

**УДК 624.131**

**ЭКСПРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ  
ЗАДАВЛИВАЕМЫХ СВАЙ И ОСАДОК СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ**

*д.т.н, в.н.с. Головки С.И.*

*ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», г. Днепропетровск*

**Постановка проблемы.** В практике строительства последних лет можно отметить общую тенденцию роста капитальных вложений в высотное строительство, при котором основным типом фундаментов принимаются свайные. Для сложных геологических условий при устройстве оснований возникает целый ряд научных и практических вопросов в части максимального использования несущей способности свай всякого типа.

**Анализ последних исследований.** В области фундаментостроения открытым остается вопрос устройства свайных оснований в условиях плотной городской застройки, когда динамические нагрузки ограничиваются из-за влияния на старые здания [1,2]. Существующая нормативная база [3,4] рекомендует назначение допускаемой нагрузки на сваи путем полевых испытаний статической нагрузкой с введением соответствующего коэффициента надежности при определении допускаемой проектной нагрузки.

**Формулировка целей.** Для корректировки нормативной методики определения несущей способности по результатам полевых испытаний представляет практический интерес исследование работы задавливаемых свай, оценки их несущей способности и эксплуатационной надежности на основании натурных испытаний с последующим геомониторингом их фактической работы в основании зданий.

**Изложение основного материала исследований.** При строительстве здания жилого дома после погружения части забивных свай с допускаемой нагрузкой на основании испытаний 1000 кН возникли проблемы в обеспечении сохранности окружающей застройки, после чего была произведена корректировка проекта в части устройства вместо забивных задавливаемых свай.

Изыскательские работы по испытаниям свай выполнены в соответствии с действующими нормативными документами, целью полевых испытаний являлось определение расчетной допускаемой нагрузки на задавливаемую сваю в грунтах природного сложения.

При натурных испытаниях после выдержки свай в течение 10 суток нагружение осуществлялось статической осевой вдавливающей нагрузкой по 150кН (первые 3 ступени по 300кН) при помощи вдавливающей установки ГСЗМ-200 на стационарной платформе с контргрузами.

Частные значения несущих способностей и расчетных нагрузок, допускаемых на рабочие сваи, по результатам их испытаний статическими осевыми вдавливающими нагрузками определены в соответствии с

требованиями п.п. 3.10; 5.1-5.5 СНиП 2.02.03-85 – «Свайные фундаменты» и приведены в таблице 1.

Таблица 1.

*Техническая характеристика результатов испытаний*

№ п/п	Наименование параметров	Технические характеристики	
	Марка сваи	С 120.35-8	С 120.35-8
	Размеры ствола, мм	350x350	350x350
	Глубина заложения сваи, м	9,370	10,400
	Наименование грунтов под нижним концом сваи	Пески мелкие, ср.плотности,	Пески мелкие, ср.плотности,
	Усилия вдавливания, кН	1690	1980
	Испытательная нагрузка на сваю, кН	1500	1500
	Осадка, мм при макс. нагрузке	4,01	5,51
	Осадка, мм при разгрузке	0,06	1,02
	Нормативное предельное сопротивление сваи $F_{уп} = F_u$ , кН	1500	1500
	Осадка сваи при нагрузке $F_{u,н}$ , мм	4,01	5,51
	Несущая способность сваи $F_d$ , кН	1500	1500
	Расчетная нагрузка, допускаемая на сваю, Р, кН	1250	1250

На основании испытаний получены основные результаты

- вдавливаемые сваи погружены при вдавливающей нагрузке 169 и 198 тс могут иметь отклонения от требований норм по заглублению в несущий слой – пески мелкие средней плотности, водонасыщенные на 0,5-0,6 м.

- по результатам полевых испытаний осевой вдавливающей нагрузкой расчетную вертикальную вдавливающую нагрузку, допускаемую на одиночную задавливаемую сваю сечением 350x350мм было принято 1250 кН (125 тс) с учетом рекомендованного ДБН В.2.1-10-2009 коэффициента надежности  $K=1,2$ .

- учитывая факт, что при испытании рабочих свай нагрузка не доводилась до нормируемых осадок и срыва (меньше на 2 ступени от максимальной нагрузки вдавливания и составляла 1500 кН), а осадки свай оказались значительно ниже предельных значений  $S = 0,2S_{u,mi} = 0,2 \times 15 = 3,0$  см (30мм) ограничение установленной расчетной нагрузки величиной 1250 кН было связано с недостаточными статистическими данными для принятого вида погружения свай.

- для целей корректировки и разработки нормативов по определению величин отказов при погружении, нагрузок задавливания и соответствующей им несущей способности свай было рекомендовано продолжить испытания на различных площадках с последующим геомониторингом за осадками свайных оснований в процессе строительства (при приложении нагрузок) и процессе эксплуатации здания до стабилизации деформаций, согласно указаний норм.

В части оценки деформаций и надежности свайных оснований представляют практический интерес результаты геодезических наблюдений за осадками здания в процессе строительства. Объект наблюдения представляет собой 18-ти этажный жилой дом с цокольным этажом с габаритными размерами в плане 27,64x23,40м. Конструктивно здание выполнено по жёсткой схеме с полнотелыми кирпичными стенами из силикатного кирпича и сборными железобетонными междуэтажными перекрытиями и поясами жесткости. Стены цокольного этажа – монолитные железобетонные. Фундаменты – свайные с монолитными железобетонными ростверками. Применены сборные железобетонные сваи квадратного сечения размером 350x350мм, длиной 12,0м. Основанием свайных фундаментов являются пески кварцевые, желтовато-серые пылеватые неоднородные, жёлтые мелкие однородные, плотные насыщенные водой, с прослоями и линзами суглинков тугопластичных, на отдельных участках с включениями гравия, дресвы кварца. Подземные воды залегают на глубине 2,4-3,2м.

К особенностям здания относится выполнение фундаментов из одинакового типа свай с различной технологией их погружения, в частности: под частью здания – забивные погружаемые дизель-молотом до проектных отказов, остальные – вдавливаемые, которые погружались до предельной нагрузки вдавливания, составлявшей 170-180 тс (рис. 1).

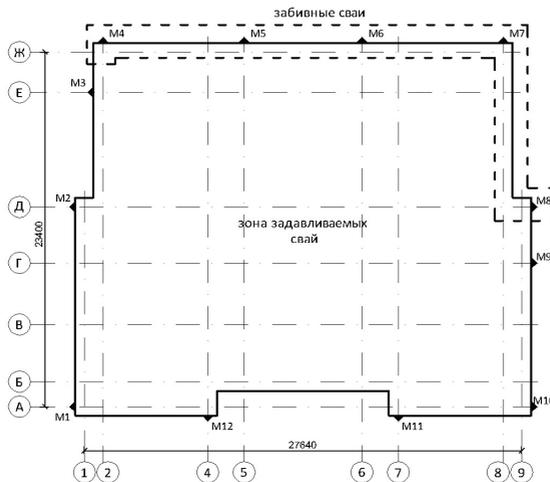


Рис. 1. Схема расположения свай и осадочных марок

Экспериментальные исследования скорости развития осадок основания и их абсолютных значений в период приложения постоянных нагрузок с определением закономерностей распределения в плане были проведены методом систематических наблюдений по сети специально установленных

настенных реперов в четырех циклах измерений. В основу наблюдений был положен метод высокоточного геометрического нивелирования с использованием нивелира первого класса Н-05 и инварной рейки типа РН-05. Выбор указанного метода обусловлен обеспечением высокой живучести в условиях строительства и эксплуатации, а также возможностью получения величин абсолютных осадок фундаментов с высокой точностью при скоростях от 0,39 до 1,00 мм/год. Для количества стоянок в нивелирном ходе до 7 погрешность определения абсолютных осадок составила до  $\pm 0,39$ мм.

Расположение забивных и задавливаемых свай, а также осадочных марок на здании приведено на рис. 1. По результатам четырёх циклов проведенных наблюдений вычислялись величины отметок марок здания, значения которых приведены в таблице 2.

На момент начала измерений заканчивалось возведение третьего этажа (кирпичная кладка и монтаж плит перекрытия). Измерениями первого цикла определено высотное положение установленных настенных реперов с точностью  $\pm 0,15$ мм. Привязка марок выполнена к реперу в абсолютной системе высот. Следующие три цикла измерений были выполнены после возведения 7, 15 и 18 этажей с техническим.

Таблица 2

*Результаты измерений осадок здания*

№ марки	отметка, мм на			осадка, мм с по 26.06.12	осадка, мм с по 29.11.12
	04.11.2012	26.06.2012	29.11.2012		
1	2	3	4	5	6
1	59914,25	59909,90	59906,60	-4,35	-7,65
2	59753,90	59746,40	59741,85	-7,50	-12,05
3	60050,75	60042,65	60038,05	-8,10	-12,70
4	59898,10	59889,30	59883,95	-8,80	-14,15
6	59898,85	59888,65	59879,05	-10,20	-19,80
7	59873,30	59862,35	59853,65	-10,95	-19,65
8	59848,40	59838,95	59832,65	-9,45	-15,75
9	59830,65	59822,15	59817,15	-8,50	-13,50
10	59874,35	59867,75	59863,65	-6,60	-10,70
11	59874,95	59870,20	59865,85	-4,75	-9,10
12	59883,10	59878,15	59874,20	-4,95	-8,90

Анализ развития осадок во времени по характерным осадочным маркам показывает что после приложения постоянных нагрузок максимально зафиксированная осадка здания 19,80 мм составляет 11 % от нормируемого значения по ДБН В.2.1-10-2009  $S_{max,u} < 18,0$ см (180мм). Распределение деформаций в плане достаточно равномерное. Относительная

неравномерность осадок ( $\Delta S/L$ ) = 0,00046 д.ед., что ниже предельных значений, ограниченных величиной ( $\Delta S/L_u$ ) < 0,0024 д.ед. (19,2% от предельных значений) после приложения практически всех статических нагрузок. Прослеживается общая закономерность больших осадок в зоне забивных свай

**Выводы.** Отмечена общая закономерность на протяжении измерений и нагружения здания более интенсивных осадок в зоне забивных железобетонных свай, как по скорости, так и по абсолютным значениям, в частности для зоны забивных свай осадки составили 15,75-19,80 мм, для задавливаемых диапазон 7,65-10,70 мм (в среднем меньше на 30-50%). Несущая способность задавливаемых свай в составе свайного ростверка здания более высокая при равных технических параметрах. В целом осадки при нагружении фундаментов имеют достаточно равномерное распределение в плане при высокой пространственной жесткости надземной конструкции здания и находятся значительно ниже допускаемых величин.

При определении допускаемой нагрузки на сваи в качестве основного критерия можно принимать нагрузку при достигнутой величине вдавливания и остановке сваи с коэффициентом надежности 1,20 согласно ДБН В.2.1-10-2009.

В настоящий момент продолжают наблюдения за зданием до стабилизации осадок, критерием их завершения является скорость до 1,0 мм/год согласно ГОСТ 24846-81. Полученные результаты могут быть использованы в проектной практике для определения несущей способности задавливаемых свай на основании прямых испытаний и результатов наблюдений их фактической работы в основании зданий.

#### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Головки С.И. Экспериментальные исследования осадок зданий при динамических нагрузках и результаты восстановительных работ /Е.М. Бикус, А.С. Головки, С.И. Головки, В.Л. Седин, Н.Е. Шехоркина, А.Ю. Лазебник // Будівельні конструкції. – К.: НДІБК, 2011. – Вип. 75, кн. 2. - С. 356-263.
2. Корниенко Н.В. Применение вдавливаемых свай повышенной несущей способности в условиях плотной городской застройки / Н.В. Корниенко, А.Б. Пресняков // Строительство и техногенная безопасность. – Вип. 9, 2004, - С. 55-57.
3. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. Зміна №1, Київ, 2009, -104 с.
4. РСН 357-91 Технология устройства фундаментов из железобетонных свай, погружаемых вдавливанием. Госстрой Украины, АП НИИСП, 1991 г., 40 с.
5. ГОСТ 24846-81 "Грунты. Методы измерений деформаций оснований зданий и сооружений".