

УДК 627

Е.А.Ким (4 курс, каф. МВТС), Г.Я.Булатов, к.т.н., доц.

## О КРИТЕРИЯХ ВЫБОРА СВАЙНЫХ МОЛОТОВ

В существующих нормах [1] необходимую энергию удара молота определяют как «часть» от расчетной нагрузки на сваю и проверяют по коэффициенту применимости для ее материала. Наверное, эти условия эмпирически вполне оправданы, но они представляются нам недостаточно прозрачными. Поэтому далее мы используем следующие условия выбора [2]:

- 1) производительность погружения должна быть максимальной,
- 2) усилия при забивке не должны повреждать сваю.

Итак, по условию 1 выбираем наиболее мощный молот и по условию 2 оцениваем напряжения, которые могут возникнуть в свае при ее забивке.

При забивке железобетонные сваи подвергаются динамическому воздействию, что при неблагоприятных условиях приводит к их разрушению. Так, при строительстве двух причалов морского порта из 409 свай было разрушено и заменено 64 (15,7%).

В настоящее время выбор прокладки производится без достаточного теоретического обоснования. Чтобы добиться оптимальных условий удара, необходимо иметь ясное представление об упругой волне, возникающей при ударе, с учетом влияния упругой прокладки. Динамическое напряжение при забивке можно определить по [3]

$$\sigma = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{6 \cdot E_d}{\left(\frac{\delta_n}{E_n} + \frac{1}{2} \cdot \frac{L_c}{E_c}\right) \left(1 + \frac{G}{q}\right) A}} \quad \text{при } E_d = \frac{G V_M^2}{g} \text{ или } E_d = \eta_0 GH, \quad (1)$$

где  $E_d$  – расчетная энергия удара молота, кДж;  $g$  – ускорение свободного падения,  $m/c^2$ ;  $G$  – вес ударной части молота, кН;  $E_c$  – модуль упругости материала сваи;  $\delta_n$ ,  $E_n$  – соответственно толщина и модуль упругости прокладки наголовника;  $L_c$  – длина сваи, м;  $q$  – вес наголовника и подбабка;  $A$  – площадь, ограниченная наружным контуром сплошного или полого поперечного сечения ствола сваи (независимо от наличия или отсутствия у сваи острия),  $m^2$ ;  $\eta_0$  – коэффициент внутреннего полезного действия (для молота подвешенного или одиночного действия  $\eta_0=1$ , для трубчатого дизель-молота – 0,9, для штангового дизель-молота – 0,4);  $H$  – фактическая высота падения ударной части молота, м;  $V_M$  – скорость движения ударной части молота.

По данным экспериментов английских исследователей разница между опытными и рассчитанными напряжениями равна 15-20%, что для инженерных целей вполне допустимо.

Производительность определяется остаточным отказом сваи  $Sa$ , выражения для которого приведены в [1]. Преобразуем запись отказа к виду

$$Sa = \eta^* \cdot E_d / F_{d0} - \xi Sel, \quad (2)$$

где  $\eta^*$  – КПД удара молота;  $F_{d0}$  – несущая способность сваи при забивке;  $Sel$  – упругий отказ сваи;  $\xi$  – коэффициент учета упругого отказа сваи.

При  $\xi = 0$  и 1,0 и  $F_{d0} = F_d$  величина  $\eta^*$  может быть получена из упомянутых выражений в [1]. При  $\xi = 0,5$  для паровоздушных свайных молотов DEMAG, если они передают энергию удара непосредственно на сваю, а не через наголовник с деревянной набивкой,  $\eta^*$  может быть взят следующий: а) для сваи из стали  $\eta^* = 0,8$ ;

$E = 2\,100\,000$  кгс/см<sup>2</sup>; б) для свай из дерева  $\eta^* = 0,5$ ;  $E = 100\,000$  кгс/см<sup>2</sup>; в) для свай из железобетона  $\eta^* = 0,6$ ;  $E = 250\,000$  кгс/см<sup>2</sup>. Здесь  $E$  – модуль упругости материала.

Пример: свайным молотом VR20 без наголовника была забита стальная свая Larssen LP1 длиной 20м. Число ударов молота – 110 в минуту,  $E_d = 77000$  кГсм,  $Sa = 0,2$  см,  $Sel = 1,0$  см (по данным измерений).  $\eta^* = 0,8$ ,  $A = 91$  см<sup>2</sup>, несущая способность свай  $F_d \cong 90$  тс.

Отсюда следует, что производительность молота существенно зависит от КПД удара  $\eta^*$ , поскольку кинетическая энергия бойка при ударе не вся переходит в работу погружения свай (полезную работу). КПД удара по [4]

$$\eta^* = 1 / (1 + m_{ce} / m_b). \quad (3)$$

Здесь  $m_b$  и  $m_{ce}$  – массы бойка и свай, соответственно.

Таким образом, для повышения погружающей способности молота лучше всего увеличить вес бойка, не меняя его скорость. Рост потерь энергии на деформацию равен квадрату увеличения скорости бойка. Экспериментально было установлено, что при увеличении веса ударной части молота ДМ-150А с 190 до 240 кг при неизменной энергии удара 150кГм время погружения одной и той же свай уменьшилось с 5,2 до 3,7 мин. При этом было снижено количество ударов со 100 до 60 в минуту.

Наиболее эффективны трубчатые дизель молоты. Соотношение массы их ударной части к массе свай может составлять 0,5-0,7. Применение штанговых дизель молотов наиболее эффективно при отношении масс ударной части молота к массе свай более 1,25. Преимуществом гидромолотов является повышенная частота ударов и сейчас они более производительны. Предложены критерии, позволяющие выбрать наиболее эффективное сваебойное оборудование. Получена новая зависимость для КПД удара молота, учитывающая глубину погружения свай

$$\eta^* = \frac{\eta A}{(F_d + \eta A)} \frac{m1 + \varepsilon^2 (m2 + m3)}{m1 + m2 + m3}, \quad (4)$$

где  $\eta$  – коэффициент, принимаемый согласно [1];  $m1$  – масса молота;  $m2$  – масса свай и наголовника;  $m3$  – масса подбабка;  $\varepsilon$  – коэффициент восстановления удара, принимаемый при забивке железобетонных свай и свай-оболочек молотами ударного действия с применением наголовника с деревянным вкладышем  $\varepsilon^2 = 0,2$ .

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. СНиП 3.02.01. – 87 Земляные сооружения, основания и фундаменты / Госстрой СССР – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 128 с.
2. Булатов Г. Я. Введение в общую теорию технологий (на примере строительства): Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. –175с.
3. Бахолдин Б. В. О величине напряжений в сваях при забивке // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1967. №2. С. 7-9.
4. Исследование сваебойного оборудования. Под. ред. к.т.н. Вязовкина В.Н. // Труды ВНИИСТРОЙДОРМАШа. – М.: ЦНИИТЭстроймаш, 1971. С. 64-68.