

УДК 624.155.33.001.572:624.155.1

Макарук М.А., Мацкевич В.В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Юськович Г.И.

ПРИМЕНЕНИЕ ОБМАЗОК ПРИ ПОГРУЖЕНИИ СВАЙ

Одним из путей повышения эффективности капитального строительства, в том числе фундаментостроения, является разработка новых конструктивных решений и технологий производства работ, позволяющих сократить инвестиционный цикл, ускорить выпуск готовой строительной продукции как при строительстве новых, так и при реконструкции существующих предприятий.

В Белорусском регионе, для которого характерны заторфованные, илистые, водонасыщенные песчаные и глинистые грунты, широкое распространение получили фундаменты из забивных свай. Стоимость фундаментов и подготовки оснований, как правило, составляет 15...25% стоимости возведения зданий и сооружений. Поэтому даже незначительное повышение эффективности устройства фундаментов в масштабах республики позволит получить значительную экономию ресурсов.

Существенное снижение стоимости возведения свайных фундаментов может быть достигнуто за счет сокращения энергетических и трудовых затрат на установку свай в грунтовое основание. В этой связи разработка энергосберегающей технологии погружения забивных свай является актуальной задачей.

Анализ отечественного и зарубежного опыта технологии свайных работ показывает, что, как правило, все используемые приемы погружения свай, приводят к снижению энергозатрат при определенных условиях, что ограничивает область их применения.

Одним из направлений снижения энергоемкости является применение обмазок. Экспериментальными исследованиями ряда авторов [1...6] установлено, что к снижению энергозатрат приводит покрытие поверхности ствола такими материалами, как карбамидные, фурфуроланилиновые, полиакриламидные и эпоксидные смолы, битумные мастики, оболочки из полиэтилена, глинистые и торфоглинистые тиксотропные пасты.

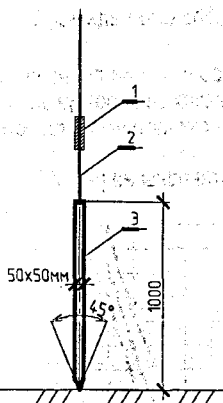
Используемые в экспериментальных испытаниях составы для покрытия поверхности погружаемых свай приготовлены на основе дорогостоящих материалов, и способы их нанесения трудоемки.

Применение обмазочных материалов на основе дешевых местных материалов и отходов промышленного производства, а также совершенствование способов подачи их к стволу сваи в процессе внедрения в грунт позволит существенно повысить эффективность технологии свайных работ.

Сущность погружения свай с обмазками заключается в том, что в полость между грунтом и свайей, образующуюся в начальной стадии забивки, подается обмазочный материал, проникая в грунт, заполняет все возникающие пустоты, трещины, каверны и поры и увлекается вниз, образуя жидкую, но вскоре затвердевающую с грунтом оболочку вокруг сваи. Обмазка до отверждения облегчает погружение свай, оказывая смазывающее действие, а после отверждения увеличивает их несущую способность. Свая как бы вклеивается в грунт.

В целях изучения способа погружения свай в "рубашках" были проведены испытания моделей свай в лабораторных и полевых условиях.

Опыты проводились на сваях-моделях, выполненных из дерева. Длина свай была принята равной 1000 мм, размеры поперечного сечения 50×50 мм, угол заострения наконечника - 45°. В центре торцовой части оголовка модели предусмотрено отверстие для установки металлического стержня диаметром 10 мм и длиной 180 мм, служащего направляющей при падении ударного груза (рис. 1).



1 – ударный груз; 2 – металлический стержень (штанга); 3 – модель сваи
Рис. 1. Погружение моделей свай

Для забивки моделей свай применялся металлический ударный груз массой 2 кг, имеющий цилиндрическую форму и сквозное осевое отверстие для свободного скольжения по направляющему стержню. Соотношение масс ударного груза и моделей находилось в пределах 1:1,25...1:2,0.

Сущность методики проводимых опытов заключалась в замера числа ударов груза и определении энергозатрат на погружение моделей свай традиционным методом и с применением обмазочных составов.

Забивка моделей осуществлялась с помощью свободно падающего груза, скользящего по направляющей металлической штанге диаметром 10 мм и длиной 180 мм, зафиксированной в осевых отверстиях свай диаметром 12 мм и длиной 50 мм. Модели свай погружались в грунт до отметки 0,75 м.

Высота падения груза была принята 1 м. Число ударов груза подсчитывалось на каждые 100 мм погружения сваи в грунт, а на последних 100 мм – на каждые 10 мм, для чего боковая поверхность модели размечалась. Сваи забивались рядом друг с другом на расстоянии не менее шести размеров стороны поперечного сечения ствола, т.е. не менее 0,3 м для исключения влияния напряжений в грунте, возникающих при забивке. В опытах фактическое расстояние между погружаемыми моделями принималось равным 0,30...0,35 м.

Опыты проводились в лабораторных и полевых условиях. В лабораторных условиях модели свай забивались в лоток объемом 1 м³ размерами 1,0×1,0×1,0 м с металлическими стенками, по обоим сторонам которого были установлены прозрачные экраны из органического стекла. Лоток заполнялся однородным мелкозернистым песком слоями толщиной 120 мм с последующим равномерным уплотнением каждого слоя. Степень уплотнения грунта контролировалась величиной осадки каждого слоя до 100 мм. По поверхности каждого уплотненного слоя у прозрачных стенок лотка отсыпалась меловая прослойка толщиной до 0,5 мм. В процессе отсыпки грунта контролировалась его влажность в пределах 7...10%. Уплотнение слоев выполнялось путем укладки на поверхность грунта деревянного щита, нанесения по нему ударов металлической гирей массой 5 кг, падающей с высоты 1,0 м по направляющей штанге. При перемещении щита по поверхности отсыпанного слоя грунта достигалось его равномерное уплотнение при одинаковом количестве ударов падающего груза. Для контроля высоты слоя грунта внутренняя боковая поверхность лотка имела соответствующую разметку для каждого слоя насыпного грунта – 100 мм. При погружении моделей свай у прозрачных стенок лотка по искривлению меловых прослоек между грунтовыми слоями оценивали характер распределения напряжений в грунте.

В грунт погружались модели без обмазки и с обмазкой ствола свай. В качестве обмазок применялись глинистый раствор и раствор силиката натрия (жидкого стекла), которые заливались в приямок у боковой поверхности ствола.

Для каждой серии параллельных опытов принималось среднее значение числа ударов на *i*-ом мм погружения моделей.

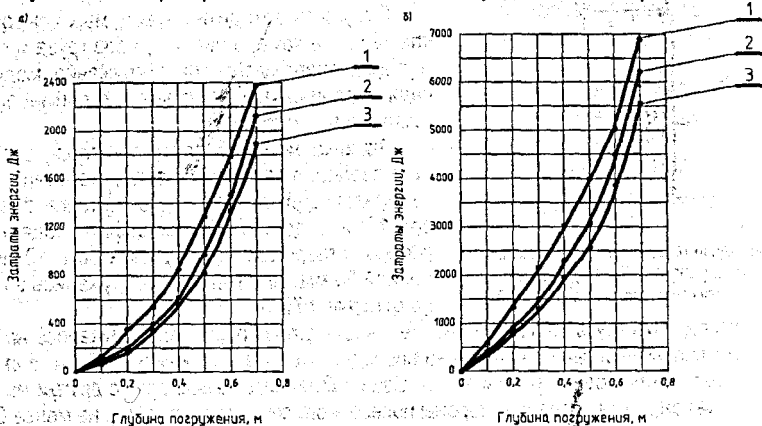
Затраты энергии определялись по выражению:

$$E = m \cdot g \cdot h \cdot n, \quad (1)$$

где m - масса груза, кг; $g = 9,81 м/с^2$ - ускорение свободного падения; h - высота падения груза, м; n - количество ударов груза, шт.

Исследования в полевых условиях проводились на строительной площадке жилого дома в микрорайоне "Восток" г. Бреста. Модели призматических свай погружались в мягкопластичный суглинистый грунт без обмазки и с обмазкой глинистым раствором и раствором силиката натрия.

Результаты лабораторных и полевых испытаний представлены на рис. 2.



а - в лабораторных условиях; б - в полевых условиях
1 - без обмазки; 2 - с обмазкой жидким стеклом; 3 - с обмазкой глинистым раствором
Рис. 2. Зависимости энергозатрат от глубины погружения моделей свай

Статическая обработка результатов экспериментальных исследований [7] процесса погружения моделей свай в лабораторных и полевых условиях показала, что обмазка ствола свай и ее вид в различных грунтовых условиях оказывает значимое влияние на энергозатраты при погружении.

Из результатов опытов видно, что снижение энергозатрат при погружении моделей свай в мелкозернистые песчаные грунты и мелкозернистые суглинки в "рубашках" из жидкого стекла и глинистого раствора составило, соответственно 9,3%...11,0% и 19,7%...21,2%.

Анализ изменения энергозатрат от глубины погружения моделей (рис. 2) показывает, что при применении обмазок энергозатраты существенно снижаются в первоначальный период погружения, примерно при заглублении сваи на 2/3 ее длины.

При дальнейшей забивке затраты энергии резко возрастают, что объясняется недостаточным проникновением, соответственно, недостаточной обмазкой ствола растворами, а также увеличением зоны увлажнения грунта. Увлажнение грунта приводит к образованию плотного грунтового ядра под наконечником сваи, препятствующего проникновению её в грунт.

В связи с этим необходима разработка новых способов подачи обмазочных составов и конструктивных решений свай, позволяющих обеспечить проникновение обмазки к наконечнику сваи в процессе погружения.

В проводимых экспериментальных исследованиях была сделана попытка применения в качестве материалов для приготовления обмазочных составов отходов сахара ОАО "Жабинковский сахарный завод".

Основными отходами при производстве сахара на предприятии являются фильтра-

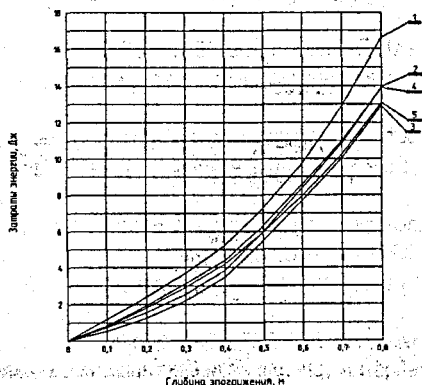
ционный осадок (далее дефекат) [8] и отходы в виде комовой извести, которые складываются на прилегающей к заводу территории. Отходы, предложенные для проведения экспериментов и отобранные на территории их складирования, можно характеризовать как известьсодержащий материал, находящийся в плотном состоянии и содержащий 23...32% твердых включений с размером частиц более 2,5 мм. Влажность составляет 58...73%, активность (содержания $\text{CaO}+\text{MgO}$) - 18...26%. При добавлении воды легко переходит в пастообразное состояние. При затворении дефеката водой образуется липкая тестообразная масса.

Исследования проводились на призматических сваях-моделях, изготовленных из дерева. Длина моделей 1000 мм, размеры поперечного сечения 50×50 мм; угол заострения наконечника - 45° . Забивка моделей осуществлялась с помощью свободно падающего груза цилиндрической формы массой 2,5 кг, скользящего по направляющей металлической штанге (рис. 1). Модели свай погружались в грунт на глубину 750 мм. Соотношение масс ударного груза и моделей свай находилось в пределах 1:1,58...1:1,6. Высота падения груза была принята 1 м.

Опыты проводились в полевых условиях на площадке, расположенной за пределами территории УО «БрГТУ» в районе глиняных карьеров. Грунты на экспериментальной площадке были представлены глиной мягкопластичной консистенции. Обмазочные составы готовились путем перемешивания с водой порошкообразных комовой извести и дефеката в соотношении 1:0,25 (25%) и 1:0,5 (50%) и имели жидкую консистенцию. К стволу моделей, свай обмазки подавались путем их подлива к боковой поверхности в процессе забивки. При проведении опыта фиксировалось количество ударов падающего груза на каждые 100 мм погружения модели, а к концу забивки - на каждые 10 мм. Число параллельных опытов, проведенных в одинаковых условиях, принималось равным восьми. Для каждой серии параллельных опытов определялось среднее арифметическое значение числа ударов груза затрат энергии по выражению (1).

Для проведения опытов на экспериментальной площадке устанавливались участки с однородными грунтами. С этой целью разрабатывались шурфы глубиной до 1 м и оценивались вид и состояние грунта. До погружения моделей выполнялась срезка растительного слоя грунта в пределах участка забивки. В точке погружения каждой модели устраивался приямок глубиной до 100 мм, который в процессе забивки заполнялся обмазочным составом.

Сравнительные результаты экспериментальных исследований со средними значениями затрат энергии на погружение моделей свай без обмазки и с обмазкой водными составами дефеката и комовой извести показаны на рис. 3.



- 1 - без обмазки; 2 - обмазка дефекатом (25%);
- 3 - обмазка дефекатом (50%);
- 4 - обмазка отходами извести (25%);
- 5 - обмазка отходами извести (50%)

Рис. 3. Зависимости затрат энергии от глубины погружения моделей свай

Статистическая обработка результатов экспериментальных исследований энергозатрат при погружении моделей свай в глинистые грунты показала, что обмазка ствола свай, а также вид обмазки оказывают значительное влияние на энергоёмкость погружения.

Анализ технической и патентной литературы и результатов экспериментальных исследований позволяет сделать следующие выводы:

– обмазка ствола свай и вид обмазочного состава оказывают значимое влияние на энергоёмкость процесса погружения свай в грунт;

– из результатов опытов, проведенных в лабораторных и полевых условиях, видно, что при погружении моделей свай в мелкозернистые песчаные и мягкопластичные суглинки в "рубашках" из силиката натрия и глинистого раствора снижение энергозатрат составило соответственно 9,3%...11,7% и 19,7%...21,2%;

– анализ результатов экспериментальных исследований энергозатрат при погружении моделей свай в глинистые грунты с применением обмазочных составов из отходов сахарного производства ОАО "Жабинковский сахарный завод" показал, что обмазка ствола свай, а также вид обмазки оказывают значимое влияние на энергоёмкость погружения;

– применение в качестве обмазки эмульсий дефеката и отходов комковой извести состава 1:4 (порошкообразный материал: вода) привело к снижению затрат энергии при погружении моделей на 0,5 их длины соответственно на 26,0% и 15,4%. Применение эмульсий тех же материалов состава 1:2 приводит к снижению энергозатрат соответственно на 33,1% и 19,6%. При дальнейшей забивке затраты энергии возрастают, т.е. эффективность влияния обмазок снижается. Это объясняется недостаточным проникновением и, соответственно, недостаточной обмазкой ствола эмульсией, что вызывает необходимость в совершенствовании способов подачи обмазочных материалов к стволу и кончику свай;

– при забивке моделей падающим грузом на глубину до 0,8 их длины снижение затрат энергии с применением эмульсий дефеката и комковой извести состава 1:4 и 1:2 в среднем составило соответственно 15,7% и 21,1%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мулюков Э.И. Погружение свай в тиксотропных рубашках. – М.: Стройиздат, 1988. – 264 с.
2. Гумянский Б.М. Погружение свай с помощью обмазок синтетическими смолами и глинами. – Л.: Стройиздат, 1969. – 163с.
3. Свайные работы / И.И. Косоруков и др. – М.: Высшая школа, 1974. – 391 с.
4. Методические рекомендации по погружению висячих свай в полимерной рубашке. – Уфа, 1975. – 14 с.
5. Назаров С.Н. Исследование энергоёмкости погружения моделей полых круглых свай в тиксотропной рубашке / Свайные фундаменты. Сборник научных трудов. – Уфа: НИИпромстрой, 1984. – С. 110...115.
6. Юськович Г.И. и др. Технология забивки свай с обмазками / Вестник БрГТУ: Строительство и архитектура. – Брест: БрГТУ, 2003, №1. – С. 124...126.
7. Саутин С.Н. Планирование эксперимента в химии и химической технологии. – Л.: "Химия", 1985. – 48 с.
8. Технические условия. "Осадок фильтрационный" ТУ РБ 37602662.630-99.