

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Кафедра тракторов, автомобилей
и машин для природообустройства

А. Л. Казаков, В. М. Горелько

МАШИНЫ ДЛЯ СВАЙНЫХ РАБОТ

*Методические указания по выполнению лабораторных работ
для студентов, обучающихся по специальностям
1-74 04 01 Сельское строительство и обустройство территорий,
1-74 05 01 Мелиорация и водное хозяйство*

Горки
БГСХА
2021

УДК 696.117+621.86/87(072)

*Рекомендовано методической комиссией
мелиоративно-строительного факультета.
Протокол № 5 от 25 января 2021 г.*

Авторы:

кандидат технических наук, доцент *А. Л. Казаков*;
кандидат технических наук, доцент *В. М. Горелько*

Рецензент:

кандидат архитектуры, доцент *Д. В. Кольчевский*

Машины для свайных работ : методические указания по выполнению лабораторных работ / А. Л. Казаков, В. М. Горелько. – Горки : БГСХА, 2021. – 27 с.

Рассмотрены вопросы назначения, классификация, общее устройство и принцип действия машин и оборудования для свайных работ: сваебойных молотов, копров и др. Приведены их основные технические характеристики. Даны указания по изучению конструкций механизмов.

Для студентов, обучающихся по специальностям 1-74 04 01 Сельское строительство и обустройство территорий, 1-74 05 01 Мелиорация и водное хозяйство.

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2021

Цель работы: изучить назначение и технические характеристики машин и оборудования для свайных работ; общее устройство и работу основных механизмов сваебойного оборудования; основы безопасной эксплуатации сваебойного оборудования.

Оснащение и учебно-наглядные пособия: учебные плакаты по изучению конструкции машин и оборудования для свайных работ; методические указания к выполнению лабораторной работы.

Порядок выполнения работы.

1. Изучить назначение, классификацию, основные параметры машин и оборудования для свайных работ. Записать их в отчет.

2. Изучить общее устройство и работу свайных молотов, вибропогружателей и шпунтовывергивателей, копров, агрегатов для завинчивания свай.

3. Ознакомиться с техническими характеристиками дизель-молотов, копров. Записать в отчет технические характеристики определенных марок свайных молотов и копров (по указанию преподавателя).

1. НАЗНАЧЕНИЕ, ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СВАЙНЫХ РАБОТ

При возведении зданий и сооружений на грунтах, не обладающих достаточной несущей способностью, приходится забивать в грунт значительное число свай. Число забиваемых свай, сечение и глубина их погружения зависят от качества грунта и нагрузки от возводимого сооружения.

Сваебойные машины применяются также для забивки шпунта, при устройстве подпорных стен и водоудерживающих перемычек.

Технологический цикл забивки (погружения) свай состоит из трех основных операций: захвата и установки сваи в проектное положение; погружения сваи в грунт до проектной отметки или «отказа», т. е. возникновения сопротивления большего, чем усилие погружения; перемещения сваебойной установки от забитой сваи к месту погружения следующей.

По методу погружения различают оборудование: ударное – забивка сваебойным молотом; забивка с одновременным подмывом грунта водой; вибрационное, вдавливающее, вращательное и с образованием предварительной скважины в грунте лидером (пробойником).

По виду потребляемой энергии и конструкции сваепогружающее оборудование подразделяется: а) ударного действия – молоты механи-

ческие, паровоздушные, дизельные, гидравлические; б) *вибрационного действия* – вибропогружатели; в) *комбинированного действия* – вибромолоты; г) *машины для вдавливания и завинчивания свай*.

По погружающей способности сваебойные машины различаются: по массе ударной части – сваебойные молоты; по вынуждающей силе и по мощности электродвигателя – вибропогружатели и т. п.

Метод погружения свай выбирается в зависимости от плотности грунта и параметров погружаемых элементов. В жилищном строительстве наиболее распространенным методом является способ забивки свай сваебойными молотами.

2. СВАЕБОЙНЫЕ МОЛОТЫ

Сваебойные молоты *в зависимости от вида подводимой энергии* подразделяются на механические, паровоздушные, дизель-молоты и гидравлические. *По виду привода ударной части* различают молоты простого действия и двойного действия. *По типу направляющих ударной части* свайные молоты делятся на штанговые и трубчатые [1].

Рабочий цикл молота состоит из подъема ударной части (холостой ход) и падения ударной части до соударения с наголовником (рабочий ход).

К основным показателям свайных молотов относятся: масса ударной части, частота ударов, расчетная энергия удара, конструктивная масса молота (сухая, без наголовника), габаритные размеры и др.

Механический сваебойный молот представляет собой массивную чугунную отливку, которая по направляющим мачты может подниматься канатом, перекинутым через головной блок и навиваемым на барабан лебедки, и падать при расцеплении захватного устройства под действием собственной массы на головку свай. Расцепление захватного устройства происходит при натяжении вспомогательного каната механизма управления. Масса падающей части механических молотов, применяемых для забивки свай, колеблется от 1000 до 5000 кг, высота свободного падения молота обычно не превышает 3 м. В зависимости от высоты подъема число ударов молота составляет до 12 в минуту для молотов с расцеплением и 12–18 – для молотов, работающих без расцепления. Механические молоты конструктивно просты и долговечны в работе, однако производительность их недостаточно высока.

Паровоздушные сваебойные молоты приводятся в действие силой пара или сжатого воздуха, воздействующих непосредственно на удар-

ную часть молота, и подразделяются на паровоздушные молоты простого действия и паровоздушные молоты двойного действия. В молоте простого действия сила пара или сжатого воздуха используется только для подъема ударной части молота, а в молотах двойного действия полезную работу выполняет не только масса падающей ударной части молота, но и давление пара или сжатого воздуха на поверхность бойка, увеличивающее скорость его падения и соответственно энергию удара.

Паровоздушные молоты выпускают с массой ударной части от 1250 до 8000 кг, энергией удара – от 18,8 до 100 Дж.

В дизель-молотах используется энергия, высвобождающаяся при воспламенении топлива. Рабочий процесс дизель-молота аналогичен процессу двухтактного дизеля, поэтому они относятся к группе свободнопоршневых двигателей, у которых отсутствует кривошипно-шатунный механизм и энергия расширяющихся газов передается непосредственно рабочему органу – ударной части молота.

У штанговых дизель-молотов (рис. 1) две направляющие штанги 4 вкручены в основание 2 поршня 12. Основание поршневого блока опирается на сферическую пятю 1 и наголовник 15. Ударная часть молота – цилиндр 10 перемещается по штангам 4. В верхней части штанги 4 объединены траверсой 7 захвата, свободно перемещающейся по ним и подвешенной к канату 8 лебедки копра. Для запуска молота траверсу 7 опускают до зацепления подпружиненным крюком 6 пальца 5 ударной части, после чего цилиндр 10 поднимают в верхнее крайнее положение. Далее поворотом вручную (через канат) рычага сброса 9 расцепляют «кошку» с ударным цилиндром, и он под действием силы тяжести падает вниз, нанося удар по основанию 2 и сжимая воздух в закрытой поршнем 12 полости цилиндра. Одновременно выступающий на ударной части стержень 11 нажимает на рычаг топливного насоса 14, которым подается топливо по топливопроводу 13 к форсунке 3. Распыленное форсункой в рабочей камере топливо смешивается с нагретым воздухом. В последней фазе движения ударной части вниз вследствие дополнительного сжатия топливно-воздушной смеси происходит ее самовоспламенение. Расширяющиеся при сгорании топлива газы отбрасывают ударную часть вверх, откуда она снова падает. Процесс повторяется. Молот выключают прекращением подачи топлива.

Штанговые дизель-молоты могут быть легкого типа с массой ударной части до 250 кг и механическим (пружинным) буфером и подвижными штангами и тяжелого типа с неподвижными штангами и массой ударной части 1800–2500 кг.

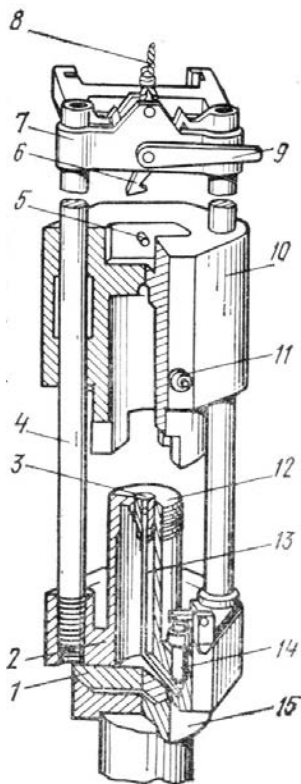


Рис. 1. Штанговый дизель-молот: 1 – сферическая пята; 2 – основание; 3 – форсунка распылительная; 4 – штанга направляющая; 5 – палец; 6 – крюк; 7 – траверса захвата (кошки); 8 – канат лебедки копра; 9 – рычаг сброса; 10 – цилиндр; 11 – стержень; 12 – поршень; 13 – топливопровод; 14 – приводной рычаг топливного насоса; 15 – наголовник

Штанговые дизель-молоты обладают малой энергией удара (25–35 % потенциальной энергии ударной части). Их применяют для забивки свай в слабые и средней плотности грунты. Штанговые дизель-молоты выпускаются с массой ударной части от 240 до 3500 кг, развивают энергию удара соответственно от 1,7 до 51,5 кДж при частоте ударов 50–55 в минуту и степени сжатия 16 и 25.

Технические характеристики штанговых дизель-молотов приведены в табл. 1 [2] и на плакате 1.

Таблица 1. Техническая характеристика штанговых дизель-молотов

Показатели	СП-60	СП-60А	СП-4	СП-5	СП-6ВМ	СП-7	СП-8
Обозначение молота по ГОСТ 31550-2012	МСДШП-0240-01	МСДШП-0250-01	МСДШП-1250-01	МСДШП-1800-01	МСДШП-2500-01	МСДШП-3000-01	МСДШП-3500-01
Масса ударной части, кг	240	250	1250	1800	2500	3000	3500
Наибольшая энергия удара молота, кДж	1,7	1,75	14,7	22,25	37,6	42,4	51,5
Масса забиваемых свай, т	до 0,4	до 0,4	до 3,2	до 3,2	до 3,2	до 4,0	до 4,0
Масса молота, кг	400	400	2500	3100	4200	4700	5200
Габаритные размеры, мм:							
высота	1980	2200	3850	4000	4630	4630	4630
длина	500	550	915	915	950	950	950
ширина	550	500	905	905	1100	1100	1100

Все трубчатые дизель-молоты выполнены по единой конструктивной схеме и максимально унифицированы. Ударной частью трубчатого дизель-молота (рис. 2) служит тяжелый поршень 9 с уплотнительными кольцами в нижней головной части, перемещающийся в направляющей трубе 8. Удары поршня воспринимаются шаботом 2, герметично установленным в нижней части корпуса цилиндра 3. Молот центрируют на свае штырем 1. Для пуска молота его поршень пусковым устройством «кошкой» 6, подвешенной к канату 7, поднимают в верхнее положение, откуда его сбрасывают. При движении поршня вниз последний нажимает на приводной рычаг 10, включая топливный насос 11 низкого давления, который подает топливо дозированно из топливного бака 5, расположенного с внешней стороны цилиндра.

Топливо стекает в сферическую выемку шабота 2. При дальнейшем падении поршень перекрывает выхлопные окна 4, сообщаящие цилиндр с атмосферой, и сжимает воздух в замкнутом пространстве рабочей камеры. От удара поршня о шабот находящееся в сферическом углублении последнего топливо разбрызгивается, смешиваясь с воздухом, и воспламеняется. Расширяющиеся при сгорании топливовоздушной смеси газы подбрасывают поршень вверх, откуда он снова падает, сжимая воздух, удаляя отработавшие газы через выхлопные окна 4 и повторяя процесс. Останавливают молот прекращением подачи топлива.

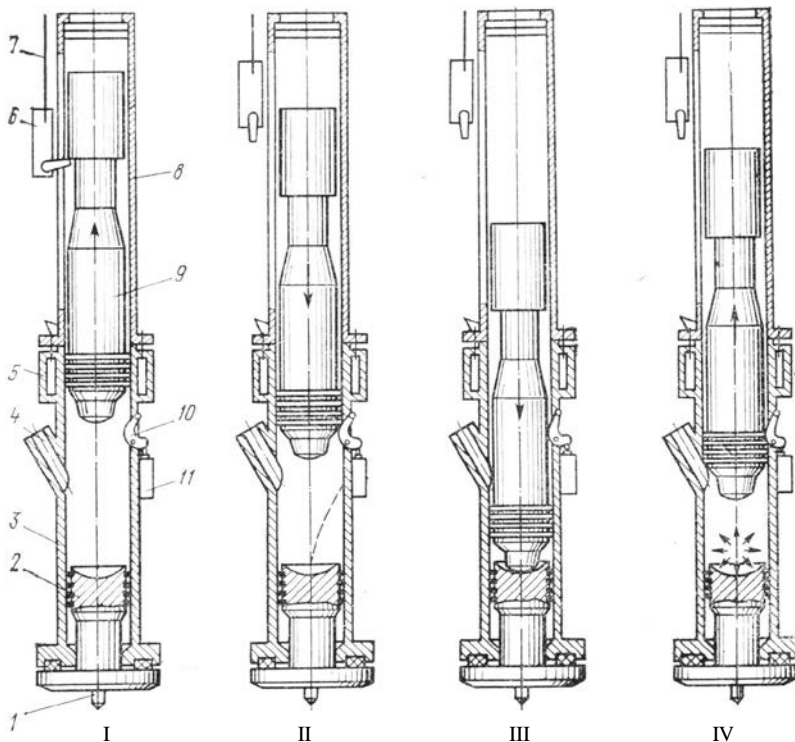


Рис. 2. Конструкция и схема работы трубчатого дизель-молота: I – подъем ударной части; II – подача топлива в шабот и продувка цилиндра; III – удар по шаботу; IV – рабочий ход поршня, выхлоп: 1 – центровочный штырь; 2 – шабот; 3 – корпус цилиндра; 4 – выхлопные окна; 5 – топливный бак; 6 – пусковое устройство; 7 – канат лебедки копра; 8 – направляющая труба; 9 – поршень; 10 – приводной рычаг топливного насоса; 11 – топливный насос

Конструкция трубчатых молотов более совершенна: они обладают большей энергией удара, высокой долговечностью. Конструктивными и технологическими особенностями трубчатых дизель-молотов является применение водяной системы охлаждения, кольцевой камеры сгорания и принудительной смазки.

Технические характеристики трубчатых дизель-молотов приведены в табл. 2 [2] и на плакате 2.

Таблица 2. Техническая характеристика трубчатых дизель-молотов

Показатели	СП-74	СП-75А	СП-76А	СП-77А	СП-78А	СП-79А
Обозначение молота по ГОСТ31550-2012	МСДТ1-0600-01	МСДТ1-1250-01	МСДТ1-1800-01	МСДТ1-2500-01	МСДТ1-3500-01	МСДТ1-5000-01
Масса ударной части, кг	600	1250	1800	2500	3500	5000
Наибольшая энергия удара молота, кДж	14	29	42	59	82	118
Масса забиваемых свай, т	0,6–1,2	1,2–3,0	1,8–5,0	2,6–6,5	3,5–8,0	До 10,0
Масса молота, кг	1500	2700	3850	5500	7700	10000
Габаритные размеры, мм:						
высота	4075	4500	4500	5200	5500	5800
длина	430	750	800	920	100	1000
ширина	664	600	600	730	950	950

В соответствии с ГОСТ 31550-2012 «Молоты свайные. Общие технические условия» [1] конкретные модели сваебойных молотов должны иметь следующую структуру индексации (рис. 3):

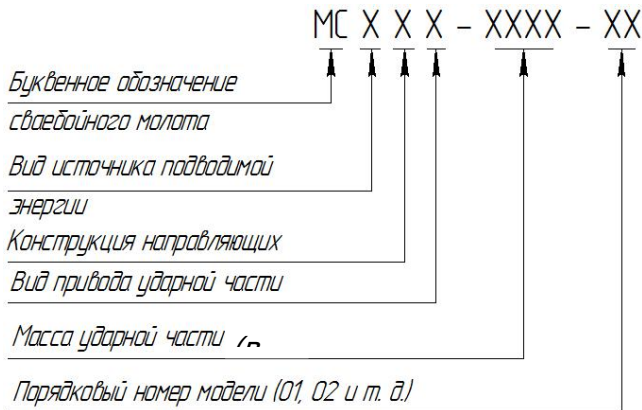


Рис. 3. Структура индексации свайных молотов

Пример обозначения сваебойного дизельного штангового молота простого действия с массой ударной части 240 кг, первой модели: МСДШ1-0240-01 ГОСТ 31550-2012.

Энергия удара механических и паровоздушных молотов простого действия E (Дж) определяется по формуле

$$E = QH\eta, \quad (1)$$

где Q – сила тяжести ударной части;

H – высота падения ударной части;

η – коэффициент, учитывающий потери в механизме молота: для паровоздушных молотов $\eta = 0,8-0,85$.

Энергия удара свабойных молотов двойного действия определяется по формуле

$$E = QH\eta + pFH, \quad (2)$$

где p – давление пара (воздуха), МПа;

F – площадь поршня, см².

Энергия удара в дизель-молотах определяется по формуле

$$E = QH\eta - L_{сж}, \quad (3)$$

где $L_{сж}$ – расход энергии на сжатие воздуха в цилиндре молота, определяемый замерами.

3. ВИБРОПОГРУЖАТЕЛИ И ВИБРОМОЛОТЫ

Вибропогружатели представляют собой механизмы, передающие погружаемым (или извлекаемым) элементам колебания определенной частоты, амплитуды и направления, в результате которых обеспечивается их погружение. Работа вибропогружателей основана на резком снижении коэффициента трения между грунтом и поверхностью погружаемого элемента под действием возникающих колебаний.

В строительном производстве вибропогружающие машины применяются для погружения железобетонных свай сплошных и свай-оболочек в малосвязные водонасыщенные грунты.

В сухих несвязных грунтах вместе с вибропогружением применяется подмыв.

Вибропогружатель соединяется со свайей посредством наголовника 4 (рис. 4) и сообщает ей возмущающее периодическое усилие, создаваемое вращающимися дебалансами 3.

Для генерирования направленных колебаний дебалансы спаривают, вращая их в противоположные стороны с одинаковой частотой и в одной фазе. Возникающие при этом центробежные силы инерции в гори-

зонтальной плоскости взаимно уравниваются, а в вертикальной плоскости суммируются, вызывая направленные колебания вибропогружающей машины и связанной с ним сваи.

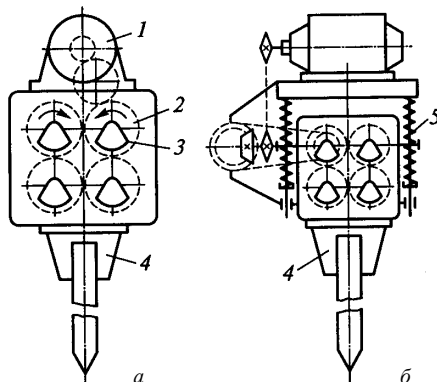


Рис. 4. Схемы вибропогружателей: *а* – низкочастотный; *б* – высокочастотный:
 1 – двигатель; 2 – зубчатые колеса; 3 – дебалансы;
 4 – наголовник; 5 – пружинные амортизаторы

Продольно направленные колебания, сообщаемые свае, разрушают связь между частицами грунта и грунта со сваей, вследствие чего уменьшается трение боковых поверхностей сваи о грунт, и свая под влиянием собственной массы и массы вибропогружающей машины заглубляется в грунт.

Необходимо, чтобы амплитуда колебаний, вызываемых вибропогружателем, была больше, чем величина упругой деформации грунта, в противном случае свая не будет погружаться.

Для увеличения амплитуды возмущающей силы вибропогружатели изготавливают многодебалансными, состоящими из нескольких пар дебалансов. Обычно дебалансы выполняются заодно с зубчатыми колесами 2. Двигатели 1 соединяют корпусом с вибровозбудителем жестко (рис. 4, *а*) или через пружинные амортизаторы 5 (рис. 4, *б*). Последним решением снижаются вредные воздействия вибрации на электродвигатель.

По назначению различают вибропогружатели: низкочастотные (300–500 кол/мин – погружение в однородные грунты массивных железобетонных оболочек и свай длиной до 12 м); высокочастотные

(700–1500 кол/мин – погружение элементов небольшой массы с малым лобовым сопротивлением).

По типу привода: трансмиссионные и бестрансмиссионные.

По виду передаваемых колебаний: с колебаниями, направленными вдоль вертикальной оси и вибропогружатели комбинированного действия [3, 4].

Главным параметром вибропогружателей является мощность установленных электродвигателей. Кроме того, погружатели характеризуются вынуждающей силой, статическим моментом дебалансов, амплитудой и частотой колебаний.

Выпускают вибропогружатели с возмущающей силой от 19,1 до 184 т с частотой вращения эксцентриков от 420 до 1500 мин⁻¹, массой от 2,5 до 11 т.

Вибропогружатели в 2,5–3 раза производительнее свайных молотов, они удобны в управлении, не разрушают погружаемые элементы. Основным их недостатком является непригодность для погружения свай (шпунта) в связные маловлажные грунты и сравнительно небольшой срок службы электродвигателей.

Вибромолот – это вибрационная машина, передающая погружаемому элементу колебательные и ударные импульсы. Вибромолоты применяют для погружения металлических свай, труб и шпунта в рыхлые и водонасыщенные средней плотности пески, а также в связные грунты текучей и текучепластичной консистенции.

По виду применяемого привода – электрические, гидравлические, пневматические и с ДВС.

По связи двигателя с вибровозбудителем – трансмиссионные и бестрансмиссионные.

По наличию упругой связи между вибровозбудителем и погружаемым элементом – пружинные и беспружинные.

Вибромолот отличается от вибропогружателя тем, что его корпус не имеет жесткой связи со сваей, и тем, что при колебаниях корпуса возникают удары, воспринимаемые сваей.

Конструкция бестрансмиссионного вибромолота (рис. 5) представляет собой вибровозбудитель 1 с установленными в одном корпусе двумя электродвигателями с дебалансами 2 на валах роторов. С нижней стороны вибровозбудителя закреплен на специальной плите боек 3. Между корпусом вибровозбудителя 1 и наголовником 6 размещены пружинные амортизаторы 5, позволяющие корпусу совершать большие размахи, отрываясь от наголовника и ударяя бойком 3 по наковальне 4 при обратном движении.

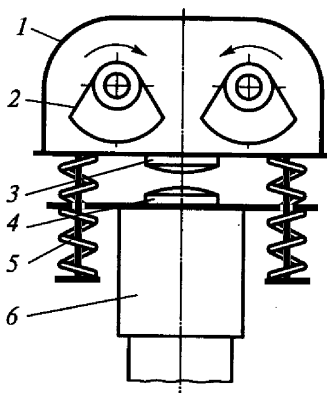


Рис. 5. Схема вибромолота: 1 – вибровозбудитель; 2 – дебаланс; 3 – боек; 4 – наковальня; 5 – пружинный амортизатор; 6 – наголовник

Работа вибромолота основана на совместном воздействии вибрации и ударов на сваю и грунт, в результате чего увеличивается эффективность погружения сваи не только в водонасыщенные несвязные грунты, но и в более плотные.

Вибромолоты имеют суммарную мощность электродвигателей 14–80 кВт, максимальную вынуждающую силу 110–180 кН, частоту ударов 8–12 Гц.

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

4. ВИБРОУДАРНЫЕ ШПУНТОВЫДЕРГИВАТЕЛИ

Виброударные шпунтовывергиватели составляют особую группу ударно-вибрационных машин. Как показал опыт, применение вибропогружателей для извлечения различного рода элементов из грунта не всегда бывает достаточно эффективно. Это касается тех случаев, когда извлечению подлежат элементы (механический шпунт и трубы), находящиеся по технологическим причинам в грунте длительное время, или, когда извлечение нужно вести из смерзшихся грунтов. В таких условиях сила сцепления сваи с грунтом значительно превышает вынуждающую силу вибропогружателя и извлечение становится практически невозможным.

Принципиальной особенностью конструкций виброударных шпунтовывергивателей является то, что удар этих машин направлен вверх и передается непосредственно извлекаемому элементу, а вниз направлена только реакция пружин, значение которой изменяется плавно по синусоиде, в то время как ударный импульс действует в малом промежутке времени и достигает большого значения.

Шпунтовывергиватель (рис. 6) состоит из вибровозбудителя 4, виброизолятора 2, подвески 1, рамы 6 с клиновым захватом 7 и пульта дистанционного управления. В корпус вибровозбудителя параллельно вмонтированы два электродвигателя с установленными на консольных частях валов четырьмя дебалансами с возможностью регулирования статического момента. При синхронном вращении дебалансов в разные стороны создаются вертикально направленные колебания.

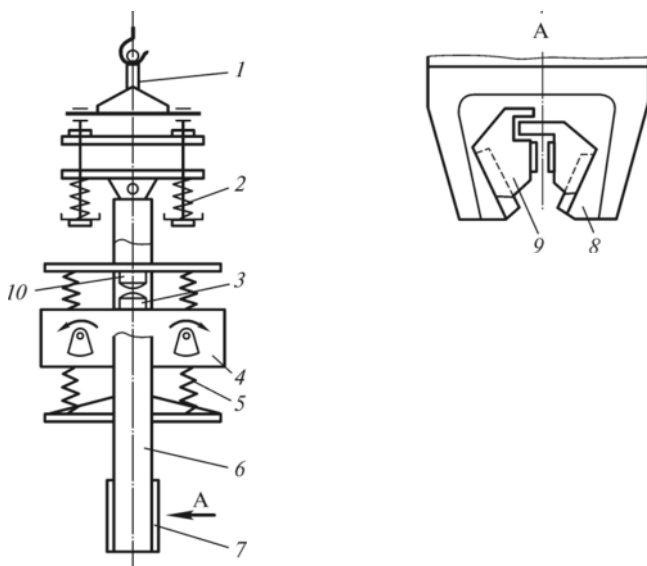


Рис. 6. Схема виброударного шпунтовывергивателя:

- 1 – подвеска; 2 – виброизолятор; 3 – боек; 4 – вибровозбудитель; 5 – пружины;
6 – рама; 7 – захват клиновой; 8 – направляющая; 9 – клин; 10 – наковальня

Вибровозбудитель опирается через витые пружины 5 на раму 6, которая ограничивает его движение сверху, в результате чего вибро-

возбудитель 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.

Шпунтовывдергиватели могут эксплуатироваться с самоходными стреловыми кранами соответствующей грузоподъемности, а также с вертикальным телескопическим копровым оборудованием.

Шпунтовывдергиватели имеют суммарную мощность электродвигателей 15–44 кВт, энергию удара 0,74–2,85 кДж, частоту ударов 8–16 Гц.

5. КОПРЫ И КОПРОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Свайные молоты, вибропогрузатели, вибромолоты и другие свайные погрузатели являются сменным рабочим оборудованием копров.

Копры служат для подъема и установки свай перед погружением в требуемой точке свайного поля и обеспечения их направления при погружении вместе с погрузателем.

Копры представляют собой металлические конструкции, смонтированные на платформе с ходовой частью. Различают копры навесные (на тракторах, экскаваторах и автомобилях), рельсовые (на поворотных, неповоротных и траверсных тележках), мостовые (на рельсовом и гусеничном ходу). *Копровое оборудование* представляет собой копровые стрелы, навешиваемые в качестве сменного оборудования на строительные машины (краны, экскаваторы) без механизмов наведения свай.

Копры подразделяют на типы:

по конструкции ходовой части – колесные (*К*), гусеничные (*Г*), рельсовые (*Р*);

по наличию поворотной платформы – с поворотной платформой (*1*), без поворотной платформы (*0*);

по наличию изменения вылета мачты – с изменением вылета (*1*), без изменения вылета (*0*);

по наличию наклона мачты – с изменением наклона (*1*), без изменения наклона (*0*) [5].

В современном строительстве применяют металлические копры на рельсовом ходу. На рис. 7 представлены схемы универсальных полноповоротных самоходных копров с изменяющимся вылетом копровой стрелы. Такие копры с одного рельсового пути обеспечивают забивку

большого поля как вертикальных, так и наклонных свай. Некоторые копры имеют шарнирно опертую стрелу с меняющимся наклоном. Другие копры могут забивать только вертикальные сваи.

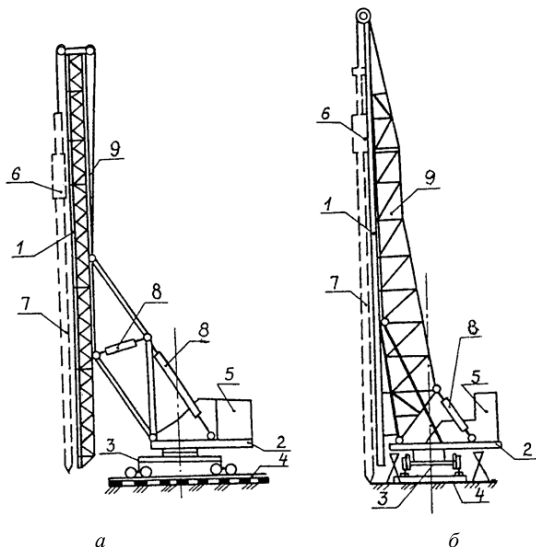


Рис. 7. Схемы универсальных полноповоротных самоходных копров: *а* – копер типа СП-33А; *б* – копер типа СССР-582: 1 – направляющие; 2 – поворотная платформа; 3 – базовая ходовая тележка; 4 – рельсовый путь; 5 – кабина; 6 – молот; 7 – свая; 8 – гидроцилиндры выдвижения и наклона стрелы; 9 – копровая мачта

Базой копров являются стандартные ходовые тележки 3 башенного крана. На поворотной платформе 2 смонтирована металлическая ферма (рис. 7, *а*) с гидроцилиндрами управления выдвижением и наклоном стрелы. На схеме (рис. 7, *б*) на поворотной платформе 2 смонтирована копровая мачта 9 с гидроцилиндром 8 ее наклона. Также на поворотной платформе установлены лебедки для подтаскивания свай, подъема-опускания молота 6 и свай, подъема и 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 насосной станции.

Одним из широко применяемых в промышленном и гражданском строительстве навесных копров является СП-49Д на базе трактора Т10МБ-2121-0 (рис. 8). Данная машина может оснащаться дизельными свайными молотами СП-6ВМ или СП-76А и предназначена для погружения свай длиной до 12 м.

Схема копра СП-49Д представлена на рис. 8.

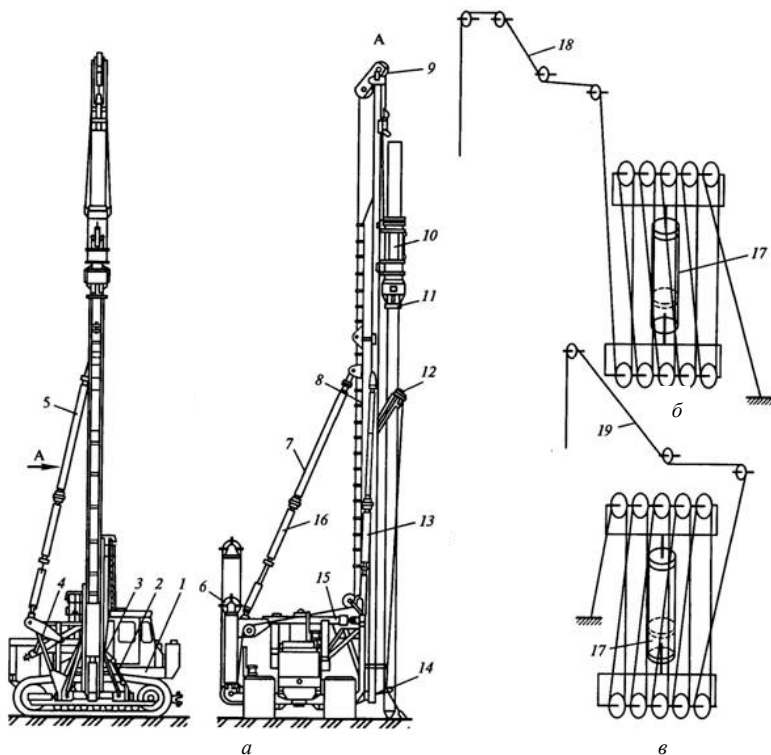


Рис. 8. Навесной копер СП-49Д: *а* – общий вид; *б, в* – гидравлические полиспасты подъема молота и свай: 1 – трактор; 2 – рама подвижная; 3 – гидрооборудование; 4 – рама несущая; 5 – боковой раскос; 6 – полиспасты подъема свай и молота; 7 – задний раскос; 8 – мачта; 9 – оголовок мачты; 10 – свайный молот; 11 – наголовник молота; 12 – свайная стрелка; 13, 16 – гидроцилиндры раскосов; 14 – устройство для подтаскивания свай; 15 – гидроцилиндр выдвигания подвижной рамы; 17 – гидроцилиндры привода полиспастов; 18, 19 – канаты

Копровая установка СП-49Д (рис. 8, *а*) включает базовый трактор 1, дизель-молот 10 с наголовником 11, несущую раму 4, подвижную раму 2, гидравлические полиспасты 6 для подъема молота и сваи, двухсекционную мачту 8 с оголовком 9 и направляющими для свайного молота, боковой 5 и задний 7 гидравлические раскосы, гидрооборудование 3, свайную стрелку 12 для установки свай под молот, устройство 14 для подтаскивания свай. Навесное оборудование с гидравлическим приводом обеспечивает выполнение следующих операций: подтаскивание, подъем, установку сваи на точку забивки и под молот, наклоны мачты в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, выдвигание мачты, подъем и опускание молота, опускание мачты в транспортное и подъем ее в рабочее положение. Кинематическая схема навесной части копра показана на плакате 3.

Гидрополиспасты для подъема молота (рис. 8, *б*) и сваи (рис. 8, *в*) приводятся в действие гидроцилиндрами 17 и обеспечивают через десятикратную запасовку подъем сваи канатом 19 и молота канатом 18. Гидрополиспасты смонтированы на тракторе со стороны, противоположной молоту, и выполняют роль противовесов, придающих копру устойчивость.

Для наклонов мачты в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, установки ее вертикально, независимо от неровностей и уклонов строительной площадки или котлована, а также перевода мачты из транспортного (горизонтального) положения в рабочее и наоборот служат одинаковые по конструкции боковой 5 и задний 7 гидравлические раскосы, состоящие соответственно из гидроцилиндров 13 и 16 и стоек.

Перемещение мачты в направлении, перпендикулярном продольной оси машины (на расстояние до 0,4 м), осуществляется при выдвигании подвижной рамы 2 гидроцилиндром 15, что позволяет доставить сваю на точку забивки без нарушения вертикальности мачты. На нижней секции мачты смонтированы выдвигная свайная стрелка 12, управляемая гидроцилиндром, упор для наведения сваи на точку забивки и установлены отводные блоки каната подъема молота и сваи. С помощью стрелки с изменяемым вылетом верхний конец сваи заводят в наголовник молота. Нижний конец сваи упором отталкивается от мачты, чтобы придать свае вертикальное положение. При забивке сваи стрелка гидроцилиндром убирается в нишу мачты. Гидроцилиндры копрового оборудования обслуживаются гидросистемой базовой ма-

шины. Пульт управления копровым оборудованием находится в кабине машиниста.

Техническая характеристика копра СП-49Д приведена в табл. 3 и на плакате 3.

В соответствие с ГОСТ 31546-2012 «Копры для свайных работ. Общие технические условия» [5] копры конкретных моделей должны иметь следующую структуру индексации (рис. 9) (см. пояснения на стр. 15):

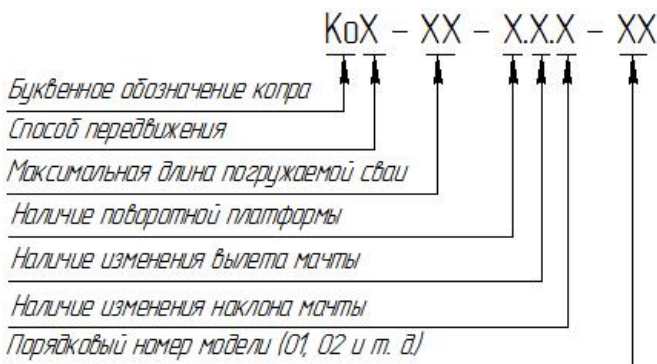


Рис. 9. Структура индексации копров

Пример условного обозначения копра на гусеничном ходу для забивки свай длиной до 14 м, с поворотной платформой, без изменения вылета и наклона мачты, второй модели (КоГ-14-1.0.0-02 ГОСТ 31546-2012).

Выпускаются сваебойные агрегаты на базе гусеничных тракторов для забивки свай длиной до 16 м и массой падающей части молота до 3500 кг. Средняя производительность агрегатов от 15 до 24 шт/смену.

Самоходные сваебойные агрегаты на пневмоколесном ходу на базе шасси грузовых автомобилей или на базе пневмоколесных кранов имеют преимущество в большей мобильности, т. е. быстрой переброски с одного места работы на другое без применения дополнительных транспортных средств. Рабочее сваебойное оборудование имеет вид сменного навесного оборудования, допускающего по мере надобности использование крана по прямому назначению. Сваебойные агрегаты на базе автомобилей выпускаются для забивки свай длиной до 12 м и сечением 35×35 см.

Машина КоК-12-1.1.1-01 (УГМК-12) (плакат 4) используется для

создания свайных оснований различного типа. С помощью данной техники производится погружение в грунт металлических и железобетонных шпунтов и свай, длина которых составляет не более 12 м. С наибольшей эффективностью машина применяется, если необходимо выполнить погружение пробных свай на обширных свайных полях. Кроме того, применение этого вида техники экономически оправданно при работах на рассредоточенных объектах, где предусмотрен небольшой объем свайных работ, в частности, при малоэтажном строительстве, монтаже ограждений, линий электропередач и т. п.

К основным преимуществам КоК-12-1.1.1-01 относится:

- способность сваебойной машины оперативно обслуживать рассредоточенные строительные объекты даже в условиях бездорожья, работать на любых строительных площадках благодаря высокой проходимости полноприводного базового автомобиля КамАЗ-53228;

- приведение копровой машины в транспортное положение не требует снятия молота и использования каких-либо грузоподъемных механизмов, за счет чего транспортировка производится в кратчайшие сроки и без дополнительных материальных затрат;

- машина оснащена поворотно-выдвижной платформой, что позволяет выполнять забивку нескольких свай без перемещения техники – это существенно сокращает сроки работ;

- сваебойная машина имеет электрогидравлическое управление, которое обеспечивает высокую точность и плавность выполнения работ.

В строительстве находят применение также самоходные сваебойные агрегаты на базе одноковшовых экскаваторов (рис. 10).

Сменное копровое оборудование к экскаватору ЭО-5111Б монтируется на решетчатой стреле 1 базового экскаватора и включает свайный молот 4 с наголовником, копровую мачту 2 с оголовком 3 и направляющими для свайного молота, устройство для захвата и подъема сваи и заводки ее головки в наголовник, гидросистему выравнивания мачты и гидрооборудование. Копровая мачта навешивается на стрелу экскаватора с помощью сферической опоры и соединяется в нижней части со стрелой посредством двух гидроцилиндров.

При забивке свай копровая мачта устанавливается в вертикальное положение. Подъем-опускание свайного молота осуществляются грузовым барабаном главной лебедки экскаватора через двукратный полиспаст. Подтаскивание сваи обеспечивается канатом, запасованным на вспомогательный барабан лебедки. С помощью гидроцилиндров ко-

прового оборудования и стрелоподъемного полиспаста осуществляют перемещение и наклон копровой стрелы вперед-назад, вправо-влево. Нижний торец копровой мачты имеет опорную пятку. Гидроцилиндры копрового оборудования обслуживаются гидронасосом базового экскаватора.

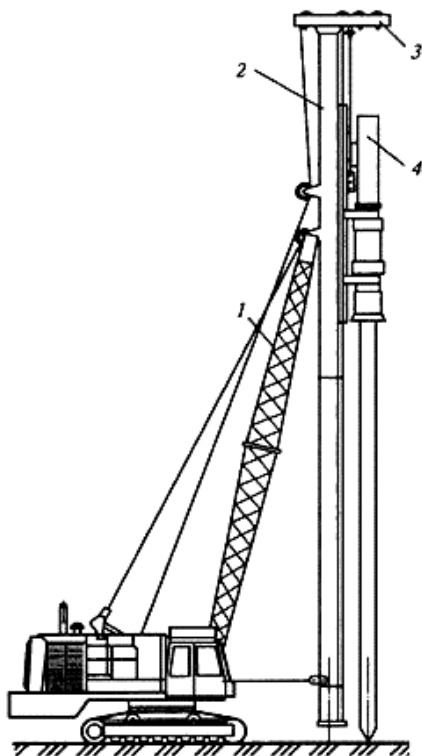


Рис. 10. Навесное копровое оборудование на базе экскаватора ЭО-5111Б:
1 – стрела решетчатая; 2 – мачта копровая; 3 – оголовок мачты; 4 – молот свайный

Техническая характеристика навесного копрового оборудования на базе экскаватора ЭО-5111Б приведена в табл. 3.

Сваебойные агрегаты на базе экскаваторов или кранов имеют преимущество перед агрегатами на базе тракторов и автомобилей в том, что их рабочее оборудование монтируется на поворотной платформе и

выносной стреле, что обеспечивает более быструю и точную установку забиваемой сваи в проектное положение.

Выпускается навесное сваебойное оборудование к экскаваторам и стреловым кранам для забивки свай длиной от 10 до 20 м.

Таблица 3. Технические характеристики навесных копров

Показатели	СП-49Д	КоК-12-1.1.1-01	КоГ-12
Базовая машина	Т10МБ-2121-0	КамАЗ-65111	ЭО-5111Б
Длина погружаемой сваи, м	12	12	12
Сечение погружаемой сваи, мм	350×350	350×350	400×400
Грузоподъемность, т:	12,0	11,0	20,0
на канате подъема молота	7,0	4,5	10,0
на канате подъема сваи	5,0	4,0	10,0
Уклон стройплощадки, град	3	3	–
Рабочие наклоны мачты, град:			
вправо-влево	7	7	–
вперед	7	12	–
назад	12	12	–
Изменение вылета мачты, м	0,4	0,8	5,0
Угол поворота мачты в плане, не менее, град	–	240	360
Скорость подъема молота и сваи, м/мин	16,5	16,5	–
Применяемый дизель-молот	СП-6ВМ, СП-76А	СП-75А, СП-76А, СП-6ВМ	–
Производительность в смену, свай/см	20–25	20–25	–
Масса копра, т	30,3	24,5	43,0

Тип копра определяют после подбора молота и в зависимости от длины погружаемой сваи (определяется необходимая грузоподъемность).

6. АГРЕГАТЫ ДЛЯ ЗАВИНЧИВАНИЯ СВАЙ В ГРУНТ

Существуют конструкции свай (рис. 11), у которых нижний конец имеет выступающие за его размеры приливы в виде винтовой поверхности, благодаря чему погружение сваи может быть осуществлено завинчиванием. Завинчивают сваи с помощью специальных самоходных машин – кабестанов и специальных сваезавинчивающих агрегатов.

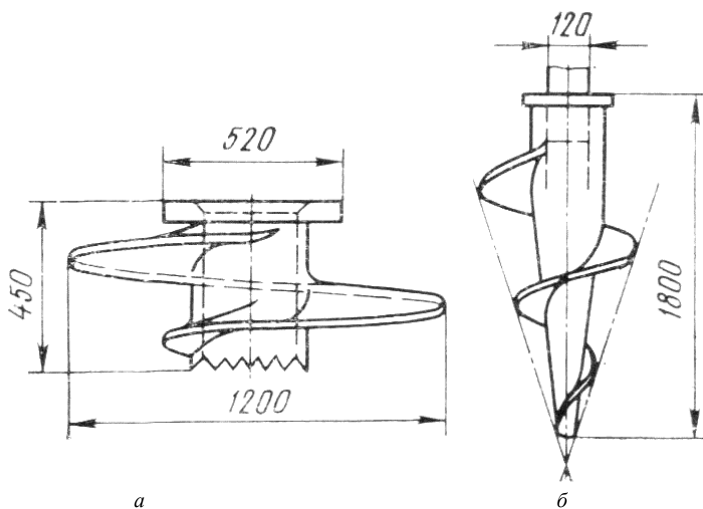


Рис. 11. Конструкции винтовых наконечников свай:
а – цилиндрической формы; *б* – конической формы

Кабестан представляет собой лебедку с барабаном, устанавливаемую на головку сваи и прикрепляемую к ней, при вращении поворотной части которой свая завинчивается в грунт. Неповоротная часть кабестана удерживается от вращения канатными растяжками, закрепленными к якорям.

При рассредоточенных работах применяют самоходные сваезавинчивающие агрегаты на пневмоколесном ходу. Схема работы такого агрегата показана на рис. 12. Винтовая свая *4* заводится в сваедержатель – вращающуюся трубу *2* – и скрепляется с ней (рис. 12, *а*). После этого рабочий орган приводится в вертикальное или требуемое наклонное положение для завинчивания сваи (рис. 12, *б*). Вращение рабочий орган получает от двигателя автомобиля *1* через коробку отбора мощности и систему гидропередачи. Наклон и удержание рабочего органа в нужном положении обеспечивается механизмом со стрелой *3*. При работе машины шасси ее поддерживаются выносными опорами *5*.

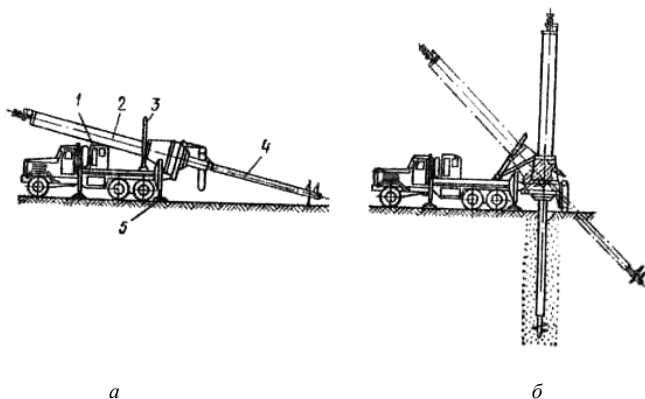


Рис. 12. Схема самоходного свезавинчивающего агрегата:
а – зарядка сваи; *б* – завинчивание сваи: 1 – базовый автомобиль;
 2 – труба вращающаяся; 3 – стрела; 4 – винтовая свая; 5 – выносные опоры

7. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СВАЕБОЙНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Обслуживающий персонал должен быть обучен работе на этом оборудовании и иметь свидетельство на право работы на данном оборудовании.

Оборудование, демонтированное для транспортирования, после монтажа и перед пуском в эксплуатацию должен проверять квалифицированный специалист.

Лебедки и канаты следует подвергать периодическому осмотру не реже чем раз в 6 мес.

Запрещается использование вибраторов и их зажимов в качестве подъемно-транспортного оборудования.

Запрещено оставлять какой-либо элемент подвешенным на зажиме вибратора.

Пуск двигателя базовой машины должен осуществляться из кабины машиниста.

Пуск установки посторонними лицами должен быть исключен.

Машинист должен иметь возможность в случае необходимости быстро прекратить работу оборудования путем отключения подачи энергопитания.

Органы управления устройством аварийного останова должны находиться в пределах досягаемости машиниста.

После срабатывания устройство аварийного останова должно оставаться включенным, пока его не отключат вручную.

Ремонт или обслуживание оборудования (если возникла необходимость) в рабочей зоне с невключенным двигателем можно проводить только при следующих условиях:

- на месте производства работ должно присутствовать не менее двух специалистов, инструктированных по вопросам безопасности.

- Один из них должен наблюдать с рабочего места машиниста, обеспечивая безопасность проведения ремонта;

- наблюдающий должен иметь непосредственный доступ к выключателю аварийного останова в любой ситуации;

- рабочая зона должна быть хорошо освещена;

- необходимо гарантировать постоянную связь между рабочими, проводящими обслуживание, и машинистом.

Одному человеку разрешается работать на машине только после полного прекращения работы оборудования.

Остальные требования безопасности по ГОСТ 31551-2012 «Оборудование свайное. Общие требования безопасности» [6].

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите назначение и дайте классификацию машин и оборудования для свайных работ.

2. Приведите основные классификационные признаки свайных молотов.

3. Опишите устройство штангового и трубчатого дизель-молотов.

4. Приведите структуру индексации свайных молотов. Назовите примеры марок.

5. Назовите назначение и дайте общую характеристику вибропогрузателей, вибромолотов, виброударных шпунтовывергивателей.

6. Назовите назначение копров. Дайте их классификацию.

7. Опишите устройство навесного копра СП-49Д. Приведите его техническую характеристику.

8. Опишите особенности самоходных сваебойных агрегатов.

9. Приведите структуру индексации копров. Назовите несколько марок.

10. Дайте общую характеристику агрегатов для завинчивания свай в грунт.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Молоты свайные. Общие технические условия: ГОСТ 31550-2012. – Введ. 01.01.2014. – Москва: Межгосударственный совет по стандартизации и сертификации: Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации и сертификации в машиностроении, 2014. – 11 с.
2. Завод Строймаш. Каталог продукции. ОАО «Завод Строймаш», 2007. – 18 с.
3. Строительные машины: учебник / Д. П. Волков [и др.]; под ред. Д. П. Волкова. – Москва: Высш. шк., 1988. – 319 с.
4. Добронравов, С. С. Строительные машины и основы автоматизации: учебник / С. С. Добронравов, В. Г. Дронов. – Москва: Высш. шк., 2003. – 575 с.
5. Копры для свайных работ. Общие технические условия: ГОСТ 31546-2012. – Введ. 01.01.2014. – Москва: Межгосударственный совет по стандартизации и сертификации: Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации и сертификации в машиностроении, 2014. – 11 с.
6. Оборудование свайное. Общие требования безопасности: ГОСТ 31551-2012. – Введ. 01.01.2014. – Москва: Межгосударственный совет по стандартизации и сертификации: Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации и сертификации в машиностроении, 2014. – 15 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Назначение, общие сведения и классификация машин и оборудования для свайных работ.....	3
2. Сваебойные молоты.....	4
3. Вибропогружатели и вибромолоты.....	10
4. Виброударные шпунтовывергиватели.....	13
5. Копры и копровое оборудование.....	15
6. Агрегаты для завинчивания свай в грунт.....	22
7. Требования безопасной эксплуатации сваебойного оборудования.....	24
8. Контрольные вопросы.....	25
Библиографический список.....	26

Учебное издание

Казак Андрей Леонидович
Горелько Владимир Михайлович

МАШИНЫ ДЛЯ СВАЙНЫХ РАБОТ

Методические указания по выполнению лабораторных работ

Редактор *С. Н. Кириленко*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 14.09.2021. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 1,63. Уч.-изд. л. 1,12.
Тираж 60 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.