

4. От чего зависит размывающая способность водяной струи? Как она реализуется на практике? Как определяют производительность гидромонитора?

5. Для чего применяют земснаряды, как они устроены и как работают? Какой вид энергии они используют?

6. Как перебазируют земснаряды при смене объектов по воде и по суше? Назовите основные параметры земснарядов.

7. Опишите процесс папильонажных перемещений бессвайных и свайных земснарядов.

8. Как определяют производительность земснарядов?

Глава 16. Машины и оборудование для погружения свай.

16.1. Способы устройства свайных фундаментов.

Для устройства свайных фундаментов применяют забивные, винтовые и набивные сваи. Два первых типа свай изготавливают на заводах, а третий изготавливают на месте из монолитного железобетона или в сочетании со сборными элементами заводского изготовления.

В настоящее время на стройках массовое применение (более 90% от общего объема свай) получили забивные сваи квадратного сечения

от 0,2x0,2 м до 0,4x0,4 м длиной до 20 м. Используются также винтовые металлические сваи, в частности, для заанкеривания трубопроводов, укладываемых в болотистый грунт; в качестве инвентарных анкерных устройств для стендовых испытаний конструкций на статические нагрузки и т.п. За рубежом свайные фундаменты изготавливают преимущественно *буронабивным* способом, который и в нашей стране начинает находить все более широкое применение. Забивные сваи погружают в грунт, и в зависимости от их ориентации, прикладывают к ним внешнюю вертикальную или наклонную нагрузку. Винтовые сваи погружают в грунт, используя для этого сочетание вертикальной нагрузки с крутящим моментом относительно оси сваи.

Забивные сваи погружают в грунт посредством *свайных молотов* (ударной нагрузкой), с помощью *вибропогружателей* (вибрированием) и сочетанием этих способов - *вибромолотами*. Реже в наиболее податливые глинистые и супесчаные грунты текучей и текучепластической консистенции забивные сваи погружают вдавливанием с пригрузкой вдавливающего оборудования тяжелыми тракторами, которые наезжают на специальные откидные рамы, связанные с направляющей мачтой. По сравнению с ударным способом вибропогружением можно повысить производительность труда в 2,5...3 раза при одновременном снижении стоимости работ в 1,2...2 раза.

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. 16.1, 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 координатношаговую систему автоматического наведения сваи на точку погружения с программным или полуавтоматическим управлением, что обеспечивает высокое качество производства свайных работ.

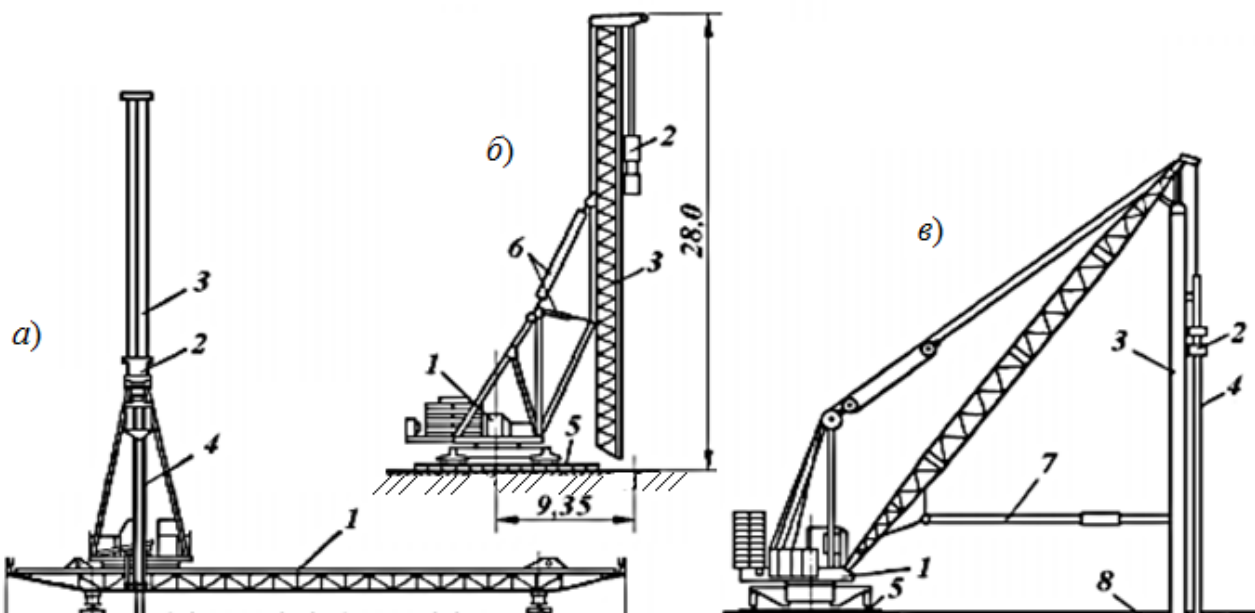


Рис.16.1. Схемы свайных установок на рельсовом ходу: а – установка мостового типа; б – универсальный пологоповоротный копер; в – установка на кране нулевого цикла; 1 – база (мост, ходовая рама с поворотной платформой); 2 – молот; 3 – копровая мачта; 4 –

свая; 5 – подкрановый путь; 6 – устройство для управления копровой мачтой; 7 – телескопическая распорка; 8 – пята.

Базой универсального копра (рис. 16.1, б) являются стандартные ходовые тележки башенного крана. На поворотной платформе 1 смонтированы ферма с гидравлическими механизмами 6 управления копровой мачтой 3, лебедки для подтаскивания сваи, подъема-опускания молота 2 и сваи, 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. 16.1, в), предназначен для забивки свай длиной 8...12 м. Копровая мачта 3 подвешена к стреле крана и опирается в рабочем положении на пята 8. Нижняя часть мачты соединена с поворотной платформой 1 крана телескопической распоркой 7, позволяющей изменять угол наклона мачты и сваи 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. 16.2) 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.

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

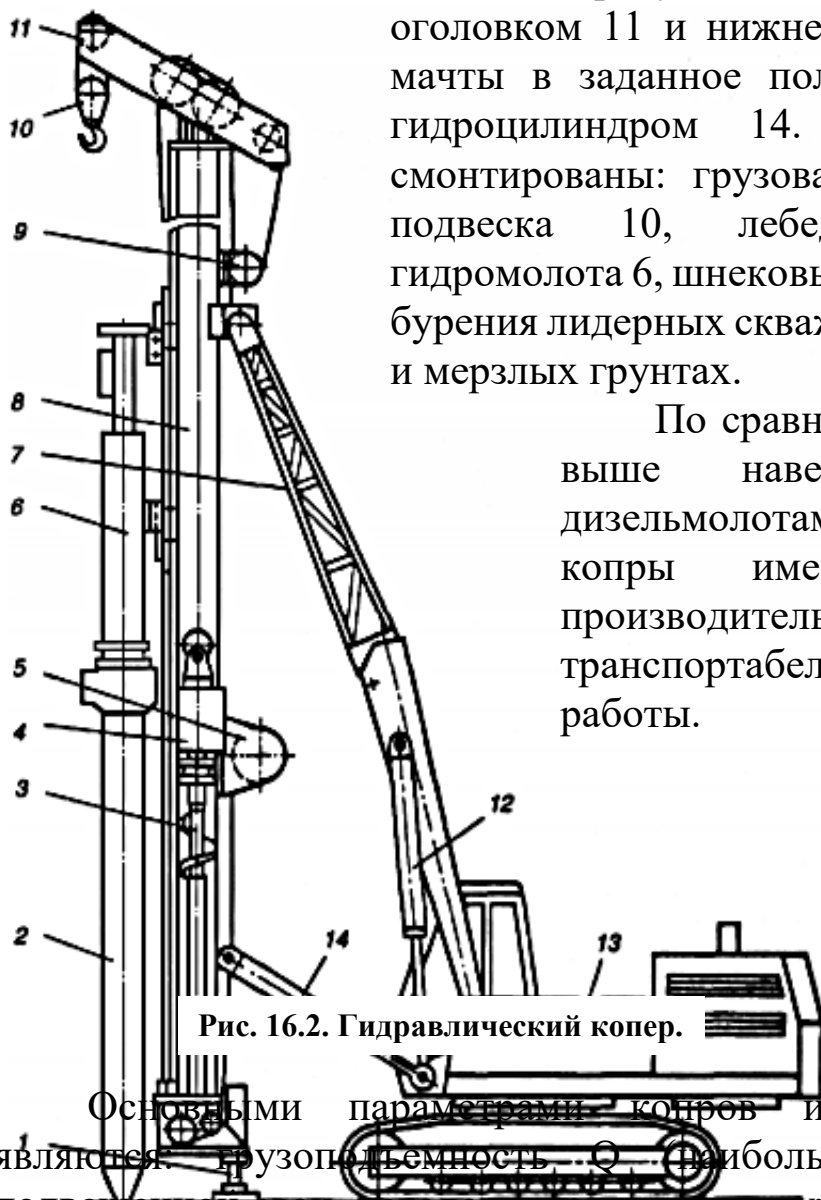


Рис. 16.2. Гидравлический копер.

Основными параметрами копров и копровых установок являются: грузоподъемность Q (наибольшая суммарная масса подвешенной сваи, оголовника и сваебойного молота), 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.

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. 16.3.



16.3. Классификация свайных погружателей.

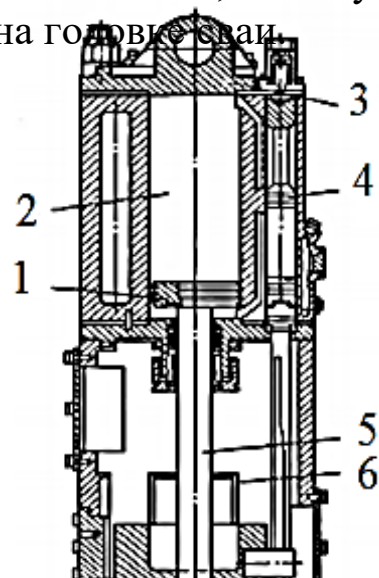
Свайные молоты состоят из массивной ударной части, движущейся возвратно-поступательно относительно направляющей конструкции в виде цилиндра (трубы), поршня со штоком, штанг и т.п. Ударная часть молота наносит чередующиеся удары по головке сваи и погружает сваю в грунт. Направляющая часть молота снабжена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

Основными узлами паровоздушного молота двустороннего действия. (рис. 16.4) 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 сваи.

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.

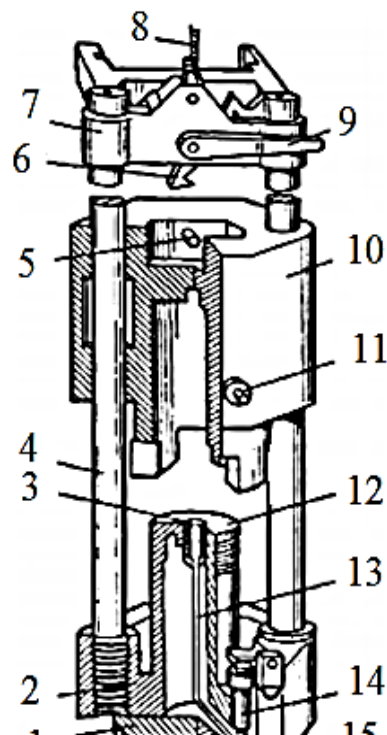
Рис. 16.4. Паровоздушный молот двойного действия.

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. 16.5) 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 штыря 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. 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.

Рис. 16.5. Штанговый дизель-молот.

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°С. При температуре ниже – 25°С 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. 16.6): 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 свай. 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 патрубка 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.

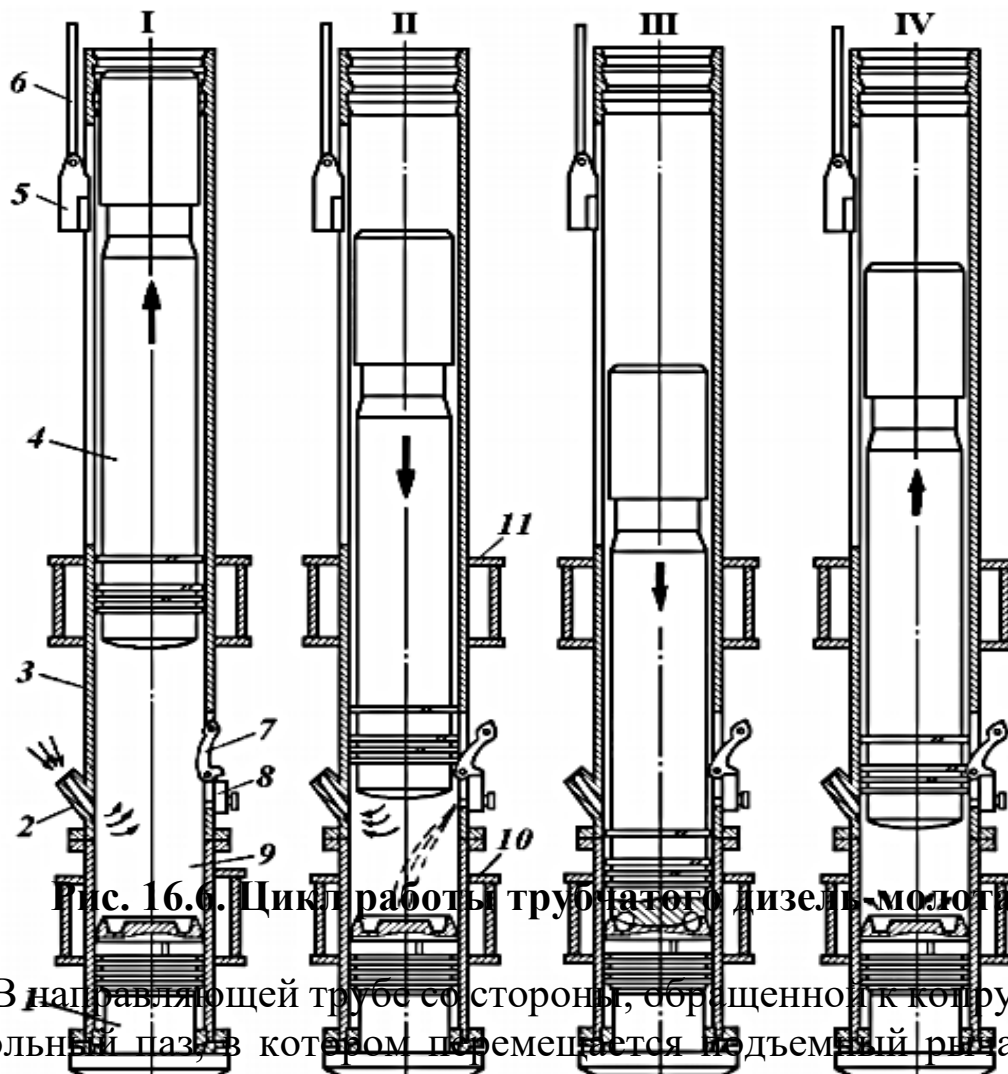


Рис. 16.6. Цикл работы трубчатого дизель-молота.

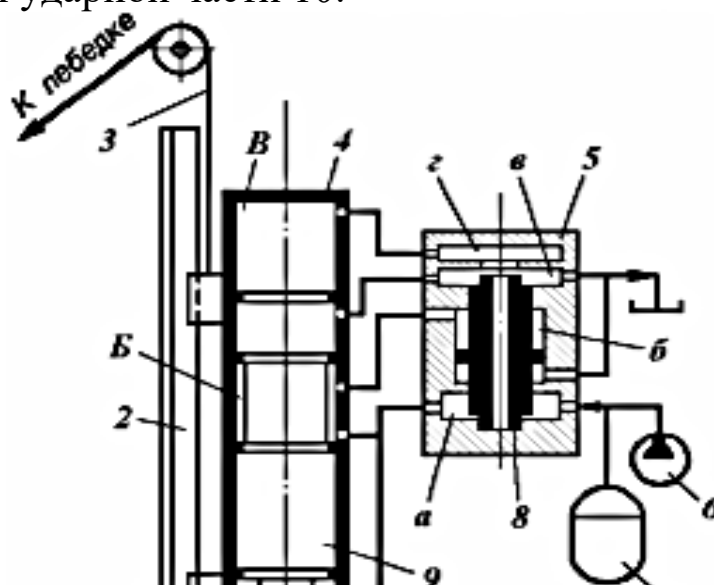
В направляющей трубе со стороны, обращенной к копру, имеется продольный паз, в котором перемещается подъемный рычаг кошки, входящий в зацепление с поршнем при его подъеме при запуске молота. Работа трубчатого дизель-молота осуществляется в такой последовательности. Перед пуском молота поршень 4 поднимается «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 IV) расширяющиеся газы по мере открывания всасывающе-выхлопных патрубков 2 выбрасываются в атмосферу. Через те же патрубки засасывается свежий воздух при дальнейшем движении поршня вверх. Достигну в 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

дизельмолоты 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 свай. 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, 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 379 условий забивки свай. Энергию удара для эффективной забивки свай в различных грунтовых условиях можно регулировать в широком диапазоне.

На рис. 16.7 показана принципиальная схема гидравлического свайного молота легкого типа с массой ударной части 500 кг. Гидромолот работает следующим образом. Боек 9 и золотник гидрораспределителя 8 находятся в крайнем нижнем положении. Рабочая жидкость насосом 6 подается в гидропневмоаккумулятор 7 и через полость а гидрораспределителя 5 в полость А свайного гидромолота 4. Полость В гидромолота 4 соединена полостями 2 и в гидрораспределителя со сливом. Гидропневмоаккумулятор заряжается, и боек под действием давления в полости А поднимается вверх одновременно с массой ударной части 10.

Золотник гидрораспределителя 8 удерживается в нижнем положении давлением в полости б, которая через полость В гидромолота соединена с напорной магистралью.



Боек 9 поднимается до момента, когда полость б через полости В и в соединится со сливом. В этот момент нарушается баланс сил в полостях а и б и золотник 8 давлением в полости а поднимется вверх. Полость В отсекается от сливной магистрали и соединяется через полость г, осевое отверстие в золотнике 8 и полость а с гидропневмоаккумулятором 7 и насосом 6.

Рис. 16.7. Принципиальная схема свайного гидромолота.

В полости В создается давление за счет подачи рабочей жидкости от насоса 6 и гидропневмоаккумулятора 7, так как рабочая поверхность бойка в полости В больше, чем в полости А, боек вместе с ударной массой движется вниз и наносит удар по свае 13 через наголовник 11 с демпфером 12.

В нижнем положении бойка полость б золотника 8 через полости В и а соединяется с напорной магистралью, золотник опускается вниз, так как рабочая поверхность золотника в полости б больше, чем в полости а. Полость В 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):

$$E = G \cdot H \cdot \eta, \quad (16.1)$$

для молотов двустороннего действия:

$$E = (G + p \cdot S) \cdot H \cdot \eta, \quad (16.2)$$

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 свай в грунт зависит от соотношения масс свай 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:

$$0,5 \leq m_c/m_m \leq 2,5 \quad (16.3)$$

(при $m_c/m_m \geq 2,5$ эффективность погружения свай резко снижается); $v_c \geq 6$ м/с (большая часть энергии удара затрачивается на разрушение наголовника и головы свай); $n_m \geq 30$ мин⁻¹ при $n_m < 30$ мин⁻¹ свая успевает полностью остановиться, и молоту приходится дополнительно преодолевать инерцию неподвижной свай). 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 : $F = m \cdot e \cdot \omega^2$. Амплитуда колебаний a (мм) представляет собой отношение статического момента дебалансов M , ($M = m \cdot e$) 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 ($n \geq 6,16$ 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. 16.8, 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 свай-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.

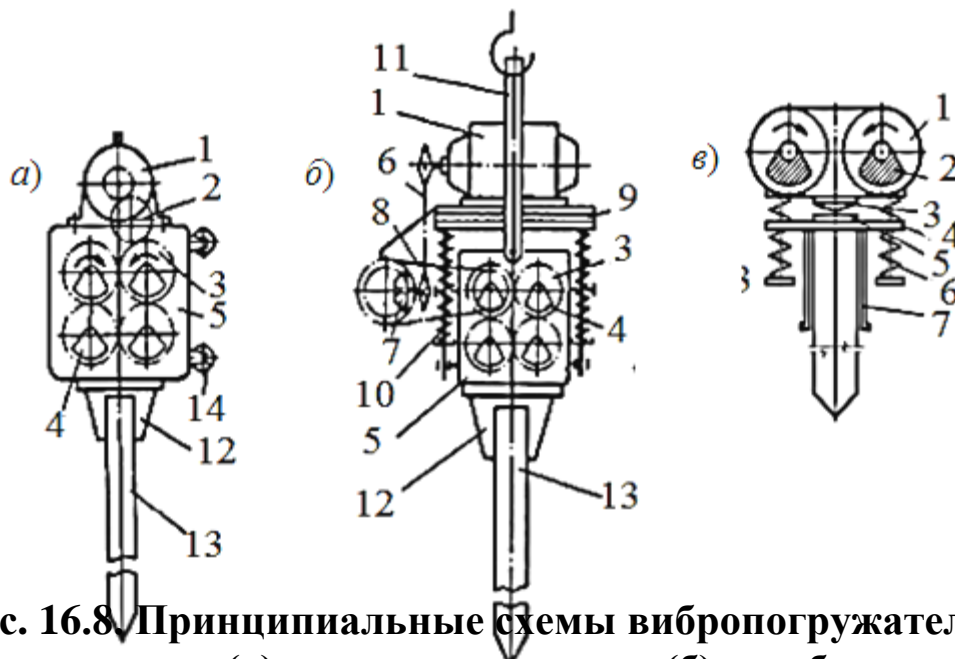


Рис. 16.8 Принципиальные схемы вибропогружателей: низкочастотного (а), высокочастотного (б) и вибромолота (в).

Высокочастотный вибропогружатель (рис. 16,8, б) включает четырехвальный 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. 16.8, 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):

$$E = \frac{m \cdot v^2}{2(1-R)} \quad (15.4)$$

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.

Шпунтовыдергиватель (рис. 16.9) 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.

Вибропогружатель с регулируемыми параметрами ПНВ-50/140 (рис. 16.10) позволяет в процессе погружения изменять режим вибрирования и амплитуду вынужденных колебаний вибросистемы и используется для погружения оболочек различного веса и размеров.

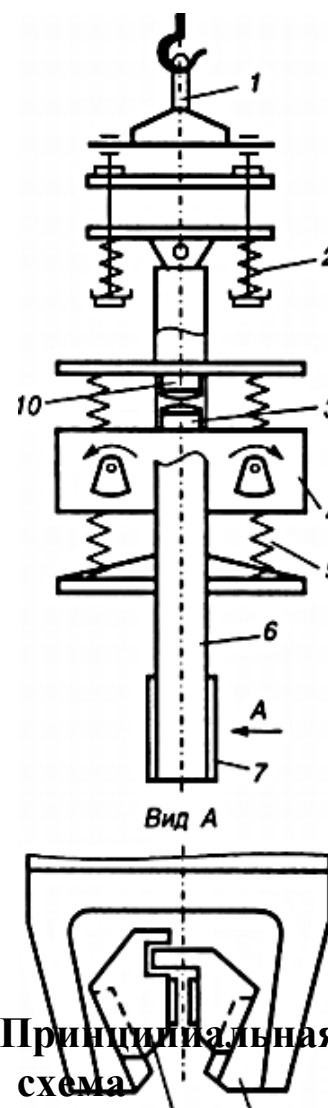


Рис. 16.9. Принципиальная схема шпунтовыдергивателя.

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 грунтоработывающие 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.

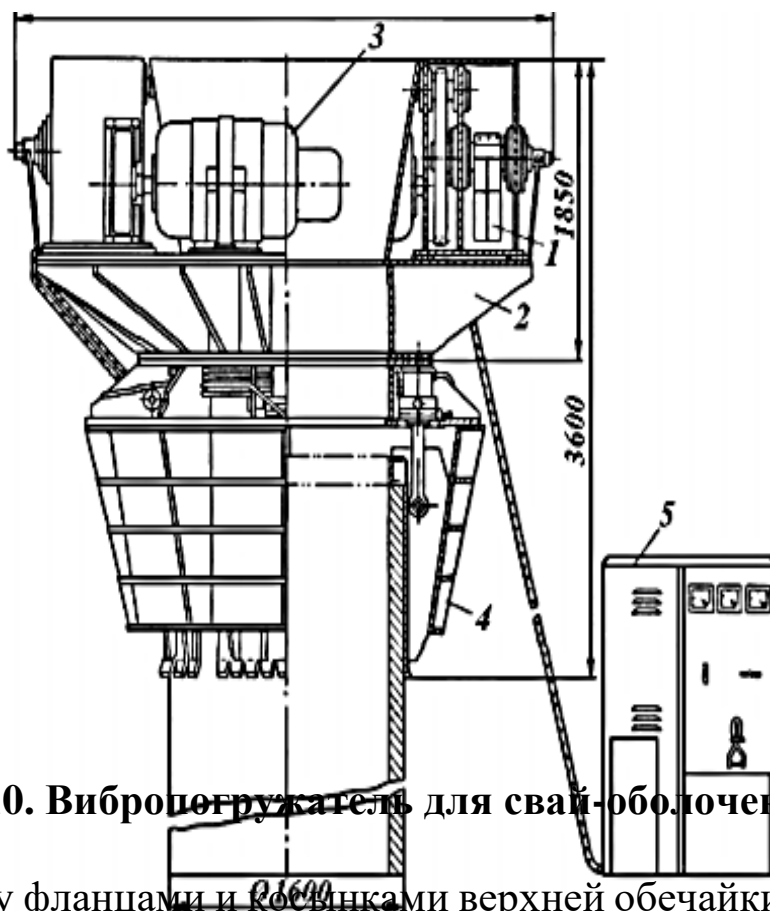


Рис. 16.10. Вибропогружатель для свай-оболочек ПНВ 50/140.

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. Способ проходки скважин зависит как от мерзлотногогрунтовых 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.

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 сваи 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 сваи 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 удается не всегда, приходится срезать (срубать) их головы до требуемого уровня. Применяемые в настоящее время для этих целей устройства разрушают бетон ствола сваи 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 строительства работает по принципу разрушения бетонного ствола

сваи 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.

Устройство для срезки концов свай (рис. 16.11, 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 бензореза обрезают оставшуюся арматуру. *Недостатком* этого устройства является необходимость последующей срезки арматуры. Наибольшее сечение срезаемых свай – 30×30 см, высота зоны оголения арматуры – 25...30 см, установка срезает в смену 130...150 свай.

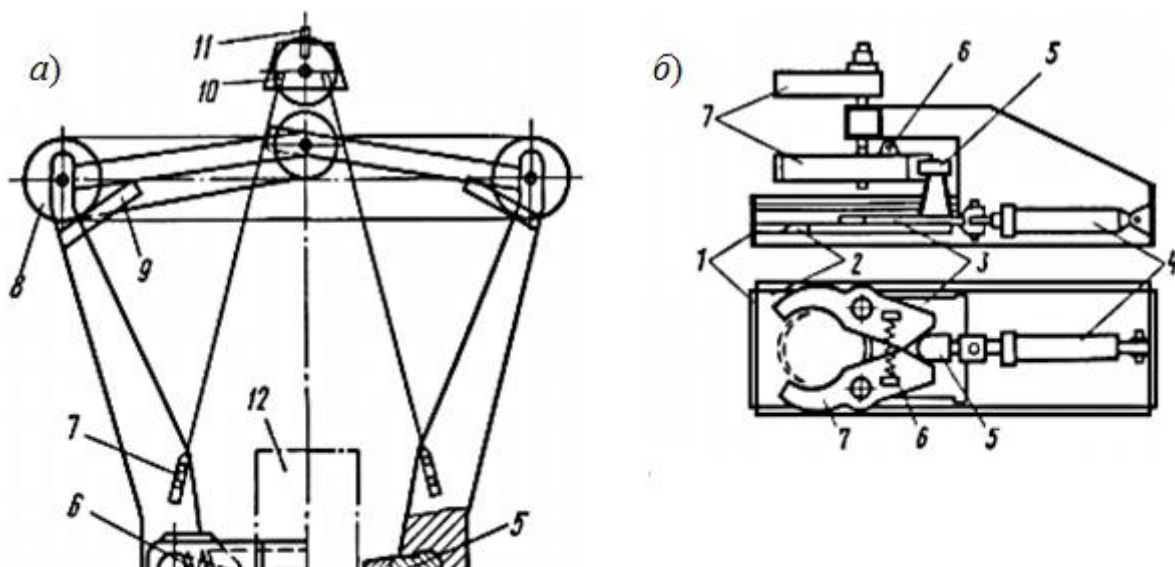


Рис. 16.11. Оборудование для срезки голов свай: *а* – конструкция: 1 – рычаг; 2 – палец; 3 – рама; 4 – нижний нож; 5 – верхний нож; 6 – пружина; 7 – монтажный крючок; 8 – полиспаст; 9 – упор; 10 – петля; 11 – тяговая петля; 12 – свая; 13 – струбцина; *б* – сваерез с захватом: 1 – корпус; 2 – неподвижный нож; 3 – подвижный нож; 4 – гидроцилиндр; 5 – клин; 6 – пружина возврата; 7 – рычаги.

Сваерез обеспечивающий срезку сваи без окола ее граней за пределами линии среза (рис. 20.12, *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 изготовляют 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 выносится за пределы зоны срезки. Производительность сваереза – более 150 свай в смену.

Установка СП-61, (рис. 16.12), работает по принципу скручивания ствола сваи, для чего требуются меньшие затраты мощности и времени.

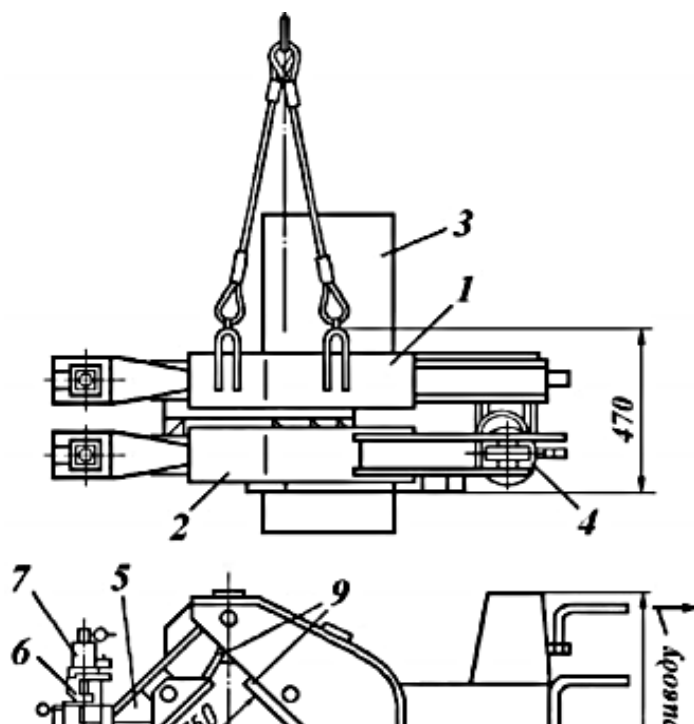


Рис. 16.12. Схема устройства для скручивания железобетонных свай.

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.

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.

Устройство (рис. 16.14) содержит вибровозбудитель 10, замкнутую полую 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 сваи, 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.

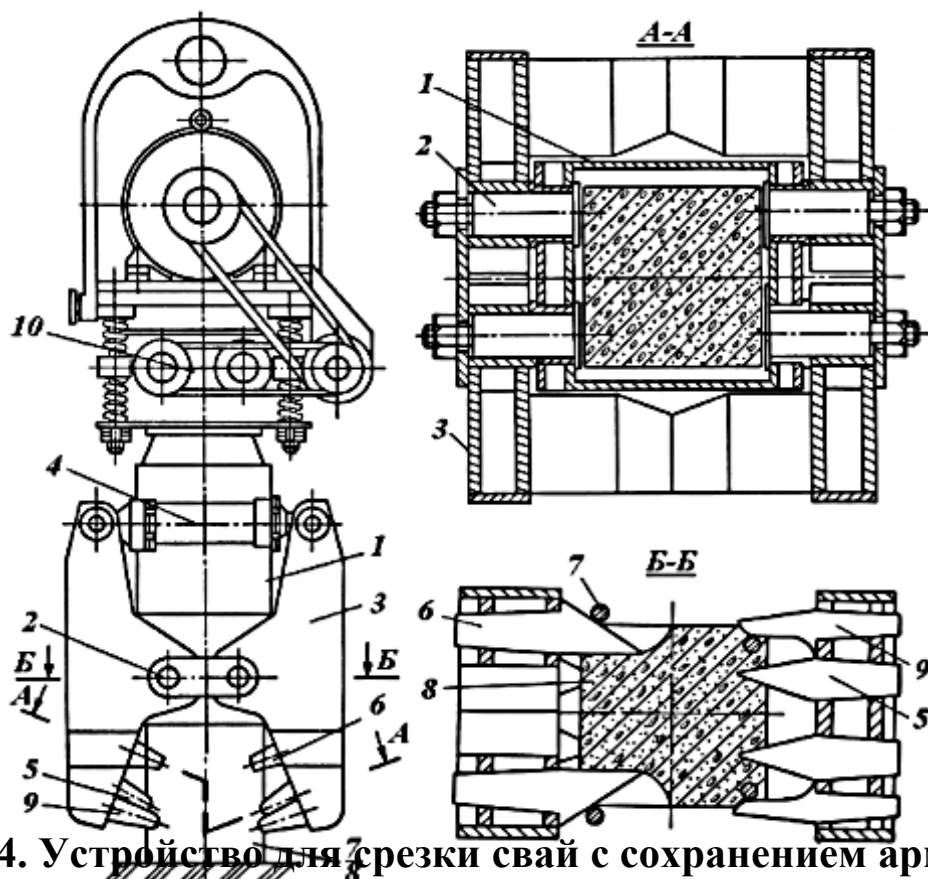


Рис. 16.14. Устройство для срезки свай с сохранением арматуры над срезом.

Контрольные вопросы.

1. Какие типы свай используют для устройства свайных фундаментов? Какие из них получили наибольшее распространение в строительстве?
2. Какими способами погружают в грунт сваи заводского изготовления? Как изготавливают буронабивные сваи? Какие машины применяют для этого?
3. Для чего предназначены копры?
4. Какие машины используют в качестве базовых для работы с копровым оборудованием? Перечислите достоинства и недостатки работы копрового оборудования по сравнению с работой копров.
5. Для каких условий предпочтительно использовать копровое оборудование на базе автомобильных кранов?
6. Опишите способы бескопрового погружения свай. Какие машины применяют для этого?
7. Перечислите виды свайных молотов. Как они устроены и как работают? Назовите их основные параметры.
8. Какими преимуществами и недостатками обладают отдельные их виды? Назовите предпочтительные области их применения.
9. Для чего предназначены, как устроены и как работают вибропогружатели? Перечислите их преимущества и недостатки перед другими видами погружателей.
10. Для чего предназначены, как устроены и как работают вибромолоты?
11. В чем заключается самонастройка вибромолотов?
12. Назовите основные параметры вибромолотов.

Глава 17. Машины и оборудование для переработки каменных материалов.

17.1. Общие сведения.