

СТРОИТЕЛЬСТВО, АРХИТЕКТУРА

УДК 69.002.5

ГРНТИ 67.17

ВАК 05.05

Автоматизация работы сваебойного оборудования

Цаллагов С. Ч., * Рыбникова И. А.

*НФ БГТУ им. В. Г. Шухова, 353919, Россия, г. Новороссийск, Мысхакское шоссе 75*email: * rybnikova-i-a@nb-bstu.ru

Современные строительные машины оснащены устройствами автоматики. Они позволяют существенно повысить качество строительного производства, обеспечить безаварийность строительных работ, создать комфортные условия труда при эксплуатации машин и оборудования, и тем самым повысить их надежность. Сваебойные машины в настоящее время представлены огромным разнообразием специализированной техники. Они могут различаться между собой базовыми механизмами, мощностью, производительностью и типом навесного оборудования. При всех технических новинках основные принципы строительства сооружений на свайных фундаментах остаются неизменными. Однако автоматизация сваебойного оборудования позволит увеличить его мощность, расширить область его применения, а также даст возможность управлять сразу несколькими строительными процессами.

Ключевые слова: свайные фундаменты, свайные молоты, сваебойное оборудование, сваепогружатели, дизель-молоты, автоматическое управление.

При устройстве свайных фундаментов для зданий и сооружений применяют различные виды свай: забивные (железобетонные – призматические и пирамидальные), буронабивные [1–6]. Также при возведении водозащитных ограждений, котлованов, колодцев и траншей, причальных сооружений портов используют стальной шпунт. По условиям изготовления сваи делят на две группы: сваи заводского изготовления, погружаемые различными способами в грунт (забивка, вибропогружение, завинчивание) и буронабивные сваи, изготавливаемые из бетона на месте, в грунте.

Железобетонные забивные призматические сваи квадратного сечения от 30×30 до 45×45 см и длиной до 15 м (рис. 1) изготавливаются из монолитного бетона. Сваи сечением до 35×35 см армируют четырьмя арматурными стержнями, а большим сечением – восемью стержнями диаметром от 16 до 30 мм. Кроме того, вводится поперечная арматура в виде хомутов или спирали из стальной проволоки диаметром 6...8 мм. Шаг поперечной арматуры в средней части составляет 15...20 см; к обоим концам, где возникают наибольшие напряжения при погружении сваи в грунт, шаг уменьшается до 10...5 см.

Для устройства причальных сооружений в виде тонких стенок, называемых больверками, применяют стальной шпунт. Набережная или причальное сооружение типа больверк в общем случае включает сплошной шпунтовый ряд, воспринимающий распор грунта и омоноличенный по верху балкой (рис. 2).

Известно достаточное число прокатных и сварных профилей стального шпунта, разработанных с целью рационального использования материала. В отечественной практике обычно применяют шпунт корытного профиля (рис. 3). Металлические шпунтины имеют по

своим краям замки различной конструкции. Эти замки обеспечивают грунтонепроницаемость шпунтовой стенки и возможность поворота шпунтины относительно соседней на угол $10...24^\circ$ в зависимости от типа шпунта. Небольшие зазоры, которые имеются в замках, быстро заиливаются проходящей через стенку грунтовой водой со взвешенными глинистыми частицами, и металлическая шпунтовая стенка становится водонепроницаемой.



Рис. 1. Призматические забивные железобетонные сваи



Рис. 2. Свайное поле из забивных призматических свай



Рис. 3. Стальной корытообразный шпунт типа Ларсен

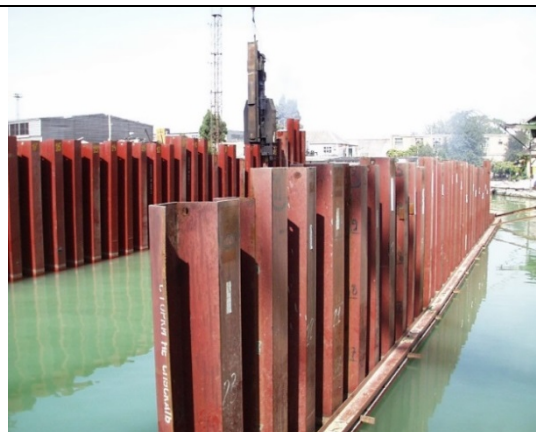


Рис. 4. Шпунтовые стенки причального сооружения

Свайные молоты: для погружения готовых свай и шпунта применяют сваепогружающие агрегаты, копры и копровое оборудование с погружателями ударного, вибрационного, виброударного, вдавливающего, вибродавляющего действия и для завинчивания свай – кабестаны. Некоторые виды оборудования используют для извлечения из грунта ранее погруженных свай и шпунта (выдёргиватели). Механизмы, которыми погружают сваи, используются и для погружения шпунта. Отличаются они лишь по конструктивным особенностям наголовников, надеваемых на сваи и шпунт, и предохраняющие их от ударных динамических воздействий, передающихся от механизмов при воздействии на сваю (или шпунт).

Цикл погружения готовых свай включает операции захвата и установки свай в проектное положение, погружения свай сваепогружателем в грунт основания до проектной отметки, перемещения сваебойной установки к месту погружения очередной сваи. Сваепогружатели разнообразны по конструкции, виду потребляемой энергии и принципу работы. Наибольшее распространение получили сваепогружатели ударного действия, к которым относятся свайные молоты. По роду привода свайные молоты разделяются на механические, паровоздушные, дизельные (наиболее распространены) и гидравлические. Основные параметры свайных молотов: масса ударной части; максимальная энергия одного удара; максимальная высота подъема ударной части; частота ударов в минуту.

Дизель-молоты представляют собой прямодействующие двигатели внутреннего сгорания, работающие по принципу двухтактного двигателя, отсюда и произошло их название. Своё преимущественное распространение в строительстве они получили благодаря энергетической автономности, мобильности, простой и надёжной конструкции, высокой производительности, возможности применения на самоходных сваебойных установках (копрах) на базе тракторов, автомобилей и кранов, включая плавкраны.

По типу направляющих для ударной части дизель-молоты делятся на трубчатые и штанговые. В трубчатом дизель-молоте направляющей ударной части в виде массивного подвижного поршня служит неподвижная труба (отсюда название – трубчатый). В штанговом дизель-молоте направляющими ударной части в виде массивного подвижного цилиндра служат две штанги (отсюда название – штанговый). Распыление дизельного топлива в камере сгорания у штанговых молотов – форсуночное, а у трубчатых – ударное. Дизель-молоты подвешиваются к копровой стреле с помощью захватов и подъёмно-сбрасывающего устройства «кошки», предназначенного для подъёма и запуска молота и прикрепленного к канату лебёдки копровой установки. Различают лёгкие с массой ударной части до 600 кг, средние – до 1 800 кг и тяжёлые – свыше 2 500 кг дизель-молоты.

Трубчатые молоты более эффективны, чем штанговые, так как при равной массе ударной части могут забивать более тяжёлые (в 2...3 раза) сваи за один и тот же отрезок времени. Штанговые дизель-молоты имеют низкие энергетические показатели и невысокую долговечность (в два раза меньше, чем у трубчатых). Поэтому их производство сокращают и они будут полностью заменены более совершенными трубчатыми молотами. Трубчатые дизель-молоты развивают энергию удара 40...160 кДж при высоте подброса ударной части на 3 м и степени сжатия 15. Число ударов в минуту – 40...45.

Трубчатые дизель-молоты (рис. 5) предназначены для забивки в грунт преимущественно железобетонных свай массой 1,0...3,0 т и могут работать при температуре окружающего воздуха +40... –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 600, 1250, 1800, 2500, 3500 кг. Конструктивной особенностью трубчатых дизель молотов в отличие от штанговых является применение водяного охлаждения и принудительной смазки.

Все трубчатые дизель-молоты выполнены по единой конструктивной схеме, максимально унифицированы и состоят из следующих основных узлов (рис. 6): ударной части – поршня 4 с компрессионными кольцами; сменного рабочего цилиндра 9 и направляющей трубы 3; шабота 1, по которому наносит удар поршень; топливной и масляной систем; пускового устройства с «кошкой» 5 и подъёмно-сбрасывающим механизмом. В верхней части направляющей трубы имеются две проушины для крепления каната при установке молота на копёр. Рабочий цилиндр герметично закрыт снизу шаботом с компрессионными кольцами, передающим энергию удара поршня на сваю. К фланцу шабота прикреплен свайный наголовник, в который заводится голова сваи. Между фланцами рабочего цилиндра и шабота установлен кольцевой резиновый амортизатор, предотвращающий жёсткое соударение корпуса цилиндра и шабота при больших осадках свай. В нерабочем положении рабочий цилиндр и шабот соединяют планкой.

Нижний торец поршня – сферический и по форме соответствует выемке (углублению) 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 типа «Тор». Топливо в сферу шабота подаётся под давлением 0,3...0,5 МПа плунжерным насосом 8, которым управляет падающий поршень, нажимающий на приводной рычаг (коромысло) 7. К насосу топливо поступает по гибким резиновым шлангам из топливного бака 11. Полость рабочего цилиндра 9 сообщается с атмосферой через четыре всасывающе-выхлопные патрубки 2, направленные вверх.

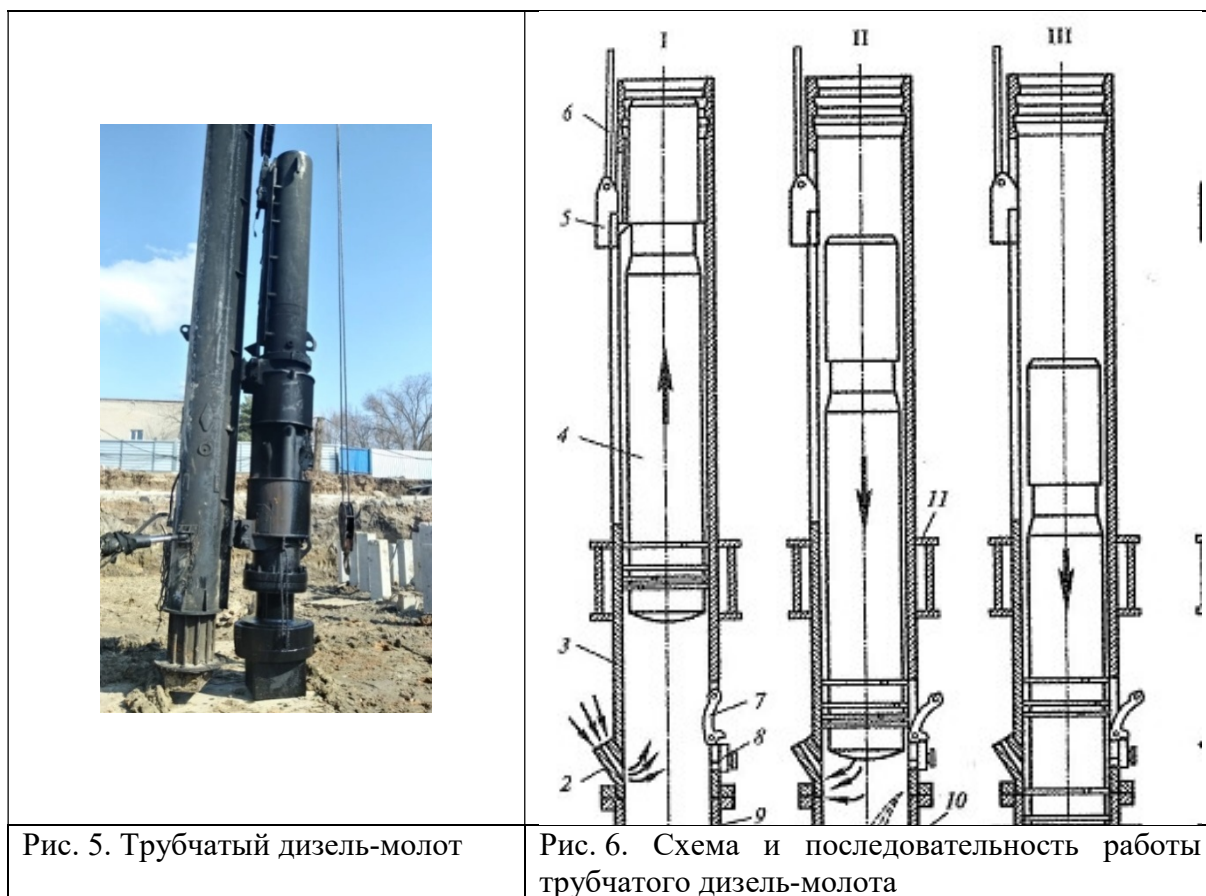


Рис. 5. Трубчатый дизель-молот

Рис. 6. Схема и последовательность работы трубчатого дизель-молота

Смазка трущихся рабочих поверхностей цилиндра и поршня осуществляется принудительно. Отвод тепла от стенок рабочего цилиндра при повышенных температурах окружающего воздуха обеспечивает система водяного охлаждения циркуляционно-испарительного типа, состоящая из расположенного в зоне камеры сгорания бака 10 для воды с заливной и сливной горловинами. В направляющей трубе со стороны, обращённой к копру, имеется продольный паз, в котором перемещается подъёмный рычаг «кошки», входящий в зацепление с поршнем при его подъёме при запуске молота. «Кошка» соединена с грузоподъёмной лебёдкой копра посредством каната 6.

Работа трубчатого дизель-молота: перед пуском молота поршень 4 поднимается «кошкой» 5, подвешенной на канате 6 лебёдки 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 (коромысло) 7 топливного насоса 8, который подаёт 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, сильно повышая его температуру. В конце процесса сжатия головка поршня наносит удар по шаботу 1, обеспечивая 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) передаётся на сваю, производя её дополнительное (после механического ударом поршнем) 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 работы трубчатых дизель-молотов. При движении поршня вверх (положение IV) отработанные газы по мере открывания всасывающе-выхлопных патрубков 2 выбрасываются в атмосферу. Через те же патрубки засасывается свежий воздух при дальнейшем движении поршня вверх. Достигнув крайнего

верхнего положения, поршень начинает свободно падать вниз, рабочий цикл повторяется, и в дальнейшем молот работает автоматически до полного погружения сваи до проектной отметки или отключения подачи топлива.

В течение первого такта 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. Высоту подскока ударной части дизель-молота регулируют, изменяя количество впрыскиваемого насосом топлива, что позволяет изменять энергию удара в зависимости от типа свай и плотности грунта.

Автоматическое управление дизель-молотами обеспечивает повышение их надёжности и стабильность в работе. Проанализируем автоматизированный рабочий процесс дизель-молота, изображённый на схеме рис. 7. При недостаточной высоте подскока поршня сигналы датчиков номинального $P_{\text{норм}}$ и максимального P_{max} подскока отсутствуют, контакты их реле остаются открытыми, реле Р2 и Р3 – выключенными, в результате чего осуществляется автоматическая подача топлива. В этом случае контакты 1Р3 и Р3 закрыты.

Увеличение высоты подскока поршня оказывает воздействие на датчик номинального подскока. При этом контакт $P_{\text{норм}}$ замыкается, включается реле Р3 и открывается контакт 1Р3, выключая привод Я регулировочной иглы топливного насоса. Подскок поршня до уровня максимального датчика вызывает замыкание контакта P_{max} и включение реле Р2, замыкающего цепь питания электродвигателя. При этом вращение вала электродвигателя обеспечивает такое направление и расстояние перемещения иглы, которое уменьшает подачу топлива. Это происходит до окончания воздействия поршня на датчик максимального подскока или до снятия усилия с ограничителя хода KB_M . После приведения регулировочной иглы топливного насоса в нормальное положение вновь продолжается работа дизель-молота в оптимальном режиме.

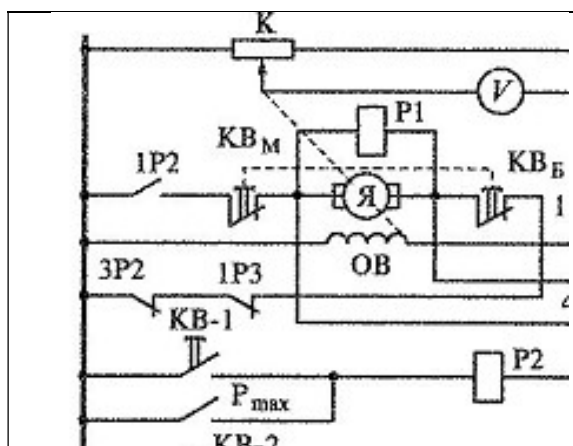


Рис. 7. Электрическая схема автоматического управления работой свайного дизель-молота

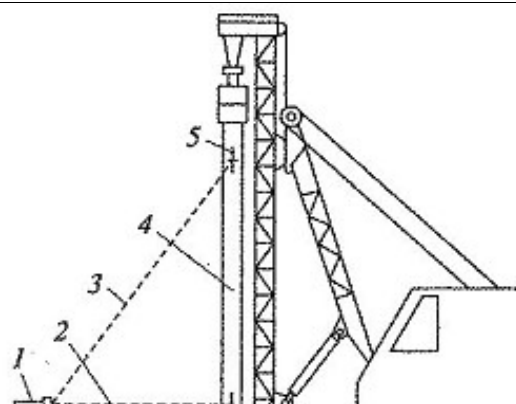


Рис. 8. Схема контроля точности забивки свай по двум лазерным лучам

Для контроля вертикального и высотного положения сваи при её погружении используют лазерные приборы, оборудованные специальными устройствами (рис. 8). Эти устройства 1 обеспечивают разделение выходящего лазерного пучка на горизонтальный 2 и наклонный 3, которые направляются соответственно к нижней 6 и верхней 5 рискам, расположенным на свае 4. При этом прибор устанавливают по высоте так, чтобы горизонтальный пучок находился на уровне проектной отметки головы сваи, то есть совпадал с риской 5 при полном её погружении. В процессе погружения сваи проекции лазерных пучков должны находиться на её геометрической оси. При этом угол наклона пучка 3 уменьшается и при достижении горизонтального положения погружение сваи прекращается.

Список литературы

1. Доценко А. И. Строительные машины: учебное пособие / А. И. Доценко, В. Г. Дронов. – М.: ИНФРА-М, 2012. 533 с.
2. Тихонов Ю. Б. Системы автоматизации дорожных и строительных машин: учебное пособие. Омск: СибАДИ, 2006. 127 с.
3. Гордеев А. С. Основы автоматизации: учебное пособие. Мичуринск: МичГАУ, 2006. 220 с.
4. Сафиуллин Р. К. Основы автоматизации и автоматизация процессов: учебное пособие. Казань: Изд-во Казан. гос. арх.-строит. ун-та, 2013. 187 с.
5. Муромцев Ю. Л. Основы автоматизации и системы автоматического управления / Ю. Л. Муромцев, Д. Ю. Муромцев. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. Ч. 1. 96 с.
6. Добронравов С. С. Строительные машины и основы автоматизации: учебник для строит. вузов / С. С. Добронравов, В. Г. Дронов. М.: Высшая школа, 2001. 575 с.

Automation of work of piling equipment

Tsallagov S. Ch., * Rybnikova I. A.

*Novorossiysk Branch of Belgorod V G Shukhov State Technology University, 353919, Russia,
Novorossiysk, Myskhakskoe shosse 75*

email: * rybnikova-i-a@nb-bstu.ru

Modern build machines are equipped the devices of automation. They allow substantially to promote quality of a build production, provide accident-freeness of construction-works, create the comfort terms of labour during exploitation of machines and equipment, and the same to promote their reliability. Svaeboynye of machine presently presented the enormous variety of the specialized technique. They can differentiate between itself by base mechanisms, power, productivity and type of navesnogo equipment. At all technical novelties basic principles of building of buildings on pile foundations remain unchanging. However much automation of svaeboynogo equipment will allow to increase his power, extend a his application domain, and also will enable to manage at once by a few build processes

Keywords: pile foundations, pile hammers, piling equipment, pile driver, diesel-hammers, automatic control.