

$$h_{om} \geq \left[ \sqrt{\eta^2 \cdot A^2 + \frac{4\eta \cdot A \cdot E_d(m_1 + \varepsilon^2 \cdot m_2)}{S_{max}(m_1 + m_2)}} - \eta \cdot A - 2k_1 \cdot R_3 \cdot A \right] / (2k_1 \cdot k_2 \cdot \tau \cdot U) - S_{max} / 2 \quad (4)$$

Выражение (4) получено на основании (3) из условия, что несущая способность сваи в момент ее забивки на отказную глубину равна

$$F = k_1 [R_{31} \cdot A + k_2 \cdot \tau_1 \cdot U (h_{om} + S_{max} / 2)], \quad (5)$$

где:  $R_{31}$  – лобовое сопротивление верхнего слоя грунта зондированию;

$\tau_1$  – величина бокового сопротивления верхнего слоя грунта зондированию.

Для реализации способа без привлечения дополнительных грунтоуплотняющих машин используется кондуктор 1, который состоит из опорной плиты 2 с гнездом 3 для пропуска сваи (рис.1). На опорной плите соосно гнезду монтирована втулка 4 которая жестко скреплена с плитой. Для фиксации сваи в плане в процессе ее забивки втулка снабжена двумя неподвижными 5 и двумя радиально подвижными 6 упорами. В опорной плите выполнены сквозные отверстия, через которые в грунт забиваются стержневые шипы 7 для фиксации кондуктора в плане. Размеры опорной плиты в плане должны в 2,5-3 раза превышать размеры сваи.

При уплотнении грунта в гнездо кондуктора соосно устанавливается патрубок 8 с заглушенными торцами и с кольцевым упором 9 на боковой поверхности, опирающимися на торец втулки (фиг.1 а). Для обеспечения соосности кондуктора и патрубка кольцевой упор последнего снабжается штыревыми фиксаторами 10. Длину патрубка 14 от кольцевого упора до нижнего торца следует принимать равной высоте кондуктора, при этом нижний торец будет контактировать при установке в кондуктор с грунтом основания.

После чего по патрубку наносят удары дизель-молотом. Энергия ударов через патрубок, упор, втулку и опорную плиту передается на грунт основания, при этом производится образование уплотненной зоны 11 грунта.

УДК. 624.157.2

**Пчелин В.Н., Шляга Н.П., Чернюк В.П.**

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ДИЗЕЛЬ-МОЛОТОВ ЗА СЧЕТ СОЗДАНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ЛОБОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАБИВКЕ СВАЙ

Для обеспечения нормальной работы дизель-молотов необходимо, чтобы отказ забиваемой сваи (величина осадки сваи за один удар) не превышал максимально допустимого отказа 18...30 см (см. [1], с.88), в противном случае дизель-молоты глохнут, то есть происходит их остановка. Чаще всего данная ситуация возникает в начальной стадии погружения свай в слабые грунты.

В случае наличия слабых грунтов небольшой толщины для исключения недопустимых отказов сваи достаточно просто уплотнить грунт. Однако при большой толщине слабых грунтов уплотнение грунтов становится затруднительным.

Для решения данной проблемы авторами предложена конструкция забивной сваи, благодаря которой в начальный момент забивки сваи создается дополнительное лобовое сопротивление ее погружению.

Для создания дополнительного лобового сопротивления

После уплотнения грунта поднимают дизель-молот с наголовником в верхнее положение, из кондуктора извлекают патрубок и производят подтаскивание, подъем и заведение сваи 12 в наголовник и гнездо кондуктора. Положение сваи в плане фиксируется посредством упоров кондуктора.

На заключительном этапе выполняют забивку сваи на проектную отметку (рис.1 б), при этом на всей глубине забивки будет обеспечена устойчивая (безотказная) работа дизель-молота, так как благодаря уплотнению грунта отказ сваи не будет превышать максимально допустимого отказа.

Уплотнение грунта в пределах предварительно установленной отказной глубины позволяет получить на всей глубине погружения отказ сваи, не превышающий максимально допустимый отказ, благодаря чему обеспечивается устойчивый запуск и работа дизель-молота, т.е. его максимальная производительность. Предлагаемым способом можно погружать любые забивные сваи. Уплотнение грунта обеспечивает также повышение несущей способности сваи на горизонтальные нагрузки и уменьшает затраты труда на последующее уплотнение грунта, например, в случае устройства по грунту основания полов.

На разработанный способ оформлена и подана заявка на выдачу патента Республики Беларусь на изобретение, которая в настоящий момент находится на рассмотрении.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лубнин В.В., Заикина В.З. Машины и оборудование для погружения свай: Учеб. для ПТУ.- М.: Высш.шк., 1989. - 215 с.
2. Авторское свидетельство СССР № 676687, Е 02 D 7/02, 1979, № 28.
3. СНиП 3.02.01-87. Земляные сооружения, основания и фундаменты/ Госстрой СССР.- М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988.- 128 с.
4. Еникеев А.Х. Методические рекомендации по выбору молота и расчету времени погружения свай по данным статического зондирования.- Уфа: НИИпромстрой, 1977.- 24 с.

забивке сваи, включающей ствол 1 с заостренным наконечником 2 в нижней части, свая снабжается опорным элементом 3 в виде охватывающих ствол и соединенных между собой полублоков 4 (рис.1).

Высота полублоков принимается не менее глубины забивки ствола дизель-молотом, в пределах которой отказ ствола 1 превышает максимально допустимый отказ, обеспечивающий устойчивый запуск и работу дизель-молота.

Полублоки выполнены с возможностью опирания на поверхность наконечника, для чего в нижней части полублоков имеются наклонные площадки 5, плотно контактирующие при прижатии полублоков к стволу с поверхностью наконечника.

Полублоки соединены между собой разъемным соединением в виде пропущенных через прикрепленные в нижней части полублоков петли 6 стержневых фиксаторов 7 с гори-

**Чернюк Владимир Петрович.** К.т.н., доцент кафедры технологии строительного производства Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БГТУ, 224107, г. Брест, ул. Московская, 267.

зонтальными упорами 8 в верхней части.

Для обеспечения устойчивого положения фиксаторов они могут быть пропущены через дополнительные петли 9, прикрепленные к одному из полублоков, причем верхние дополнительные петли ограничивают перемещение фиксаторов вниз.

Низ горизонтальных упоров располагают от верха полублоков 4 на расстоянии  $S$ , принимаемом из выражения

$$S = h_n + h_k, \quad (1)$$

где:  $h_n$  – высота нижних петель 6;

$h_k$  – высота участка стержневого фиксатора 7, выходящего за пределы нижних петель 6.

В нижней части полублоки выполнены со скосами 10, которые облегчают забивку ствола с полублоками в грунт и обеспечивают прижатие полублоков к стволу.

Для получения в начальный момент забивки отказа сваи, обеспечивающего устойчивый запуск и работу дизель-молота, площадь  $A$ , ограниченная наружным контуром поперечного сечения полублоков 4 и ствола 1, принимается из соотношения

$$A \geq \frac{\eta \cdot E_d [m_1 + \varepsilon^2 (m_2 + m_3)]}{K \cdot R_3 \cdot S_{max} (K \cdot R_3 + \eta) (m_1 + m_2 + m_3)}, \quad (2)$$

где:  $\eta$  – коэффициент, принимаемый в зависимости от материала сваи;

$E_d$  – расчетная энергия одного удара дизель-молота;

$m_1$  – масса молота;

$\varepsilon$  – коэффициент восстановления удара;

$m_2$  – масса сваи с наголовником;

$m_3$  – масса подбабка;

$K$  – коэффициент однородности грунта;

$R$  – лобовое сопротивление верхнего слоя грунта статическому зондированию;

$S_{max}$  – максимально допустимый отказ сваи, обеспечивающий устойчивый запуск и работу дизель-молота.

Соотношение (2) получено путем подстановки в формулу определения отказа сваи максимально допустимого отказа сваи (вместо  $S_a$ ) и несущей способности сваи в момент начала ее забивки (вместо  $F_d$ ) и выражения из полученного уравнения необходимой площади  $A$  [2].

При этом несущая способность сваи в момент начала ее забивки определена по выражению [3]

$$F = k R_3 \cdot A. \quad (3)$$

Описываемую забивную погружают следующим образом.

Вначале устанавливают путем пробной забивки дизель-молотом только ствола глубину, в пределах которой отказ ствола превышает максимально допустимый отказ  $S_{max}$ . при этом высоту полублоков принимают не менее установленной глубины.

Далее производят сборку сваи, для чего над точкой погружения сваи устанавливают полублоки и пропускают через петли стержневые фиксаторы, после чего в пространство между полублоками заводят ствол до опирания поверхности наконечника в наклонные площадки полублоков (рис.1 а). Возможное падение полублоков при монтаже сваи предотвращается временной установкой клиньев 11 под скосы полублоков.

Затем выполняют забивку сваи дизель-молотом в грунт, при этом верхние слои грунта раздвигаются и уплотняются наконечником ствола и полублоками (рис.1 б). В процессе забивки сваи ударная нагрузка от дизель-молота передается на ствол и далее, через наконечник и наклонные площадки 5,

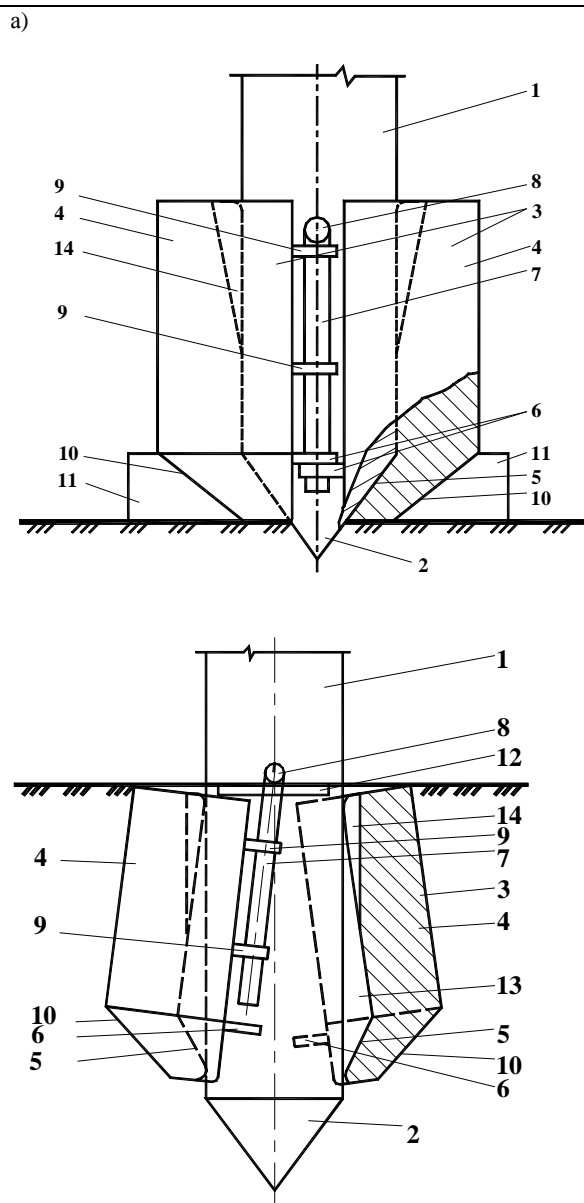


Рисунок 1 – Забивная свая с дополнительным лобовым сопротивлением ее забивке в грунт:

а) перед погружением сваи в грунт; б) в процессе забивки ствола сваи на проектную глубину после полной раздвижки полублоков; 1 – ствол; 2 – наконечник; 3 – опорный элемент; 4 – полублоки; 5 – наклонные площадки; 6 – петли; 7 – стержневой фиксатор; 8 – горизонтальные упоры; 9 – дополнительные петли; 10 – скосы; 11 – клинья; 12 – подкладки; 13 – полости; 14 – пазы.

полублокам, при этом наличие разъемного соединения не позволяет полублокам раздвинуться.

В случае необходимости с целью предотвращения выталкивания фиксаторов, при их взаимодействии с грунтом и под воздействием инерционных сил, из петель 6 на нижние торцы фиксаторов надеваются колпачки, которые жестко прикрепляются к нижним петлям 6, а упоры временно скручиваются проволокой с верхними дополнительными петлями 9.

После погружения ствола с полублоками на глубину, при которой упоры фиксаторов опираются на грунт, в процессе дальнейшей забивки происходит выдергивание фиксаторов из петель 6 и полублоки открепляются друг от друга. При этом в момент открепления полублоков друг от друга они погружа-

ются в грунт на полную их высоту, благодаря расположению низа упоров от верха полублоков на расстоянии  $S$ , принимаемом по выражению (1).

Для предотвращения вдавливания упоров в грунт при выдергивании фиксаторов под упоры на грунт могут быть уложены подкладки 12 в виде плит, верх которых должен быть расположен на уровне поверхности грунта.

В дальнейшем осуществляется забивка только ствола, который при этом раздвигает нижние концы полублоков с дополнительным уплотнением грунта вследствие взаимодействия наконечника с наклонными площадками полублоков (рис. 1 а).

Забивка ствола производится на проектную глубину.

На заключительном этапе вынимают фиксаторы, полублоки в верхней части жестко соединяют со стволом посредством сварки закладных деталей и полости 13 между стволом и полублоками заполняют твердеющим материалом (цементно-песчаным раствором или мелкозернистой бетонной смесью), подаваемым через пазы 14 в полублоках 4.

Благодаря выполнению сваи с площадью  $A$ , определяемой из соотношения (2), и забивке ствола вместе с полублоками на глубину, в пределах которой отказ ствола сваи превышает максимально допустимый отказ, по всей глубине погружения

УДК 624.155.1.001.24

**Чернюк В.П., Щербач В.П., Пчелин В.Н.**

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ОТКАЗА ЗАБИВНОЙ СВАИ ПРИ ПОГРУЖЕНИИ В ГРУНТ

Правильный и точный расчет величины погружения забивных свай в грунт на стадии проектирования фундаментов имеет важное значение для нормирования трудовых и денежных затрат, определения времени погружения свай и сроков производства работ, создания наименее энергоемких условий погружения и рационального выбора сваебойной техники.

В практике строительства отказы и продолжительность погружения свай определяют фактически на стадии производства работ после забивки пробного числа свай, это объясняется отсутствием соответствующей надежной методики расчета. Иногда отказы свай рассчитывают по формуле Н.М. Герсеванова. Однако и она дает неточные результаты в связи с наличием в ней ряда эмпирических коэффициентов.

В этой связи предлагается способ расчета величины погружения забивной сваи в грунт от действия одного или нескольких ударов сваебойного молота с целью определения величины осадки, коэффициента полезного действия (к.п.д.) и времени погружения сваи с использованием классических положений механики при свободном соударении тел.

Теоретические положения механики при свободном соударении тел не дают возможности точно определить величину отказа и к.п.д. погружения, так как процесс погружения свай происходит в более сложных условиях (некоторая масса грунта налипает на сваю, нарушая правильность результатов вычисления по классическим формулам теории удара) и зависит от значительного числа влияющих факторов – физико-механических свойств грунта, параметров сваи (массы, размеров, материала, конфигурации), типа сваебойного оборудования, формы соударяемых тел и условий соударения [1].

В общем случае погружение сваи можно представить как процесс соударения трех тел – ударной массы, сваи и массива грунта, протекающий в условиях пластической деформации грунта (рис. 1).

сваи обеспечивается устойчивый запуск и работа дизель-молота, т.е. его максимальная производительность.

Кроме того, наличие полублоков, охватывающих ствол в пределах верхних слоев грунта, позволяет повысить несущую способность сваи на горизонтальные нагрузки, чему способствует также уплотнение верхних слоев грунта полублоками при добивке ствола.

На разработанную конструкцию сваи оформлена и подана заявка на выдачу патента Республики Беларусь на изобретение, которая в настоящий момент находится на рассмотрении.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лубнин В.В., Заикина В.З. Машины и оборудование для погружения свай: Учеб. для ПТУ.- М.: Высш. шк., 1989.- 215 с.
2. СНиП 3.02.01-87. Земляные сооружения, основания и фундаменты / Госстрой СССР.- М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988.- 128 с.
3. Еникеев А.Х. Методические рекомендации по выбору молота и расчету времени погружения свай по данным статического зондирования.- Уфа: НИИПромстрой, 1977.- 24 с.

Работа, совершенная ударной массой за один удар, равна кинетической энергии ударной массы и сваи после нанесения удара (рис. 1, в)

$$A = \frac{m_M + m_c + m_{наз} + m_n}{2} \cdot V^2, \quad (1)$$

где:  $m_M = m_y + m_n$  - полная масса молота;

$m_y$  - масса ударной части молота;

$m_n$  - масса неподвижной части молота;

$m_{наз}$  - масса наголовника;

$m_n$  - масса подбабка;

$V$  - совместная скорость движения ударной массы и масс сваи и неподвижных частей молота после нанесения удара.

Для простоты в дальнейшем будем считать, что масса сваи и неподвижных частей молота с наголовником  $m_c + m_n + m_{наз} + m_n = m$ , поэтому

$$A = \frac{m_y + m}{2} \cdot V^2. \quad (2)$$

Из равенства количества движения ударной массы перед нанесением удара  $m_y$ , масс сваи и неподвижных частей молота после нанесения удара  $m$  (рис. 1,б) будем иметь:  $m_y \cdot V_y = (m_y + m) \cdot V$ . Подставляя эти значения в выражение (2), получим:

$$A = \frac{m_y^2 \cdot V_y^2}{2 \cdot (m_y + m)}, \quad (3)$$

где:  $V_y$  - скорость движения ударной массы в конце падения.