

circuits. *Automation and Remote Control*, 74 (6), 1020–1028.

12. **Das, D.**, Touba, N. A. (1999). Weight-Based Codes and Their Application to Concurrent Error Detection of Multilevel Circuits. *Proceedings of the 17th IEEE Test Symposium*, California, 370–376.

13. **Das, D.**, Touba, N. A., Seuring, M., Gossel, M. (2006). Low Cost Concurrent Error Detection Based on Modulo Weight-Based Codes. *Proceedings of 6th IEEE International On-Line Testing Workshop (IOLTW)*, Palma de Mallorca, 171–176.

14. **Lala, P. K.** (2001). *Self-Checking and Fault-Tolerant Digital Design*, Arkansas, 216 p.

15. **Matrosova, A.**, Lipsky, V., Melnikov, A., Singh, V. (2010). Path Delay Faults and ENF. *Proceedings of 8th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTs'2010)*, St. Petersburg, 164–167.

16. **Построение** модифицированного кода Бергера с минимальным числом необнаруживаемых ошибок информационных разрядов / А. А. Блюдов, Д. В. Ефанов, В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников // *Электронное моделирование*. – 2012. – № 6 (34). – С. 17–29.

17. **Efanov, D. V.**, Sapozhnikov, V. V., Sapozhnikov, Vl. V. (2010). On summation code proper-

ties in functional control circuits. *Automation and Remote Control*, 71 (6), 1117–1123.

18. **Hamming, R. W.** (1950). Error Detecting and Correcting Codes. *Bell System Technical Journal*, 29 (2), 147–160.

19. **Sapozhnikov, V.**, Sapozhnikov, Vl., Efanov, D., Blyudov, A. (2013). Analysis of Error-Detection Possibilities of CED Circuits Based on Hamming and Berger Codes. *Proceedings of 11th IEEE East-West Design & Test Symposium*, Rostov-on-Don, 200–207.

20. **Взвешенные коды с суммированием** для организации контроля логических устройств / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, Д. В. Ефанов // *Электронное моделирование*. – 2014. – № 1 (38).

21. **Morosov, A.**, Sapozhnikov, V. V., Sapozhnikov, Vl. V., Goessel, M. (1998). Self-Checking Combinational Circuits with Unidirectionally Independent Outputs. *VLSI Design*. 5 (4), 333–345.

22. **Sapozhnikov, V. V.**, Morosov, A., Sapozhnikov, Vl. V., Göessel, M. (1998). A New Design Method for Self-Checking Unidirectional Combinational Circuits. *Journal of Electronic Testing: Theory and Applications*, 12, 41–53.

УДК 624.131

В. Я. Смолак

Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ БУРОИНЪЕКЦИОННЫХ НАКЛОННЫХ СВАЙ С УЧЕТОМ РАБОТЫ АРМИРОВАНИЯ

Получивший в настоящее время широкое распространение способ усиления ленточных фундаментов путем устройства наклонных буроинъекционных свай по козловой системе, несмотря на кажущуюся простоту, разработан не до конца. С целью изучения усилий в наклонных сваях в системе «фундамент–основание» и определения несущей способности наклонных свай были проведены полевые испытания. По результатам исследований была сделана оценка моментов, возникающих в наклонных сваях при передаче на них нагрузки, а также был выполнен сравнительный анализ различных методов определения несущей способности свай. В работе представлены результаты испытаний для разных способов изготовления свай.

статическое испытание свай, датчики напряжений, изгибающие моменты, буроинъекционные наклонные сваи, полевой эксперимент.

Введение

В настоящее время на многих объектах Санкт-Петербурга ведутся реставрационные работы, в ходе которых из-за деформации фундаментов, в особенности из-за неравномерных осадок, в стенах и других элементах конструкций надземных частей зданий образуются дефекты.

Широкое распространение получил способ усиления ленточных фундаментов путем устройства наклонных буроинъекционных свай по козловой системе. Несмотря на кажущуюся простоту такого усиления, этот способ не до конца разработан. Благодаря многолетней практике применения наклонных свай были обнаружены многочисленные недостатки технологии, которые требуют как разработки новых, более надежных численных методов расчетов, так и получения экспериментальных данных, позволяющих изучить физические явления, связанные с таким видом усиления фундаментов.

Одним из главных недостатков технологии является отсутствие подтвержденной опытом методики определения моментов, возникающих в наклонных сваях при передаче на них нагрузки. Кроме теоретических работ, основанных на математическом расчете, нет достоверных примеров определения усилий в наклонных сваях в системе «фундамент–основание».

С целью изучения данного вопроса, а также определения несущей способности наклонных свай были проведены полевые эксперименты, результаты которых представлены ниже.

1 Общие принципы усиления фундаментов буроинъекционными наклонными сваями

Для усиления ленточного фундамента бурение скважин для устройства свай выполняется под наклоном через тело фундамента, а сваи располагаются в шахматном порядке. Технология предполагает одновременное бурение скважины с прокачкой обедненного

цементного раствора для выноса разрабатываемого объема грунта. Допускается бурение с использованием других буровых промывочных жидкостей. Обычно бурение происходит при помощи расходного металлического элемента, который после окончания нагнетания цементного раствора выполняет роль армирования сваи. По достижении сваей проектной отметки через полость в армирующем элементе в забой сваи закачивается цементный раствор. Смесь тампонирует затрубное пространство между металлической колонной и грунтовым массивом, а в верхней части сваи – между металлической колонной и телом фундамента. После проведения работ по опрессовке такие сваи приобретают неровную боковую поверхность [1].

2 Цель работы и постановка задач

Для обеспечения длительной сохранности и восприятия проектных нагрузок реконструируемых исторических корпусов на объекте культурного наследия Санкт-Петербурга Новая Голландия необходимо выполнить комплексное усиление фундаментов. Для дальнейшей консервации исторических конструкций предполагается устройство наклонных свай через тело ленточных кирпично-бутовых фундаментов [2].

Для определения несущей способности буроинъекционных свай были рассмотрены результаты статического зондирования. С учетом требований конструктивной расстановки и устройства минимального количества свай их расчетная нагрузка должна составлять 45 тс. В этом случае, по результатам статического зондирования, длина сваи должна составлять не менее 29 м от дневной поверхности. При таком условии несущим слоем свайного основания является слой недислоцированных твердых глин венда. В результате проведенного анализа было доказано, что приведенная расчетная нагрузка 45 тс для сваи длиной 29 м от дневной поверхности является минимальной оценкой. В среднем по четырем точкам статического зондирования для данной глубины расчетная нагрузка сваи может быть оценена в 55 тс [3].

Для подтверждения проектных решений были выполнены контрольные испытания на опытных площадках. Целесообразно отметить, что полевые испытания одиночных наклонных свай не достаточно информативны, поэтому в рассматриваемом случае проводилось определение фактической несущей способности на вертикальную нагрузку при помощи двух кустов из четырех свай с железобетонным высоким ростверком. Поскольку особенностью наклонных буроинъекционных свай является функция внутреннего армирования сваи, которая до сих пор недостаточно изучена, в процессе испытания свай вертикальной вдавливающей нагрузкой было проведено измерение напряжений для определения изгибающих моментов в трубах стволов свай.

Перед проведением экспериментов были поставлены следующие задачи:

1. Определить несущую способность свай усиления в грунтовых условиях данной строительной площадки без включения в работу фундамента на естественном основании (ростверка). По нормативному расчету [4], расчетная нагрузка для данного вида свай составляет 41,8 тс.

2. Определить изгибающие моменты в металлических трубах армирования свай при нагрузке.

3. Выявить отличия в работе и несущей способности свай, в зависимости от использованной стали армирования (при сохранении единого диаметра трубы), а также способа бурения скважин, с целью определения

наиболее экономически выгодного способа производства свай.

Испытываемая модель (рис. 1) состояла из:

- Четырех буроинъекционных наклонных свай длиной 30 м и проектным диаметром 180 мм с армированной центральной трубой $\varnothing 114 \times 7$ мм (ростверк Рм2 – $\varnothing 114 \times 5$ мм). Угол наклона свай к вертикали – 10° . Для проведения измерений напряжений в металлических трубах защитный слой бетона свай непосредственно под ростверком был удален.

- Железобетонного высокого ростверка размером $2200 \times 1000 \times 1000$ мм.

Для выявления отличий в работе и несущей способности свай, в зависимости от применяемой стали армирования, а также от способа бурения скважин, внесены изменения в конструкцию свай ростверка Рм-2 (табл. 1).

3 Сведения о грунтовых условиях опытной площадки

Инженерно-геологические условия площадки сложные, с прочными отложениями только на глубине более 21 м. В основании фундаментов расположены насыпные грунты, представленные песками разного состава со строительным мусором, а также супеси пылеватые, пластичные, с прослоями, слаботорфованные. Ниже, до глубины в среднем 11 м, распространены послеледниковые отложения, представленные супесями пылеватыми, песками пылеватыми и суглинками пы-

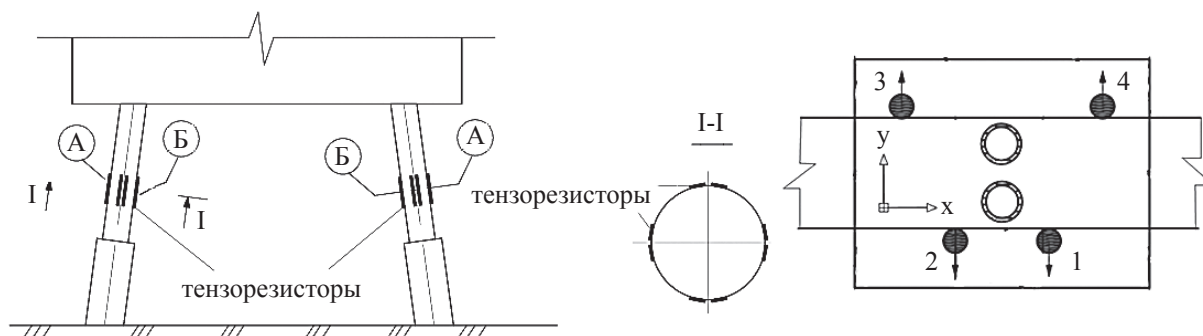


Рис. 1. Схема расположения датчиков (тензорезисторов) для измерения напряжений в сваях и план ростверка с испытываемыми сваями (стрелка указывает наклон сваи)

ТАБЛИЦА 1. Различия в характеристиках свай ростверков Рм-1 и Рм-2

		Ростверк Рм-1	Ростверк Рм-2
Характеристики стальной трубы армирования	марка стали	45	20
	временное сопротивление разрыву [кгс/мм ²]	67	41
	предел текучести [кгс/мм ²]	39	25
	толщина стенки [мм]	7	5
Метод бурения скважины		лопастным долотом с промывкой бентонитовым раствором	лопастным долотом с промывкой водой

леватыми. Под ними залегают неоднородные тиксотропные суглинки озерно-ледникового происхождения, отличающиеся невысокими прочностными показателями и низкой несущей способностью. Общая мощность этих слоев составляет в среднем 9,5 м. Тиксотропные грунты повсеместно подстилаются суглинками пылеватыми тугопластичной консистенции, с гравием и галькой, вскрытыми на глубине 15,0–22,4 м. Отложения четвертичного возраста залегают на коренных породах венда, кровля которых вскрыта на глубине 21,1–29,0 м. Коренные отложения представлены глинами легкими, твердыми, пылеватыми, которые являются несущим слоем для свай усиления (рис. 2).

4 Методика проведения испытаний

Испытания грунтов буроинъекционными сваями в составе свайного ростверка вертикальной статической вдавливающей нагрузкой выполнялись в соответствии с ГОСТ 5686–94, СНиП 2.02.03–85 и ТСН 50-302–2004. Вертикальная нагрузка при испытании свай создавалась при помощи двух гидравлических домкратов грузоподъемностью по 180 тонн. Измерение величины вертикального и горизонтального перемещения фрагмента свайного ростверка от нагрузки проводилось шестью прогибомерами ПАО-6 с ценой деления 0,01 мм. Нагружение ростверка произ-

водилось ступенями. При проведении испытания первые три ступени нагружения были равными 400 кН, последние – 250 кН. [3].

Измерения при помощи тензорезисторов проводилось следующим образом. До проведения полевых испытаний в условиях испытательной лаборатории была произведена градуировка тензорезисторов для определения цены деления шкалы измерителя деформации прибора ИДЦ 1. Датчики устанавливались попарно (рис. 1) во взаимно перпендикулярных плоскостях, на расстоянии 100 мм от нижней грани ростверка. Установление датчиков попарно обеспечивает усреднение значения параллельных датчиков, тем самым уменьшая погрешность измерений. Кроме того, в случае выхода из строя одного из датчиков исключается потеря информации. Измерения деформаций для определения изгибающих моментов в трубах стволов наклонных свай проводились при наступлении условной стабилизации осадок на каждой ступени нагружения или разгрузки.

5 Результаты статического испытания свай и измерения деформаций в стальных трубах

По результатам статических испытаний вертикальной вдавливающей нагрузкой для 4-х наклонных буроинъекционных свай, объ-

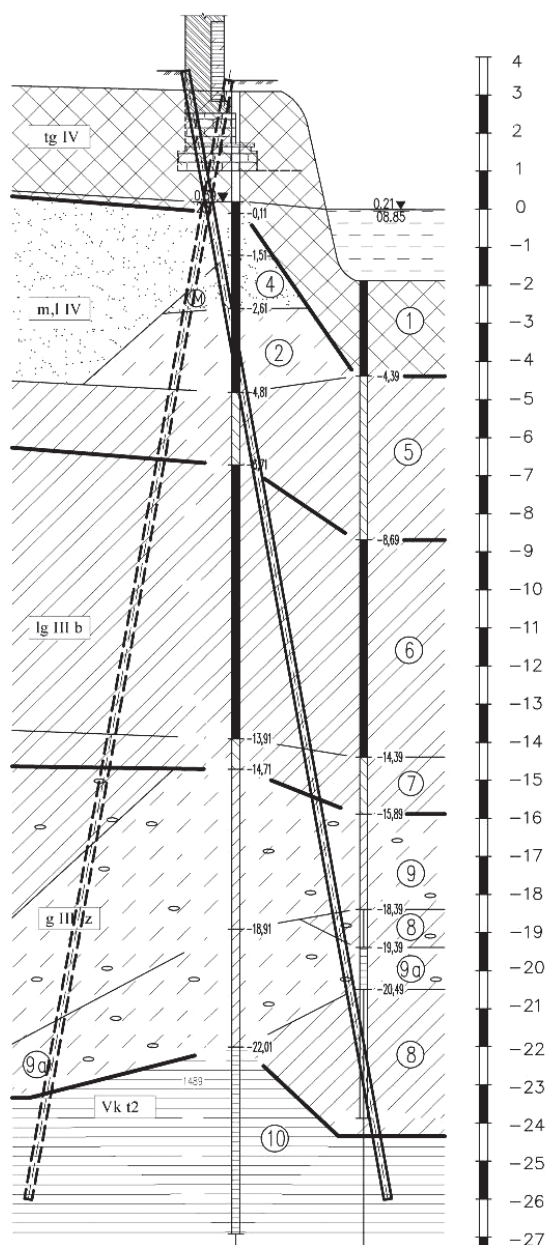


Рис. 2. Общая схема решения усиления ленточного фундамента буроинъекционными наклонными сваями по козловой системе в инженерно-геологических условиях площадки

единенных в свайный ростверк, несущая способность по грунту составляет: испытание № 1 (Рм-1) – 269 тонн; испытание № 2 (Рм-2) – 184 тонны.

В конечной стадии нагружения отмечены постепенное увеличение осадок на каждой ступени нагрузки, а также горизонтальные перемещения. Так как после общей потери

устойчивости ростверка принято решение о переходе к стадии разгрузки, в графиках вертикальных перемещений резкое увеличение осадки в конечной стадии нагружения (типичное для вертикальных свай) не отражается.

Измерения деформаций в трубах стволов наклонных свай проводились при наступлении условной стабилизации осадок на каждой ступени нагружения или разгрузки.

Расчеты внутренних усилий в стальных трубах (табл. 2) производились в упругой стадии. Предельная упругая нагрузка определялась для каждой сваи по наименьшему значению (из четырех точек сечения) нагрузки на ростверк, при которой сохранялась зависимость между нагрузкой и относительной деформацией, близкой к линейной.

Изгибающие моменты M_x , действующие в плоскости «У» (рис. 1), вызывали сжатие в большинстве случаев в точках с положительными координатами «У».

Изгибающие моменты M_y , действующие в плоскости «Х» (рис. 1), вызывали сжатие в точках с положительными координатами «Х».

На графиках (рис. 3 и 4) представлено развитие осадок и напряжений в трубах аналогичных свай ростверков Рм-1 и Рм-2.

Рассмотрим график Рм-1 (рис. 3), где плавный рост отрицательных напряжений как в точке снаружи ростверка (А), так и в точке под ростверком (Б) совпадает с постепенным развитием осадки сваи. До максимальной нагрузки 294 тс в материале трубы сохраняется упругая работа. Даже в конечной стадии нагружения резкий рост осадки не осуществляется.

В отличие от графика на рис. 3 аналогичный график Рм-2 (рис. 4) отражает, во-первых, переход к пластической деформации в материале трубы. Во-вторых, в диапазоне нагрузок, при которых имеется пластическая деформация, резко увеличивается осадка сваи и, следовательно, наступает потеря несущей способности сваи. Несмотря на тот факт, что развитие пластической деформации в трубе армирования при проектной нагрузке является недопустимым явлением, спорным

ТАБЛИЦА 2. Внутренние усилия в сечениях труб свай при максимальной нагрузке упругой работы

	Номера свай ростверка Рм-1				Номера свай ростверка Рм-2			
	1	2	3	4	1	2	3	4
N, продольная сила (т)	-36,8	-32,1	-43,5	-41,7	24,6	-30,3	-23,7	-24,6
M _x , момент в оси X (т*см)	-53,7	-142,4	-41,7	-50,86	56,1	-107,1	-27,95	-56,12
M _y , момент в оси Y (т*см)	-7,6	-54,26	-24,26	-68,9	51,39	14,69	-44,46	-51,41
Нагрузка на ростверк (т)	244	294	219	294	154	184	116	154

Правило знаков:
 +N – растяжение
 +M_x – растяжение в точках с координатами +y
 +M_y – растяжение в точках с координатами +x

Осадка свай № 4 и напряжения в стальной трубе

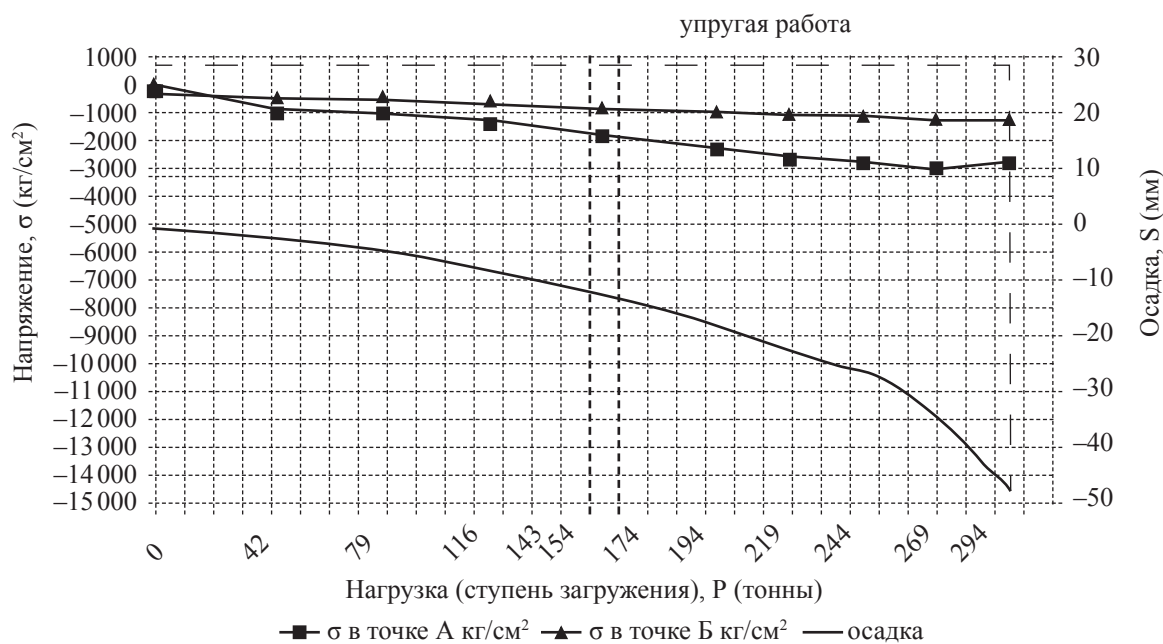


Рис. 3. Ростверк Рм-1. Сравнительный график осадки свай и напряжений в стальной трубе в точках с координатами «X»

вопросом остается оценка причин развития осадки свай и потери несущей способности при нагрузке значительно меньше, чем для свай, подготовленной строго по первоначальному проектному решению. К числу

возможных причин следует отнести недостаточную несущую способность свай, возникающую, вероятно, по боковой поверхности из-за неправильного заполнения затрубного пространства цементным раствором (буре-

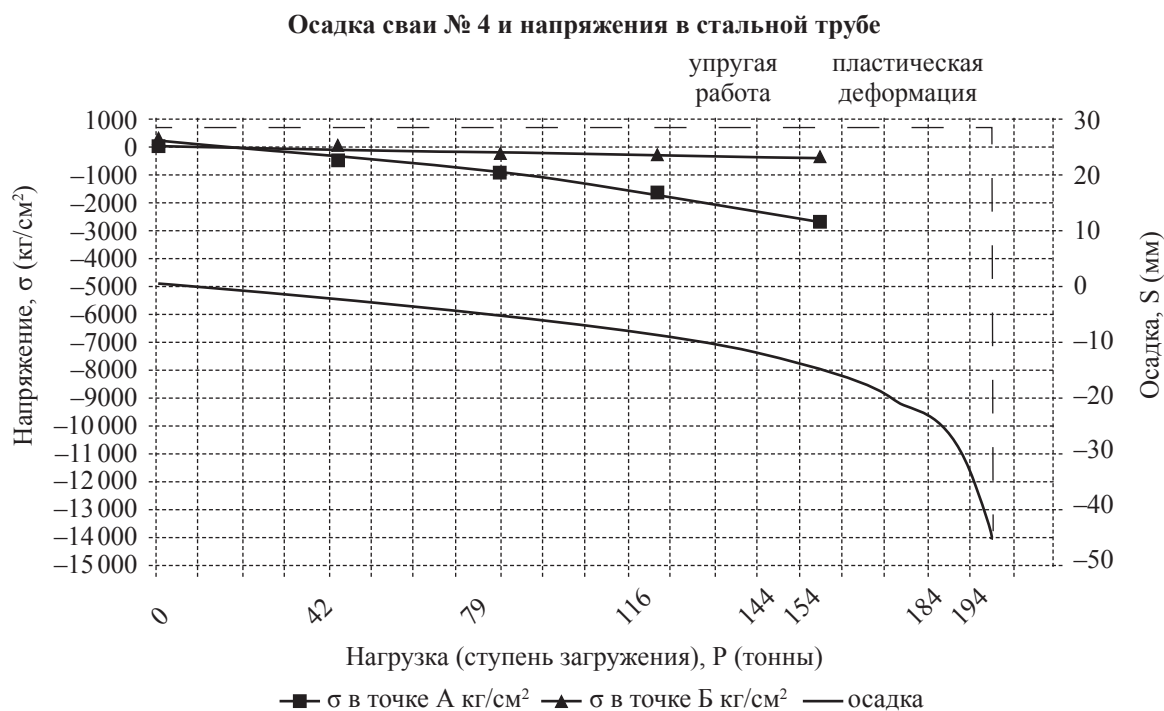


Рис. 4. Ростверк Рм-2. Сравнительный график осадки сваи и напряжений в стальной трубе в точках с координатами «Х»

ние скважины с промывкой водой), а также деформации самих стальных труб из-за продольной силы и возникающих моментов.

Если рассматривать результаты измерений по датчикам, у которых пластические деформации образовались при наименьшем значении нагрузки на ростверк, и за критерии оценки работоспособности свай принять границу упругой работы, можно получить критическую нагрузку на сваю: испытание № 1 (Рм-1) – 54,8 тонны; испытание № 2 (Рм-2) – 29 тонн.

Заключение

1. Результаты проведенных экспериментов позволяют сделать вывод, что стальные трубы свай $\varnothing 114 \times 7$ работают достаточно надежно в пределах максимальных нагрузок, приложенных к ростверкам при испытаниях.

2. Сравнение результатов испытаний двух ростверков Рм-1 и Рм-2 показывает, что даже незначительные отклонения от проектных решений сильно влияют на несущую способ-

ность наклонных буроинъекционных свай. Имеется значительное снижение несущей способности свай ростверка Рм-2 на 31 % в сравнении с Рм-1.

3. Расчетная нагрузка, полученная при испытаниях статической нагрузкой, на 28 % выше, чем расчетная нагрузка по нормативному расчету СП, что подтверждает, что в этом случае нормативный расчет значительно занижает несущую способность свай.

4. Измерения по датчикам деформации в стальных трубах дают наиболее низкие показатели по несущей способности. Это является предпосылкой для рассмотрения усилия в армирующих элементах как критичного воздействия в системе «основание–фундамент». Следовательно целесообразно провести дальнейшие научные исследования для изучения работы по армированию буроинъекционных наклонных свай.

Библиографический список

1. **Геотехническое** сопровождение реконструкции городов (обследование, расчеты,

ведение работ, мониторинг) / В. М. Улицкий, А. Г. Шашкин. – Москва : Издательство АСВ, 1999. – 327 с., ил.

2. **Геотехническое** обоснование вариантов приспособления объекта культурного наследия «Новая Голландия» для современного использования. Том 2. Общий расчет реконструируемых корпусов № 12 и № 12а (включая разработку численных моделей системы «реконструируемое здание – фундамент – основание – набережная»). 01-2011-98-ГР, ООО «ПИ Геореконструкция». – Санкт-Петербург, 2012.

3. **Технический** отчет о результатах испытаний грунтов наклонными буроинъекционными сваями в составе свайного ростверка Рм-1 вертикальной статической вдавливающей нагрузкой на объекте строительства по адресу: Адмиралтейский район, наб. Адмиралтейского канала, д. 2, лит. И, «Новая Голландия», Корп. 12–12а.

ОП ООО ФПГ «РОССТРО»-«ПКТИ». – Санкт-Петербург, 2012.

4. **СП 24.13330.2011** Свайные фундаменты. Актуализированная редакция. – Москва, 2011.

5. **Отчет** по результатам измерения напряжений для определения изгибающих моментов в трубах стволов наклонных свай опытного фрагмента свайного фундамента в процессе испытания конструкций вертикальной вдавливающей нагрузкой по адресу: СПб, наб. Адмиралтейского канала, дом № 2, лит. И, «Новая Голландия», Корпус 12–12а. ЗАО «ЭРКОН». – Санкт-Петербург, 2012.

6. **Программа** испытаний статической вертикальной нагрузкой грунтов по адресу: СПб, наб. Адмиралтейского канала, дом № 2, лит. И, «Новая Голландия», Корпус 12–12а. ОП ООО ФПГ «РОССТРО»-«ПКТИ». – Санкт-Петербург, 2012.

UDK 004.056

M. A. Polyanichko, A. A. Kornienko
Petersburg State Transport University

METHOD FOR AUTOMATED DETECTION OF CONFLICTS IN INFORMATION SECURITY COMPLEX*

This paper describes a method for automatic detection of conflicts in complex of information security software, based on the analysis of system performance, finding the conflicts in configuration files, registry keys, and dynamic libraries assessment. Models of conflicting objects of computer system and a method for calculation of a composite indicator value of performance decreasing, based on linguistic rules and discriminant function, are introduced.

information security software, conflict detection.

Introduction

Most modern computer applications have high demands on resources. This particularly applies to the information security software as it interacts intensively with many hardware and software components of computer system and use them during the complex system

checks and other operations. Despite the fact that developers are constantly improving the process of interaction between information security software and computer system, as well as other software, the need for system resources continues to increase due to the increased complexity and the increasing number of malicious software [1], [2].

* При поддержке гранта РФФИ 13-07-13105-офи-м-РЖД.