

3 . Козунова, О. В. Статический анализ системы "балочная плита — нелинейно-упругое неоднородное основание" вариационно-разностным методом: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: специальность 05.23.17 Строительная механика / Козунова О.В., Минск – 2017 – 168 с.

4 . Козунова, О. В. Особенности проектирования плитных фундаментов на многослойных основаниях со слабыми слоями грунтов / О. В. Козунова // Рекомендации по проектированию и устройству рациональных фундаментов на основаниях, сложенных озерно-ледниковыми и лессовидными грунтами : Р 5.01.056.09 : введ. 01.10.09. – Минск : Стройтехнорм, 2009. – Гл. 8. – С. 39–47.

5 . Босаков, С. В. Статические расчеты плит на упругом основании / С. В. Босаков. – Минск: БНТУ, 2002. – 127 с.

6 . Горбунов-Посадов, М. И. Расчет конструкций на упругом основании / М. И. Горбунов-Посадов, Т. А. Маликова, В. И. Соломин. – М. : Стройиздат, 1984. – 631 с.

7 . Федоровский, В. Г. Жесткий штамп на нелинейно-деформируемом связанном основании (плоская задача) / В. Г. Федоровский, С. Е. Кагановская // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1975. – № 1. – С. 41–44.

УДК 624.154

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ СВАЙ В ВЫТРАМБОВАННЫХ СКВАЖИНАХ НА ПРИМЕРЕ 9-ТИ ЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ В Г. МОГИЛЕВЕ

В. Н. Кравцов¹, Т. В. Новик²

¹ *К.т.н., доцент, ведущий научный сотрудник РУП «Институт БелНИИС», доцент кафедры «Геотехника и строительная механика» БНТУ, Минск, Беларусь,
e-mail: f3@belniis.by*

² *Заведующий научно-исследовательским отделом оснований и фундаментов, заведующий лабораторией геотехники РУП «Институт БелНИИС», Минск, Беларусь,
e-mail: f204@belniis.by*

Реферат

В статье приведены результаты технико-экономических и технологических исследований ресурсосберегающих инновационных набивных свай в вытрамбованных скважинах и сравнительный анализ их эффективности в соответствии с типовыми забивными сваями и плитным ленточным фундаментом (эталон) для 9-ти этажных жилых домов, возводимых на песчаном основании в г. Могилеве по результатам верификации (натурных испытаний) в построенных условиях. Выполнен технико-экономический анализ для рассматриваемых условий строительства.

Ключевые слова: ресурсосберегающие фундаменты (сваи), технико-экономические исследования, технология, испытания, эффективность

RESEARCH AND EXPERIENCE OF THE INTRODUCTION OF INNOVATIVE PILES IN RAMMED WELLS ON THE EXAMPLE OF 9-STOREY BUILDINGS IN MOGILEV

V. N. Kravtsov, T. V. Novik

Abstract

Report The article presents the results of technical, economic and technological studies of resource-saving innovative packed piles in rammed wells and a comparative analysis of their effectiveness in accordance with standard driven piles and plate tape foundation (standard) for 9-storey residential buildings erected on a sandy foundation in Mogilev based on the results of verification (field tests) in the built conditions. A technical and economic analysis was performed for the construction conditions under consideration.

Keywords: resource-saving foundations (piles), technical and economic research, technology, testing, efficiency

Введение

Ведущим направлением рационального фундаментостроения в условиях Республики Беларусь является разработка ресурсосберегающей конструкций и технологий, обеспечивающих снижение себестоимости и трудоемкости строительного производства.

Анализ экспериментальных работ, приведенных в литературных источниках, собственные исследования, разработанных в РУП «Институт БелНИИС» инновационных свайных фундаментов и опыт их внедрения показывают, что данную задачу можно решить за счет целенаправленного изменения физико-механических свойств грунтов основания посредством свай уплотнения распределяющих нагрузку в верхних менее прочных слоях основания (без прорезки), параллельно упрочняя их [1-5]. Наиболее рациональными и экономичными в данном случае являются те свайные фундаменты, при изготовлении которых уплотняется околосвайный грунт и эффективно изменяются его свойства (доводятся до требуемых значений) что, в первую очередь, связано с формой свай для забивных и технологией устройства для набивных. В наибольшей мере с экономической точки зрения удовлетворяют указанным требованиям сваи набивные в вытрамбованных или выштампованных (пробных) скважинах, упрочняющие верхнюю малопрочную активную зону основания.

В статье приводятся результаты технико-экономических, технологических исследований одного из вариантов инновационных свай в вытрамбованных скважинах по [6] (далее свая СВ), разработанные в РУП «Институт БелНИИС» и анализа их эффективности по сравнению с типовыми плитными

ленточными фундаментами и забивными сваями (далее СТ) в полевых условиях на строительной площадке 9-ти этажных жилых домов, возводимых на намывных песчаных грунтах в г. Могилеве по данным их апробации (верификации) в построенных условиях.

Основная часть. Исследование (верификация) технологии изготовления свай СВ в песчаных грунтах

Исследования выполнены на строительных площадках 9-ти этажных жилых домов по Витебскому проспекту в г. Могилеве представленных намывным песком средним мощностью (3-4,5) м, в верхней и нижней зонах рыхлым, а в средней зоне средней плотности (рисунок 1а). Ниже залегают аллювиальный песчаный грунт с чередованием слоев песка мелкого, средней крупности, крупного и гравелистого с преимущественным распространением мелкого песка. Подстилающие грунты, в основном средней плотности с линзами и прослоями рыхлого грунта (см. рисунок 1).

Анализ грунтовых условий объекта (см. рисунок 1а) с учетом требований [7], показывает, что в данном случае возможны плитные ленточные фундаменты с глубиной заложения подошвы на глубине не менее 2 м и свайные фундаменты из забивных свай длиной (3-5) м, прорезающие рыхлые грунты верхней зоны и сваи набивные в вытрамбованном ложе конструкций РУП «Институт БелНИИС» по [6], которые позволяют возводить фундаменты без прорезки намывного грунта. Для изготовления скважин использовался штамп треста «Строймеханизация». В связи с этим для нагрузки от 9-ти этажных зданий $N = (300-350)$ кН/м, согласно анализу грунтовых условий (см. рисунок 1) и выполненным расчетам в соответствии с требованиями [7 и 8] приняты набивные сваи длиной $L = (1600 \text{ и } 2500)$ мм и забивные сваи $L = (3-4)$ м следующих вариантов:

1 – забивные железобетонные цельные с напрягаемой проволочной арматурой, по ГОСТ 19804 (как наиболее экономичные из забивных вариантов) длиной $L = 3,0$ м (при мощности намыва $h = 3$ м по рисунку 1);

2 – то же, по п.1 длиной до $L = 4,5$ м (при $h > 3$ м по рисунку 1);

3 – набивные в вытрамбованных скважинах с поперечным сечением в верхней части $d = (500 \times 500)$ мм, в уровне нижнего конца – 100×100 мм, длиной до $L = 1800$ мм в т.ч. с использованием глины и щебня при вытрамбовке скважин;

4 – то же по п.3, длиной до $L = 2500$ мм и $d = (700 \times 700)$ мм.

В соответствии с методикой [7] произведена технико-экономическая оценка вариантов фундаментов из свай (1-4).

Затраты на изготовление фундаментов определены по каталогам ЕР Республики Беларусь. Стоимость и трудоемкость рассчитаны для летних условий строительства.

Сравнительная оценка эффективности конструкций фундаментов проведена по минимуму приведенных затрат на 1 м длины плитного и ленточного свайного фундамента с учетом заводских расходов, транспортировки и складирования.

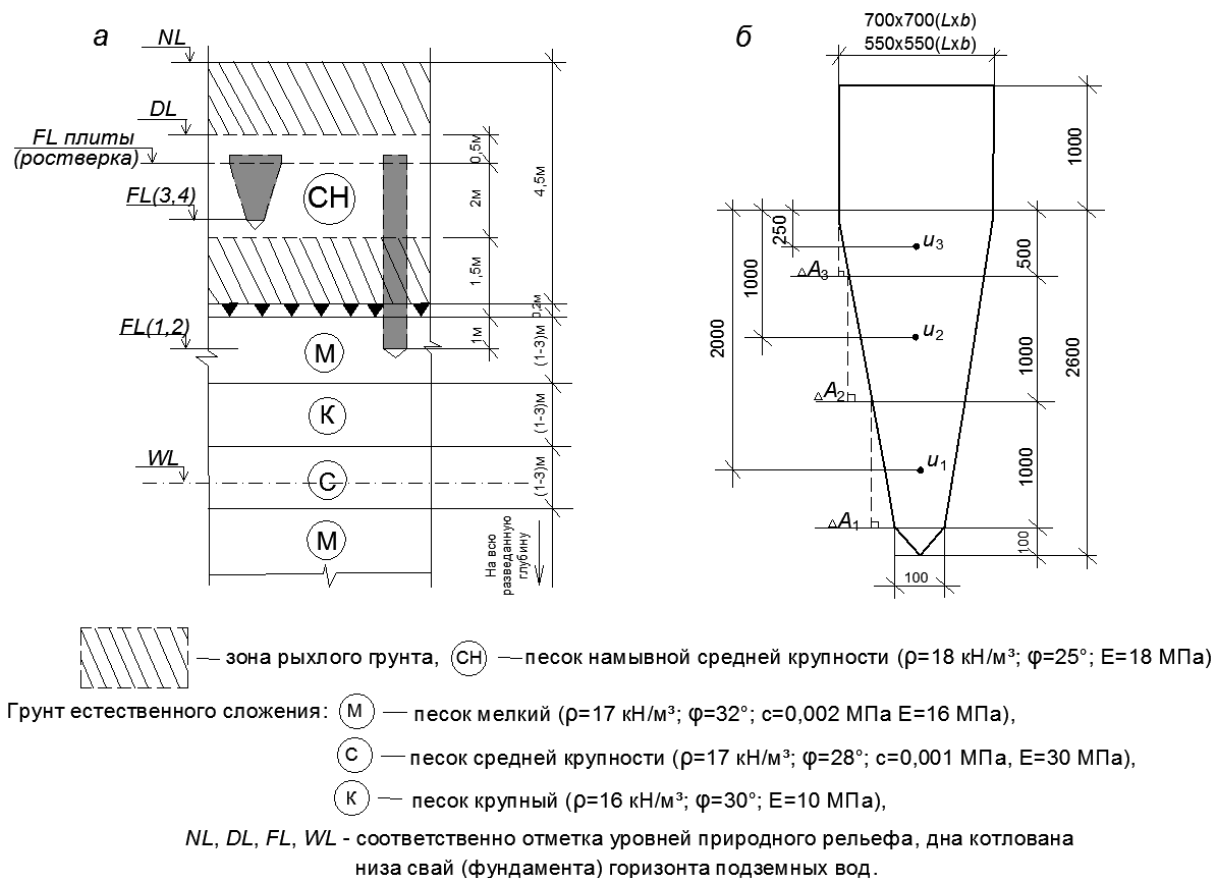


Рисунок 1 – Расчетные схемы основания (а) и штампа для изготовления скважин (б)

При определении приведенных затрат и трудоемкости определены затраты по основным видам работ: доставка материалов на строительную площадку для набивных свай и конструкций для готовых забивных свай; изготовление забивных свай на заводе и их погружение; вытрамбовка скважин (погружение штампов); укладка бетонной смеси в скважину; а также дополнительно учитывалось применение глины при устройстве набивных свай в вытрамбованных скважинах.

Ростверки для всех вариантов свай приняты одинаковыми; время на устройство бетонных подготовок, планировку, засыпку, уплотнение пазух для всех фундаментов принято одинаковым и в сравнительном экономическом расчете не учитывалось.

Технология устройства свай по вариантам (3 и 4) принята согласно [6].

Итоговые сравнительные технико-экономические результаты даны в таблице 1. В качестве эталона для сравнения принят плитный ленточный фундамент из типовых плит и фундаментных блоков с отметкой низа подошвы фундамента (дна котлована) $\nabla -2,0 \text{ м}$.

Анализ таблицы 1 показывает, что наиболее эффективным типом фундамента в рассматриваемом случае будет ленточный свайный фундамент из набивных свай в вытрамбованных скважинах длиной до 1.8 м, т.к. по трудоемкости, приведенным затратам и материалоемкости он превосходит все остальные варианты даже в случае, если при вытрамбовке скважины будет применяться глина и щебень.

Таблица 1 – Сравнительный технико-экономический анализ эффективности фундаментов 9-ти этажных зданий в г. Могилеве в песчаных грунтах на 1 м длины по вариантам (1-5) с учетом заводских расходов по вариантам (2 и 5)

Показатель эффективности (критерий)	Характеристика по вариантам фундаментов		
	(1, 2) из свай готовых (забивных) по ГОСТ 19804.4 (Б1.011.1) марки СЦ5-30	(3, 4) из набивных свай СВ по П19 к СНБ 5.01.01	5 (эталон) из плиты марки ФЛ12.24.3 серии 1.112-5, в.3; ФБС 24.3.6-г по СТБ 1076
● Проектная (по расчету) длина свай, подошвы плиты для основания по рисунку 1, мм ● Проектный размер (по расчету для L=1,7 м) в уровне оголовка свай, подошвы плиты, мм ● Шаг свай, мм ● Нагрузка от 1-го метра длины фундамента на сваю p, кН, плиту q, кН/м ● Расчетное сопротивление грунта, кН ● Класс бетона ● Объем бетона приведенный к классу С16/20, м³ - свай, плиты - ростверка и подготовки ● Расход арматуры приведенный к классу S240, кг - свай с учетом ростверка; фунда-ментной плиты ● Земляные работы - планировка, м² - засыпка и уплотнение пазух, м³ ● Приведенные затраты (П), у.е. ● Трудоемкость (Т), чел.-дн. ● Показатель эффективности $z = p(q)/(П \times Т)$	4500 300x300 900 270 - С20/25 0,56 0,135 56 1 0,176 45,56 0,40 14,8	1700 350x350 1000 270 - С16/20 0,29 0,135 27 1 0,176 31,14 (32,78)* 0,31 (0,45) 27,97 (18,39)	1000 1200x1000 (bхl) (b - ширина фунда-мента) - 300 315 С16/20 (для ФЛ), С8/10 (для ФБС и подготовки) 0,70 (с учетом ФБС и подготовки) - 69 1,5 0,18 28,71 0,60 17,42

Примечание - *В скобках в графе 3 даны значения характеристик с учетом применения глины, щебня и увлажнения при изготовлении варианта свай СВ по технологии 2.

Для апробации технологии изготовления набивных свай вариантов №(3 и 4) на опытных площадках в пределах контура одного из 9-ти этажных зданий проведено исследование технологических аспектов их устройства в песчаном грунте.

Вытрамбовка скважин производилась свободным сбрасыванием штампа-трамбовки массой около 3 т. (см. рисунок 1б) с фиксированной высотой падения 2 м (которая увеличивалась по мере заглубления штампа) с помощью навесного оборудования к трактору С100 (рисунок 2а). Навесное оборудование состоит (см. рисунок 2а) из направляющей рамы 1, рабочего органа (штампа-трамбовки) 2 канатно-блочной системы и противовеса 3.

В процессе опытного изготовления свай СВ в вытрамбованных скважинах определялось:

- среднее число сбрасываний штампа с заданной высоты, обеспечивающее требуемое уплотнение основания и несущей способности;
- необходимое количество и объем глины и жесткого материала (щебня) требуемых для вытрамбовки скважин, заданных размеров;
- минимально-допустимое расстояние между соседними скважинами.

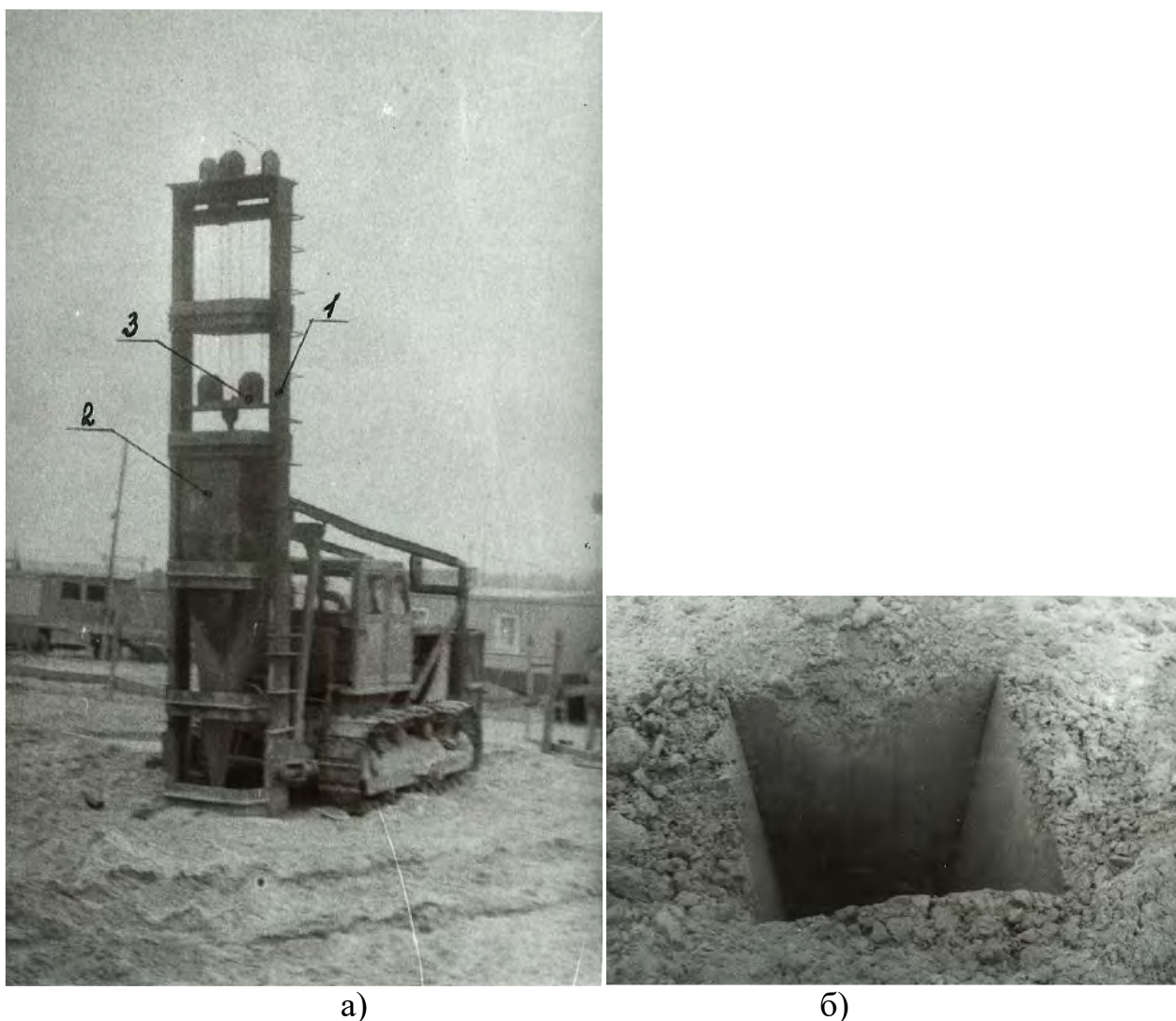
После изготовления опытных свай было проведено их испытание.

В процессе устройства первых опытных свай было установлено, что, начиная с глубины погружения штампа (1-1,5) м происходит обрушение стенок скважин и дальнейшее трамбование (даже при доувлажнении грунта) к положительному результату не приводит. Скважины получаются неправильной формы глубиной не более 1,2 м. для получения качественных скважин с заданной глубиной последующие опытные сваи изготавливались с использованием глины и щебня по следующим вариантам технологий.

По первому варианту вначале вытрамбовывалась скважина глубиной около 1 м, в которую засыпались послойно глина и щебень, и производилась их трамбовка до образования скважины глубиной (1,2-1,5) м с повторной засыпкой в нее глины и щебня и последующей вытрамбовкой скважины и т.п. Выше описанный цикл работ повторялся до получения требуемой глубины полости. При таком варианте устройства скважин требовалось (10-15) сбрасываний штампа, дополнительно (0,3-0,4) м³ глины и 0,2 м³ щебня при максимальной глубине скважины до 2 м без обрушения (деформирования) ее стенок. Вместе с тем, наблюдалось существенное поднятие грунта вокруг вытрамбованной полости на (10-15) см с ярко выраженным выпором грунта в стороны от штампа до 30 см и разуплотнением его в угловых зонах. Проектной глубины скважины в 2,5 м при требуемом качестве основания и ее стенок в намывном песке с использованием штампа треста «Строймеханизация» (см. рисунок 1а) – достичь не удалось.

В процессе опытных работ было установлено, что для намывного песка среднего применяемый штамп с вышеуказанными характеристиками не годится, т.к. он имеет большой угол сбега граней и четырехугольную форму поперечного сечения. В связи с этим при забивке штампа по традиционной технологии (вариант 1) по [1] происходит не уплотнение, а разрыхление грунта и его выпор. Для устранения указанного недостатка конструкция штампа требует доработки посредством уменьшения угла сбега его граней и скругления углов, что обеспечивает устойчивость стенок скважин глубиной до 2,5 м.

В связи с этим, выполнено исследование второго варианта технологии вытрамбовки скважин, суть которого заключается в том, что наряду с замачиванием, закреплением ее стенок глиной и щебнем от обрушения дополнительно укрепляется основание под нижним концом штампа. Это позволяет существенно повысить как устойчивость стенок вытрамбовываемой полости, так и несущую способность свай СВ за счет втрамбовывания в основание ниже пяты дополнительного объема местного песка, обеспечивающего погружение штампа без выпора и обрушения стенок скважин. Изготовление скважины по второму варианту производится в следующей последовательности.



*1 – направляющая рама; 2 – рабочий орган (штамп-трамбовка);
3 – канатно-блочная система.*

Рисунок 2 – Общий вид установки для вытрамбовки скважин на базе трактора С100 треста «Строймеханизация»(а) и вытрамбованной скважины со стенками упрочненными глинистым грунтом и щебнем по варианту технологии 2 (б).

В намеченном месте изготовления скважины откапывается углубление диаметром около 1 м и глубиной (250-300) мм, и производится вытрамбовка полости до полного обрушения стенок. После чего ее верхняя часть послойно засыпается песком и щебнем и повторно вытрамбовывается до полного обрушения стенок. Указанный цикл работ повторялся до получения скважины глубиной (от 1,8 м до 2,5 м). На устройство такой скважины требовалось (22-25) сбрасываний штампа (15 мин), 0,1 м³ щебня и 0,25 м³ глины, что существенно меньше, чем по первому варианту. При этом не наблюдалось поднятия поверхности грунта и его выпора в стороны.

Добиться указанного эффекта за счет уменьшения высоты сбрасываний штампа не позволила конструкция оборудования базового агрегата.

Кроме того, в процессе опытного изготовления свай СВ по вариантам (1 и 2) определялось также минимальное расстояние между скважинами, при котором не происходит разрушение стенок в ранее выполненных полостях. С этой целью

четыре скважины были вытрамбованы на расстояние друг от друга (1, 2, 3 и 5) м с замером смещений окружающего их грунта, в том числе стенок ранее изготовленных скважин.

При вытрамбовке скважин дополнительно замерялись горизонтальные перемещения окружающего скважину грунта. Перемещения замерялись по металлическим штырям из арматуры диаметром 12 мм и длиной 400 мм, погруженных в него через 300 мм на расстояние до 5 м от оси скважины. Измерения производились мерной лентой от оси скважины до подвижных штырей.

Было установлено, что минимальное расстояние между скважинами должно быть не менее (2,5 - 3) м. в этом случае не наблюдается подвижек стенок ранее вытрамбованных скважин и разрыхления грунта в зоне уплотнения.

Поэтому при массовом изготовлении свай рекомендуется устраивать скважины через одну с последующим возвращением к пропущенным местам не ранее чем через 72 часа после укладки бетонной смеси в ранее выполненные скважины, когда прочность бетона достигает не менее 30% проектной прочности или защищать смежные скважины установкой в них вкладышей, обеспечивающих сохранность их стенок.

Испытание основания свай ВС в вытрамбованных скважинах по несущей способности и деформациям грунта.

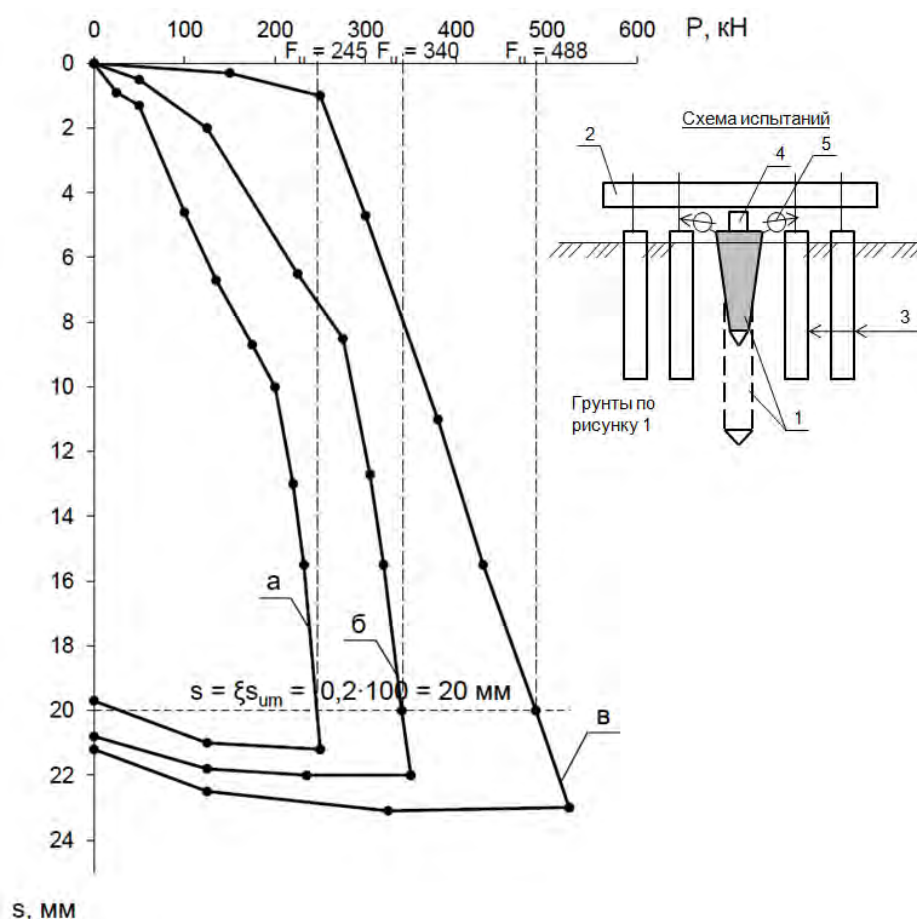
Для подтверждения данных заложенных в проект основания сравниваемых забивных и свай СВ, изготовленных по вышерассмотренным технологиям испытаны в пределах строительной площадки статической вдавливающей нагрузкой (2-а для свай СВ и 1-о для СТ). Сваи СВ изготовлены по технологиям (1 и 2) и отличаются друг от друга наличием для (1) или отсутствием для (2) «глиняной рубашки» не только вдоль боковой поверхности ствола, но и под пятой свай, в т.ч. отсутствием дополнительного объема местного песка, втрамбованного в пяту скважины для (1). Фактические размеры свай СВ по варианту №3 составляют: поперечное сечение оголовка (500х500) мм, длина (1600 по технологии 1 и 1700 по технологии 2) мм. После испытаний свая СВ №3 по технологии 2 откапывалась на всю длину для оценки качества ствола и зон уплотнения грунта вдоль него (в активной зоне).

Испытания выполнены по методике регламентируемой СТБ 2242 [9] в местах строительной площадки, указанных на рабочих чертежах проекта.

В качестве упора использовалась металлическая балка (2), приваренная к 4 анкерным сваям (3) сечением 300х300 мм и длиной около 4 м. Результаты испытаний и оборудование даны на рисунке 3.

Нагружение производилось гидравлическими домкратами грузоподъемностью 1000 кН (4). Давление в системе поддерживалось при помощи насосной станции НСР 400.

Осадка свай измерялась при помощи двух прогибомеров (5) системы Аистова (6ПАО). Замер осадок осуществлялся относительно неподвижной металлической реперной системы, состоящей из 6 металлических стоек-свай и приваренных к ним металлическим консольных балок.



1 - испытываемая свая по вариантам (2 и 4); 2 - упорная балка; 3 - анкерные сваи;
4 - домкрат грузоподъемностью 1000 кН подключенный к насосной станции НСР;
5 - прогибомеры 6-ПАО закрепленные на реперной системе.

Рисунок 3 - Результаты испытания опытных свай по вариантам (2 и 4).

График зависимости $s = f(P)$.

а - свая СВ по варианту 3 длиной $L = 1600$ мм, оголовок (500x500) мм;

б - то же, по варианту 4 длиной 1700 мм; в - свая СТ по варианту 2.

Предельные вертикальные частные нагрузки на сваи принимались равными нагрузке соответствующей осадке $s = \xi \cdot s_{um}$, где согласно [7], $\xi = 0,2$, $s_{um} = 10$ см.

Нагружение свай производилось ступенями, величина которых соответствовала 1/10 от наибольшей несущей способности сваи, полученной расчетным путем (см. таблицу 1).

Анализ результатов показывает, что сваи, изготовленные по первому варианту технологии по несущей способности и осадкам не отвечают требованиям проекта и норм (см. рисунок 3). В то же время сваи, изготовленные по второму варианту технологии даже без модернизации штампа трамбовки, соответствуют требованиям проекта и норм [9] о не превышении предельных состояний по несущей способности и осадкам.

Заключение.

На основании анализа выполненных сравнительных технико-экономических исследований различных конструктивных решений свайных фундаментов для гражданских зданий на намывных песках средних можно сделать следующие выводы.

1. Наиболее предпочтительным вариантом свайных фундаментов для 9-ти этажных жилых домов, возводимых на намывных основаниях из песка среднего в г. Могилеве являются ленточные фундаменты из свай набивных в вытрамбованных скважинах. По всем основным показателям (приведенные затраты, трудоемкость, материалоемкость) они значительно превосходят все остальные варианты в рассматриваемых условиях (см. таблицу 1). Даже в случае усложнения технологии за счет дополнительного втрамбовывания в скважину глинисто-щебеночной смеси, вызванного особенностями намывного грунта и непригодностью для данных условий, имеющегося в наличии в тресте «Строймеханизация» и Могилевском ДСК штампа-трамбовки, сваи в вытрамбованных скважинах превосходят фундаменты из забивных традиционных свай, в т.ч. плитных ленточных фундаментов.

При этом, в специфических условиях строительства, например, при высоком уровне подземных вод, отрицательных температурах в зимний период и др. наиболее эффективны – готовые (сборные забивные) сваи.

2. Установлено, что минимальное расстояние между скважинами должны быть не менее 2,5 м, т.е. сваи следует изготавливать через одну с возвращением к пропущенным местам через 72 часа после укладки бетонной смеси в ранее выполненные скважины после достижения бетоном прочности не менее 30% от проектной или посредством установки в смежные ранее изготовленные скважины вкладышей, предупреждающих вывал грунта из их стенок.

Список цитируемых источников

1. Крутов, В.И. Фундаменты в вытрамбованных котлованах / В.Н. Крутов, Ю.А. Багдасаров, И.Г. Рабинович. – М.: Стройиздат, 1985. – 164 с.

2. Шахиров, В.Б. Опыт применения буронабивных свай в Белорусской ССР / В.Б. Шахиров, К.Н. Раткевич. – Минск : БелНИИТИ, 1976. – 67 с. – (обзорная информация. Серия : Строительство).

3. Сеськов, В.Е. Эффективные конструкции свайных фундаментов для строительства в условиях БССР / В.Е. Сеськов, В.Н. Кравцов // Обзорная информация. Серия 67.11.29. – Минск : Белорусский НИИТИ и ИТЭИ Госплана БССР, 1986. – 50 с.

4. Сеськов, В.Е. Тенденция развития и опыт применения прогрессивных фундаментов в условиях Белоруссии / В.Е. Сеськов, В.Н. Кравцов, В.Н. Лях // Строительная наука и техника. – 2007. - № 5(14). – С. 131 – 142.

5. Кравцов, В.Н. Принципы оптимального проектирования и пути повышения эффективности железобетонных фундаментов в грунтовых условиях Республики Беларусь / В.Н. Кравцов, Н.В. Сорока // Проблемы современного бетона и железобетона: Материалы III Междунар. Симпозиума (Минск, 9-11 ноября 2011 г.). в 2 т. Т 1. Бетонные и железобетонные конструкции / МАиС Республики Беларусь. РУП "Институт БелНИИС"; редкол.: М.Ф. Марковский (председатель) [и др.]. – Минск : Минсктиппроект, 2011. – С. 206 – 221.

6. Проектирование и устройство фундаментов из свай набивных с уплотненным основанием: Пособие П19-04 к СНБ 5.01.01-99. – Введ. 01.07.2005. – Минск : МАиС Республики Беларусь : РУП «Стройтехнорм», 2006. – 88 с.

7. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения. Строительные нормы проектирования»: ТКП 45-5.01-254-2012. – Введ. 05.01.2012. – Минск: МАиС Республики Беларусь, 2012. – 102 с.

8. Фундаменты плитные. Правила проектирования: ТКП 45-5.01-67-2007. – Введ. 02.04.2007. – Минск: МАиС Республики Беларусь : РУП «Стройтехнорм», 2018. – 136 с.

9. Грунты. Методы полевых испытаний сваями: СТБ 2242-2011.— Введ. 01.07.2012. — Минск: Госстандарт, 2012. — 37 с.

References

1. Krutov, V.I. Fundamenty v vytrambovannyh kotlovanah / V.N. Krutov, YU.A. Bagdasarov, I.G. Rabinovich. — M.: Strojizdat, 1985. — 164 s.
2. SHahirov, V.B. Opyt primeneniya buronabivnyh svaj v Belorusskoj SSR / V.B. SHahirov, K.N. Ratkevich. — Minsk : BelNIINTI, 1976. — 67 s. — (obzornaya informaciya. Seriya : Stroitel'stvo).
3. Ses'kov, V.E. Effektivnye konstrukcii svajnyh fundamentov dlya stroitel'stva v usloviyah BSSR / V.E. Ses'kov, V.N. Kravcov // Obzornaya informaciya. Seriya 67.11.29. — Minsk : Belorusskij NIINTI i ITEI Gosplana BSSR, 1986. — 50 s.
4. Ses'kov, V.E. Tendenciya razvitiya i opyt primeneniya progressivnyh fundamentov v usloviyah Belorussii / V.E. Ses'kov, V.N. Kravcov, V.N. Lyah // Stroitel'naya nauka i tekhnika. — 2007. - № 5(14). — S. 131 — 142.
5. Kravcov, V.N. Principy optimal'nogo proektirovaniya i puti povysheniya effektivnosti zhelezobetonnyh fundamentov v gruntovyh usloviyah Respubliki Belarus' / V.N. Kravcov, N.V. Soroka // Problemy sovremennogo betona i zhelezobetona: Materialy III Mezhdunar. Simpoziuma (Minsk, 9-11 noyabrya 2011 g.). v 2 t. T 1. Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii / MAiS Respubliki Belarus'. RUP "Institut BelNIIS"; redkol.: M.F. Markovskij (predsedatel') [i dr.]. — Minsk : Minsktipproekt, 2011. — S. 206 — 221.
6. Proektirovanie i ustrojstvo fundamentov iz svaj nabivnyh s uplotnennym osnovaniem: Posobie P19 04 k SNB 5.01.01 99. — Vved. 01.07.2005. — Minsk : MAiS Respubliki Belarus' : RUP «Strojtekhnorm», 2006. — 88 s.
7. Osnovaniya i fundamenty zdaniy i sooruzhenij. Osnovnye polozheniya. Stroitel'nye normy proektirovaniya»: ТКР 45 5.01 254 2012. — Vved. 05.01.2012. — Minsk: MAiS Respubliki Belarus', 2012. — 102 s.
8. Fundamenty plitnye. Pravila proektirovaniya: ТКР 45-5.01-67-2007. — Vved. 02.04.2007. — Minsk: MAiS Respubliki Belarus' : RUP «Strojtekhnorm», 2018. — 136 s.
9. Grunty. Metody polevyh ispytaniy svayami: STB 2242-2011.— Vved. 01.07.2012. — Minsk: Gosstandart, 2012. — 37 s.

УДК 624.153.524:624.138

ВЕРТИКАЛЬНО-АРМИРОВАННЫЕ ОСНОВАНИЯ С ЖЁСТКИМИ КРУПНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ИЗ ГРУНТОБЕТОНА

В.Н. Кравцов¹, С.М. Эгбалник²

¹*К.т.н., ведущий научный сотрудник РУП «Институт БелНИИС», доцент кафедры «Геотехника и строительная механика» БНТУ, Минск, Беларусь, e-mail: f3@belniis.by*

²*К.т.н., старший научный сотрудник ГП НИПТИС им. Атаева, доцент кафедры «Строительные материалы и технология строительства» БНТУ Минск, Беларусь, e-mail: Sanaz,nik@mail.ru*

Реферат

В статье рассмотрен вопрос упрочнения оснований пониженной прочности инновационным методом вертикального армирования грунтов. Изложены ито-