



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
Кафедра «Технология строительного производства»

# Методическое указания к курсовой работе. Практикум

по дисциплине

«Основы строительного производства»

**«Выбор дизель-молота для забивки свай»**

Авторы

Иванчук Е.В.,

Жильникова Т.Н.,

Корянова Ю.И.

Ростов-на-Дону, 2022

## Аннотация

Методические указания к курсовой работе предназначены для студентов всех форм обучения по профилю «Промышленное и гражданское строительство» направления 08.03.01 «Строительство», 20.03.01 «Техносферная безопасность», 07.03.04 «Градостроительство».

## Авторы

к.т.н., доцент кафедры «Технология строительного производства»  
Иванчук Е.В.

к.т.н., доцент кафедры «Технология строительного производства»  
Жильникова Т.Н.

к.т.н., доцент кафедры «Технология строительного производства»  
Корянова Ю.И.



## Оглавление

1.Содержание и порядок выполнения работы.....	7
2.Пример подбора дизель-молота.....	9
3.Приложение.....	11
4.Контрольные вопросы.....	12
5.Литература.....	13

## ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ ВЫБОР ДИЗЕЛЬ-МОЛОТА ДЛЯ ЗАБИВКИ СВАЙ

Данное практическое занятие следует выполнять после выполнения студентом лабораторной работы «Определение параметров процесса погружения модели сваи ударным способом».

При подготовке к проведению практического занятия следует изучить разделы, относящиеся к теме, по рекомендуемым источникам, указанным на с.10 настоящих указаний.

Вариант индивидуального задания предлагается преподавателем.

Для погружения заранее изготовленных свай применяют молоты или специальные механизмы для вибропогружения, вдавливания или завинчивания свай.

Наибольшее распространение на свайных работах получили дизельные молоты ввиду полной автономности работы, не требующей какого-либо дополнительного источника энергии, простоты и надежности конструкции.

По типу направляющих для ударной части дизель-молоты делятся на штанговые и трубчатые. 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.

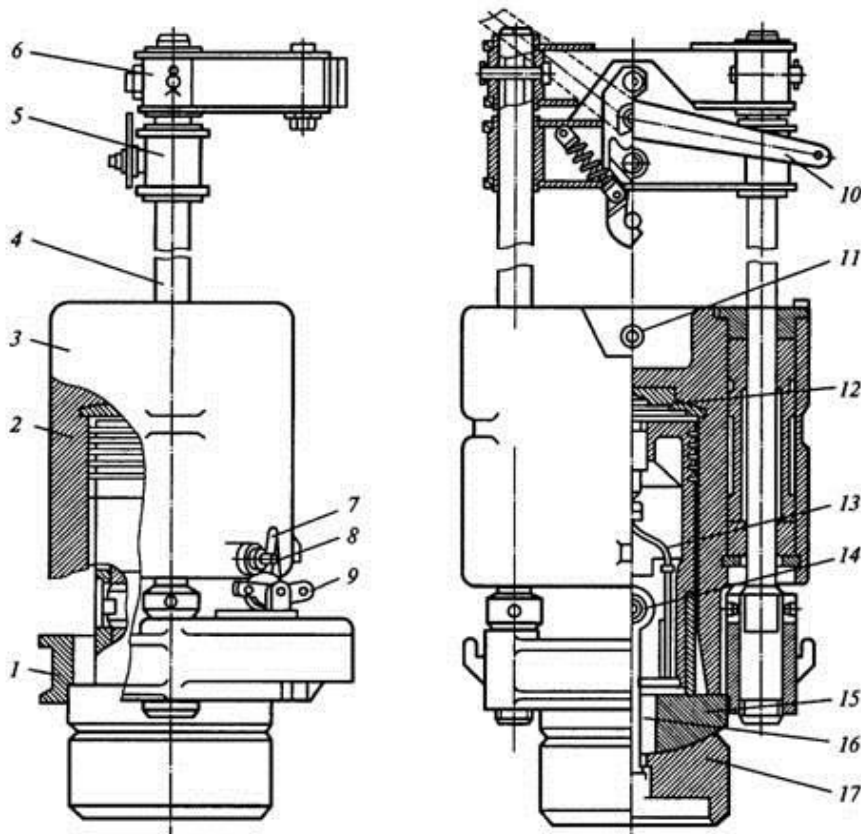


Рис.1. Штанговый дизель-молот СП

Штанговый дизель-молот СП (рис.1.) состоит из следующих основных узлов: поршневого блока (1) с шарнирной опорой, ударной части - подвижного рабочего цилиндра (3), двух направляющих штанг (4) с траверсой (6), механизма подачи топлива и захвата - «кошки» (5). Поршневой блок включает поршень 2 с компрессионными кольцами, отлитый заодно с основанием. В центре днища поршня установлена распылительная форсунка (12), соединенная топливопроводом (13) с плунжерным топливным насосом высокого давления (до 50 МПа), пи-

тающимся из топливного резервуара. Основание поршневого блока опирается на шарнирную опору, состоящую из сферической пяты (15) и наголовника (17), которые соединены серьгой (16) и пальцем (14). Шарнирная опора обеспечивает направление удара по центру сваи в случае некоторого несовпадения осей молота и сваи. В основании блока закреплены нижние концы направляющих штанг (4), верхние концы которых соединены траверсой (6). По штангам перемещается чугунный ударный цилиндр с камерой сгорания в донной части. На внешней поверхности цилиндра укреплен штырь (выступающий стержень) (8), воздействующий на рычаг (7) топливного насоса при падении ударной части вниз. Для управления топливным насосом при запуске молота в работу служит рычаг (9). Для запуска молота захват (5), подвешенный к канату лебедки копра, опускают вниз для обеспечения автоматического зацепления крюка «кошки» за валик (11) ударного цилиндра, после чего «кошку» и сцепленную с ней ударную часть поднимают лебедкой в верхнее крайнее положение. Далее поворотом вручную (через канат) рычага сброса (10) освобождают от «кошки» ударный цилиндр, который под действием собственного веса скользит по направляющим штангам вниз. При надвижении цилиндра на поршень (2) воздух, находящийся во внутренней полости цилиндра, сжимается (в 16...25 раз), а температура его резко повышается (до 600 °С). При нажатии штыря (8) цилиндра на приводной рычаг (7) топливного насоса дизельное топливо по топливопроводу (13) подается к форсунке (12) 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 (17) которой надет на головку сваи. Расширяющиеся продукты сгорания смеси (газы) выталкивают ударную часть вверх и выходят в атмосферу. Поднимающийся рабочий цилиндр быстро теряет скорость, под действием собственного веса начинает опять падать вниз, и цикл повторяется. Дизель-молот работает автоматически до выключения топливного насоса.

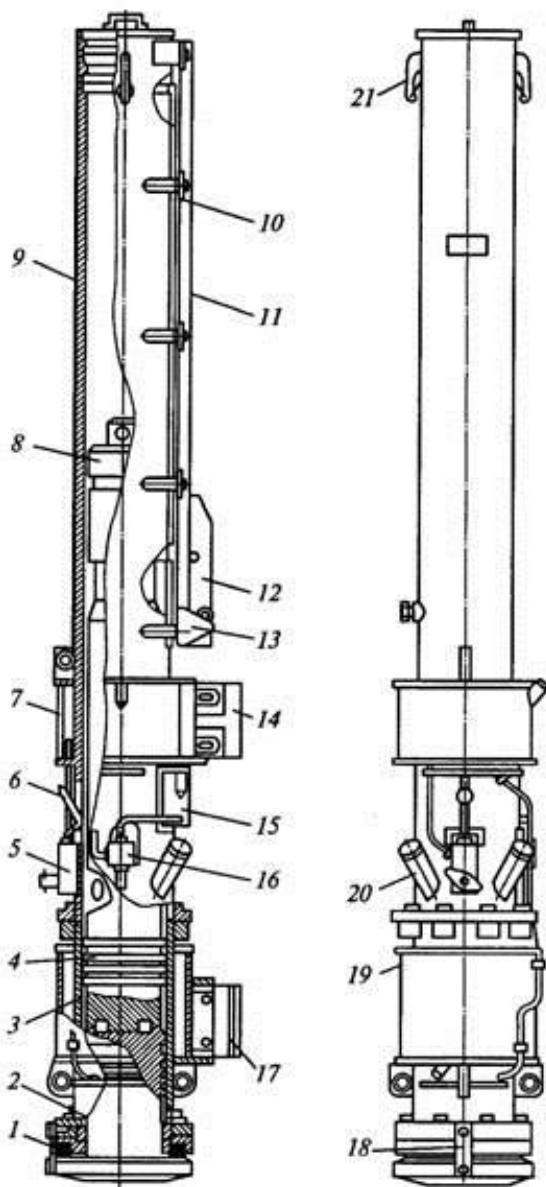


Рис.2. Трубчатый дизель-молот СП

«кошку» и сцепленную с ней ударную часть поднимают лебедкой в верхнее крайнее положение. Далее поворотом вручную (через канат) рычага сброса (10) освобождают от «кошки» ударный цилиндр, который под действием собственного веса скользит по направляющим штангам вниз. При надвижении цилиндра на поршень (2) воздух, находящийся во внутренней полости цилиндра, сжимается (в 16...25 раз), а температура его резко повышается (до 600 °С). При нажатии штыря (8) цилиндра на приводной рычаг (7) топливного насоса дизельное топливо по топливопроводу (13) подается к форсунке (12) 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 (17) которой надет на головку 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.

Все трубчатые дизель-молоты выполнены по единой конструктивной схеме, максимально унифицированы и состоят из следующих основных узлов (рис. 2): ударной части - поршня (8) с компрессионными кольцами (4), сменного рабочего цилиндра (3) и направляющей трубы (9), шабота (2), по которому наносит удар поршень, топливной и масляной систем, пускового устройства - «кошки» (12) с подъемно-сбрасывающим механизмом. В верхней части направляющей трубы имеются две проушины (21) 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 прикрепляется свайный наголовник. Между фланцами рабочего цилиндра и шабота установлен кольцевой резиновый амортизатор (1), предотвращающий жесткое соударение корпуса цилиндра и шабота при больших осадках свай. В нерабочем состоянии рабочий цилиндр и шабот соединяют планкой (18). Нижний торец поршня — сферический 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 (5), которым управляет падающий поршень, нажимающий на приводной рычаг (6). К насосу топливо поступает по гибким резиновым шлангам из топливного бака (7). Полость рабочего цилиндра (3) сообщается с атмосферой через четыре всасывающе-выхлопных патрубка (20), направленных вверх.

Смазка трущихся рабочих поверхностей цилиндра и поршня осуществляется принудительно. Масло из бака (15) подается к трущимся поверхностям по гибкому маслопроводу с помощью масляного плунжерного насоса (16), аналогичного по устройству и принципу действия топливному. Отвод тепла от стенок рабочего цилиндра при повышенных температурах окружающего воздуха обеспечивается системой водяного охлаждения циркуляционно-испарительного типа, состоящей из расположенного в зоне камеры сгорания бака (19) для воды с заливной и сливной горловинами.

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. На наружной поверхности направляющей трубы установлены: направляющая (11) «кошки» (12), упор (13) для взвода подъемного рычага «кошки», упор (10) для сброса поршня и два захвата (левый 17 и правый 14) для подъема дизель-молота «кошкой».

## 1. Содержание и порядок выполнения работы

**1.1.** По заданному варианту (прил.1) принять марку железобетонной сваи и расчетную нагрузку на нее. С учетом рекомендуемых соотношений массы ударной части молота и массы сваи выбрать молот.

Рекомендуются следующие отношения массы ударной части к массе сваи:

- при использовании штанговых дизель-молотов и молотов одиночного действия не менее 1,75 при очень плотных грунтах 1,5 при плотных грунтах: 1,25 при грунтах средней плотности и 1,0 при низкой плотности грунта:

- при трубчатых дизель-молотах 0,5 - 0,7.

Согласно ГОСТ 25100-2020 грунты классифицируются по:

**1.1.1.** Плотности сухого грунта (скелета)  $\rho_d$ , г/см<sup>3</sup>, определяется по формуле:

$$\rho_d = \frac{\rho}{1+\omega} \quad (1.1)$$

где  $\rho$  – плотность грунта, г/см<sup>3</sup> (см. ГОСТ 5180-2015);

$\omega$  – естественная влажность грунта, % (см. ГОСТ 5180-2015)

По плотности сухого (скелета) грунта  $\rho_d$  скальные грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей 1.

Разновидность грунтов	Плотность сухого грунта $\rho_d$ , г/см <sup>3</sup>
Очень плотный	$\rho_d \geq 2,50$
Плотный	$2,50 > \rho_d \geq 2,10$
Средней плотности	$2,10 > \rho_d \geq 1,20$
Низкой плотности	$\rho_d < 1,20$

**1.1.2.** Коэффициент водонасыщения  $S_r$ , д.е., определяют по формуле:

$$S_r = \frac{\omega \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w} \quad (1.2)$$

где  $\omega$  – природная влажность грунта, д.е. (см. ГОСТ 5180);

$e$  – коэффициент пористости, д.е.;

$\rho_s$  – плотность частиц грунта г/см<sup>3</sup> (см. ГОСТ 5180);

$\rho_w$  – плотность воды, принимаемый равной 1 г/см<sup>3</sup>;

По коэффициенту водонасыщения  $S_r$  крупнообломочные грунты и пески подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2

Разновидность крупнообломочных грунтов и песков	Коэффициент водонасыщения $S_r$ , д.е.
Малой степени водонасыщения (маловлажные)	$0 < S_r \leq 0.5$
Средней степени водонасыщения (влажные)	$0.5 < S_r \leq 0.8$
Водонасыщенные	$0.8 < S_r \leq 1$

В настоящих методических указаниях приводится методика и пример выбора дизель-молота для забивки железобетонных свай.

Технические характеристики дизель-молотов приведены в прил.2.

**1.2.** Определить необходимую минимальную расчетную энергию удара молота

$$E_h = 0.045N \quad (1.3)$$

где  $E_h$  – необходимая минимальная расчетная энергия удара, кДж;

$N$  - расчетная нагрузка на сваю, кН.

Предварительно подобрать дизель-молот, он должен иметь значение наибольшей энергии удара выше значения, определенного по формуле (1.1).

**1.3.** Определить расчетное значение энергии удара принятого дизель-молота -  $E_d$ , используя формулы:

для штангового дизель-молота

$$E_d = 0,4m_y \cdot g \cdot H, \text{ кДж}; \quad (1.4)$$

для трубчатого дизель-молота

$$E_d = 0,9m_y \cdot g \cdot H, \text{ кДж}, \quad (1.5)$$

где  $m_y$  – масса ударной части молота, кг;

$g$  - ускорение свободного падения;

$H$  - фактическая высота падения ударной части молота; на стадии окончания забивки свай принимают: для штанговых дизель-молотов при массе ударных частей 240, 250, 1250, 1800, 2500, 3000 кг- соответственно 1,1; 1,2; 1,7; 2; 2,2; 2,5 м; для трубчатого молота -2,8 м.

**1.4.** Проверить, удовлетворяет ли принятый молот условию.

$$\frac{m_1 + m_2 + m_3}{E_d} < k \quad (1.6)$$

где  $k$  - коэффициент применимости молота;

$m_1$  – масса молота, т;

$m_2$  – масса сваи и наголовника, т;

$m_3$  – касса подбабка, т.

Коэффициент применимости молота  $k$  при забивке железобетонных свай должен быть не более:

- при использовании штангового дизель-молота - 0,5,

- при использовании трубчатого дизель-молота - 0,6.

**1.5.** Определить отказ железобетонной сваи  $S_a$  при использовании выбранного дизель-молота, при котором обесточивается заданная несущая способность железобетонной сваи.

$$S_a = \frac{\eta \cdot A \cdot E_d}{F_d(F_d + \kappa A)} \cdot \frac{m_1 + E^2(m_2 + m_3)}{m_1 + m_2 + m_3} \quad (1.7)$$



$$F_d = N \cdot \gamma_k, \quad (1.8)$$

где  $F_d$  – несущая способность сваи, кН;

$\eta$  – коэффициент, принимаемый в зависимости от материала сваи, кН/м<sup>2</sup> (для железобетонных свай с наголовником принимается -1500);

$A$  - площадь поперечного сечения ствола сваи, м<sup>2</sup>;

$E_d$  - расчетная энергия удара молота, кДж;

$\gamma_k$  - коэффициент надежности, принимаемый равным 1,4;

$N$  - расчетная нагрузка на сваю (указана в задании), кН;

$m_1$  - масса молота, т;

$m_2$  - масса сваи и наголовника, т;

$m_3$  - масса подбабка, т;

$E$  - коэффициент восстановления удара: при забивке железобетонных свай молотами ударного действия с применением наголовника с деревянным вкладышем  $E^2 = 0,2$ .

Если полученный по формуле (1.7) отказ  $S_a < 0.002$  м, то следует принять другой молот с большей энергией удара, чтобы при его применении было обеспечено  $S_a > 0.002$  м.

## 2. Пример подбора дизель-молота

### 2.1. Задан вариант 1а (прил.1).

Марка сваи С6-30, масса сваи 1,38 т, расчетная нагрузка на сваю  $N = 450$  кН.

#### 1.1.1. Определим плотности сухого грунта (скелета) $\rho_d$ :

$$\rho_d = \frac{1,89}{1 + 0,13} = 1,67 \text{ г/см}^3$$

#### 2.1.2. Определим коэффициент водонасыщения $S_r$

$$S_r = \frac{0,13 \cdot 2,76}{0,96 \cdot 1} = 0,37$$

2.1.3. По полученным данным получаем что лессовый суглинок имеет среднюю плотность и малую степень водонасыщения

### 2.2. Подбор молота

2.2.1. Определим необходимую массу ударной части дизель-молота, с учётом плотности скелета грунта  $\rho_d$  и коэффициента водонасыщения  $S_r$ .

Получим:

для штангового  $m_4 > 1,25 \times 1380 = 1725$  кг;

для трубчатого  $m_4 > 0,7 \times 1380 = 966$  кг.

Исходя из условия целесообразного соотношения масс ударной части молота, рассмотрим возможность применения молотов:

штангового СП-5 с массой ударной части 1800 кг;

трубчатого СП-75А с массой ударной части 1250 кг.

**2.2.2.** Определяем необходимую минимальную энергию молота для забивки сваи

$$E_n = 0.045 \cdot 450 = 20,25 \text{ кДж.}$$

Молоты СП-6Б и С-859 имеют наибольшую энергию удара  $> 20,3$  кДж, следовательно, исходя из этого условия, они пригодны для забивки сваи.

Расчетное значение энергии удара  $E_d$  рассматриваемых молотов составляет:

штангового СП-5:  $E_d = 0,4 \times 1800 \times 9,81 \times 2,0 = 14,13$  кДж;

трубчатого СП-75А:  $E_d = 0,9 \times 1250 \times 9,81 \times 2,8 = 30,9$  кДж.

**2.2.3.** Проверим возможность применения молотов по коэффициенту применимости  $k$

для штангового молота СП-5

$$k = \frac{3,1 + 1,38}{14,13} = 0.32 < 0.5 ;$$

для трубчатого молота СП-75А

$$k = \frac{2,7 + 1,38}{30,9} = 0.13 < 0.6 ;$$

**2.2.4.** Дизель-молоты - штанговый СП-5 и трубчатый СП-75А пригодны для забивки сваи Сб-30 при заданном виде грунта.

В виду меньшей полной массы трубчатого молота СП-75А (2700 кг) предпочтение можно отдать ему, но при этом следует учесть производственные условия. Так, штанговые дизель-молоты в зимних условиях работают более устойчиво, их можно запускать при температуре до  $-30$  С, а трубчатые дизель- молоты требуют специальных присадок и предварительного подогрева.

**2.2.5.** Определим отказ сваи, при котором обеспечивается заданная несущая способность железобетонной сваи Сб-30 при данном виде грунта (без учета массы подбабка).

При использовании трубчатого дизель-молота СП-75А

$$S_a = \frac{1500 \cdot 0.09 \cdot 30,9}{1.4 \cdot 450(1.4 \cdot 450 + 1500 \cdot 0.09)} \cdot \frac{2,7 + 0.2(1,38 + 0)}{2,7 + 1,38} = 0.0063 \text{ м.}$$

При использовании штангового дизель молота СП-5

$$S_a = \frac{1500 \cdot 0.09 \cdot 14,13}{1.4 \cdot 450(1.4 \cdot 450 + 1500 \cdot 0.09)} \cdot \frac{3,1 + 0.2(1,38 + 0)}{3,1 + 1,38} = 0.0030 \text{ м.}$$

Величина отказа  $S_a > 0.002$  м для обоих подобранных молотов, но предпочтение следует отдать трубчатому дизель-молоту СП-75А при меньшей массе ударной части, обладающему большей энергией удара, чем у штангового дизель молота СП-5.

**Приложение 3.1.**

Варианты заданий для выбора дизель–молота для погружения железобетонных свай

Вариант задания	Марка ж/б свай	Масса свай, т.	Лессовый суглинок					Пески аллювиальных отложений				
			Расчётная нагрузка на сваю, N кН.	Плотность грунта, $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Природная влажность, $\omega$ , %	Плотность частиц, $\rho_s$ , г/см <sup>3</sup>	Кoeff. пористости	Расчётная нагрузка на сваю, N кН.	Плотность грунта, $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Природная влажность, $\omega$ , %	Плотность частиц, $\rho_s$ , г/см <sup>3</sup>	Кoeff. пористости
			а					б				
1	C6-30	1,38	450	1,89	13	2,76	0,96	257	1,92	5	2,64	1,26
2	C8-30	1,60	237	1,65	17	2,69	0,70	212	1,73	16	2,57	0,72
3	C8-30	1,83	158	1,33	23	2,66	0,72	143	1,31	21	2,54	0,66
4	C9-30	2,05	487	1,84	15	2,81	1,05	305	1,84	8	2,61	1,14
5	C10-30	2,28	257	1,54	16	2,72	0,83	225	1,69	15	2,58	0,70
6	C12-30	2,73	173	1,34	22	2,67	0,70	167	1,22	20	2,53	0,61
7	C8-35	2,50	650	1,77	14	2,77	1,12	376	1,88	3	2,66	0,95
8	C10-35	3,50	350	1,62	18	2,74	0,76	296	1,53	14	2,55	0,69
9	C12-35	3,73	230	1,31	23	2,65	0,75	205	1,35	21	2,53	0,63
10	C13-35	4,03	691	1,86	19	2,79	1,23	443	1,75	11	2,63	0,83
11	C14-35	4,33	381	1,74	16	2,61	0,81	324	1,47	17	2,60	0,76
12	C15-35	4,65	242	1,37	22	2,66	0,72	234	1,25	20	2,54	0,62
13	C16-35	4,95	708	1,81	13	2,75	0,97	481	1,90	3	2,59	0,91
14	C13-40	5,25	502	1,69	15	2,70	0,79	457	1,72	15	2,56	0,73
15	C14-40	5,65	342	1,30	23	2,66	0,73	343	1,52	19	2,52	0,56
16	C6-30	1,38	469	1,84	14	2,78	1,00	276	1,92	4	2,62	0,94
17	C8-30	1,60	244	1,72	16	2,73	0,82	216	1,75	16	2,59	0,75
18	C8-30	1,83	162	1,33	24	2,69	0,76	148	1,44	21	2,54	0,59
19	C9-30	2,05	495	1,80	15	2,80	1,15	321	1,78	12	2,66	0,86
20	C10-30	2,28	270	1,65	19	2,77	0,79	237	1,50	18	2,63	0,79
21	C12-30	2,73	215	1,34	24	2,67	0,78	194	1,28	21	2,57	0,65
22	C8-35	2,50	673	1,87	16	2,83	1,08	385	1,91	4	2,69	0,98
23	C10-35	3,50	367	1,57	17	2,73	0,87	301	1,56	15	2,58	0,72
24	C12-35	3,73	232	1,37	23	2,70	0,73	218	1,38	22	2,57	0,67
25	C13-35	4,03	696	1,92	14	2,79	0,99	457	1,87	9	2,64	1,17
26	C14-35	4,33	389	1,68	18	2,72	0,73	334	1,72	16	2,61	0,73
27	C15-35	4,65	249	1,37	24	2,69	0,75	245	1,25	21	2,57	0,64
28	C16-35	4,95	937	1,89	20	2,82	1,26	640	1,95	6	2,67	1,29
29	C13-40	5,25	514	1,77	17	2,64	0,84	468	1,76	17	2,60	0,75
30	C14-40	5,65	339	1,40	23	2,69	0,75	345	1,34	22	2,57	0,69

1. Обозначение свай принято по ГОСТ 19804.1-79.

2. Буквы и цифры в карте свай означают: С – свая, первая цифра – длина свай (м), вторая – сторона квадратного сечения (м).

3. Сваи приняты забивные железобетонные цельные сплошного квадратичного сечения с ненапрягаемой продольной арматурой.

### Приложение 3.2.

Технические характеристики штанговых дизель-молотов (табл.3)

Показатель	СП-60	СП-60А	СП-4	СП-5	СП-6В	СП-7
1	2	3	4	5	6	7
Наибольшая энергия удара, кДж.	1,70	1,75	14,7	21,2	36,7	56,0
Масса ударной части, кг.	240	250	1250	1800	2500	3000
Масса молота полная, т.	0,4	0,4	2,5	3,1	4,2	4,7
Масса забиваемых свай, т.	0,4	0,4	3,2	3,2	3,2	3,2

Технические характеристики трубчатых дизель-молотов (табл.4)

Показатель	СП-75А	СП-76А	СП-77А	СП-78А	СП-79
1	2	3	4	5	6
Наибольшая энергия удара, кДж.	40,0	56,0	82,0	115,0	160,0
Масса ударной части, кг.	1250	1800	2500	3500	5000
Масса молота полная, т.	2,7	3,85	5,6	7,8	10,0
Масса забиваемых свай, т.	1,0 – 3,0	1,8 – 5,0	2,5 – 6,5	3,5 – 8,0	5,0 – 10,0

#### 4. Контрольные вопросы к работе

1. Особенности применения штанговых и трубчатых дизель-молотов.
2. Рабочие операции при забивке дизель-молотом.
3. Проектные характеристики достаточности забивки свай.
4. Как осуществляется контроль погружения свай при забивке?

Список использованных источников

1. СП 45.13330.2017 «ЗЕМЛЯНЫЕ СООРУЖЕНИЯ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ» Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87
2. Верстов, В.В. Технология и комплексная механизация шпунтовых и свайных работ [Электронный ресурс] / В.В. Верстов, А.Н. Гайдо, Я.В. Иванов ; Верстов В. В., Гайдо А. Н., Иванов Я. В. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 288 с. - Книга находится в ЭБС «Лань». - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-1360-7.
3. Белецкий, Б.Ф. Строительные машины и оборудование [Электронный ресурс] / Б.Ф. Белецкий, И.Г. Булгакова ; Белецкий Б. Ф., Булгакова И. Г. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 608 с. - Книга находится в ЭБС «Лань». - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-1282-2..
4. ГОСТ 25100-2020 Грунты. Классификация. / М.: Стандартинформ, 2019.
5. ГОСТ 5180-2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик / М.: Стандартинформ, 2015.

