м без обсадных труб в скважинах, образованных виброжелонками, или комбинированным методом: до глубины 2,5...3,0 м скважину разбуривают, а дальше проходят виброжелонкой. Для бетонирования применяют жесткие бетонные смеси с осадкой конуса 1...5 см или бутобетонные смеси. Бетонную смесь, уложенную в скважину, трамбуют при помощи виброштампа, представляющего собой трубу диаметром 0,28...0,32 м. Нижний конец виброштампа закрыт глухим металлическим конусом, а верхний жестко прикреплен к вибропогружателю. После извлечения виброштампа из массива бетонируемой сваи образуется трубчатая полость, которую снова заполняют смесью и повторяют процесс уплотнения. При бетонировании неглубоких скважин до 5 м бетонная смесь может выпирать из них. Поэтому виброуплотняют смесь с пригрузочным кондуктором, установленным на устье скважины.

Уплотнение бетонной смеси прекращают по достижении отказа штампа. За отказ принимают скорость погружения виброштампа, равную 5 см/мин. При расположении свай кустами необходимо учитывать, что когда расстояние между скважинами бывает меньше 5 их диаметров, сваи бетонируют через одну. Устраивать сваи в пропущенных скважинах разрешается только после достижения бетоном 25% проектной прочности, так как при более плотном бетонировании грунт может выдавливаться в соседнюю скважину.

Вибронабивные сваи устраивают в любых грунтах, допускающих вибрационное погружение закрытых или открытых снизу обсадных труб, за исключением глинистых грунтов текучей консистенции, торфов и илов. Такие сваи изготавливают двумя способами: в обсадной трубе без выемки грунта и с выемкой его. В первом случае в качестве рабочего органа используют инвентарные обсадные трубы диаметром 325, 377 или 426 мм и длиной до 12 м, закрытые снизу железобетонными теряемыми башмаками. Погружают трубы с помощью вибропогружателя типа ВПП. Вибронабивные сваи можно устраивать с уширенной пятой.

При изготовлении свай с камуфлетным уширением в пробуренную скважину опускают обсадную трубу и заряд взрывчатого вещества. После укладки взрывчатого вещества трубу для предохранения от повреждения поднимают на 1,2...2,0 м от основания скважины. Затем в скважину укладывают бетонную смесь в объеме, необходимом для заполнения полости и ствола сваи на высоту до 2 м, производят взрыв, и бетон из скважины поступает в полость. После чего армируют и добетонируют ствол сваи. Для заполнения сухих скважин с камуфлетной пятой применяют бетонную смесь с осадкой конуса 12...14 см марки не ниже 150.

Камуфлетирование производят последовательными рядами; первыми в кустах изготавливают средние сваи, а затем крайние. В тех случаях, когда расстояние между центрами уширенных пят меньше радиуса сотрясения,

камуфлетирование производят через одну сваю. До начала следующего взрыва прочность в забетонированных сваях должна быть не менее 70% от проектной. Взрывные работы по устройству камуфлетных уширений необходимо выполнять со строгим соблюдением «Единых правил безопасности при взрывных работах» Ростехнадзора и указаний РСН 263-74.

Из набивных свай, применяемых в зарубежной практике, представляют интерес сваи системы фирм «Беното», «Като», «Баде», «Франки» и др. Для устройства свай типа «Беното», «Като» и «Баде» используют специальные станки, обеспечивающие погружение и извлечение обсадных труб механизмами поступательно-вращательного действия. Только в Москве было изготовлено более тысячи свай несущей способностью 250...600 т и больше. Станок системы «Беното» позволяет совмещать операции бурения скважины, удаления грунта, погружения сборной инвентарной металлической трубы и подачи бетонной смеси в образованную скважину. Грунт разрабатывается ударно-канатным способом при помощи специального грейфера типа «Хаммер-Греб», который с раскрытыми лопастями сбрасывается с определенной высоты, врезается в грунт и разрушает его. Затем лопасти закрываются, и порода извлекается из скважины. Для проходки плотных пород грунт предварительно рыхлят специальным долотом, а затем извлекают грейфером. Водонасыщенные пески и илы разрабатывают желонкой. Скорость проходки, зависящая от прочности грунта, составляет 1...5 м/ч.

Забой скважины зачищают перед самым началом укладки бетонной смеси. Если между временем окончания работ по устройству скважины и началом бетонирования неизбежен перерыв более суток, грунт не добирают на 1...2 м до проектной отметки. Для устройства уширений агрегат оснащен специальным трехножевым уширителем. При достижении рабочим органом проектной отметки в скважину опускают отдельными секциями арматурный каркас и закрепляют его в положении, обеспечивающем создание защитного слоя толщиной до 5 см. После этого в скважину подают бетонную смесь с осадкой конуса 14...16 см при фракции щебня 20...40 мм.

Машины для устройства уширений. Для увеличения несущей способности свай и более полного использования прочностных характеристик грунта, основание свай уширяют или уплотняют. При необходимости делают и то и другое.

Для устройства уширений свай применяют специальные устройства – уширители. Рабочим органом таких устройств являются уширители режущего или вдавливающего типа. Уширители первого типа оснащены ножами, и в процессе образования полости уширения обеспечивается выдача разработанного грунта на поверхность непрерывно или циклично. Для непрерывного подъема грунта применяют вращающиеся пантографы пространственные, а также плоские или лепестковые уширители.

Устойчивость полости уширения и ее форма зависят от направления раскрытия режущих рабочих органов, а также от расположения шарниров раскрытия уширителя. Уширители с верхним расположением шарниров вращения дают возможность открывания рабочих органов вверх. Полученная

при этом полость уширения имеет вид усеченного конуса. Такая форма особенно целесообразна при разработке несвязных грунтов, когда устойчивость образованных обратных откосов обеспечивается с помощью глинистого раствора. Уширителем с нижним расположением шарниров вращения можно образовать сферический свод с примыкающим основанием в виде перевернутого конуса. Применять уширители этого типа целесообразно только в связных грунтах, так как сводчатое нависание грунта при разработке несвязных грунтов даже с закреплением глинистым раствором более опасно, чем обратный откос. Для устройства полостей под глинистым раствором применяют четырех- или восьмифрезерный пантографный пространственный уширитель (рис. 8.30, *а*). Для устройства полостей сухим способом применяется трехножевой уширитель с бадьей, раскрывающийся под действием усилий, прилагаемых к буровой штанге. Разработанный грунт попадает в бадью, которую при введении уширителя в скважину устанавливают в забое ниже плоскости резания. Для ряда грунтовых условий целесообразно устраивать уширения методом вдавливания. С этой целью можно использовать уширитель свай гидравлический (УСГ) (рис. 8.30, *б*) или уширитель свай механический (УСМ). Рабочий орган УСГ и УСМ состоит из парных плит. Каждая пара связана шарнирно между собой и с шарнирной системой. Плиты шарнирной системы, образующие уширение полости, раздвигаются в установке УСГ гидродомкратом, а в установке УСМ – электромеханическим приводом. Для образования уширения установку при помощи крана опускают на дно скважины и приводят в действие механизм расширителя парных плит.

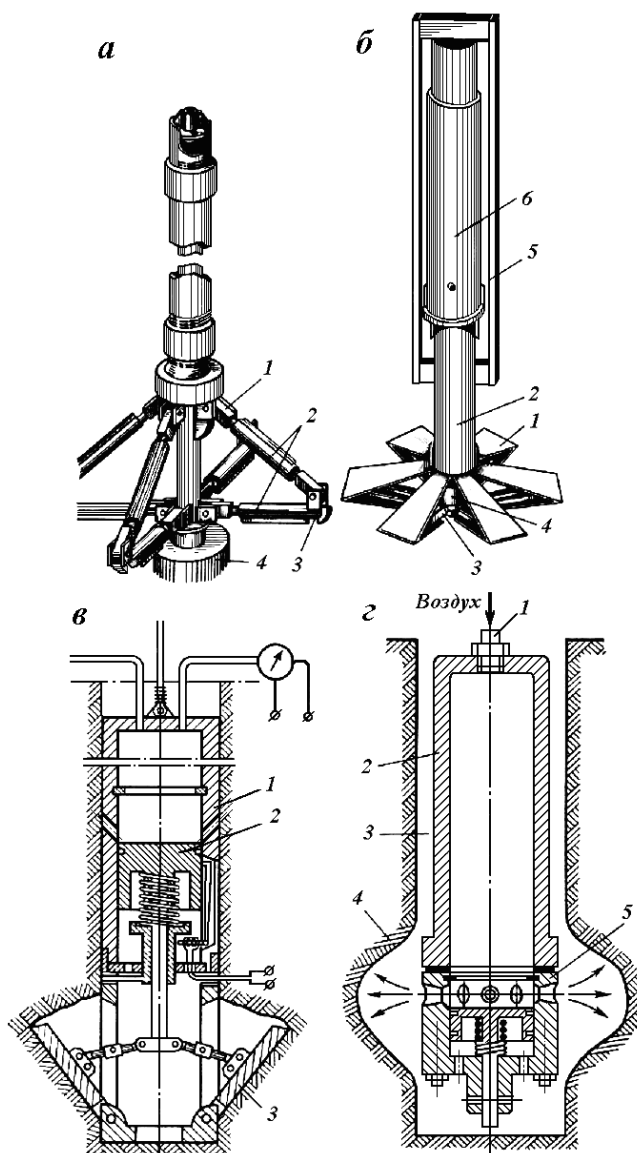


Рис. 8.30. Уширители: а – четырехножевой механический уширитель: 1 – верхние подкосы; 2 – ножи; 3 – нижние подкосы; 4 – упор; б – установка УСГ-2 для лучевидного уширения пяты свай: 1 – плиты; 2 – переходная труба; 3 – шарниры; 4 – шток; 5 – тяги; 6 – гидродомкрат; в – газомеханический уширитель: 1 – корпус; 2 – поршень; 3 – распорные плиты; г – газодинамический уширитель: 1 – штуцер для подачи воздуха; 2 – корпус; 3 – стенки скважины; 4 – зона уплотняемого грунта; 5 – разрядная головка

Полный цикл устройства уширения в мягкопластичных грунтах занимает 15...20 мин. Уширители УСГ и УСМ, имеющие по пять и более пар плит, позволяют устраивать уширения в мягкопластичных глинистых грунтах. Уширения, образованные при помощи уширителей УСГ и УСМ, имеют лучевидную форму, чем и обусловлено их название. С целью увеличения площади опирания и уменьшения количества грунта, попадающего внутрь шарнирной системы, отдельные модели УСГ и УСМ имеют не один, а два ряда плит.

Устроить уширения без извлечения грунта на поверхность путем уплотнения грунта движением распорных поворотных плит можно также с помощью газомеханического уширителя конструкции треста Укргидроспецфундаментстрой (рис. 8.30, в). У такого уширителя имеются верхний и нижний цилиндры, соединенные между собой. Необходимое давление обеспечивает рабочий газ, поступающий в цилиндр от компрессорной

установки, При этом распорные плиты, связанные со штоком поршня, поворачиваются вокруг шарниров и, вдавливаясь в грунт, уширяют скважину. После отхода поршня и раскрытия распорных плит упругий элемент возвращает всю подвижную систему в исходное положение. Далее рабочий цикл уширителя повторяется.

Газомеханические уширители можно практически применять в любых грунтовых условиях, при этом расширенная часть скважины будет иметь четко правильную геометрическую форму с хорошо-уплотненным грунтом по всему периметру. Масса уширителя – 1,5 т, а его сменная производительность – 15 уширений. Применение газомеханического уширителя вместо оборудования ножевого типа позволяет повысить производительность труда в 3 раза.

Газодинамический способ уширения пяты позволяет также устраивать их без извлечения грунта. Устройство, применяемое для этого, состоит из цилиндра со штуцером для подачи сжатого воздуха и разрядной головки. В разрядной головке смонтированы поршень со штоком, возвратная пружина и ограничительное кольцо (рис. 8.30, *з*). После опускания цилиндра в скважину в него по шлангу через штуцер подают сжатый воздух. При достижении определенного давления воздуха в цилиндре приводится в движение поршень. Он открывает выхлопные каналы, через которые струи воздуха, движущиеся с большой скоростью, воздействуют на пограничный слой грунта, уплотняют его, образуя необходимую полость. При этом значительно сокращается продолжительность цикла устройства уширения, путем уплотнения грунта повышается несущая способность основания.

Устройство для образования скважин с уширениями уплотнением стенок скважины (авт. свид. 1317088, Б.И. 1987, № 22, авторы Волков С.А., Фалалеев А.С.) позволяет выполнять скважину с уширениями одной машиной с одной установки рабочего органа. Конструкция этого устройства рассмотрена как перспективная.

Устройство (рис. 8.31) включает приводной вал 1, верхний 14 и нижний 10 центрирующие вальцы, установленные на подшипниках верхней 13 и нижней 9 втулок. Между вальцами 14 и 10 размещен раскатывающий валец 20, установленный на подшипниках на средней втулке 19. Подвижно относительно вала 1 установлена втулка 2, имеющая эксцентричную ступицу 3 с продольным каналом 7 и направляющим винтовым пазом 4 для размещения пальца 21, прикрепленного к втулке 19. а также имеет фигурные выступы 5, входящие во внутренние полости втулок 13, 9 и 19. Винтовая линия паза 4 имеет угол подъема больше угла трения. На втулке 2 выполнены дополнительные прямолинейные пазы, сообщающиеся с концами паза 4. Подвижная втулка 2 расположена во внутренних полостях верхней 13 и нижней 9 втулок на шпонках 17 и 18. Через канал 7 проходит тяга 8, скрепляющая вал 1 и втулку 9. Нижняя часть вальца 10 выполнена конической формы, а на наружной его поверхности закреплена шнековая спираль 11. На конце шнековая спираль 11 может иметь забурник (не показан). На наружной поверхности вальца 14 закреплена шнековая спираль 15, являющаяся продолжением спирали 11. Для скрепления вальцов 14 и 10 с их втулками служат механизмы фиксации,

имеющие на внутренних поверхностях вальцов 14 и 10 зубцы 12 и 16, с которыми контактируют зубцы фиксаторов 6. Фиксаторы перемещаются радиально во втулках 13 и 9 и вращают вал 1 по линии спирали 11. После достижения необходимой глубины бурения прекращают вращение и подают вверх втулку 2. Она пазом 4 скользит по пальцу 21. Совпадение направлений вращения устройства и перемещения пальца 21 снижает усилие на приводе втулки 2. Совмещение вращения вала 1 и увеличение эксцентриситета втулки 19 с вальцом 20 обеспечивает уширение с уплотнением грунта в стенки. Во втулке 19 закреплен палец 21, входящий в направляющий паз 4. Тяга 8 соединена с валом 1 стержнем 22, установленным в поперечном пазу 23 подвижной втулки 2. Длина паза 23 равна величине перемещения подвижной втулки 2 вдоль устройства. С нижней втулкой 9 тяга 8 соединена посредством гайки 24. Зубцы 12 и 16, фигурные выступы 5 и фиксаторы 6, имеющие на концах зубцы, образуют фиксирующие механизмы. Фиксаторы 6 снабжены пружинами 25 для вывода их зубцов из зацепления с зубцами 12 и 16. Фиксаторы 6 установлены с возможностью радиального перемещения в верхней 13 и нижней 9 втулках и состоят из двух частей, между которыми располагается пружина 26, обеспечивающая надежную фиксацию и компенсирующая зазоры и допуски на изготовление. Все подвижные соединения устройства, контактирующие с грунтом, снабжены уплотнениями (на рис. не показаны).

Режим работы устройства выбирают в зависимости от свойств грунта. На грунтах с невысокой несущей способностью скважину образуют только уплотнением грунта в стенки. В этом случае устройство работает следующим образом.

Устройство устанавливают на грунт и вращением вала 1 по направлению винтовой линии шнековой спирали 11, а затем спирали 15 ввинчивают устройство, уплотняя грунт в стенки скважины. При необходимости может быть приложено вдавливающее усилие, способствующее ввинчиванию устройства в грунт. После достижения необходимой глубины скважины прекращают вращение вала 1 и начинают подачу вверх подвижной втулки 2, которая пазом 4 скользит по пальцу 21. Фигурные выступы 5 подвижной втулки 2 освобождают фиксаторы 6, зубцы которых под действием пружин 25 выходят из зацепления с зубцами 16 и 12, освобождая вальцы 10 и 14, при этом паз 4 скользит по пальцу 21 прямолинейным участком и раскатывающий валец 20 остается неподвижным. После освобождения от фиксаторов 6 вальцов 10 и 14 снова сообщают вращение валу 1 и продолжают подачу вверх подвижной втулки 2. Как только паз 4 приходит на палец 21 винтовой частью, начинается выдвигание раскатывающего вальца 20, эксцентриситет которого увеличивается по мере продольного смещения вверх подвижной втулки 2, при этом вальцы 10 и 14 остаются неподвижными в грунте, удерживаемые силами трения их о грунт. Эти вальцы как бы превращаются в подшипниковые опоры для вращающихся частей устройства.

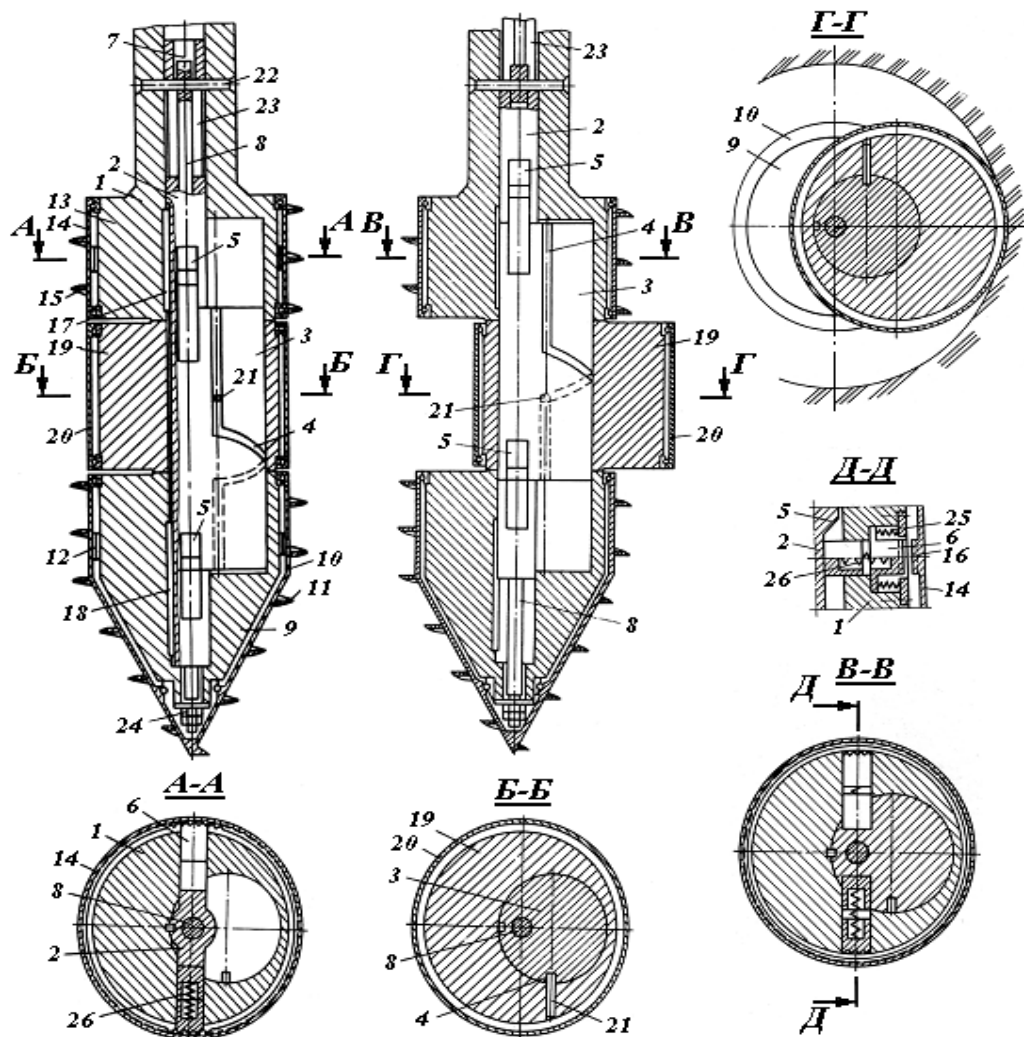


Рис. 8.31. Устройство для образования скважин с уширениями

Совпадение направлений вращения устройства и перемещения пальца 21 по пазу 4, вызванного подачей вверх подвижной втулки 2, снижает усилие на приводе продольного перемещения подвижной втулки 2. Совмещение вращения вала 1 и увеличения эксцентриситета средней втулки 19 с раскатывающим вальцом 20 обеспечивает уширение скважины уплотнением грунта в стенки, при этом имеет место также уплотнение и у неподвижных вальцов 10 и 14 за счет выдавливания грунта в стороны. Уширение производят до заданной прочности стенок из условий отпора грунта радиальному перемещению раскатывающего вальца 20, что обеспечивается задаваемой величиной усилия осевой подачи подвижной втулки, поэтому уширение можно закончить до максимального выдвижения раскатывающего вальца. При отсутствии отказа выводу раскатывающего вальца 20 уширение завершают при полном его выводе в сторону.

После завершения уширения скважины подвижная втулка 2 подается вниз, и посредством взаимодействия пальца 21 и винтовой части паза 4 уменьшают эксцентриситет раскатывающего вальца 20 до полной соосности последнего с центрирующими вальцами 10 и 14 при выходе пальца 21 на прямолинейный участок паза 4. При дальнейшем перемещении вниз подвижной втулки 2 ее фигурные выступы 5 начинают перемещать фиксаторы 6 до их

зацепления с зубцами *12* и *16* и центрирующих вальцов *10* и *14*. Вращением вала в обратную сторону по сравнению с образованием скважины устройство «вывинчивают» из грунта, что может сопровождаться приложением некоторого усилия на извлечение его из скважины. Наличие шнековых спиралей *11* и *15* исключает обрушение грунта. Если необходимо создать в скважине несколько уширений, «вывинчивание» устройства из грунта производят на заданную величину и процесс образования уширения повторяют.

Прямолинейный участок направляющего паза *4* в нижней части эксцентричной ступицы *3* подвижной втулки *2* служит для обеспечения сборки и разборки устройства при его ремонтах.

При работе на грунтах с достаточно высокой прочностью, например суглинках, в которых невозможно пробурить скважину только за счет уплотнения грунта в стенку, с помощью шнековых спиралей *11* и *15* производят бурение с выемкой грунта, а затем – уширение уплотнением в стенку, при этом одновременно имеет место и уплотнение стенок скважины у центрирующих вальцов за счет пластической деформации грунта при изменении его формы.