

При этих же значениях напряжений осадка штампа в теоретических расчётах составила соответственно 6,8 мм и 3,3 мм, то есть отличие от экспериментальных значений составляет не более 20%. Таким образом, результаты расчётов подтверждают возможность определения свойств армированных грунтов по испытаниям в приборе двухосного сжатия для использования их в виде параметров расчётной модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Талецкий В.В. Деформационная модель упругоидеальнопластической среды для намывного грунта // Проектирование и строительство зданий на транспорте: Сб. науч. тр./ Белорусс. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2000. – С.79-82.
2. Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике. – М.: Недра, 1987, 221 с.
3. Пат. 5618. МКИ Е 02D 1/00 Способы определения коэффициентов упругости трансверсально-изотропного грунта / Талецкий В.В. Заявл. 07.12.1999; Оpubл. 30.12.2003. Официальный бюллетень. – 2003. – №4.
4. Бондаренко В.М., Талецкий В.В. Экспериментальное исследование механических свойств искусственно анизотропных песчаных грунтов // Материалы X международного симпозиума «Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред» Т. 2 – М.: МАИ, 2004. – С.32-37.

УДК 624.154.04:624.156.04

Никитенко М. И., Сернов В. А., Синякевич П. М., Куриленко Я. А., Воробьев Ф. В.

ОЦЕНКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ОСНОВАНИЕМ СВАЙ ВМЕСТЕ С НИЗКИМИ РОСТВЕРКАМИ

Целью настоящей работы является усиление внимания к проблеме оценки несущей способности оснований свайных фундаментов и возможностям ее повышения.

В геотехнической практике Беларуси при наличии сложных инженерно-геологических условий сваи применяют в сравнительно больших объемах.

Обычно у нас предпочтение отдавали забивным призматическим сваям, которые очень часто не удается погрузить на проектные глубины, что способствует появлению «свайных лесов». Это связано с несовершенством прогноза несущей способности свай согласно ранее действовавшим нормам СНиП 2.02.03-85 [1]. За счет эксцентричности ударов молота призматические сваи отклоняются от оси и создают в грунте у поверхности щель. Ударная энергия при этом затрачивается в значительной мере на разрушение головы сваи и преодоление отпора грунта перед наклоненной гранью сверху, а к нижнему концу сваи доходит ослабленный ударный импульс. Существенный недостаток забивных призматических свай постоянного поперечного сечения заключается в малом увеличении их несущей способности с глубиной, особенно после 8-10 м.

Более благоприятно взаимодействуют с грунтами пирамидальные сваи. При их погружении ударный импульс распределяется более равномерно с максимумом в голове сваи большего сечения и минимумом у нижнего конца малого сечения. При постоянном контакте с грунтом такие сваи удается погружать на проектные глубины с меньшей затратой энергии. Пирамидальные забивные сваи в Беларуси с 70-х годов ушедшего столетия начали успешно применять под научным руководством доцентов, кандидатов техн. наук Ситникова М.А., Шайтарова Л.Д. и Циунчика Б.А. [2]. Нашли они применение и в Словакии [3], [4], [5].

Большие преимущества пирамидальных свай заключаются в том, что при их погружении грунт подвергается сжатию не только под нижним концом, но и вдоль всего ствола. При этом не возникает негативное трение. В результате создаваемого наклонными гранями распора грунт, даже насыпной, упрочняется в межсвайном промежутке [2], [4]. Благодаря распорному эффекту можно уменьшить длины свай и сжимаемую зону грунта под ними. Пирамидальные сваи особенно эффективны в грунтах с понижением прочности от поверхности вниз, поскольку основная часть отпора грунта при этом мобилизуется на верхнем отрезке сваи с большим поперечным сечением. Это позволяет не прорезать нижерасположенные слои или линзы слабых грунтов и оставлять стволы в более прочных верхних грунтах. Такие же достоинства имеют конические сваи при бетонировании в отверстиях, создаваемых вибрационным погружением в грунт металлических пуансонов. Эти сваи можно делать полыми, уменьшая расход бетона и существенно увеличивая относительную несущую способность, приходящуюся на единицу объема расходуемого материала.

Дополнительно увеличить сопротивляемость грунта в основании свай при незначительном расходе на них материала позволяет создание под их нижними концами уширений за счет инъекции цементного раствора в геотекстильные баллоны либо путем выштамповывания из бетонной смеси уширений требуемого объема. В пластичных глинистых грунтах весьма ощутимый эффект дает использование в составе уширений сухой бетонной смеси, которая поглощает из грунта избыточную влагу и повышает его прочность.

Повысить несущую способность основания свайных фундаментов позволяет использование сопротивления грунта под подошвой ростверка, который как и ленточный или столбчатый фундамент, либо сплошная плита, способен воспринимать значительную часть нагрузок. Это обеспечивает возможность уменьшить количество свай в фундаменте, сократить сроки его возведения, снизить стоимость нулевого цикла. Покажем это на примере результатов натурных испытаний некоторых авторов.

Проф. А.А.Бартоломеев [6,7] в Перми испытано в различных грунтах более 70 натурных фундаментов из свай длиной 3...12 м. При расстоянии между сваями $3d$ и длине свыше 9 м доля ростверка в общей несущей способности свайного фундамента составила 10...12%, а при расстоянии $6d$ и длине свай 5...8 м — 35...40%. Проф. В. Н. Голубковым [8] в Одессе по результатам испытаний призматических (350x350мм, $L = 3,8$ м) и пирамидальных свай (верх 600x600мм, низ 100x100мм, $L = 3,0$ м) с низким и с высоким ростверками в водонасыщенных песках установлено значительное влияние низкого ростверка на общее сопротивление свайного фундамента, причем более существенно с ростом осадки. Сопротивление грунта основания у призматических свай с низким ростверком было на 38% выше, чем без ростверка, у пирамидальных — на 72%. Испытаниями Я. Ш. Зиязова в г. Уфа [9] в глинистых грунтах фундаментов из железобетонных свай сечением 20x20 и 30x30 см при их длинах по 6 м и наклонах к вертикали 0, 10, 15, 20 и 22° выявлено, что с увеличением шага свай от 3 до 4d сопротивление грунта под подошвами ростверков при вертикальных сваях составило 25%, а при их наклоне на 10° и 15° соответственно 20 и 11%.

Включение в работу ростверков оправдало себя на некоторых объектах г. Минска [10]. За счет зачистки забоя скважин от шлама, создания уширений под нижними концами цилиндрических свай в моренных суглинках их несущая способность возросла на 80%, а при включении в совместную работу ростверков увеличилась еще на 95% (рис. 1).

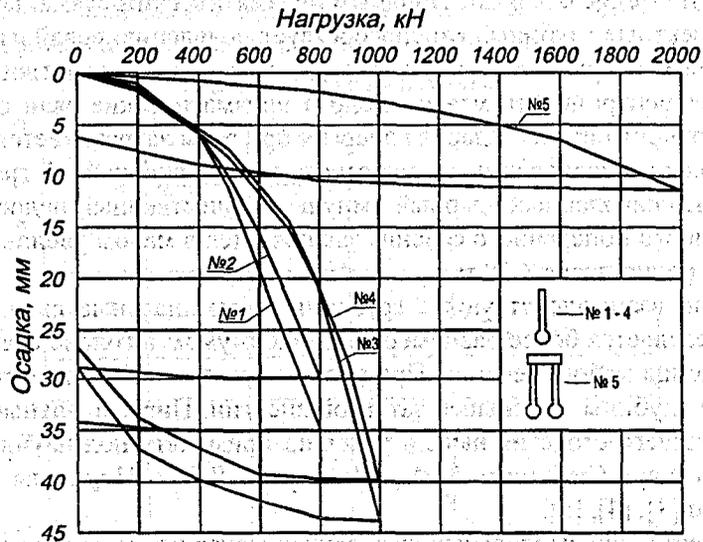
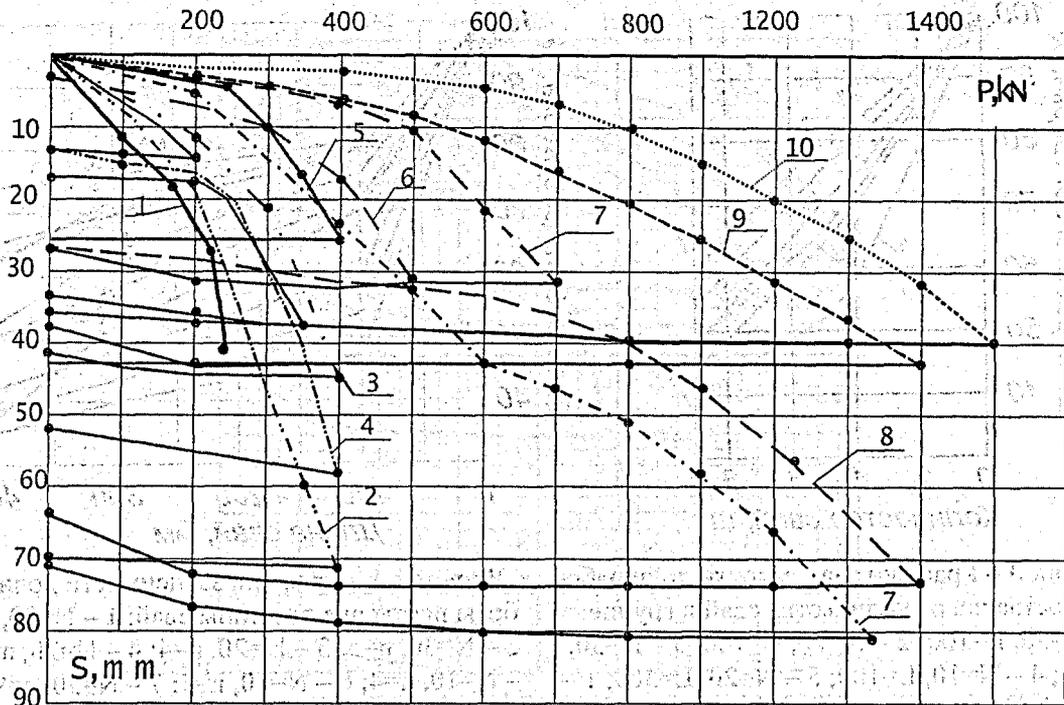


Рисунок 1 — Результаты испытаний в квартале улиц Бурдейного-Якубовского

№1-4 — одиночные сваи; №5 — две сваи с фрагментом ростверка,

Эти же меры применены при возведении многоэтажных жилых домов по ул. Бельского [5], где в пылеватых суглинках содержались прослойки торфа и заторфованного грунта на глубине более 10м, что и определило длину свай от 3 до 4 м. Здесь сопротивляемость грунта сжатию также была увеличена на 80% за счет уширений на нижних концах свай и на 45% благодаря включению в работу ростверков (рис. 2).



1, 2 — испытания свай без уширенных пятой, 3, 4 — то же сразу после устройства уширенных пятой;
5, 6 — испытания после твердения бетона в составе пятой;
7, 8, 9, 10 — испытания свай попарно с фрагментами ростверка.

Рисунок 2 — Результаты статических испытаний конических свай с уширенной пятой, в том числе по две с фрагментами ростверка на ул. Бельского

В наших исследованиях свай изучались: характер взаимодействия с грунтами свай одиночных и вместе с ростверками во всем диапазоне нагрузок; основные факторы, влияющие на работу ростверков. В лаборатории испытаны модели сборного ростверка шириной 160x160 мм и сечением 20x20 мм с длинами 100, 200, 300, 400 мм. Нижняя плита ростверка с 9 отверстиями по 20,5x20,5 мм направляла погружения свай и заземляла их головы при нагружении через распределительную верхнюю плиту без отверстий. Такая конструкция ростверка позволяла испытывать разное количество свай и их взаимное расположение. В маловлажном песке средней крупности выполнено 24 испытания низких и высоких ростверков при 4, 5, 9 сваях в группе, шагах $6d$, $4,25d$, $3d$ и длинах 100, 200, 300, 400 см. Из зависимостей $S=f(N)$ определялась доля работы ростверка (K_p) во всем диапазоне нагрузок. Установлено, что несущая способность низкого ростверка при 4 или 5 сваях с длинами 100 ... 300 мм значительно выше, чем при 9 таких же сваях с высоким ростверком. При одинаковых нагрузках и количестве свай (4 шт.) осадка низкого ростверка с длинами свай 100 ... 200 мм гораздо меньше, чем у высокого даже при длинах свай 400 мм. Ростверк включается в работу практически сразу после приложения нагрузки (при осадке 0,5 ... 1,5 мм), поскольку грунт под его подошвой был тщательно уплотнен до начала эксперимента.

На рис. 3 представлены кривые зависимости доли работы ростверка от количества свай в группе $K_p=f(n)$, а на рис. 4 — от их длины $K_p=f(L)$.

Из рис. 3 видно, что с увеличением количества свай в группе доля работы ростверка K_p уменьшается по близкой к гиперболической зависимости и стремится к нулю, т.е. эффективность их работы снижается. С возрастанием нагрузки и уменьшением длины свай значения K_p увеличиваются, а кривая $K_p=f(n)$ приобретает более пологий вид. При увеличении длины свай L доля работы ростверка K_p снижается и также приближается к нулю (рис. 4): В наиболее распространенном диапазоне длин свай зависимости $K_p=f(L)$ прямолинейны.

Согласно действующих норм [11], при оценке несущей способности свай по результатам полевых испытаний грунтов в качестве частного значения нормативного предельного сопротивления основания сваи предписывается принимать величину нагрузки $F_{u,п}$, при которой свая получит осадку, меньшую или равную величине, составляющей 0,2 от предельно допустимой для проектируемого сооружения. $S_{u,мт}$. Таким образом, для производственных и гражданских одно- и многоэтажных зданий

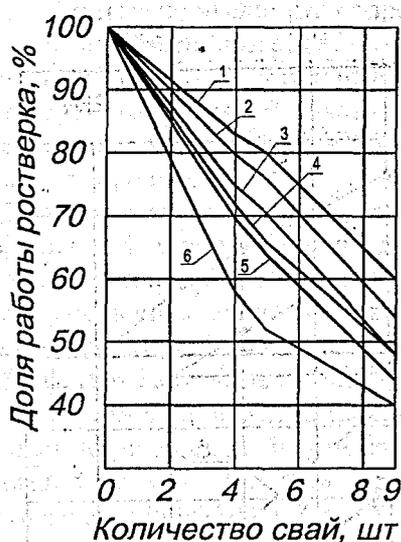


Рисунок 3 – Графики зависимости доли работы ростверка от количества свай в группе: 1 – $N=30, L=100$; 2 – $N=20, L=100$; 3 – $N=30, L=300$; 4 – $N=10, L=100$; 5 – $N=20, L=300$; 6 – $N=10, L=300$; (N — нагрузка, кН; L — длина свай, мм).

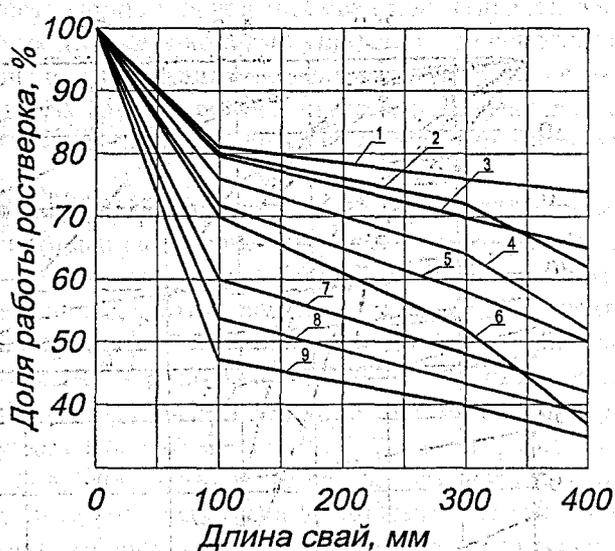


Рисунок 4 – Графики зависимости доли работы ростверка от длины свай: 1 – $N=30, n=4$; 2 – $N=30, n=5$; 3 – $N=20, n=4$; 4 – $N=20, n=5$; 5 – $N=10, n=4$; 6 – $N=10, n=5$; 7 – $N=30, n=9$; 8 – $N=20, n=9$; 9 – $N=10, n=9$; (N — нагрузка, кН; n — количество свай).

с полным железобетонным каркасом при величине $S_{u,mt} = 8$ см, значение $F_{u,n}$ приходится принимать при осадке всего 1,6 см. Судя по таблице Б.1 норм [11], в ней дается для ряда сооружений максимальное значение $S_{u,mt} = 40$ см, поэтому для них должно назначаться существенно большее значение $F_{u,n}$. В данном случае создается ситуация, когда для одной и той же испытанной сваи получаются разные значения несущей способности грунта, что не увязывается со здравым смыслом. Видимо, в данном случае целесообразно изменить критерий оценки несущей способности, приняв его общим для соответствующей сваи в данном грунте, а допустимое усилие назначать с учетом условий работы и коэффициентов надежности для соответствующих сооружений. Из анализа зависимостей на рис. 1 следует, что при критерии норм осадке 1,6 см будет соответствовать нагрузка в среднем лишь порядка 500 кН, в то время как при испытательных в 800 кН и 1000 кН стабилизированные осадки составили от 3,0 до 4,5 см. Это свидетельствует о необоснованности принятого нормами критерия при оценке несущей способности грунта в основании испытанных свай. В данном конкретном случае для увеличения значений пришлось использовать прием включения ростверка вместе со сваями во взаимодействие с грунтом.

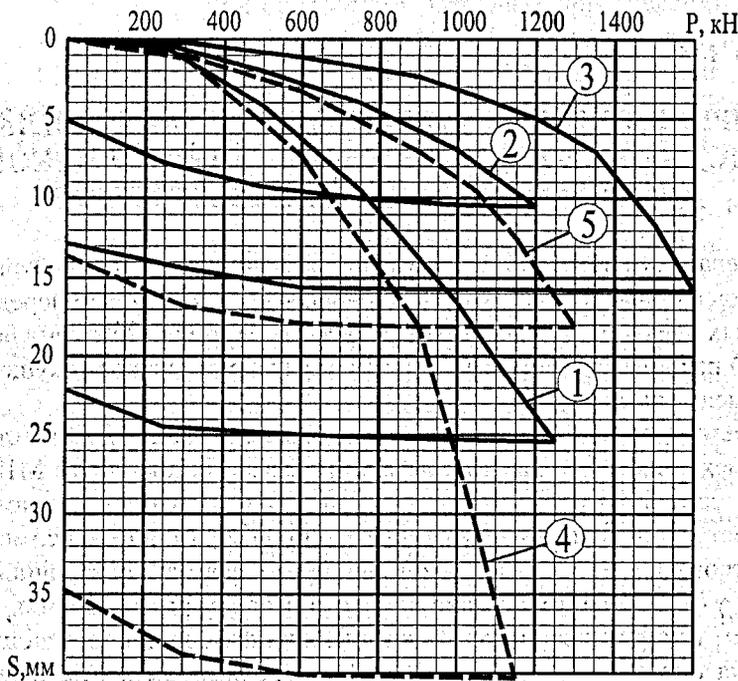
Наши исследования (рис. 5) свидетельствуют, что повторные загрузки свай позволяют произвести опрессовку грунта и увеличить значения $F_{u,n}$.

ВЫВОДЫ

1. Повышению несущей способности оснований свайных фундаментов способствуют пирамидальная или коническая форма их стволов, наличие уширений под их нижними концами, включение во взаимодействие низких ростверков, а также предварительная опрессовка грунта за счет повторных циклов загрузок и разгрузок испытываемых свайных фундаментов.

2. Основными факторами, влияющими на работу ростверка в составе свайного фундамента, являются: характер напластований, характеристики грунта под подошвой ростверка, вокруг свай и в межсвайном пространстве, вид подготовки и качество уплотнение грунта под ростверком; геометрические характеристики фундамента (вид свай, их длина и шаг, ширина ростверка); интенсивность нагрузки на фундамент.

3. Назрела необходимость совершенствования критериев в действующих нормах при оценке несущей способности оснований свайных фундаментов по результатам их натурных испытаний статическими нагрузками.



1 – загрузка фрагмента ростверка №4 первое; 2 – то же второе; 3 – то же третье;
4 – загрузка фрагмента ростверка №5 первое; 5 – то же второе.

Рисунок 5 – Результаты статических испытаний конических свай с уширенными пятями с фрагментами ростверков в пылеватых супесях на ул. Бельского-Притыцкого

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты. - М., 1986.
2. Nikitenko M.I.: Konicke vibracne piloty v geotechnickej praxi Bieloruska. In: «Zb. Prispievkov zo VII. Vedeckej konf. s medzinar. Ucastou. 4b. Sekcia: Geotechnika. 22.-24 maja 2002. Kosice. TU v Kosiciach, s.99-102.
3. Puzder P.: Skusenost s barananim ihlanovych pilot. In: «Prefabrikacis v zakladani stavieb». Zb. prednasok z celostatnej konf.: Zakladanie stavieb '84. Hotel Praha, Tatranska Lomnica. DT Kosice, s.84-91.
4. Mitro J.: Nove poznatky o unosnosti skupiny pilot. In: «Optimizacia geotechnickych konstrukcii». Zb. Prednasok 5. Slov. geotechn. konf. 18. A 19 sept. 2001. Bratislava. STU Bratislava, s.259-264.
5. Mitro J.: Influence of restraint on bearing capacity of driven pyramidal piles. In: «Zb. Prispievkov zo VII. Vedeckej konf. s medzinar. Ucastou. 4b. Sekcia: Geotechnika. 22.-24 maja 2002. Kosice. TU v Kosiciach, s.103-106.
6. Бартоломей А. А. Основы прогноза осадок свайных фундаментов // Основания, фундаменты и механика грунтов. — 1995. — №3. — С. 8-10.
7. Бартоломей А. А., Пономарев А. Б. Экспериментальные исследования и прогноз осадок фундаментов из конических свай: // Основания, фундаменты и механика грунтов. — 2001. — №2. — С. 6-12.
8. Голубков В. Н., Тугаенко Ю. Ф., Хуторянский Б. О. Исследование процесса формирования зоны деформации в основаниях одиночных свай. Сб. «Основания и фундаменты» Вып. 4. Киев, «Будівельник», 1971.
9. Зиязов Я. Ш. Исследование вертикально и горизонтально нагруженных фундаментов из забивных наклонных свай. Сб. «Свайные фундаменты» Вып. . Уфа, 1983.
10. Никитенко М. И., Роговенко В. В., Сернов В. А. Несущая способность буронабивных свай с уширениями. // Вестник БГПА — 2002 — №6. — С. 23-27.
11. СНБ 5.01.01-99. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Минархстрой РБ. – Мн., 1999.