

3. Главные ограничения применения в Республике Беларусь Еврокода 7 – отсутствие информационно-справочных материалов и пособий, содержащих примеры расчета и конструирования, а также соответствующего образовательного компонента в системе подготовке специалистов по инженерной геологии и промышленному, гражданскому, транспортному и энергетическому строительству.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. EN 1997-2. Eurocode 7 – Geotechnical Design - Part 1: General rules.
2. Фундаменты плитные. Правила проектирования: ТКП 45-5.01–67.

УДК 624.138.26

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ГРУППОВОГО ЭФФЕКТА ФУНДАМЕНТОВ ИЗ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ ЖИЛЫХ ДОМОВ № 13, 23, 26, 36 В КОМПЛЕКСЕ «МАЯК МИНСКА»

СОРОКО Р. А.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

До настоящего времени проведено большое количество экспериментальных и теоретических исследований несущей способности и деформативности свай в различных грунтовых условиях. Исследован характер распределения напряжений вдоль боковых поверхностей и под нижними концами свай. Большое значение имеют результаты исследований напряженно-деформированного состояния грунта в основании свай и свайных фундаментов проведенных Ф.К. Лапшиным [1], Л.Д. Козачком [2], М.С. Грутманом [3], А.А. Бартоломеем [4] и др.

В действующих нормативных документах описаны методики определения несущей способности одиночных буронабивных свай (определяется по таблицам нормативных документов либо по результатам полевых исследований – испытанием свай статической

и динамической нагрузкой, статическим и динамическим зондированием) [6–8]. Но в них не отражены особенности взаимодействия свай в составе свайных фундаментов.

Анализ результатов экспериментальных и теоретических исследований, проведенных до настоящего времени в странах СНГ и за рубежом, а также данных модельных исследований, выполненных в лаборатории и на полигоне кафедры "Геотехника и экология в строительстве" Белорусского национального технического университета, и натурных испытаний на строительных площадках г. Минска показали, что традиционные расчетные схемы для определения несущей способности и осадки свайных фундаментов чрезмерно упрощены, не учитывают взаимодействие элементов фундамента, а результаты расчетов часто в несколько раз отличаются от экспериментальных данных [5].

В соответствии с действующими техническими нормативными правовыми актами (ТНПА) осадка группы свай определяется для условного массива. Принимается, что грунт в пределах условного фундамента оседает вместе со сваями. Такая схема не позволяет правильно отразить роль шага, диаметра и длины свай, учесть взаимодействие ростверка с основанием. Экспериментально было установлено [4], что при уменьшении шага свай в группе от $6d$ до $3d$ без изменения размеров условного фундамента осадка последне-го снижалась в 2 и более раза.

Такая несогласованность теоретических и экспериментальных данных влечет за собой необходимость разработки методики определения взаимного влияния свай в составе свайных фундаментов в зависимости от грунтовых условий площадки, физических и геометрических параметров свай, способа их устройства.

Учет взаимного влияния свай и распределения нагрузки между ними является одним из путей повышения несущей способности и увеличения эффективности свайных фундаментов, а в период строительства и эксплуатации здания позволит дать достоверную оценку напряженно деформированного состояния системы «грунт-основание», необходимую для определения осадок и крена фундамента, прогибов ограждающих конструкций, дополнительных осадок фундаментов окружающей застройки [9].

Явление взаимного влияния свай недостаточно изучено для применения в практике проектирования. В этом случае первоочередной

задачей для проектировщиков становится максимальное использование несущей способности основания, что подразумевает использование уточненных и новых расчетных схем, отражающих работу и взаимодействие здания и основания.

Изучение теоретических и экспериментальных данных о работе одиночных свай, и свай, находящихся в составе свайных фундаментов, является важной частью проектирования.

Одним из способов определения взаимного влияния свай в составе свайных фундаментов является геодезический мониторинг. В данной статье приведены данные касающиеся проектирования и строительства четырех 19-этажных жилых домов в комплексе «Маяк Минска» под номерами № 13, 23, 26, 36.

В геоморфологическом отношении площадка строительства приурочена к флювиогляциальной равнине. В геологическом строении участвуют отложения голоценового (техногенные образования) и сожского (флювиогляциальные и моренные отложения) горизонтов.

В соответствии с СТБ 943–2007, ГОСТ 20522–96 в пределах площадки выделены инженерно-геологические элементы (ИГЭ):

ИГЭ-1. Насыпной грунт.

ИГЭ-2. Песок средний средней прочности.

ИГЭ-3. Песок крупный и гравелистый средней прочности.

ИГЭ-4. Песок крупный и гравелистый прочный.

ИГЭ-5. Супесь моренная средней прочности.

ИГЭ-6. Супесь моренная прочная.

Грунты по прочности расчленены по данным зондирования, комплексно отражающим структурно-текстурные особенности грунтов. Характер пространственной изменчивости основных показателей физико-механических свойств грунтов в пределах выделенных ИГЭ незакономерный, значения коэффициентов вариации удовлетворяют требованиям ГОСТ 20522–96.

При устройстве свайного основания для каждого из домов № 13, 23 было выполнено 155 буронабивных свай, диаметром 426 мм, длиной 9–11 метров (рис. 1–2). Допускаемая нагрузка на сваю 750 кН была принята по данным натурных испытаний грунтов одиночными сваями. Несущим слоем для свай является ИГЭ-6 (супесь моренная прочная).

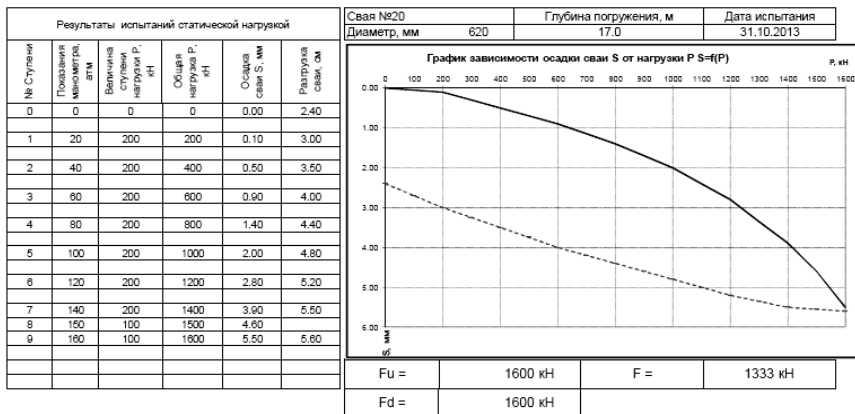


Рис. 3. График испытания буронабивной сваи дома № 26

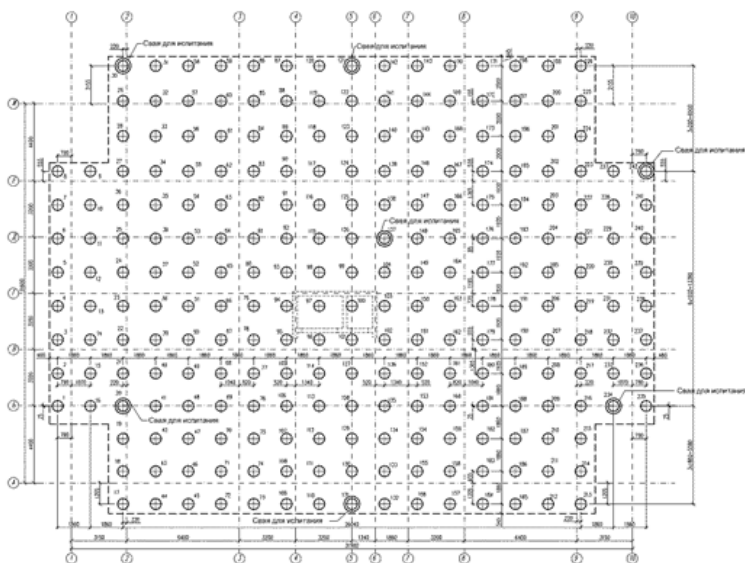


Рис. 4. Схема свайного поля домов №26 и №36

В течение всего периода строительства осуществлялся мониторинг осадок зданий с привязкой к пунктам геодезической сети (рис. 5).

Дата/ № ПП	X	у	Z	Z	Отклоне- ние,мм	Z	Отклоне- ние,мм	Z	Отклоне- ние,мм	Z	Отклоне- ние,мм	Z	Отклоне- ние,мм	Z	Отклоне- ние,мм
	после устр. перекрытия над подвалом 25.02.2014г.			после устр. перекрытия над 4-м эт. 21.03.2014г.		после устр. перекрытия над 8-м эт. 25.04.2014г.		после устр. перекрытия над 12-м эт. 06.06.2014г.		после устр. перекрытия над 19-м эт. 5.03.2015г.		после устр. перекрытия над 19-м эт. 13.06.2016г.		после окончания строительства 13.01.2017г.	
13.1	3308.440	6551.950	218.271	218.268	-3	218.267	-4	218.244		утрач.		утрач.		утрач.	
13.2	3312.094	6561.131	218.229	218.227	-2	218.226	-3	218.225	-4	218.224	-5	218.214	0	218.212	-2
13.3	3316.669	6576.782	218.431	218.429	-2	218.428	-3	218.427	-4	218.426	-5	218.426	-5	218.424	-7
13.4	3305.753	6583.121	218.379	218.376	-3	218.375	-4	218.374	-5	218.373	-6	218.372	-7	218.371	-8
13.5	3292.549	6586.426	218.249	218.246	-3	218.245	-4	218.244	-5	218.243	-6	218.242	-7	218.240	-9
13.6	3289.978	6574.246	218.256	218.253	-3	218.252	-4	218.251	-5	утрач.		утрач.		утрач.	
13.7	3286.648	6558.276	218.260	218.257	-3	218.256	-4	218.255	-5	218.253	-7	218.253	-7	218.251	-9
13.8	3296.820	6552.162	218.234	218.231	-3	218.23	-4	218.229	-5	218.228	-6	218.228	-6	218.226	-8
13.9	3301.159	6568.060	217.356	217.353	-3	217.352	-4	217.351	-5	217.350	-6	утрач.		утрач.	

Рис. 5. Результаты наблюдений за осадками дома № 13

По результатам мониторинга осадка зданий составила:

- дом № 13 – 8,5 мм;
- дом № 23 – 8,5 мм;
- дом № 26 – 13 мм;
- дом № 36 – 13 мм.

Использование при строительстве домов № 13 и № 23 меньшего количества свай (155 свай) чем при строительстве домов № 26 и № 36 (242 сваи), обусловлено наличием под фундаментной плитой в пределах глубины погружения свай грунтов (песков средней прочности и прочных), позволяющих воспринять значительную часть нагрузки. Инженерно-геологические условия площадок строительства домов №26 и №36 не позволили применить комбинированный вариант фундамента, и привели к необходимости передавать нагрузку на грунты основания только сваями. Для сравнения величины наблюдаемой осадки с расчетными значениями, выполнены расчеты согласно методикам, описанным в нормативных документах и приведены в табл. 1.

Для определения доли нагрузки, воспринимаемой фундаментной плитой при осадке здания, было произведено решение обратной задачи определения осадки фундамента на сжимаемом основании методом послойного суммирования при заданной величине осадки $S_{гр}$. Вычисления показали, что плитная часть фундаментов домов №13 и № 23 воспринимает 25–30 % общей нагрузки на основание, в то время как для домов № 26 и № 36 эта величина составляет 10 %.

Таблица 1

Сравнение осадок свайных фундаментов домов № 13, 23, 26, 36

№	Осадка здания, мм		
	ТКП 45-5.01-254-2012	СП 24.13330-2011	Мониторинг
13	70	50	8,5
23	66	52	8,5
26	75	120	13
36	60	130	13

Оставшуюся часть нагрузки передают на грунты основания сваи. Зная нагрузку, воспринимаемую сваями, и их количество, легко найти усилие N_{ep} , приходящееся на 1 сваю в составе фундамента. Далее по графикам испытаний определяем осадку S_1 одиночной сваи при нагрузке равной N_{ep} . Тогда коэффициент группового эффекта, отражающий взаимодействие свай, и выражающий снижение жесткости сваи в группе определим как отношение осадки свайного фундамента к осадке одиночной сваи при заданной нагрузке на сваю:

$$k_{гр} = \frac{S_{гр}}{S_1}$$

В табл. 2 приведены обобщенные результаты расчетов.

Таблица 2

Сравнение параметров свайных фундаментов домов № 13, 23, 26, 36

№	Доля нагрузки, воспринимаемая (%)		Наблюдаемая осадка ф-та, $S_{гр}$, мм	Нагрузка $N_{гр}$ на 1 сваю в составе ф-та, кН	Осадка S_1 одиночной опытной сваи при $N_{гр}$, мм	Кэф. группового эффекта, $K_{гр} = S_{гр}/S_1$	Шаг свай в составе ф-та, d
	плитой	сваями					
13	25	65	8.5	880	7.7	1.10	5.75
23	27	63	8.5	860	7.6	1.12	5.75
26	12	88	13	675	1.2	10.83	3
36	12	88	13	666	1.3	10.00	3

Заключение. Результаты проведенных автором статьи, показали, что осадки свайных фундаментов существенно отличаются от расчетных значений.

Жесткость сваи в составе свайного фундамента снижается в сравнении с жесткостью одиночной сваи.

Экспериментально доказано, что при шаге свай близком к $6d$ взаимное влияние свай в группе незначительно.

Разработка методики определения осадки свайных фундаментов с учетом коэффициента группового эффекта позволит более эффективно использовать прочностные и деформационные свойства основания и оптимизировать затраты на устройство свайных фундаментов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лапшин, Ф.К. Расчет свай по предельным состояниям / Ф.К. Лапшин. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1979. – 152 с.
2. Козачок, Л.Д. Распределение напряжений в основании моделей кустов свай / Л.Д. Козачок // Республ. межвед. науч.-техн. сб. – Киев: Будівельник, 1974. – Вып. 7 : Основания и фундаменты. – С. 47–51.
3. Грутман, М.С. Сопротивление сваи и свайного куста / М.С. Грутман // Республ. межвед. науч.-техн. сб. – Киев : Будівельник, 1975. – Вып. 8 : Основания и фундаменты. – С. 32–38.
4. Бартоломей, А.А. Основы прогноза осадок свайных фундаментов / А.А. Бартоломей // Научно-технический журнал. Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1995. – № 3. – С. 8–10.
5. Сернов, В.А. Совместная работа свай с ростверками в песчаных и глинистых грунтах : дис. канд. техн. наук : 05.23.02 / В.А. Сернов. – Минск, 2010. – 181 л.
6. Национальный комплекс нормативно-технических документов в строительстве. Пособие к строительным нормам Республики Беларусь. Проектирование забивных и набивных свай по результатам зондирования грунтов : П2-2000 к СНБ 5.01.01-99. – Введ. 25.07.2000. – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2001. – 26 с.
7. Национальный комплекс нормативно-технических документов в строительстве. Пособие к строительным нормам Республики Беларусь. Проектирование и устройство буронабивных свай : П13-01 к СНБ 5.01.01-99. – Введ. 22.02.01. – Минск: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2002. – 46 с.

8. Грунты. Методы полевых испытаний сваями: ГОСТ 5686–96. – Введ. 01.01.96. – Минск: Межгос. науч.-технич. комиссия по стандартизации, технич. нормированию и сертификации в строительстве: НИИОСП им. Герсеванова, 1996. – 36 с.

9. Сороко, Р.А. Деформируемость основания здания на сплошной фундаментной плите, усиленной локальными сваями: дис. маг. техн. наук: 1-70.80.01 / Р.А. Сороко. – Минск, 2015. – 65 л.

УДК 624.131.37:624.131.43

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИЛАТАНТНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В ИСПЫТАНИЯХ НА КОНТАКТНЫЙ СДВИГ

УЛАСИК Т. М.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В исследованиях, посвященных влиянию дилатансии на прочность несвязного грунта [1–3] отмечается, что коэффициент упругого отпора при равномерном сжатии массива грунта отражает пропорциональность между приращением дилатантных напряжений и соответствующих дилатантных перемещений:

$$K = \Delta\sigma_d / \delta_d, \quad (1)$$

где K – коэффициент упругого отпора;

$\Delta\sigma_d$ – дилатантное напряжение;

δ_d – дилатантное перемещение.

Тогда для определения значений дилатантных перемещений в испытаниях на контактный сдвиг

$$\delta_d = f(\Delta\sigma_d, K). \quad (2)$$

Отсюда можно сделать вывод, что дилатантное напряжение, с одной стороны, является величиной, зависящей от прочностных параметров грунта, таких, как угол внутреннего трения, а, с другой стороны зависит от упругих свойств грунтового массива, располагающегося над плоскостью сдвига. В свою очередь и дилатантная