

УДК 624.459.5

Минеев С.П., проф., д.т.н., Лукьяненко А.С., студ., Волык Ю.В., студ., каф., СГМ, НГУ, г.Днепропетровск, Украина

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВДАВЛИВАНИЯ СВАЙ С ПОМОЩЬЮ ВИБРАЦИОННОГО ВОДЕЙСТВИЯ

Сваевдавливающие машины применяются при устройстве свайных фундаментов гражданских и промышленных зданий, защитных стенок свайного или шпунтового типа и др. Экологическая безопасность, бесшумность, компактность и быстроедействие, а также безопасность для соседних зданий и конструкций, делают особенно эффективным применение сваевдавливающих машин в условиях плотной застройки города. Наиболее эффективной областью применения данной технологии и оборудования является погружение железобетонных свай вблизи существующих зданий и сооружений. Однако при использовании данной технологии глубина внедрения сваи в массив ограничена, поэтому данная работа была направлена на повышение эффективности и глубины вдавливания сваи при помощи дополнительного вибрационного воздействия.

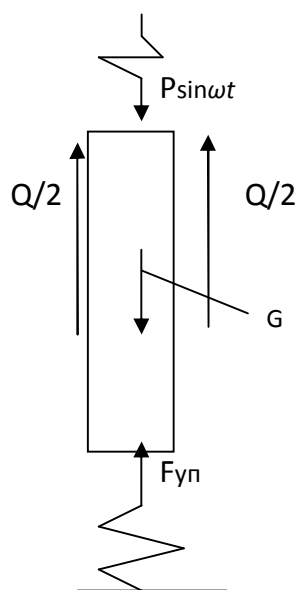


Рис 1. Схематическая модель вибровдавливательной установки:  $Q$  – сопротивление на боковую поверхность сваи,  $F_{уп}$  – сопротивление под нижним концом,  $P \sin \omega t$  – вибровозбуждающая сила.

Погружение сваи, подвергаемой действию вибрации, в массив грунтов является достаточно сложным механическим процессом. Так, если к верхней части сваи, заглубленной на незначительную глубину в массив, присоединить вибратор направленного действия, возбуждающий продольные вибрации в свае, то необходимая статическая масса нагружения будет меньше некоторой критической величины нагрузки на сваю, необходимой для ее внедрения. Последнее происходит поскольку работа вибратора будет оказывать на массив грунта и саму сваю колебательное воздействие.

При решении поставленной в работе задачи использовались математическое моделирование и стендовый эксперимент.

При обосновании данной работы была разработана математическая модель, учитывающая боковое сопротивление породы, сопротивление породы внедрению

наконечником сваи, а также параметры нагружения на сваю (вибровоздействие и статические нагрузки). Используемая схематическая модель

вибровдавливающей установки при погружения сваи в массив грунта, представленного образцом, приведена на рисунке 1. Испытываемый образец моделировался как упругое тело с неким коэффициентом упругости  $n$ . Для каждого породного слоя грунта  $n$  находится экспериментальным путем или по справочным данным.  $F_{уп}$  – сила сопротивления внедрению сваи.  $F_{уп}$  – возрастает прямо пропорционально перемещению сваи в образце. Свая имеет собственный вес  $G_{ш}$  и нагружаемый модуль весом  $G_m$ . Во время проведения эксперимента вес сваи и модуля оставался равным  $G=G_{ш}+G_m$ . На боковую поверхность сваи действует сопротивление бокового распора грунта, направленное в сторону противоположную ее движению. Принимаем, что боковое сопротивление грунта в пределах одного слоя одинаковое. Вибровоздействие на сваю выполняется по синусоидальному закону. Тогда ускорение движения наконечника сваи при воздействии вибрации определяется уравнением:

$$\frac{d^2x}{d\tau^2} = \frac{1}{\omega^2}(g + q_0 + P_0 \sin \tau - nx) \quad (1)$$

где  $\omega$  – угловая скорость вращающегося дебаланса,  $g$  – ускорение свободного падения,  $q_0$  – расчетное сопротивление на боковой поверхности сваи со стороны породного образца,  $P_0 \sin \tau$  – динамическая нагрузка на сваю, зависящая от веса статической нагрузки и параметров вибрации,  $n$  – сопротивление грунта под нижним концом сваи,  $x$  – перемещение сваи в массиве грунта.

Разработанная модель позволяет установить связь между ускорением наконечника внедряемой сваи, характеристик сопротивления грунта и параметров статических и вибрационных воздействий.

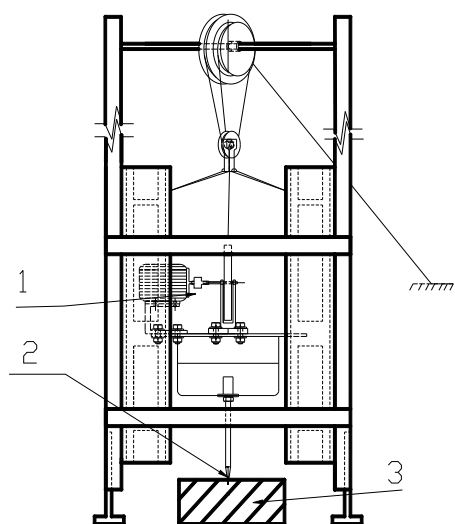


Рис 2. Экспериментальный стенд по внедрению штыря в образец:

1-вибровозбудитель; 2- шпунт;  
3- образец

Для выполнения подобного эксперимента в ИГТМ НАНУ был разработан специальный стенд. Схема используемого стенда для проведения эксперимента представлена на рисунке №2. Стенд позволял оценить кинематику погружения сваи в исследуемый образец в двух режимах нагружения:

1) при воздействии на сваю только статической нагрузки (в зависимости от веса прикрепленных грузов к модулю стенда);

2) погружение шпунта при помощи статического нагружения и дополнительного вибровоздействия (вибратор выполнен в виде электродвигателя с установленным на нем дебалансом).

Процесс вибропогружения происходит по принципу преодоления сопротивления

поверхностного трения грунта с помощью "разжижения" грунта вибрацией. Генерируемые от дебаланса вибропогружателя колебания передаются на внедряемый в грунт шпунт. Плотнo прилегающий к вдавливаемому элементу шпунта грунт колеблется с меньшей частотой и теряет сцепление с ним, не создавая больших помех для погружения. В водонасыщенных грунтах действие вибрации приводит к образованию временной водяной прослойки между сваей и грунтом, что значительно сокращает трение. Наиболее важными параметрами вибропогружения являются статическая сила вдавливания, статический момент, частота и амплитуда вибрации. Их величины, сочетание и возможность изменения определяются конструкцией вибропогружателя.

В процессе эксперимента осуществлялось внедрение сваи в исследуемый образец под действием статического и вибрационного воздействия. При этом определялась скорость перемещения сваи в образце в зависимости от параметров статического и вибрационного нагружения. Вибрация в ходе экспериментов имела постоянные частотно-амплитудные характеристики.

Осредненные результаты экспериментов, полученные при проведении стендового эксперимента, приведены на графике (см. рис. №3).

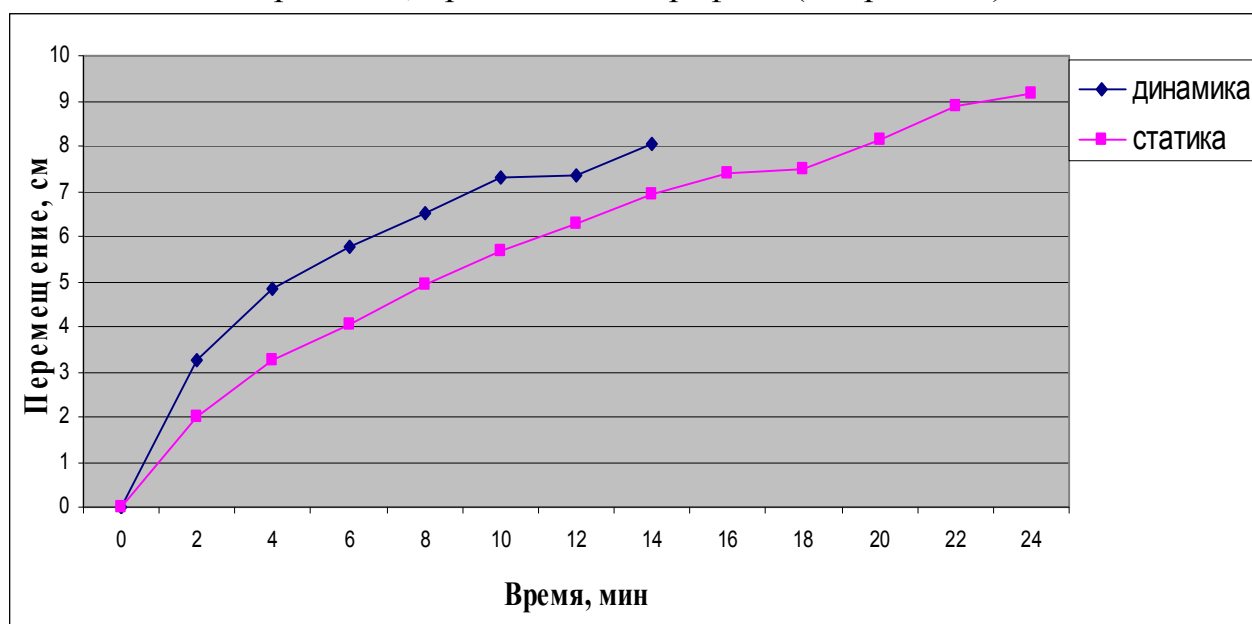


Рис 3. Перемещение сваи в исследуемый образец при статическом и вибрационном воздействии на него

Из полученных данных, приведенных на графике видно, что при внедрении сваи под действием статического и вибрационного воздействия скорость ее внедрения в испытываемый образец существенно отличается. При внедрении сваи дополнительное использование вибрации увеличивает скорость на 40% относительно внедрения этой сваи только при статическом нагружении. Этот вывод может быть использован на практике и позволит существенно повысить производительность оборудования, например, для установки свайного фундамента или шпунтового ограждения.

К основным преимуществам технологии виброудавливания свай можно отнести следующие:

- оборудование свайного фундамента или шпунтов без выемки грунта;
- контроль вдавливающих усилий и действие вибрации на каждую погружаемую сваю в зависимости от необходимой скорости;
- мобильность технологи, экологически чистый и достаточно бесшумный метод;
- возможность проведения работ в стесненных условиях внутри или вблизи зданий;
- возможность включения свай в работу фундамента или ограждения непосредственно сразу после производства работ.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Савинов О.А., Лускин А.Я. Вибрационный метод погружения свай и его применение в строительстве. Л.: Госстройиздат, 1960.
2. Баркан Д.Д. Виброметод в строительстве. М.: Госстройиздат, 1959.
3. Васенин В.А. Расчетная оценка параметров колебаний грунта при ударном погружении свай // Реконструкция городов и геотехническое строительство. СПб. 2001. № 4.
4. Вибрация в технике: Справочник./ Ред. Совет: В.Н. Челомей .- М.: Машиностроение, Том 4., 1981.
5. Минеев С.П., Сахненко А.Л., Обухов С. А. Вибрационное и волновое рыхление агрегированной сыпучей массы. – Днепропетровск: Днепро, 2005.

УДК 622.25.(06)

### ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ГЛУБИНАХ

*Дмитриенко В.А., к.т.н., Бадалян Г.Г., асп., ШИ(ф)ЮРГТУ (НПИ), г. Шахты*

В целях совершенствования проходки вертикальных выработок в неустойчивых грунтах, выполнен комплекс аналитических и экспериментальных исследований для разработки методики проектирования параметров экрана из инъекционных свай. В процессе аналитических исследований получено уравнение описывающее процесс расширения полости передовой скважины нагруженной внутренним давлением при установке грунтовых впрессовываемых свай вокруг выработки. Анализ полученного решения позволил установить, что существенное влияние на формирование полости закрепления свай имеют: коэффициент сцепления и угол внутреннего трения