

Для предотвращения откидывания крайних секций 3 относительно средней 2 при нанесении удара секциями 3 трамбовка снабжается фиксирующими приспособлениями которые выполнены в виде штырей 11 и надеваемых на штыри 11 и упоры 9 накладки 12 в виде пластин

Трамбовка работает следующим образом.

Вначале для уплотнения используют трамбовку с ее зацеплением стропами 10 за верхние петли 6 (рис.3 а), при этом трамбовка имеет максимальную рабочую площадь и в грунте создаются минимальные начальные динамические контактные напряжения  $P_1 = 0,9$  МПа

На второй стадии уплотнения производится отцепление стропов 10 от петель 6 и зацепление их за петли 8 с заводом стропов 10 за упоры 9 (рис 3 б). При подъеме переоборудованной трамбовки происходит поворот секций 3 вокруг шарниров 4 относительно секции 2 на угол  $180^\circ$  до опирания верхних граней секций 3 в верхнюю грань секции 2. После чего секции 2,3 фиксируются относительно друг друга путем установки на штыри 11 и упоры 9 накладок 12. Далее трамбовку поднимают на заданную высоту и производят ее сбрасывание, при этом трамбовка наносит удар только средней секцией 2, создавая в грунте динамические контактные напряжения  $P_2 = 1,54$  (рис.3 г).

На третьей стадии уплотнения трамбовку поворачивают в вертикальной плоскости на  $180^\circ$  и цепляют ее стропами 10 за петли 7

Далее трамбовку поднимают на заданную высоту и производят ее сбрасывание при этом трамбовка наносит удар только крайними секциями 3, создавая в грунте динамические контактные напряжения  $P_3 = 2,17$  МПа (рис.3 д) Причем, благодаря расположению секций 3 с зазором 5, обеспечивающим пересечение зон уплотнения грунта секциями 3, увеличивается объем уплотняемого грунта.

Предлагаемые конструкции трамбовок обеспечивают повышение на 15-20% производительности при уплотнении грунта что позволяет рекомендовать их к широкому внедрению в практике строительства

На разработанные конструкции трамбовок поданы заявки на выдачу патентов РФ на полезную модель и изобретение, по одной из которых вынесено положительное решение на выдачу патента.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Пойта П.С. Строительные свойства искусственных оснований - Брест: издательство БГТУ. - 2004, рис.6.10, с 126
2. А.С. 1289959 СССР, МКИ Е 02 D 3/046. Способ уплотнения связных грунтов трамбованием. / В.Д. Зотов, Е.А. Сорочян, Ю.П. Кальнин, И.В. Ананьев, А.И. Семенов, Ш.М. Шлафман, Ростовский инженерно-строительный ин-т - №3899039/29-33; Заявл.01.04.85; Опубл.15.02.87; Бюл.№6 // Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки - 1987 - №6.

УДК 624.155.1.001.24

Левчук А.А., Чернюк М.В.

Научный руководитель: доцент Пчелин В.Н

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСТОГО ВРЕМЕНИ ПОГРУЖЕНИЯ СВАЙ ЗАБИВКОЙ НА ОСНОВЕ РАСЧЕТА ОТКАЗОВ СВАЙ

Для технологического проектирования свайных работ требуется знание чистого времени забивки свай в грунт Т, которое используется для определения производительности сваепогружающего оборудования, нормирования труда и денежных затрат, установления сроков производства работ.

В практике строительства Т определяют фактически на стадии производства работ после пробной забивки свай, что затягивает сроки разработки технологических карт. Следовательно, задача определения чистого времени погружения свай на стадии проектирования является актуальной.

Существующие методики определения Т основываются на нахождении общих энергозатрат на забивку свай в грунт. Зная общие энергозатраты на погружение сваи и энергию одного удара находится требуемое количество ударов, а затем и чистое время погружения Т.

В соответствии с методикой, изложенной в [1], при наличии результатов статического зондирования (инженерно-геологических изысканий) Т определяется по выражению:

$$T = \frac{\eta \cdot E_d}{\eta A \cdot E_s} \quad (1)$$

где  $\eta = 2,4$  - среднестатистический коэффициент, учитывающий различие в процессах статического и динамического погружения свай и потери энергии при забивке;

$E_{пр}$  - энергоемкость погружения сваи статическим методом (вдавливанием), Дж;

$B$  - число ударов молота в минуту, шт;

$E_d$  - энергия одного наносимого молотом удара, Дж, (см. [2], прил.5, табл.3).

$$E_{пр} = K_1 \left( \sum R_{zi} \cdot A \cdot h_i + \frac{1}{2} K_2 \cdot U \cdot \sum \tau_i \cdot h_i \right) \quad (2)$$

где  $K_1$  - коэффициент однородности грунта строительной площадки ( $k = 0.9 \dots 1$ , см. [1], с. 10);

$R_{zi}$  - лобовое сопротивление грунта зондированию в  $i$ -ом слое, Па;

$A$  - площадь поперечного сечения сваи, м<sup>2</sup>;  $h_i$  - толщина 1-го слоя грунта, м;

$K_2$  - коэффициент проработки грунта, учитывающий неполноту контакта сваи с грунтом в процессе забивки (принимается по [1], табл. 5);

$U$  - периметр сваи, м;

$\tau_i$  - величина бокового сопротивления грунта зондированию в  $i$ -ом слое грунта, Па.

К недостаткам данной методики можно отнести следующее:

- при расчетах получается заниженное Т;
- не учитываются возможные отказы (остановки) дизель-молота в начальной стадии погружения, особенно при забивке в слабые грунты;
- не учитывается изменение энергии ударов в процессе забивки свай;
- не устанавливается расчетная глубина погружения сваи до момента получения пробного отказа сваи.

С целью устранения указанных недостатков предлагается метод определения Т на основе расчетов отказов свай.

В соответствии с (3) значение отказа  $S$  сваи при забивке железобетонных свай длиной до 25 м в зависимости от энергии удара  $E_d$  выбранного молота и несущей способности  $F$  сваи можно найти по выражению

$$S = \frac{\eta \cdot A \cdot E_s}{F(F + \eta A)} \cdot \frac{m_1 + \xi^2 m_2}{m_1 + m_2} \quad (3)$$

где:

$\eta$  - коэффициент, принимаемый по [2], прил.4, табл. 2, в зависимости от материала сваи;

$A$  - площадь, ограниченная наружным контуром сплошного или полого поперечного сечения ствола сваи (независимо от наличия или отсутствия у сваи острия);

$E_d$  - расчетная энергия удара молота;

$m_1$  - масса молота;

$\xi$  - коэффициент восстановления удара;

$m_2$  - масса сваи с наголовником и подбабком;

$F$  - несущая способность сваи по грунту основания

Несущую способность сваи при нанесении  $j$ -го удара можно определить по формуле

$$F_j = \frac{F_{j1} - F_{j2}}{2} \quad (4)$$

где:

$F_{j1}$  - несущая способность сваи перед нанесением удара (рис.1 а);  
 $F_{j2}$  - то же, после нанесения удара (рис.1 б).

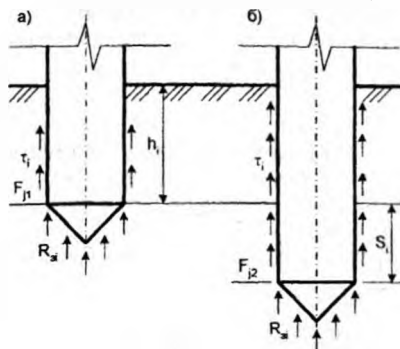


Рис. 1. Схема к определению отказа сваи S при ее забивке в однородный грунт.

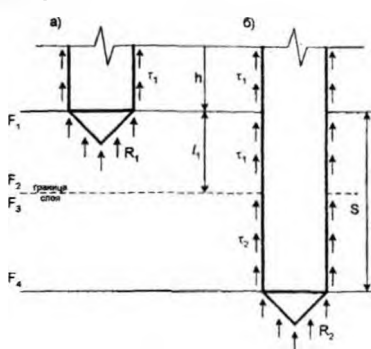


Рис. 2. Схема к определению отказа сваи S при ее забивке в неоднородный грунт.

Несущую способность сваи в процессе ее забивки по данным статического зондирования можно определить по формуле (1)

$$F = K_1(R_n A + \sum K_2 \tau U h_1) \quad (5)$$

При однородном грунте (рис. 1 а, б) получаем

$$F_{j1} = K_1(R_n A + K_2 \tau U h_1) \quad (6)$$

$$F_{j2} = F_{j1} + K_1 K_2 \tau U S \quad (7)$$

Подставив значения  $F_{j1}$  и  $F_{j2}$  в (1.4), а значение  $F_1$  в (1.3) получаем уравнение третьей степени относительно отказа сваи S

$$C^2 S^3 + (2F_{j1} C + C \eta A) S^2 + (F_{j1}^2 + \eta A F_{j1}) S - P = 0 \quad (8)$$

где

$$C = \frac{\eta}{2} K_1 K_2 \tau U \quad (9)$$

$$P = \frac{\eta A E_s (m_1 + \xi^2 m_2)}{m_1 + m_2} \quad (10)$$

Уравнение (8) – уравнение третьей степени относительно S

$$c_3 S^3 + c_2 S^2 + c_1 S + c_0 = 0 \quad (11)$$

с коэффициентами

$$c_0 = -P$$

$$c_1 = F_{j1}^2 + \eta A F_{j1}$$

$$c_2 = 2 F_{j1} C + C \eta A$$

$$c_3 = C^2$$

Решим уравнение (11) при помощи пакета «Mathematica»

$$S = \frac{1}{6c_3} \left( -2c_2 + \frac{2 \sqrt[3]{2} (c_2^3 - 3c_1 c_3)}{(2c_3^3 + 9c_2 c_3 - 27c_0 c_3^2 + \sqrt{-4(c_2^3 - 3c_1 c_3)^2 + (2c_3^3 - 9c_2 c_3 + 27c_0 c_3^2)^2})^{1/2}} \right) \quad (13)$$

$$2^{2/3} (-2c_2^3 + 9c_2 c_3 - 27c_0 c_3^2 + \sqrt{-4(c_2^3 - 3c_1 c_3)^2 + (2c_3^3 - 9c_2 c_3 + 27c_0 c_3^2)^2})^{1/3}$$

Для неоднородного грунта (рис. 2 а, б)

$$F_1 = K_1 (R_1 \cdot A + K_2 \sum_i r_i \cdot U \cdot h) \quad (14)$$

$$F_2 = K_1 (R_1 \cdot A + K_2 \sum_i r_i \cdot U \cdot h + K_2 \tau_1 \cdot U \cdot l_1) \quad (15)$$

$$F_3 = K_1 (R_2 \cdot A + K_2 \sum_i r_i \cdot U \cdot h + K_2 \tau_1 \cdot U \cdot l_1) \quad (16)$$

$$F_4 = K_1 (R_2 \cdot A + K_2 \sum_i r_i \cdot U \cdot h + K_2 \tau_1 \cdot U \cdot l_1 + K_2 \tau_2 \cdot U \cdot (S - l_1)) \quad (17)$$

Несущую способность сваи при нанесении j-го удара можно определить по формуле

$$F = \left( \frac{F_1 + F_2}{2} l_1 + \frac{F_3 + F_4}{2} (S - l_1) \right) \frac{1}{S} \quad (18)$$

После приведения подобных слагаемых получим

$$F = CF_0 \frac{1}{S} + CF_1 + CF_2 \cdot S \quad (19)$$

где  $CF_0 = \frac{1}{2} K_1 l_1 (2A (R_1 - R_2) + K_2 l_1 (-r_1 + r_2) U)$

$$CF_1 = K_1 (A R_2 + K_2 (\sum_i r_i U h + l_1 (\tau_1 - \tau_2) U)) \quad (20)$$

$$CF_2 = \frac{1}{2} K_1 K_2 \tau_2 U$$

Подставим (19) в (3), и приведем полученное уравнение к виду

$$c_0 S^4 + c_1 S^3 + c_2 S^2 + c_3 S + c_4 = 0 \quad (21)$$

Тогда

$$c_0 = -CF_0^2$$

$$c_1 = C_1 - C_1 CF_0 - 2 CF_0 CF_1$$

$$c_2 = C_2 CF_1 - CF_0^2 - 2 CF_0 CF_2 \quad (22)$$

$$c_3 = C_2 CF_2 - 2 CF_1 CF_2$$

$$c_4 = 2 CF_1^2$$

где  $C_1 = \eta \cdot A \cdot E \frac{m_1 + k^2 \cdot m_2}{m_1 + m_2}$  (23)

$$C_2 = \eta \cdot A$$

Решение уравнения (21) имеет вид

$$S = \frac{c_3}{4 c_4} - \frac{1}{2} \sqrt{v_3 + v_4 + v_5} - \frac{1}{2} \sqrt[3]{v_6 - v_4 - v_5} \frac{\frac{c_3^3}{c_4^3} + \frac{4 \cdot c_2 \cdot c_3}{c_4^2} + \frac{8 c_1}{c_4}}{4 \sqrt{v_3 + v_4 + v_5}} \quad (24)$$

где  $v_0 = 2c_2^2 - 9c_1 c_2 + 27c_0 c_3 + 27c_2^2 c_4 - 72c_0 c_2 c_4$

$$v_1 = \sqrt{4(c_2^2 - 3c_1 c_2 + 12c_0 c_3)^2 + v_0}$$

$$v_2 = (v_0 + v_1)^{1/3}; \quad v_3 = \frac{c_3^2}{4c_4^2} - \frac{2c_2}{3c_4}; \quad v_4 = \frac{3/2 c_2^3 - 3c_1 c_2 + 12c_0 c_3}{3c_4 v_2} \quad (25)$$

$$v_5 = \frac{v_2}{3\sqrt{2} c_4}; \quad v_6 = \frac{c_3^3}{2c_4^3} - \frac{4c_2}{3c_4}$$

В соответствии с блок-схемой (рис. 3, 4) отказ сваи  $S_j$  при нанесении j-го удара и  $T$  определяются в следующем порядке:

- по выражению (6) определяется несущая способность сваи перед нанесением удара  $F_{ji}$ ;
- по выражениям (9) и (10) определяются коэффициенты  $C$  и  $P$ ;
- по формулам (12) определяются коэффициенты  $c_0, c_1, c_2, c_3$ ;
- по выражению (13) определяется отказ  $S_j$ ;

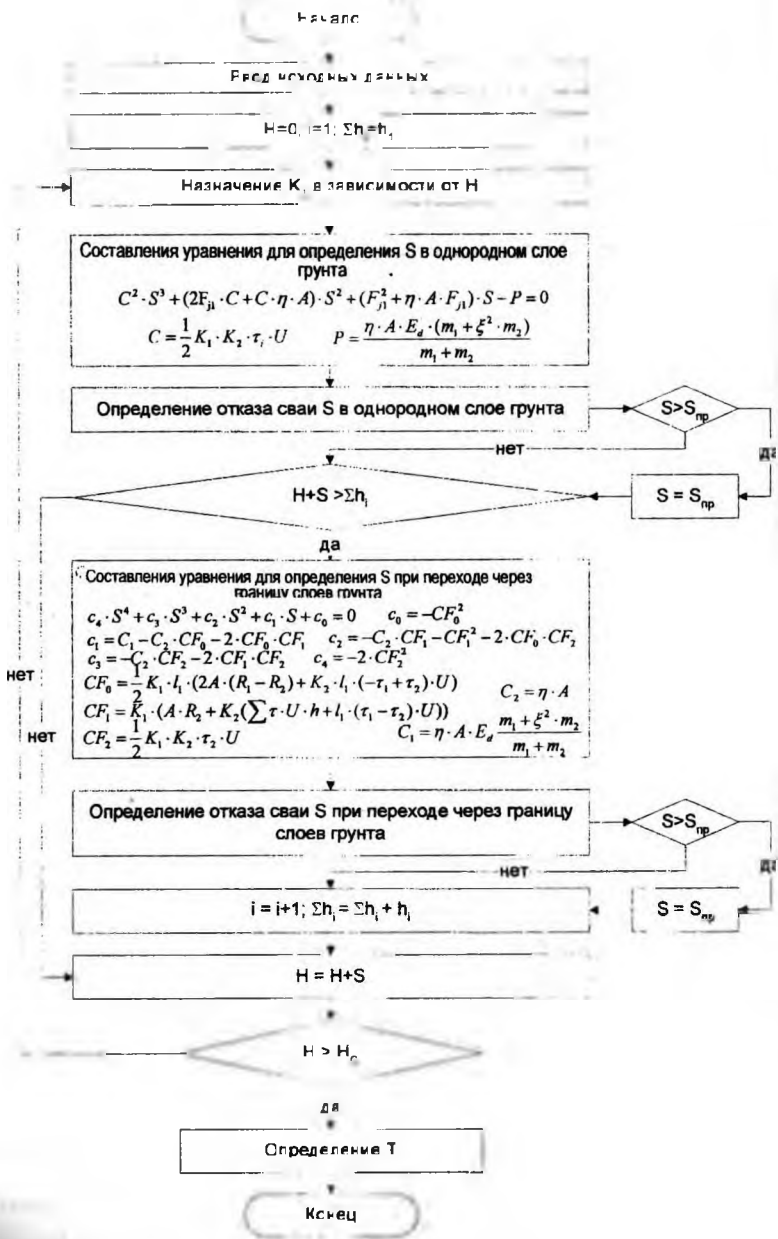


Рис. 3. Блок-схема расчета параметров погружения сваи

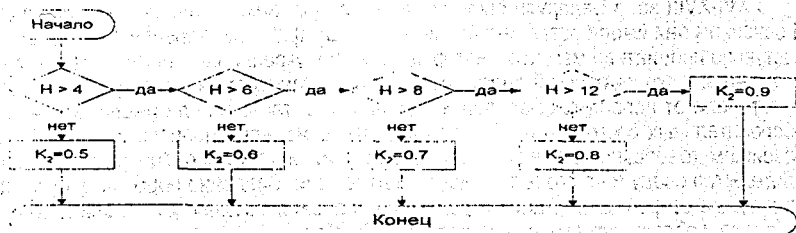


Рис. 4. Алгоритм назначения  $K_2$

- если произошел переход через слой, то  $S$  пересчитывается по формуле (24);
- отказы сваи при нанесении ударов рассчитываются до тех пор, пока свая не будет погружена на проектную отметку  $H_c$ ;
- устанавливается чистое время погружения сваи по формуле

$$T = \frac{j}{V} \quad (26)$$

где  $j$  - число ударов, необходимое для погружения сваи на проектную отметку.

Авторами составлена программа для определения отказов сваи, времени ее погружения на ПЭВМ с учетом неоднородных слоев грунта, которая используется при выполнении контрольной работы по курсу "Технология строительства в особых условиях" и при разработке технологических карт в составе дипломного проекта на производство свайных работ.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Еникеев А.Х. Методические рекомендации по выбору молота и расчету времени погружения сваи по данным статического зондирования. - Уфа: НИИПромстрой, 1977. - 24с.
2. СНиП 3.02.01-87. Земляные сооружения, основания и фундаменты/ Госстрой СССР. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. - 128 с.

УДК 712.03(476)

Латыш Е. Г.

Научный руководитель: доцент Малыхина Л. Ю.

#### НЕСВИЖСКИЙ ЗАМОК КАК ОБРАЗЕЦ ЧАСТНОВАДЕЛЬЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ

Средневековая Беларусь с её развитыми торговыми городами, необъятными лесами всегда манила к себе завоевателей, многократно становясь ареной опустошительных военных действий. Всё это не могло не повлиять на характер зодчества, которое стало приобретать ярко выраженные оборонительные черты, причём не только в военном, но и в гражданском, культовом строительстве. На интенсификацию военно-оборонительного строительства повлияла и острая междоусобная феодальная борьба, в которой ни магнатам, ни шляхте, ни подвластному им населению не гарантировалась личная безопасность.

В то время значительно возросло экономическое могущество крупных местных магнатов, которые владели богатыми городами и местечками, громадными латифундиями с десятками тысяч крепостных крестьян. Они строили собственные замки и дворцы подальше от населённых пунктов, искали надёжной защиты за реками, искусственными прудами и подъёмными мостами. Феодальные замки той поры постепенно утратили аскетические черты чисто оборонительных сооружений.

Начиная со второй половины XV в., в замковом зодчестве определились две характерные тенденции. Первая свидетельствовала о дальнейшем развитии местных строительных традиций (замки в Мире, Любче и др.), использовалась собственная интерпретация достижений европейской фортификации. Вторая тенденция отражала стремление следовать образцам европейского замкового строительства (замки в Заславле, Несвиже, Ляховичах и др.).