

УДК 624.154

**Михаил Иванович НИКИТЕНКО,**  
доктор технических наук,  
профессор,  
заведующий кафедрой  
"Геотехника и экология в строительстве"  
Белорусского национального  
технического университета

**Сани Бабак МОРАДИ,**  
магистр технических наук,  
аспирант кафедры  
"Геотехника и экология в строительстве"  
Белорусского национального  
технического университета

**Николай Васильевич ЧЕРНОШЕЙ,**  
директор ОАО "Буровая компания "Дельта"

## МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ ПО ТЕХНОЛОГИИ SFA

### METHODS OF DETERMINING LOAD CARRYING CAPACITY OF BORED PILES BY SFA TECHNOLOGY

В статье рассмотрено устройство свай большой несущей способности по технологии SFA. Проанализированы традиционные и новые схемы испытаний таких свай. Сопоставлены опытные значения с данными, полученными расчетом по результатам зондирования и по табличным значениям расчетных сопротивлений грунтов.

This article describes construction of piles of high load-carrying capacity using SFA technology. The traditional and new diagrams of pile tests have been analyzed. The experimental values were compared to the values calculated by the results of the sounding test and the design values of soil resistance taken from the table.

#### ВВЕДЕНИЕ

Традиционные решения свайных фундаментов базировались на использовании забивных свай, на которые из-за ограниченных поперечных сечений предусматривалась передача проектных нагрузок, не превышающих прочности по материалу. Однако за последнее время наметилась тенденция к увеличению этажности зданий и, соответственно, нагрузок на фундаменты, что обусловило процесс интенсивного вытеснения забивных свай набивными с увеличением их диаметра, длины, прочности по материалу и несущей способности по грунту. Наиболее достоверные данные о несущей способности свай дают их статические испытания в конкретных инженерно-геологических условиях, которые и предусматриваются действующими нормами [1–6] с целью принятия обоснованных и экономичных решений нулевого цикла. Получаемые при испытаниях результаты позволяют, в случае необходимости, корректировать принятые исходные расчетные предпосылки при разработке проектов на базе прогноза несущей способности оснований свай по данным зондирования или табличным значениям сопротивлений грунтов.

#### СУЩНОСТЬ ТЕХНОЛОГИИ SFA

По технологии SFA в любых грунтах, даже неустойчивых водонасыщенных, скважины бурят непрерывным полым шнеком, через который по мере его последующего подъема в созданную скважину закачивается под давлением бетон, а в него сразу же погружается арматурный каркас на требуемую глубину. Важное достоинство данной технологии заключается в большой скорости устройства свай, а опрессовка грунта под давлением вдоль всего ствола способствует исключению шламообразования и достижению повышенных значений несущей способности основания.

В Республике Беларусь существует нормативная база для проектирования и устройства буронабивных

свай, выполняемых с опрессовкой окружающего грунта за счет его вытеснения в стороны при закачке бетона под давлением. В частности для свай системы SFA справедливы предписания Пособий [3–5], которые будут переработаны в технические кодексы установившейся практики (ТКП) согласно новой структуре технических нормативных правовых актов (ТНПА) при их гармонизации с европейскими нормами (еврокодами и сопутствующими им стандартами), введенными в Беларуси с 01.01.2010.

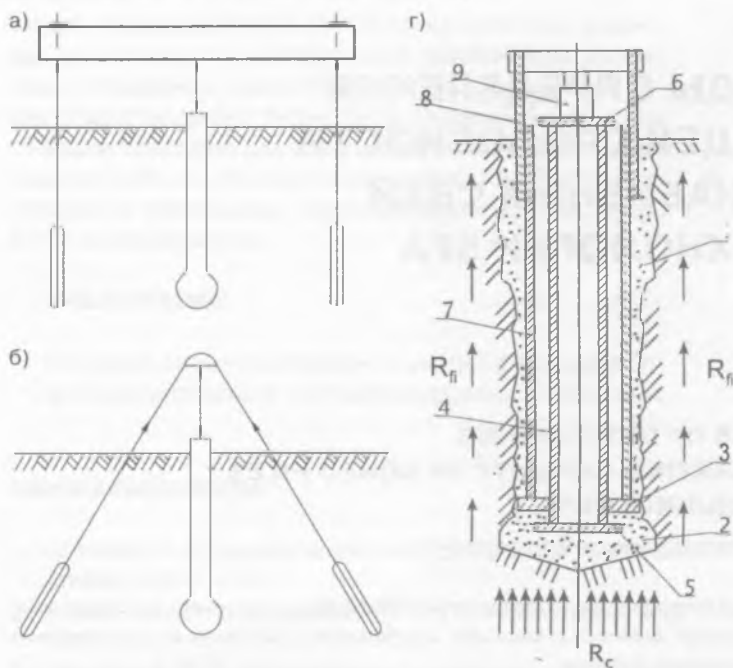
#### ТРАДИЦИОННЫЕ СХЕМЫ СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ СВАЙ

Испытательные нагрузки на забивные сваи наиболее применяемых поперечных сечений 30x30 см не превышают 1000 кН. Обычно их создают при помощи домкратов, располагаемых под анкеруемыми упорными конструкциям (рис. 1а–1в).

При балочной схеме испытаний для закрепления таких конструкций чаще всего используют смежные выдергиваемые сваи, винтовые или буроинъекционные анкеры, располагаемые на удалении от испытываемой сваи для исключения взаимного влияния. Забивные сваи при выдергивании удерживаются лишь силами трения вдоль стволов, поэтому их требуется большое количество. Предпочтительнее в этом отношении винтовые и буроинъекционные анкеры или набивные сваи, особенно с уширениями под нижними концами.

При больших пролетах упорные балки должны иметь увеличенные поперечные сечения. В итоге это усложняет испытательную систему и делает ее дорогостоящей. Использование наклонных винтовых или буроинъекционных анкеров упрощает конструкцию упора, но также усложняет проведение испытаний и увеличивает сроки их выполнения.

Чаще всего используют грузовую платформу (рис. 2). Однако при такой системе испытаний необходимо наличие большого количества грузов — бетонных блоков или плит. При этом обычно не учитывается неизбежно



1 — тампонажная обойма в верхней части ствола; 2 — пята; 3 — упругая легкосжимаемая прокладка для разделения пяты и ствола сваи; 4 — внутренняя труба для передачи вдавливающего усилия на пята; 5, 6 — упорные пластины; 7 — наружная труба с заливкой между ней и стенками скважины для передачи сдвигающего усилия на ствол сваи при его выдавливании вверх; 8 — тяги упора; 9 — гидравлический домкрат

**Рис. 1.** Схемы испытаний свай на вдавливание: а — балочная упорная система; б, в, г — безбалочные упорные системы



**Рис. 2.** Платформа из бетонных плит и блоков для испытания свай с грузами

возникающее влияние пригрузки грунта на поверхности вокруг сваи, которое способствует обжатию ствола и увеличению сопротивления грунта сдвигу, а соответственно завышает в целом получаемые результаты.

При испытании свай повышенной несущей способности традиционные схемы создают серьезные проблемы с передачей на сваи требуемых вдавливающих усилий. Имеющиеся недочеты при испытаниях свай даже малой несущей способности были отмечены в публикации М. И. Никитенко и В. Ю. Журавского [7], где обращалось внимание на необходимость строгого соблюдения требования стандарта [8] в части доведения испытательных нагрузок до получения осадок свай не менее 40 мм. Данное требование зачастую не соблюдалось, поэтому испытания свай не давали объективной информации о фактической несущей способности их оснований, что способствовало перерасходу материальных и трудовых ресурсов. При этом не всегда обеспечивалась требуемая степень эксплуатационной надежности свайных фундаментов. Положение усугубляется малым количеством испытаний свай согласно предписаниям норм, в то время как буройнъекционные анкеры испытывают на каждом объекте все без исключения.

**ПРЕДЛАГАЕМЫЕ СХЕМЫ СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ СВАЙ**

Повышение этажности зданий и нагрузок на фундаменты диктует необходимость применения в неблагоприятных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях новых конструктивно-технологических решений свай повышенной несущей способности. Это в свою очередь требует совершенствования методов и схем их испытаний.

Упростить испытания свай большой несущей способности позволит предложенная авторами статьи и отраженная в [4] схема (см. рис. 1г). Благодаря использованию двух коаксиально размещенных в теле сваи труб имеется возможность раздельно передавать на грунт сжимающее усилие внутренней трубой через пята, а сдвигающее усилие вдоль ствола — монолитичной или завинченной наружной трубой. В этом случае требуется меньшая грузоподъемность домкрата без использования упорной системы или грузовой платформы. При недостаточном сопротивлении сдвигу вдоль ствола нужна лишь частичная дополнительная его пригрузка.

В случае применения свайно-плитных фундаментов для высотных зданий предлагается испытывать сваи с упором домкрата в фундаментную плиту, удерживаемую заделанными в ней смежными сваями. Для определения доли сопротивления грунта сдвигу, в том числе негативного вдоль ствола, можно испытывать сваю на выдергивание после ее вдавливания.

Оценить долю сопротивления грунта сжатию под фундаментной плитой или несущим ростверком можно посредством испытания их фрагментов, приходящихся на отдельные сваи и изготавливаемых автономно до выполнения соответственно плиты или ростверка. При этом фрагменты могут со-



Рис. 3. Загрузочный стенд для испытания свай при вдавливающих нагрузках до 5000 кН

прягаться с плитой или ростверком уже после проведения испытания.

Чтобы сократить сроки проведения контрольных испытаний свай, обусловленные процессом набора прочности бетоном, до их массового изготовления на объекте авторы предлагают испытывать стальные трубы, из которых наружная обсадная труба выполняет роль ствола, а внутренняя с заглушенным нижним торцом — роль пяты сваи. При этом наружная труба для повышения удерживающей способности может иметь внешние винтовые лопасти. Сотрудниками кафедры "Геотехника и экология в строительстве" Белорусского национального технического университета (БНТУ) совместно со специалистами УП "Геосервис", Управления инженерных работ ОАО "Стройкомплекс" и ОДО "Фундаменты" накоплен опыт проведения таких испытаний. Описанные схемы испытаний свай с раздельной фиксацией долей сопротивлений сжатию под пятами и сдвигу вдоль стволов повышают информативность и достоверность получаемых результатов, что особенно важно при наличии негативного трения вдоль стволов свай.

Для испытания свай повышенной несущей способности на вдавливание усилием до 5000 кН ОАО "Буровая компания "Дельта" изготовила специальный стенд (рис. 3) в виде удерживаемой винтовыми анкерами перекрестной балочной системы для упора загрузочных гидродомкратов.

Таблица 1. Характеристики грунтов основания

Номер ИГЭ	Наименование грунта	$\gamma$ , кН/м <sup>3</sup>	$c_{II}$ , кПа	$c_I$ , кПа	$\varphi_{II}$ , град.	$\varphi_I$ , град.	$E$ , МПа
1	Насыпной грунт	18,7/9,3	—	—	—	—	—
2	Песок пылеватый средней прочности	17,6/10,3	4,0	3,0	30	27	18
3	Песок пылеватый прочный	17,7/10,4	6,0	4,0	34	31	36
4	Песок мелкий средней прочности	17,8/10,3	2,0	1,0	32	29	25
5	Песок мелкий прочный	—/10,3	4,0	3,0	36	33	38
7	Песок крупный гравелистый средней прочности	—/10,6	1,0	0,7	39	35	25
8	Песок крупный гравелистый прочный	—/10,6	1,0	0,7	41	37	41
9	Суглинок пылеватый слабый	20,1	19	14	18	17	4,6
10	Суглинок пылеватый средней прочности	20,2	30	27	21	20	15
11	Суглинок пылеватый прочный	20,4	39	35	21	20	21
12	Суглинок пылеватый очень прочный	20,4	42	36	21	19	27
13	Супесь средней прочности	21,9	45	42	27	26	12
14	Супесь прочная	21,9	44	39	27	26	22
15	Супесь очень прочная	21,5	48	45	31	30	26

Используя итальянское оборудование, буровой компанией "Дельта" по технологии SFA выполнены и испытаны опытные сваи большой несущей способности на площадке строительства здания штаба-квартиры Национального олимпийского комитета (НОК) Беларуси в Минске. В связи с изменчивостью свойств грунтов (таблица 1) и характера напластований (рис. 4) опытные сваи имели переменные длины (7,5; 8,5 и 9,5 м) и диаметры стволов (0,7 и 0,9 м). В грунтовых условиях площадки вдавливающие нагрузки на сваи доводились от 1800 до 3000 кН. При этом значения несущих способностей отличались и составили согласно СНБ 5.01.01 [1] при осадках 24 мм от 1606 до 2844 кН.

Графики зависимости осадок свай от вдавливающих усилий, приведенные на рис. 5, имеют большой разброс, а при обработке в относительных величинах в единой системе координат (рис. 6) все они сгруппированы тесно. При этом опытные соотношения приняты для предельных значений осадок 24,00 мм и для максимальных достигнутых от 28,32 до 52,14 мм, что практически не повлияло на характер кривизны графиков. Такое свойство графиков в относительных величинах позволяет с достаточной степенью достоверности прогнозировать несущие способности оснований свай посредством нелинейной экстраполяции в случае достижения при испытании свай ограниченных нагрузок с осадками меньших значений, чем требуется по ГОСТ 5686 [8] и даже допускается по СНБ 5.01.01 [1].

Как известно, несущую способность оснований свай определяют различными способами. При проектировании ее прогноз осуществляют суммированием расчетных сопротивлений сдвигу (на боковой поверхности) и сжатию (под опорными поверхностями под нижним концом и уширениями при их наличии). Эти сопротивления определяют по результатам зондирования [2] или по табличным значениям, полученным в итоге статистической обработки опытных данных для различных глубин и соответствующих грунтов с учетом изменчивости их свойств за счет технологических особенностей устройства свай [3–5]. Достоверность такого прогноза оценивают сравнением с данными динамических испытаний погружаемых готовых (забивных) свай или загрузки статическими нагрузками забивных и набивных свай согласно [8] в конкретных геологических и гидрогеологических условиях, с доведением нагру-

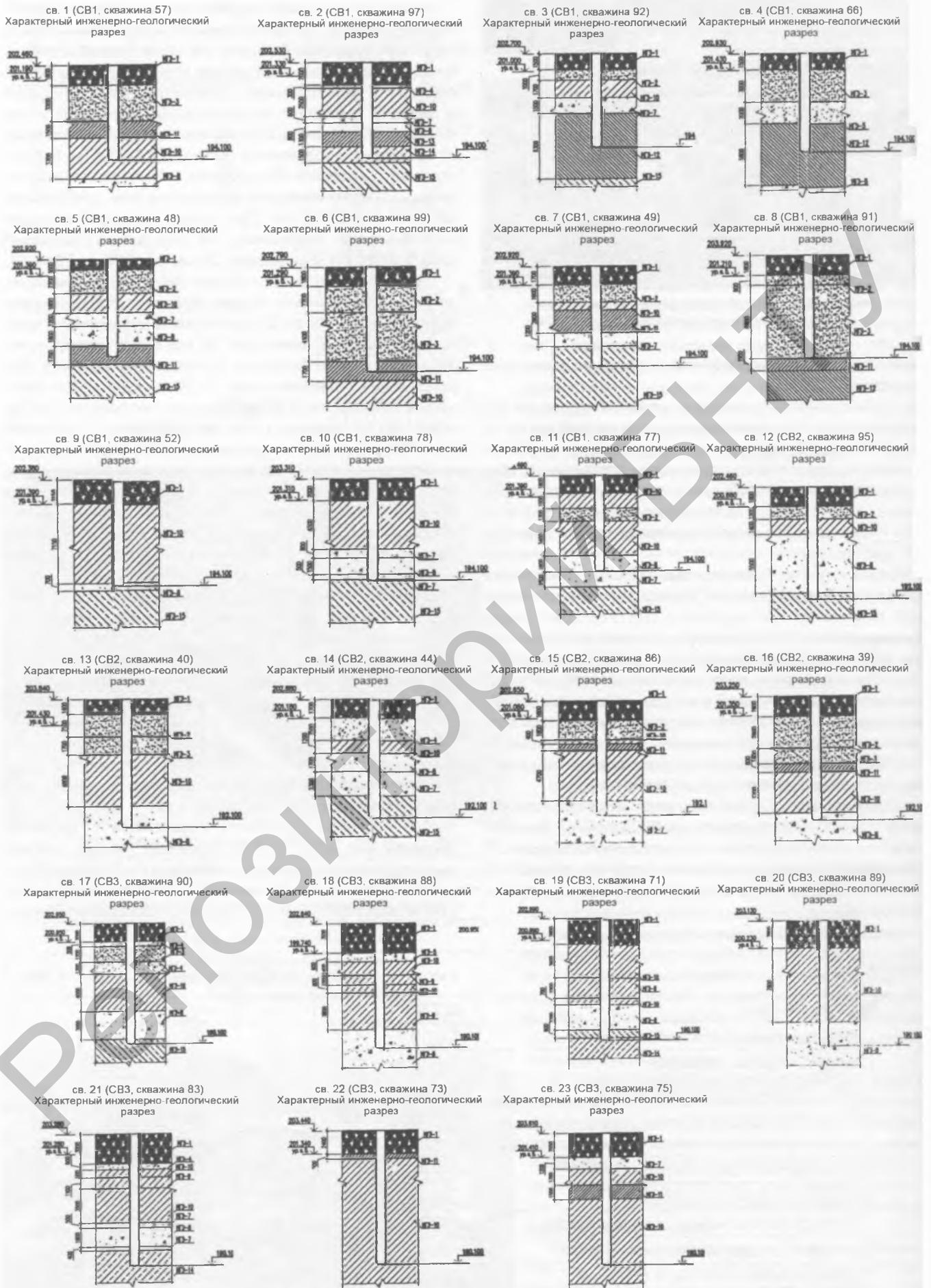


Рис. 4. Геологические колонки в точках выполнения опытных свай



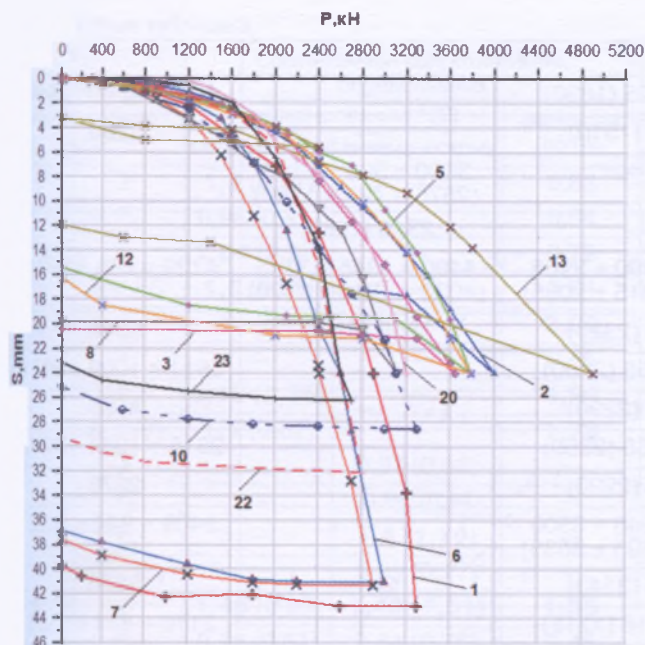


Рис. 5. Графики зависимости осадок от нагрузок для свай №№ 1–3, 5–8, 10, 12, 13, 20, 22, 23, испытанных на объекте "Штаб-квартира НОК Беларуси. Офисно-гостиничный комплекс в квартале ул. Тимирязева–Радужной–Нарочанской–пр. Победителей в г. Минске"

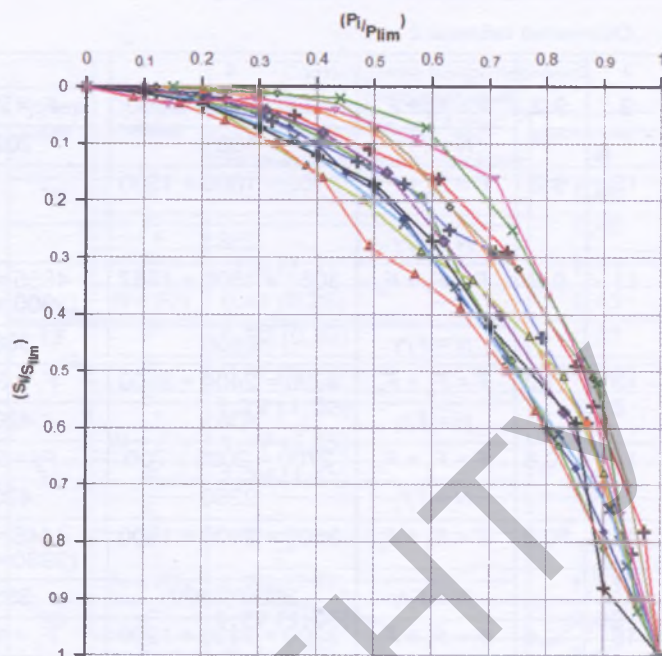


Рис. 6. Графики зависимости относительных значений  $S_i/S_{lim}$  от  $P_i/P_{lim}$  для свай №№ 1–3, 5–8, 10, 12, 13, 20, 22, 23, испытанных на объекте "Штаб-квартира НОК Беларуси. Офисно-гостиничный комплекс в квартале ул. Тимирязева–Радужной–Нарочанской–пр. Победителей в г. Минске"

зок до значений при осадках в 40 мм или исчерпанию сопротивлений грунтов.

В таблице 2 приведены значения сопротивлений грунтов вдоль боковых поверхностей и под нижними концами свай по результатам их статических испытаний, вычисленные по данным статического или динамического зондирования [2], а также по расчетным сопротивлениям согласно [4].

В таблице 3 приведены соотношения вычисленных сопротивлений и полученных при испытании свай.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1 Предложенные схемы позволяют испытывать сваи повышенной несущей способности оснований, в том

Таблица 2. Значения сопротивления грунтов по боковым поверхностям, под нижними концами свай и суммарные, определенные разными методами

Номер сваи <sup>1</sup>	L, м	Обозначение сопротивления	Значение сопротивления, кН, определенного			
			статическим испытанием	по зондированию <sup>2</sup> [2]		по расчетному сопротивлению [4]
				статическому	динамическому	
1	2	3	4	5	6	7
1	8,7	$F = F_b + F_c$	2900=1800+1100	$F_c = 2405 (1360)$	—	1623 = 462 + 1161
		$N = F/\gamma$	2417	1925 (1090)	—	1160
2	8,4	$F = F_b + F_c$	3600=2200+1400	$F_c = 2400 (1930)$	—	2433 = 811 + 1622
		$N = F/\gamma$	3000	—	—	1740
3	8,6	$F = F_b + F_c$	3600=2200+1400	2685 = 925 + 1760 (1990 = 900 + 1090)	—	1875 = 781 + 1094
		$N = F/\gamma$	3000 (3042)	2150 (1590)	—	1340
4	8,7	$F = F_b + F_c$	3767 = 2100 + 1667	$F_c = 1685 (1000)$	2815 = 860 + 1955 (2466 + 803 + 1663)	1799 = 692 + 1107
		$N = F/\gamma$	3056	1350 (790)	2165 (1895)	1285
6	8,7	$F = F_b + F_c$	2600 = 1600 + 1000	2635 = 1060 + 1580 (1905 = 1010 + 895)	—	2060 = 707 + 1353
		$N = F/\gamma$	2167	2195 (1525)	—	1470
7	8,7	$F = F_b + F_c$	2405 = 1400 + 1005	$F_c = 4695 (2914)$	3180 = 1255 + 1920 (2780 = 1160 + 1620)	2560 = 827 + 1733
		$N = F/\gamma$	2004	3755 (2330)	2445 (2140)	1610
8	8,9	$F = F_b + F_c$	3000 = 1500 + 1500	3615 = 1160 + 2455 (2660 = 1210 + 1450)	—	1891 = 809 + 1082
		$N = F/\gamma$	2500	2890 (2130)	—	1350

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
9	9,2	$F = F_b + F_c$	2200 = 1400 + 800	$F_c = 2525$ (1890)	—	4593 = 644 + 3949
		$N = F/\gamma$	1833	2020 (1510)	—	3280
10	9,2	$F = F_b + F_c$	3100 = 1600 + 1500	—	3000 = 900 + 2100 (2575 = 795 + 1780)	—
		$N = F/\gamma$	2583	—	2310 (1980)	—
11	9,2	$F = F_b + F_c$	3067 = 1600 + 1467	4855 = 890 + 3965 (2900 = 815 + 2085)	4490 = 1345 + 3145 (4030 = 1210 + 2820)	4739 = 768 + 3971
		$N = F/\gamma$	2556	3885 (2320)	3455 (3100)	3385
13	11,0	$F = F_b + F_c$	4900 = 2400 + 2500	$F_c = 5255$ (2860)	—	5611 = 1009 + 3971
		$N = F/\gamma$	4085	4205 (2290)	—	4008
14	10,6	$F = F_b + F_c$	2700 = 2000 + 700	$F_c = 5255$ (2860)	—	3316 = 1344 + 1972
		$N = F/\gamma$	2250	4205 (2290)	—	2370
15	10,6	$F = F_b + F_c$	3600 = 2100 + 1500	4445 = 945 + 3500 (3930 = 895 + 3035)	—	5409 = 944 + 4465
		$N = F/\gamma$	3000 (3500)	3555 (3143)	—	3860
16	10,6	$F = F_b + F_c$	3300 = 2100 + 1200	$F_c = 1915$ (1215)	—	2170 = 834 + 1336
		$N = F/\gamma$	3750 (3167)	1530 (970)	—	1550
17	12,9	$F = F_b + F_c$	3600 = 2100 + 1500	4070 = 1495 + 2575 (2860 = 1310 + 1550)	—	3147 = 1429 + 1718
		$N = F/\gamma$	3000 (3167)	3260 (2290)	—	2250
19	12,9	$F = F_b + F_c$	2500	3040 = 1390 + 1650 (2220 = 1260 + 960)	—	3250 = 1278 + 1972
		$N = F/\gamma$	2083	2430 (1780)	—	2320
20	13,0	$F = F_b + F_c$	3000 = 2000 + 1000	5320 = 1400 + 3920 (3180 = 1355 + 1825)	—	6058 = 1064 + 4994
		$N = F/\gamma$	2500 (2667)	4225 (2545)	—	4325
18, 21	13,0	$F = F_b + F_c$	2500 = 1200 + 1300	2960 = 1360 + 1600 (2150 = 1250 + 905)	4835 = 1360 + 3475 (4395 = 1235 + 3160)	3511 = 1348 + 2163
		$N = F/\gamma$	2083	2365 (1720)	3720 (3380)	2510
22	13,4	$F = F_b + F_c$	2600 = 2000 + 600	2635 = 1295 + 1340 (1975 = 1260 + 715)	—	2513 = 1012 + 1501
		$N = F/\gamma$	2167	2110 (1580)	—	1795
23	13,6	$F = F_b + F_c$	2600 = 1600 + 1000	2730 = 1430 + 1300 (2100 = 1430 + 670)	—	2437 = 1101 + 1336
		$N = F/\gamma$	2167	2180 (1680)	—	1740

Примечания к таблицам 2 и 3:

<sup>1</sup> Сваи №№ 1, 5–7, 9–14, 18, 19, 21 испытаны ОАО "Стройкомплекс", №№ 2–4, 8, 15–17, 20 — ОАО "Буровая компания "Дельта" (все сваи диаметрами по 0,9 м).

<sup>2</sup> Значения в скобках вычислены при отсутствии опрессовки грунта, а без скобок — при ее наличии, как у забивных свай. Жирным шрифтом выделены завышенные значения сопротивлений.

Таблица 3. Соотношение между расчетными значениями сопротивлений и данными, полученными при испытаниях

Номер сваи <sup>1</sup>	Обозначение	Соотношение сопротивлений, определенных		
		по зондированию <sup>2</sup> [2]		расчетом по [4]
		статическому	динамическому	
1	$F$	—	—	0,56
	$F_b$	—	—	0,26
	$F_c$	<b>2,19(1,24)</b>	—	1,06
	$N = F/\gamma$	0,8 (0,45)	—	0,48
2	$F$	—	—	0,68
	$F_b$	—	—	0,37
	$F_c$	<b>1,71(1,38)</b>	—	<b>1,16</b>
	$N = F/\gamma$	0,64(0,51)	—	0,58
3	$F$	0,75(0,55)	—	0,52
	$F_b$	0,42(0,41)	—	0,36
	$F_c$	<b>1,26(0,78)</b>	—	0,78
	$N = F/\gamma$	0,72 (0,53)	—	0,45
4	$F$	—	0,75(0,65)	0,48
	$F_b$	—	0,41(0,38)	0,33
	$F_c$	1,01 (0,60)	<b>1,17(1,0)</b>	0,66
	$N = F/\gamma$	0,44 (0,26)	0,7 (0,62)	0,42
6	$F$	1,01 (0,62)	—	0,79
	$F_b$	0,66 (0,63)	—	0,44
	$F_c$	<b>1,5 (0,9)</b>	—	<b>1,35</b>
	$N = F/\gamma$	1,01 (0,7)	—	0,68
7	$F$	—	<b>1,32 (1,16)</b>	<b>1,06</b>
	$F_b$	—	0,9 (0,83)	0,59
	$F_c$	<b>4,67 (2,9)</b>	<b>1,91 (1,61)</b>	<b>1,72</b>
	$N = F/\gamma$	<b>1,87 (1,16)</b>	<b>1,22 (1,07)</b>	0,80

Окончание таблицы 3

Номер сваи <sup>1</sup>	Обозначение	Соотношение сопротивлений, определенных		
		по зондированию <sup>2</sup> [2]		расчетом по [4]
		статическому	динамическому	
8	$F$	<b>1,3</b> (0,87)	—	0,63
	$F_b$	0,96 (0,81)	—	0,54
	$F_c$	<b>1,64</b> (0,97)	—	0,72
	$N = F/\gamma$	<b>1,5</b> (0,85)	—	0,54
9	$F$	—	—	<b>2,09</b>
	$F_b$	—	—	0,46
	$F_c$	<b>3,16</b> ( <b>2,36</b> )	—	<b>4,94</b>
	$N = F/\gamma$	<b>1,1</b> (0,82)	—	<b>1,79</b>
10	$F$	—	0,97 (0,83)	—
	$F_b$	—	0,56 (0,5)	—
	$F_c$	—	<b>1,4</b> ( <b>1,19</b> )	—
	$N = F/\gamma$	—	0,89 (0,77)	—
11	$F$	<b>1,49</b> (0,95)	<b>1,46</b> ( <b>1,31</b> )	<b>1,55</b>
	$F_b$	0,56 (0,51)	0,84 (0,76)	0,48
	$F_c$	<b>2,7</b> ( <b>1,42</b> )	<b>2,14</b> ( <b>1,92</b> )	<b>2,71</b>
	$N = F/\gamma$	<b>1,52</b> (0,91)	<b>1,35</b> ( <b>1,21</b> )	<b>1,32</b>
13	$F$	—	—	<b>1,15</b>
	$F_b$	—	—	0,42
	$F_c$	<b>2,1</b> ( <b>1,14</b> )	—	<b>1,59</b>
	$N = F/\gamma$	<b>1,03</b> (0,56)	—	0,98
14	$F$	—	—	1,23
	$F_b$	—	—	0,67
	$F_c$	<b>7,51</b> ( <b>4,09</b> )	—	<b>2,82</b>
	$N = F/\gamma$	<b>1,87</b> ( <b>1,02</b> )	—	<b>1,05</b>
15	$F$	<b>1,23</b> ( <b>1,04</b> )	—	<b>1,5</b>
	$F_b$	0,45 (0,45)	—	0,45
	$F_c$	<b>2,33</b> ( <b>1,91</b> )	—	<b>2,98</b>
	$N = F/\gamma$	<b>1,19</b> (1,0)	—	<b>1,29</b>

Номер сваи <sup>1</sup>	Обозначение	Соотношение сопротивлений, определенных		
		по зондированию <sup>2</sup> [2]		расчетом по [4]
		статическому	динамическому	
16	$F$	—	—	0,66
	$F_b$	—	—	0,40
	$F_c$	<b>1,6</b> ( <b>1,1</b> )	—	<b>1,11</b>
	$N = F/\gamma$	0,41 (0,26)	—	0,41
17	$F$	<b>1,22</b> (0,89)	—	0,87
	$F_b$	0,87 (0,79)	—	0,68
	$F_c$	<b>1,72</b> ( <b>1,03</b> )	—	<b>1,15</b>
	$N = F/\gamma$	<b>1,17</b> (0,85)	—	0,75
19	$F$	<b>1,34</b> (1,01)	—	<b>2,50</b>
	$F_b$	—	—	—
	$F_c$	—	—	—
	$N = F/\gamma$	<b>1,28</b> (0,97)	—	<b>1,11</b>
20	$F$	<b>1,77</b> ( <b>1,06</b> )	—	<b>2,02</b>
	$F_b$	0,7 (0,68)	—	0,53
	$F_c$	<b>3,92</b> ( <b>1,83</b> )	—	<b>5,0</b>
	$N = F/\gamma$	<b>1,69</b> ( <b>1,02</b> )	—	<b>1,73</b>
18, 21	$F$	<b>1,28</b> (0,97)	<b>1,93</b> ( <b>1,76</b> )	<b>1,40</b>
	$F_b$	<b>1,34</b> ( <b>1,27</b> )	<b>1,13</b> ( <b>1,03</b> )	<b>1,12</b>
	$F_c$	<b>1,23</b> (0,7)	<b>2,67</b> ( <b>2,43</b> )	<b>1,66</b>
	$N = F/\gamma$	<b>1,23</b> (0,93)	<b>1,79</b> ( <b>1,62</b> )	<b>1,20</b>
22	$F$	<b>1,08</b> (0,84)	—	0,97
	$F_b$	0,74 (0,74)	—	0,51
	$F_c$	<b>2,23</b> ( <b>1,19</b> )	—	<b>2,50</b>
	$N = F/\gamma$	<b>1,04</b> (0,81)	—	0,83
23	$F$	0,99 (0,74)	—	0,94
	$F_b$	0,8 (0,78)	—	0,69
	$F_c$	<b>1,3</b> (0,67)	—	<b>1,34</b>
	$N = F/\gamma$	0,95 (0,71)	—	0,80

числе с включением в работу несущих ростверков или фундаментных плит. Предпочтительны безбалочные упорные системы с отдельной фиксацией долей сопротивлений грунта сдвигу вдоль стволов и сжатию под пятнами свай и ростверками или плитами, что особенно важно при наличии негативного трения вдоль стволов свай.

2. Прогнозируемые при проектировании значения расчетных сопротивлений грунтов по результатам зондирования и по табличным данным могут быть заниженными или завышенными по сравнению с фактическими в реальных грунтовых усло-

виях. Поэтому требуется дальнейшее уточнение содержащихся в действующих ТНПА корреляционных зависимостей для разных видов и свойств грунтов с учетом их изменчивости или преобразования за счет технологических особенностей устройства свай.

3. Статические испытания свай являются основными и служат для последующей корректировки проекта с уточнением их количества и размеров; возможно, технологии изготовления, а также для принятия решения о массовом устройстве рабочих свай с учетом такой корректировки.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Основания и фундаменты зданий и сооружений: СНБ 5.01.01-99. — Минск: Минстройархитектуры, 1999. — 36 с.
2. Проектирование забивных и набивных свай по результатам зондирования грунтов: Пособие П2-2000 к СНБ 5.01.01-99. — Минск: Минстройархитектуры, 2001. — 23 с.
3. Проектирование забивных свай: Пособие П4-2000 к СНБ 5.01.01-99. — Минск: Минстройархитектуры, 2001. — 68 с.
4. Проектирование и устройство буронабивных свай: Пособие П13-01 к СНБ 5.01.01-99. — Минск: Минстройархитектуры, 2002. — 43 с.
5. Проектирование и устройство буронаблюдательных анкеров и свай: Пособие П18-04 к СНБ 5.01.01-99. — Минск: Минстройархитектуры, 2005. — 79 с.
6. Проектирование и устройство фундаментов из свай с уплотненным основанием: Пособие П19-04 к СНБ 5.01.01-99. — Минск: Минстройархитектуры, 2006. — 88 с.
7. Никитенко, М. И. Некоторые проблемы свайных фундаментов в геотехнической практике Беларуси / М. И. Никитенко, В. Ю. Журавский // Строительная наука и техника. — 2008. — № 4(19). — С. 44–51.
8. Грунты. Методы полевых испытаний сваями: ГОСТ 5686-94. — Минск: МНТКС, 1995. — 36 с.

Статья поступила в редакцию 15.09.2010.