

## **ПРОГНОЗ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВИБРОНАБИВНЫХ СВАЙ ПО ВЕЛИЧИНЕ ОТКАЗОВ ПРИ ПОГРУЖЕНИИ ОБСАДНЫХ ТРУБ С ЗАКРЫТЫМИ НИЖНИМИ ТОРЦАМИ**

Таранда А.Г.

(Научный руководитель – Никитенко М.И.)

Белорусский национальный технический университет

### **Способы погружения свай**

Сваи погружаются в грунт с помощью ударного, вибрационного, вдавливающего, виброударного или вибродавляющего воздействия, а также завинчиванием.

Машины ударного действия разделяют на молоты механические, паровоздушные и дизель-молоты.

Механические (подвесные) молоты имеют ударную часть в виде отливки и применяются при малых объемах работ, в основном для забивки деревянных свай.

Паровоздушные молоты приводятся в действие паром или сжатым воздухом. Они бывают одиночного, двойного и дифференциального действия и отличаются друг от друга характером использования энергии пара (воздуха) в рабочем цикле.

В молотах двойного и дифференциального действия пар (воздух) используется как для подъема ударной части, так и для повышения частоты и энергии ударов.

Дизель-молоты работают по принципу одноктного двигателя внутреннего сгорания, бывают штанговыми и трубчатыми. Ударная часть у штанговых – цилиндр, у трубчатых – поршень. Подъем ударной части происходит за счет энергии газов, образующихся при сгорании топлива, рабочий ход – под действием силы тяжести. Молоты этого типа по сравнению с паровоздушными более мобильны и экономичны. Трубчатые молоты надежнее в работе и обладают большей погружающей способностью, чем штанговые.

Разработаны и проходят испытания гидравлические молоты двойного действия, имеющие ряд преимуществ по сравнению с описанными выше.

Рабочими параметрами молотов ударного действия, определяющими область их применения, являются: общая масса, масса ударной части и высота ее подъема, количество ударов в минуту и энергия удара.

Молоты ударного действия и сваи при забивке устанавливаются чаще всего на копрах, состоящих из рабочей платформы с рельсокопесной ходовой частью и вертикального направляющего устройства стрелового или башенного типа. Молоты и сваи могут также располагаться на самоходных агрегатах, смонтированных на экскаваторах, кранах, тракторах и автомобилях.

При устройстве свайных фундаментов под здания, опоры мостов и путепроводов наиболее эффективна мостовая сваебойная установка ЦНИИОМТП, имеющая координатно-шаговый механизм и программное управление. Выбор средств забивки свай зависит от их типа, материала, массы, сечения, длины, условий производства и объема свайных работ. Масса ударной части молота должна соответствовать массе забиваемой сваи с учетом ее длины и характера грунтов.

Технологический процесс погружения свай забивкой включает следующие операции: разметку мест забивки, передвижку и установку копра или сваебойного агрегата, подачу свай к копру, подъем и установку ее на место погружения, забивку свай. На подготовительные операции приходится около 75 % времени производства свайных работ. Поэтому большое значение имеют рациональный выбор копра или самоходной установки и схемы забивки.

Погружение свай может осуществляться вибропогружателем который, будучи закреплен в верхней части сваи или шпунта, передает направленные колебания свае, а через нее грунту. Вибропогружатель вместе со сваей подвешивается к крюку крана или устанавливается в копре. При достижении критической частоты колебаний трение влажного грунта о сваю резко уменьшается, и под действием собственного веса и веса вибратора свая погружается в грунт. Наиболее эффективно вибропогружение в водонасыщенных песчаных грунтах.

Для легких свай и стального шпунта применяются высокочастотные вибропогружатели, тяжелых – низкочастотные.

Способ вдавливания используется при устройстве свайных оснований из коротких (до 6 м) железобетонных свай сплошного или трубчатого сечения. Для этого применяются агрегаты статического вдавливания. Рассматриваемый способ эффективен при погружении свай во влажные суглинистые и глинистые грунты. При грунтах с включением гравия рационально применение вибродавляющих агрегатов.

Погружение вертикальных или наклонных свай завинчиванием выполняется при строительстве инженерных сооружений, на фундаментах которых действуют выдергивающие нагрузки. Широкие лопасти винтового наконечника, в два-три раза превышающие диаметр ствола сваи, обеспечивают большую несущую способность винтовых свай. Применяют их при возведении мостов, причалов, подпорных стенок и для вантовых креплений различных сооружений. При этом используются электрокабестаны или самоходные установки

В геотехнической практике Беларуси последних лет достаточно часто стали применять технологию устройства буронабивных свай в разнообразных грунтах, включая водонасыщенные, с вибрационным погружением обсадных труб с закрытыми нижними торцами при последующем армировании и бетонировании стволов по мере извлечения обсадки [1]. Наличие теряемых крышек или пробок из перуплотненного грунта на нижнем торце трубы уменьшает до минимума попадание воды внутрь нее, а также способствует уплотнению грунта при его вытеснении в стороны по аналогии с забивными сваями. Важным достоинством устройства свай по такой технологии является возможность оценки несущей способности их оснований по величине отказа  $S_a$  при погружении трубы с закрытым нижним торцом. За величину отказа в данном случае принимается погружение трубы на проектной глубине за одну минуту вибрационного воздействия соответствующего механизма.

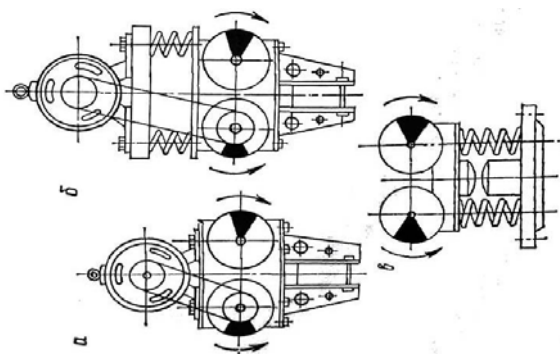


Рис. 1. Схемы вибропогружателей:  
 а – с жестким креплением двигателя;  
 б – с пружинной пригрузкой; в – вибромолот

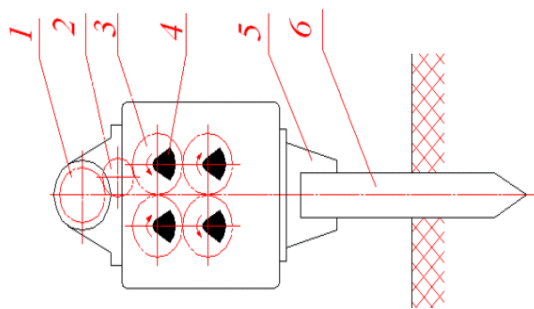


Рис. 2. Конструктивная схема вибропогружателя:  
 1 – электродвигатель или гидромотор; 2 – промежуточная шестерня; 3 – синхронизирующие шестерни;  
 4 – дебаланс; 5 – наголовник; 6 – свая

## Принцип работы вибропогружателя

Принцип действия вибропогружателя основан на эффекте резко-го снижения сопротивлению погружения свайного элемента при сообщении последней вибрации. Этот эффект основан на свойстве тиксотропии двухфазных жидкостей.

Вибропогружатель предназначен для погружения в песчаные и глинистые грунты и извлечения из них различных свайных элементов. Вибропогружатель осуществляет работу в комплексе с виброизолятором и грузоподъемным механизмом. В качестве грузоподъемного механизма может быть использован подъемный кран, Копёр. Кроме того вибропогружатель может работать с экскаваторами (с соответствующими техническими параметрами).

Вибропогружатель состоит из вибровозбудителя, электродвигателя или гидромотора и наголовника.

При вращении дебалансов 4 на их ось крепления действует центробежная сила, и вибропогружатель получает вибрирующее движение, которое сообщает свайному элементу 6 через наголовник 5. Дебалансы приводятся во вращение электродвигателем 3 (или гидромотором) через механическую передачу (или непосредственно от вала мотора). Симметрично расположенные дебалансы синхронно вращаются в разные стороны для уравнивания радиальных нагрузок.

### Достоинства:

- низкая стоимость погружения свай;
- меньший шум при работе, чем при использовании свайных молотов.

### Недостатки:

- невозможность погружения свай в скальные грунты.

При невозможности дальнейшего погружения применяют молоты.

Частное значение предельного сопротивления основания сваи, кН, по данным их погружения вибропогружателям с измерением отказов  $S_a$  определяем по формуле пособия П4-2000 к СНБ 5.01.01-99 :

$$F_u = \gamma_{cu} \cdot \frac{\eta \cdot A_c \cdot M}{2} \cdot \left( \sqrt{1 + \frac{4 \cdot E_d}{\eta \cdot A_c \cdot S_a} \cdot \frac{m_1 + \varepsilon^2 \cdot m_2}{m_1 + m_2}} - 1 \right)$$

где  $E_d$  – расчетная энергия вибропогружателя;

$S_a$  – площадь, ограниченная наружным контуром сплошного сечения ствола сваи;

$\eta$  – коэффициент, принимаемый в зависимости от материала сваи, кПа. Для металлических труб и железобетонных свай;

$F_u$  – предельное сопротивление основания сваи, кН;

$S_a$  – величина отказа м/мин;

$\gamma_{cu}$  – коэффициент, принимаемый в зависимости от вида грунта.

Для песчаного грунта  $M = 1,2$ ;

$m_2$  – масса вибропогружателя, т;

$m_1$  – масса сваи, т;

$\varepsilon$  – коэффициент восстановления удара;

При погружении трубы в песчаный грунт  $\gamma_{cu} = 1$ .

Анализ вышеприведенной формулы свидетельствует о том, что значения предельного сопротивления основания сваи зависят нелинейно от величин отказов  $S_a$  и площади ствола сваи, но линейно от расчетной энергии вибропогружателя.

Поскольку геотехнические фирмы используют разные вибропогружатели, а проектом предусматривается достижение определенных значений приходящихся на сваи расчетных усилий, на практике для таких механизмов целесообразно иметь заранее вычисленные соотношения между величинами отказов  $S_a$  и предельными сопротивлениями основания свай. В этом случае глубину погружения обсадной трубы с закрытым нижним торцом можно всегда регулировать по величине достигаемого при этом отказа. На это и нацелены наши исследования.

Результаты расчетов приведены на рис. 3.

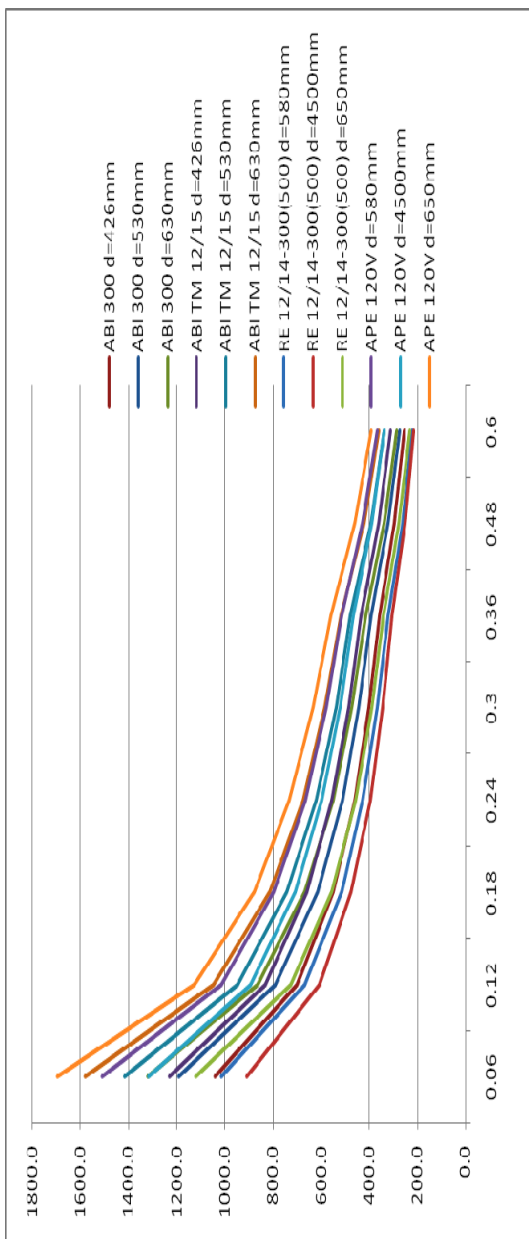


Рис. 3. График зависимости значений предельных сопротивлений основания свай от величин отказов  $S_a$  при погружении обсадных труб разных диаметров в водонасыщенный песок средней крупности и плотности сложения при помощи разных вибропогружателей