

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ УДАРА ДИЗЕЛЬ-МОЛОТА ПО СВАЕ С УЧЕТОМ РАСХОДА ТОПЛИВА

Представлено виведення формули, призначеної для визначення повної енергії вдару дизель-молота з урахуванням витрат палива, що подається в камеру його згорання, при вдарі по палі.

Ключові слова: дизель-молот, паля, енергія.

Представлен вывод формулы, предназначенной для определения полной энергии удара дизель-молота с учетом расхода топлива, подаваемого в камеру его сгорания, при ударе по свае.

Ключевые слова: дизель-молот, свая, энергия.

The Presented derivation of a formula, intended for determination of the full energy of the blow diesel-hammer with provision for consumption fuel, given in camera of combustion of the hammer, at blow on pile.

Key words: diesel-hammer, pile, energy.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными практическими задачами. Для достоверного расчета напряжений в сваях при забивке и отказов свай необходимо знать полную энергию удара молота по свае. В настоящее время существуют несколько формул, предложенных исследователями для определения данного параметра дизель-молотов [1 – 3].

Общим недостатком этих решений является то, что они не позволяют определять энергию взрыва горючей смеси с учетом расхода (объема) топлива, подаваемого в камеру сгорания дизель-молота при ударах по свае.

Анализ последних исследований и публикаций, в которых положено начало решению данной проблемы. Необходимость учета указанного параметра вызвана тем, что высота подскока (подъема) ударной части дизель-молота при забивке сваи увеличивается по мере повышения расхода топлива, впрыскиваемого в его камеру сгорания.

Поэтому высота подъема ударной части дизель-молота, а, следовательно, и энергия его ударов по свае регулируются путем изменения расхода (объема) топлива, подаваемого в камеру сгорания молота [4 – 6].

Для определения энергии взрыва горючей смеси $E_{\text{в}}$ с учетом расхода топлива, подаваемого в камеру сгорания дизель-молота, рассмотрим решение соответствующей задачи. В качестве исходной физической основы задачи примем поэтапный порядок изменения процесса взаимодействия соударяемых элементов при ударе дизель-молота по свае (рисунок 1).

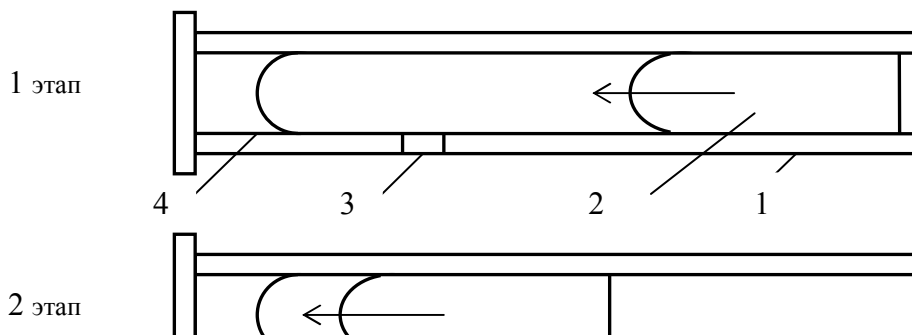


Рисунок 1 – Этапы процесса ударного взаимодействия дизель-молота и сваи:
1 – цилиндр; 2 – поршень; 3 – выхлопной патрубков; 4 – шабот

Данный порядок установлен на основе анализа и обобщения данных, изложенных в работах [1 – 6]. Содержание этапов рассматриваемого процесса представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Этапы процесса взаимодействия соударяемых элементов при ударе дизель-молота по свае

Этап	Содержание этапа
1	Поршень (ударная часть) дизель-молота падает с определенной высоты и преодолевает трение о стенки цилиндра

2	Поршень перекрывает выхлопные патрубки цилиндра и, двигаясь вниз, дополнительно преодолевает еще и сопротивление воздуха сжатию. Сжатие воздуха происходит в соответствии с закономерностями политропного процесса на участке длиной l_{δ}
3	Удар поршня по шаботу дизель-молота
4	В процессе ударного контакта до взрыва горючей смеси поршень, шабот, наголовник, амортизатор и свая перемещаются вместе на величину S_o . Ударом поршня распыляется топливо, находящееся в камере сгорания молота, далее оно, перемешиваясь с нагретым от сжатия воздухом, воспламеняется и происходит взрыв горючей смеси с выделением газов
5	Происходит расширение газов вниз с оказанием дополнительного давления на шабот, наголовник, амортизатор и сваю. Расширение газов происходит при отрыве шабота от поршня и подчиняется закономерностям политропного процесса. Расширение газов протекает до остановки сваи на участке длиной, равной откату сваи S'
6	Происходит расширение газов в противоположную сторону. Поршень поднимается вверх и преодолевает трение о стенки цилиндра. До открытия выхлопных патрубков расширение газов протекает в соответствии с закономерностями политропного процесса. Расширение газов вверх охватывает участок длиной, равной $(S_o + H_p)$
7	Поршень продолжает двигаться вверх, открываются выхлопные патрубки, происходит выхлоп отработанных газов и в цилиндр поступает свежий воздух, в результате чего давление в цилиндре снижается. Поршень, перемещаясь вверх на величину h , останавливается. Давление в цилиндре при этом достигает атмосферного или близкого к нему значения

Примечания: 1. l_{δ} – рабочий ход поршня (цилиндра) дизель-молота. 2. S_o – расстояние, в пределах которого поршень, шабот, наголовник, амортизатор и свая при ударе перемещаются вместе. 3. S' – часть полного отката сваи, в пределах которого происходит расширение газов после взрыва горючей смеси в камере сгорания молота. 4. h – расстояние от низа выхлопного патрубка до точки остановки поршня (ударной части) дизель-молота.

Выделение ранее не решенных частей общей проблемы, которым посвящена данная статья. Представленный порядок изменения процесса взаимодействия соударяемых элементов действителен для трубчатого молота. Пренебрегая несущественными особенностями работы штангового молота, как это сделано в работах [1, 3], распространим данный порядок и на штанговый молот.

Цель. Целью статьи является разработка методики определения полной энергии удара дизель-молота с учетом расхода топлива, подаваемого в камеру его сгорания, при ударе по свае.

Изложение основного материала исследования. На основе изложенного для процесса расширения газов (после взрыва горючей смеси в камере сгорания дизель-молота) в направлении движения сваи запишем уравнение политропы в виде [7]

$$P_s / P_a = (V_k / V_s)^n, \quad (1)$$

где P_s – давление газов при объеме V_s , кПа; P_a – давление взрыва горючей смеси (максимальное) в камере сгорания дизель-молота, кПа; V_k – объем камеры сгорания дизель-молота, м³; V_s – объем газов к концу их

расширения в направлении движения сваи, m^3 ; n – показатель политропы расширения газов.

С учетом уравнения (1) формула по определению энергии взрыва горючей смеси E_{tp} , идущей на погружение сваи, может быть представлена в виде

$$E_{tp} = (P_a V_k - P_s V_s) / (n - 1). \quad (2)$$

В формулах (1) и (2) объем камеры сгорания V_k и объем газов V_s можно определить соответственно по формулам

$$V_k = A H_p / (\varepsilon - 1), \quad (3)$$

$$V_s = V_k + A S' = A [H_p / (\varepsilon - 1) + S'], \quad (4)$$

где A – площадь поперечного сечения цилиндра дизель-молота, m^2 ; S' и S_i – то же, что в таблице 1; ε – степень сжатия воздуха.

Перемещение S' меньше полного отказа сваи S_i и может быть выражено относительно него в виде зависимости

$$S' = k_s S_i, \quad (5)$$

где k_s – коэффициент, определяющий долю перемещения S' от полного отказа сваи S_i .

Учитывая зависимость (5) и принимая $H_p / (\varepsilon - 1) = \hat{a}$, формулы (3) и (4) можно представить в виде

$$V_k = A \hat{a}, \quad (6)$$

$$V_s = A(\hat{a} + k_s S_i). \quad (7)$$

Рассмотрим пути определения давлений P_a и P_s в формуле (2).

При взрыве горючей смеси давление P_a в камере сгорания трубчатого дизель-молота может достигать 7–8 МПа [4]. Определение данного параметра расчетным путем в настоящее время осложнено отсутствием соответствующего метода. Автором не выявлены формулы, позволяющие рассчитывать давление взрыва смеси воздуха и жидких горючих веществ. Известна лишь формула, позволяющая определять давление взрыва смеси природного газа и воздуха при их воспламенении [8]. Учитывая данное обстоятельство, примем гипотезу о прямой пропорциональности давления P_a объему топлива V_t , впрыскиваемого в камеру сгорания дизель-молота.

В соответствии с принятой гипотезой зависимость между указанными параметрами можно представить в виде

$$P_a = k_a V_t, \quad (8)$$

где k_a – коэффициент пропорциональности, кПа/л.

Учитывая зависимость (8), из уравнения политропы (1) можно получить формулу по определению давления P_s в виде

$$P_s = P_{\hat{a}}(V_k / V_s)^n = k_{\hat{a}} V_t (V_k / V_s)^n. \quad (9)$$

Формула (9) с учетом выражений (6) и (7) может быть окончательно записана в виде

$$P_s = k_{\hat{a}} V_t [\hat{a} / (\hat{a} + k_s S_i)]^n. \quad (10)$$

Теперь, принимая во внимание формулы (6) – (8) и (10), выражение (2) по определению энергии взрыва горючей смеси E_{cp} , идущей на погружение сваи, окончательно можно представить в виде

$$E_{cp} = [A k_{\hat{a}} V_t \hat{a} / (n-1)] \{1 - [\hat{a} / (\hat{a} + k_s S_i)]^{n-1}\}. \quad (11)$$

С учетом формулы (11) автором получена следующая формула по определению полной энергии удара дизель-молота при забивке свай [9]

$$E_d = GH(k + \cos \alpha - k' \sin \alpha - 1) + [A k_{\hat{a}} V_t \hat{a} / (n-1)] \{1 - [\hat{a} / (\hat{a} + k_s S_i)]^{n-1}\} - 60 P_a V_k. \quad (12)$$

Для случая забивки вертикальных свай формулу (12) рекомендуется использовать в виде

$$E_d = GHk + [A k_{\hat{a}} V_t \hat{a} / (n-1)] \{1 - [\hat{a} / (\hat{a} + k_s S_i)]^{n-1}\} - A H_p P_u, \quad (13)$$

где P_u – условное давление в виде отношения $60 P_a / (\varepsilon - 1)$, равное 450 кПа для трубчатых молотов; 263 кПа для штанговых молотов.

Формулы (12) и (13), в отличие от существующих формул, позволяют производить расчет полной энергии удара дизель-молота с учетом расхода топлива в его камере сгорания.

Проверка формулы (11) состояла в определении коэффициентов $k_{\hat{a}}$ и k_s , входящих в нее. Значения коэффициентов $k_{\hat{a}}$ и k_s , установленные на основе результатов экспериментальных исследований, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения коэффициентов k_a и k_s

Тип и марка дизель-молота	Коэффициент k_a , кПа/л	Коэффициент k_s
Трубчатый С-996	$19,53 \times 10^5$	0,6
Трубчатый С-1047	$15,70 \times 10^5$	
Штанговый С-268	$60,33 \times 10^5$	0,4
Штанговый С-330	$33,80 \times 10^5$	

Вывод. Таким образом, изложенная методика позволяет производить расчет полной энергии удара дизель-молота с учетом расхода топлива в его камере сгорания.

Литература

1. Бахолдин Б.В. Энергия удара дизель-молота при погружении свай / Б.В. Бахолдин // Тр. НИИОСП им. Н.М. Герсеванова «Основания, фундаменты и подземные сооружения». – М., 1977. – Вып. 66. – С. 40 – 45.
2. Абрамов В.Е. Теоретические основы устройства свайных фундаментов на неоднородном грунтовом основании: автореф. на соискание науч. степени докт. техн. наук: 05.23.02. / В.Е. Абрамов. – М.: НИИОСП им. Н.М. Герсеванова, 1998. – 46 с.
3. Новожилов Г.Ф. Бездефектное погружение свай в талых и вечномерзлых грунтах. / Г.Ф. Новожилов. – Л.: Стройиздат, 1987. – 111 с.
4. Суворов А.В. Машины для свайных работ / А.В. Суворов, А.Л. Левинзон. – М.: Стройиздат, 1982. – 148 с.
5. Школьников И.Е. Учет механических потерь энергии в свайных молотах при динамических расчетах / И.Е. Школьников // Тр. ЦНИИС. – М., 1977. – С. 110 – 119.
6. Вязовикин В.Н. Теоретические исследования процесса удара дизель- молота / В.Н. Вязовикин // Тр. ВНИИСДМ. – М., 1979. – Вып. 84. – С. 3 – 9.
7. Техническая термодинамика / под ред. В.И. Крутова. – М.: Высш. шк., 1981. – 439 с.
8. Нечаев М.А. Основы газовой техники / М.А. Нечаев. – Л.: Недра, 1974. – 88 с.
9. Бекбасаров И.И. Определение энергии удара дизель-молота при забивке свай в грунты / И.И. Бекбасаров // Наука и техника Казахстана. – 2004. – №1. – С. 139 – 145.

Надіслано до редакції 14.09.2009

©И.И Бекбасаров