

[https://doi.org/10.37538/2224-9494-2025-2\(45\)-107-121](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2025-2(45)-107-121)

EDN: DVMZIB

УДК 624.154.1

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ НАДСТРОЙКИ ОБЪЕКТА НЕЗАВЕРШЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ЭТАЖАМИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ГРУНТОВ СВЯЯМИ

И.М. ИОВЛЕВ

С.А. КРЮЧКОВ✉

Е.А. МЕТЕЛИЦА

Научно-исследовательский, проектно-изыскательский и конструкторско-технологический институт оснований и подземных сооружений (НИИОСП) им. Н.М. Герсевича АО «НИЦ «Строительство», Рязанский проспект, д. 59, г. Москва, 109428, Российская Федерация

Аннотация

Введение. В настоящей статье представлена оценка возможности надстройки недостроенных жилых башен «А», «Б» и «В» общественно-жилого комплекса «Академ-Палас» (расположенного по адресу: г. Москва, пр. Вернадского, вл. 78) дополнительными семью этажами по результатам статических испытаний грунтов сваями. Решение о возобновлении строительства было предусмотрено программой реновации в Москве. Многофункциональный объект «Академ-Палас» разработан как единый комплекс зданий. В его состав входят три высотные башни («А», «Б», «В»), которые объединены одним общим трехэтажным надземным стилобатом и четырехуровневым подземным гаражом. Башни «А» и «Б» состоят из 25-ти надземных этажей, башня «В» включает 32 этажа.

Цель. Проведение полевых испытаний грунтов сваями для подтверждения требуемых по новому проекту значений несущей способности свай и определение возможности надстройки жилых башен комплекса дополнительными этажами.

Материалы и методы. Проведение полевых испытаний сваями вдавливающей нагрузкой по ГОСТ 5686–2020 с упором в существующую фундаментную плиту каждой из башен. Формирование ступеней нагрузки при испытаниях домкратом грузоподъемностью 200 т.

Результаты. Испытания грунтов сваями свидетельствуют, что всеми сваями подтверждены значения несущей способности.

Выводы. Результатами проведенных испытаний грунтов сваями, отделенными от ростверков башен, подтверждена возможность возведения дополнительных этажей.

Ключевые слова: свая, испытание, осадка, несущая способность, грунты, нагрузка, фундаменты, статические испытания

Для цитирования: Иовлев И.М., Крючков С.А., Метелица Е.А. Оценка возможности надстройки объекта незавершенного строительства дополнительными этажами по результатам статических испытаний грунтов сваями. *Вестник НИЦ «Строительство»*. 2025;45(2):107–121. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2025-2\(45\)-107-121](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2025-2(45)-107-121)

Благодарность: Когаю Виталию Константиновичу, Когаю Владиславу Аркадьевичу и Ястребову Петру Ивановичу (НИИОСП им. Н.М. Герсевича) за общее курирование при выполнении работ, Мусатовой Марьяне Викторовне и Ветушинскому Евгению (ООО «ФКС-Л») за проведение испытаний свай.

Вклад авторов

Крючков С.А. – руководство работой, оформление публикации.
Иовлев И.М., Метелица Е.А. – выполнение расчетов, обработка их результатов, оформление публикации.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 17.12.2024

Поступила после рецензирования 03.02.2025

Принята к публикации 06.02.2025

ASSESSMENT OF THE FEASIBILITY OF ADDING ADDITIONAL FLOORS TO UNFINISHED CONSTRUCTION PROJECTS BASED ON STATIC PILE LOAD TEST RESULTS

I.M. IOVLEV

S.A. KRYUCHKOV✉

E.A. METELITSA

Research Institute of Bases and Underground Structures named after N.M. Gersevanov, JSC Research Center of Construction, Ryazanskiy ave., 59, Moscow, 109428, Russian Federation

Abstract

Introduction. This article presents a feasibility assessment for adding seven floors to residential towers A, Б, and B of the Akadem-Palace mixed-use complex in Moscow, based on static pile load test results. The decision to resume construction was part of Moscow renovation program. The multifunctional Akadem-Palace complex was designed as an integrated building ensemble comprising three high-rise towers (A, Б, and B), which are connected by a three-story above-ground stylobate and a four-level underground parking garage. Towers A and Б have 25 floors above ground, and Tower B has 32 floors.

Aim. Field pile load tests were conducted to confirm the bearing capacity of piles required by the new design and to assess the feasibility of adding extra floors to the residential towers.

Materials and methods. The tests were performed using the maintained load test method, in accordance with State Standard 5686-2020, with the existing foundation slab of each tower serving as the reaction system. The load was applied in increments using a jack with a capacity of 200 tons.

Results. The pile load tests showed that all piles have the required bearing capacity.

Conclusions. The pile load test results confirm the feasibility of constructing additional floors on piles separated from the tower pile caps.

Keywords: pile, load test, settlement, bearing capacity, soils, load, foundations, static testing

For citation: Iovlev I.M., Kryuchkov S.A., Metelitsa E.A. Assessment of the feasibility of adding additional floors to unfinished construction projects based on static pile load test results. *Vestnik NIC Stroitel'stvo = Bulletin of Science and Research Center of Construction*. 2025;45(2):107–121. (In Russian). [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2025-2\(45\)-107-121](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2025-2(45)-107-121)

Acknowledgments

The authors express their gratitude to Vitaliy Konstantinovich Kogay, Vladislav Arkadievich Kogay, and Pyotr Ivanovich Yastrebov (Research Institute of Bases and Underground Structures named after N.M. Gersevanov, JSC Research Center of Construction) for overall supervision of the work, as well as to Maryana Viktorovna Musatova and Evgeniy Vetushinskiy (FKS-L LLC) for conducting the pile load tests.

Authors contribution statement

Kryuchkov S.A. – project supervision, manuscript preparation.

Iovlev I.M., Metelitsa E.A. – calculations, results analysis, manuscript preparation.

Funding

No funding support was obtained for the research.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 17.12.2024

Revised 03.02.2025

Accepted 06.02.2025

Введение

Задача увеличения полезной площади существующих зданий их надстройкой все чаще требует решения в практике строительства. Намерение инвесторов выгоднее использовать уже освоенный участок вполне обосновано.

При конструктивном решении фундаментов в виде плитных ростверков, выполненных по сваям, одним из решающих факторов является определение несущей способности свай по грунту. Решению этой задачи посвящено большое число научно-исследовательских работ [1–7]. Все исследователи считают, что самым точным методом оценки несущей способности свай фундаментов существующих зданий являются статические испытания грунтов сваями.

Задачей испытаний грунтов сваями являлась возможность обоснования надстройки дополнительными этажами недостроенных башен «А», «Б» и «В» общественно-жилого комплекса.

Описание комплекса и конструктивное решение фундамента

По ранее разработанному проекту общественно-жилой комплекс «Академ-Палас» (г. Москва, пр. Вернадского, вл. 78) включал три жилых башни «А», «Б» и «В» высотой 25, 25, и 32 этажа соответственно, четырехэтажный подземный гараж под всем комплексом и трехэтажный надземный стилобат.

Строительство комплекса после возведения подземного гаража, стилобата и башен на высоту 10–11 этажей из-за отсутствия финансирования было остановлено в 2011–2012 гг. Решение о возобновлении строительства комплекса по программе реновации принято в 2021 г. На рис. 1 представлено состояние комплекса к началу возобновления строительства.

В соответствии с разработанным в 2006 г. проектом фундаменты башен приняты свайными с плитным ростверком толщиной 2 м. Свайное основание разработано с использованием свай заводского изготовления сечением 300×300 мм, длиной 13 и 14 м для башен «А» и «Б» и сечением 350×350 мм, длиной 10 м для башни «В». Для изготовления свай был принят бетон класса В30.

Сваи были погружены забивкой с отметки дна котлована 161,05 и 161,55 м по сетке с шагом 950×950 мм в предварительно пробуренные лидерные скважины $\varnothing 300$ мм, глубиной

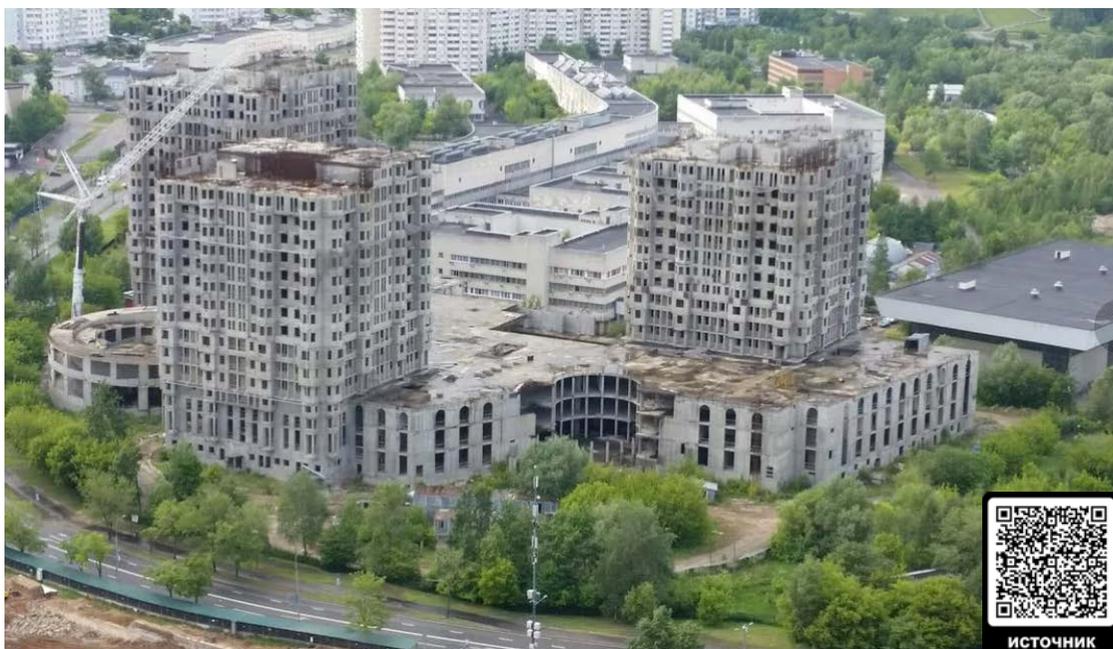


Рис. 1. Состояние жилого комплекса «Академ-Палас» к началу возобновления строительства
Fig. 1. The condition of the Akadem-Palace residential complex at the time construction resumed

10 м под башни «А» и «Б» и с шагом 1060×1060 мм через лидерные скважины $\varnothing 350$ мм, глубиной 8 м под башней «В». Под башни «А» и «Б» было забито по 1369 свай, под башню «В» – 1089 свай.

Несущая способность свай фундаментов башен «А», «Б» и «В» была определена испытаниями грунтов сваями статической вертикальной нагрузкой в 2007 г., однако материалы с данными испытаний к настоящему моменту оказались утеряны.

Новое проектное решение

В соответствии с откорректированным проектом предусмотрено увеличение высоты башен на семь дополнительных этажей. Проектное решение с учетом надстройки представлено на рис. 2.

По новому проекту несущая способность свай фундаментов башен «А» и «Б» должна быть равна $F_d = 1500$ кН, а фундамента башни «В» – $F_d = 1750$ кН. Возможность надстройки башен в значительной степени зависит от восприятия новых нагрузок сваями по грунту.

Грунты, вмещающие сваи, характеризуются залеганием с отметки дна котлована 161,05 м следующих слоев (сверху вниз):

- глины тугопластичной (ИГЭ-6);
- суглинка тугопластичного (ИГЭ-7);
- глины мягкопластичной консистенции (ИГЭ-9);
- глины тугопластичной (ИГЭ-10);
- суглинка мягкопластичной консистенции (ИГЭ-11);
- супеси пластичной консистенции (ИГЭ-13);



Рис. 2. Общий вид жилого комплекса «Академ-Палас» с надстройкой
Fig. 2. General view of the Akadem-Palace residential complex, including added floors

- гравийно-галечникового грунта, водонасыщенного (ИГЭ-17);
- песка плотного, водонасыщенного (ИГЭ-19 и ИГЭ-20).

В фундаментах башен «А», «Б» и «В» под остриями испытанных свай залегает песок средней крупности, плотный, водонасыщенный (ИГЭ-20) и гравийно-галечниковый грунт, водонасыщенный (ИГЭ-17). Инженерно-геологические разрезы показаны на рис. 3–5. Показатели свойств грунтов приведены в табл. 1.

На участке строительства вскрыты два уровня подземных вод – надморенный и надъюрский. Надморенный водоносный горизонт зафиксирован на глубине 0,3–4,7 м (абсолютные отметки – 166,1–171,3 м). Содержащими воду породами являются насыпные грунты и флювиогляциальные пески. Надъюрский горизонт вскрыт на глубине 16,2–22,5 м (абсолютные отметки – 149,3–156,5 м). Водовмещающими породами являются подморенные флювиогляциальные и меловые пески. Воды горизонта имеют напор 13–20,5 м.

Таблица 1

Сводная геолого-литологическая колонка и физико-механические характеристики грунтов

Table 1

Summary of the geologic-lithologic column and physical-mechanical properties of soils

Индекс	№ инж.-геол. элементов	Геолого-литологическое описание	Уд. вес, γ , кгс/см ³	Показ. текуч., λ	Кэф. порист., e	Уг. внутр. трен., ϕ , °	Уд. сцепление, C , кПа	Мод. деф., E , МПа
$k-Q_{IV}$		Насыльный грунт - пески, суглинки, супеси с включениями обломков кирпича, бетона, слез обшеса, влажные и водонасыщенные	16,5	$R_0 = 110,0$ кПа				
$f-Q_{II}^{ms}$		Суглинок мелкопесчаный, с линзами песка, с включениями гравия, тугопластичный	20,4	0,1	0,56	14	35	26,0
		Песок мелкий, глинистый, средней пластности, водонасыщенный	17,0	--	0,68	26	0	21,0
$g-Q_{II}^d$		Глина песчаная, с включениями песка, гравия, тугопластичная	20,2	0,28	0,55	13	40	22,0
		Суглинок песчаный, с включениями песка, гравия, тугопластичный	20,7	0,30	0,50	14	33	24,0
		Суглинок песчаный, с включениями песка, гравия, полутвердый	21,0	0,17	0,46	16	43	30,0
$f-Q_{II}^{0-d}$		Глина пылеватая, с включениями песка, мягкопластичная	18,5	0,70	0,86	9	27	14,0
		Глина пылеватая, с включениями песка, тугопластичная	18,8	0,26	0,72	11	37	18,0
		Суглинок мелкопесчаный, с линзами песка, мягкопластичный	18,9	0,60	0,76	10	23	16,0
		Суглинок мелкопесчаный, с линзами песка, тугопластичный	19,2	0,37	0,68	12	30	20,0
		Супесь пылеватая, с линзами песка, пластичная	20,0	0,55	0,74	20	9	15,0
		Песок мелкий, глинистый, средней пластности, водонасыщенный	19,3	--	0,65	28	1	24,0
		Гравийно-галечный грунт, водонасыщенный	20,4	--	0,45	40	0	30,0
K_1		Песок пылеватый, с прослойками глины и суглинка, плотный, водонасыщенный	20,2	--	0,53	33	5	30,0
		Песок мелкий, с прослойками глины и суглинка, плотный, водонасыщенный	20,3	--	0,50	35	4	38,0
		Песок средней крупности, с прослойками глины и суглинка, плотный, водонасыщенный	20,4	--	0,48	37	1	40,0
		Песчаник на железистом цементе	Предел прочности одноосному сжатию в вод. состоянии = 7 МПа					

Испытание грунтов сваями

Полученные расчетом по СП 24.13330.2021 [8] значения несущей способности свай, заглубленных в пески мелкие, плотные, оказались недостаточны для восприятия новых проектных величин нагрузок. Данные о проведенных ранее статических испытаниях грунтов сваями оказались утеряны, поэтому было принято решение о проведении повторных испытаний.

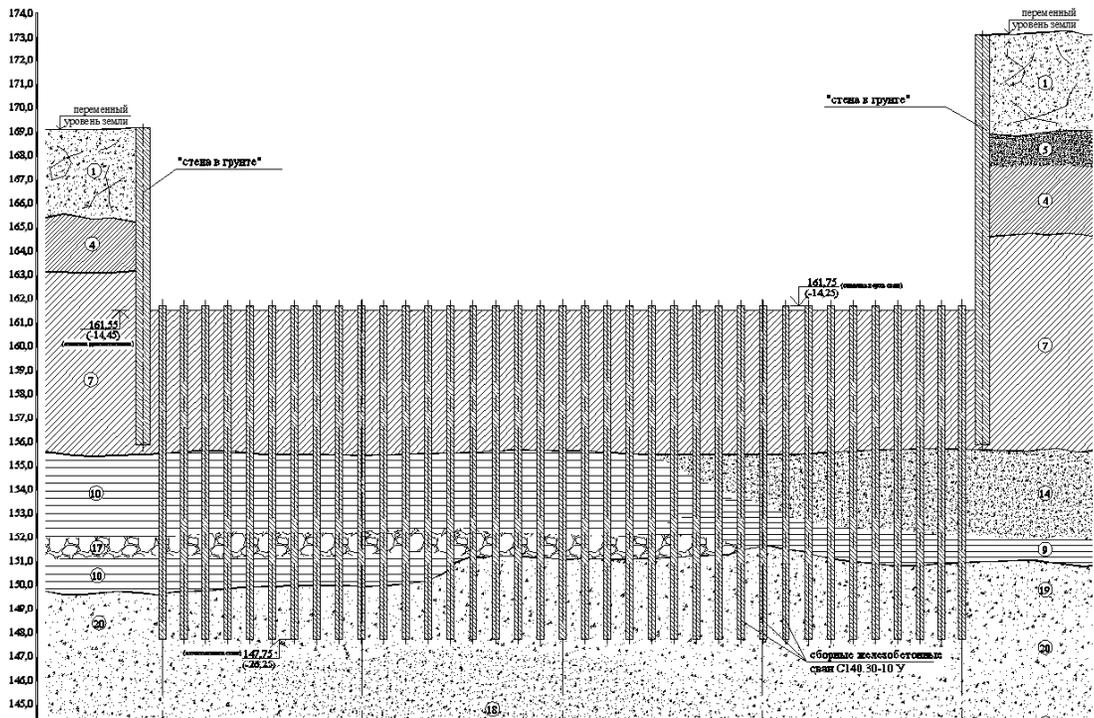


Рис. 3. Разрез по свайному полю корпуса «А», совмещенный с инженерно-геологическим
 Fig. 3. Cross-section of the building A pile field integrated with engineering-geological data

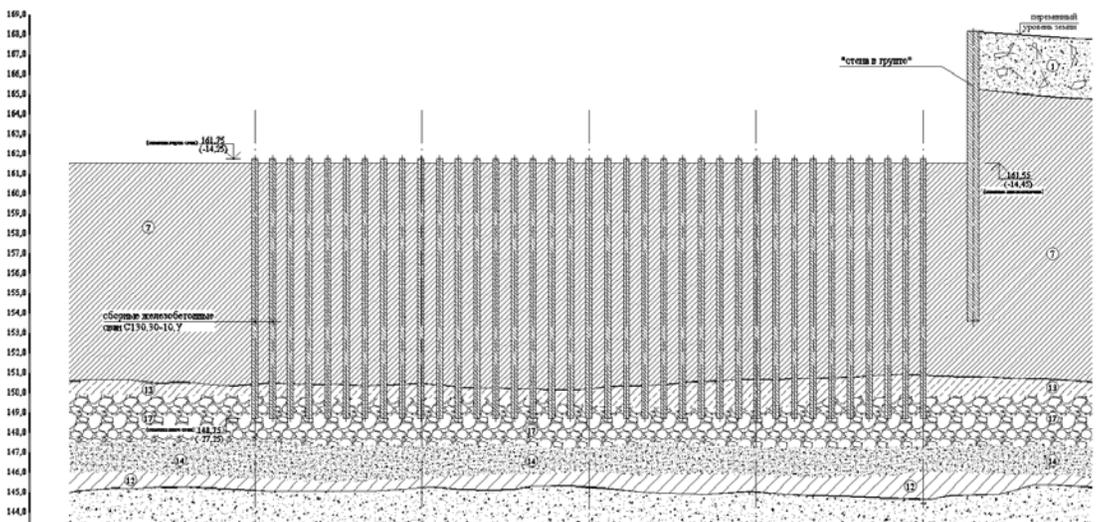


Рис. 4. Разрез по свайному полю корпуса «Б», совмещенный с инженерно-геологическим
 Fig. 4. Cross-section of the building B pile field integrated with engineering-geological data

Испытаниям грунтов сваями статическими вдавливающими нагрузками были подвергнуты железобетонные сваи заводского изготовления сплошного квадратного сечения 300×300 мм, длиной 13 и 14 м и 350×350 мм, длиной 10 м в количестве 12 штук (по 4 штуки под каждую башню).

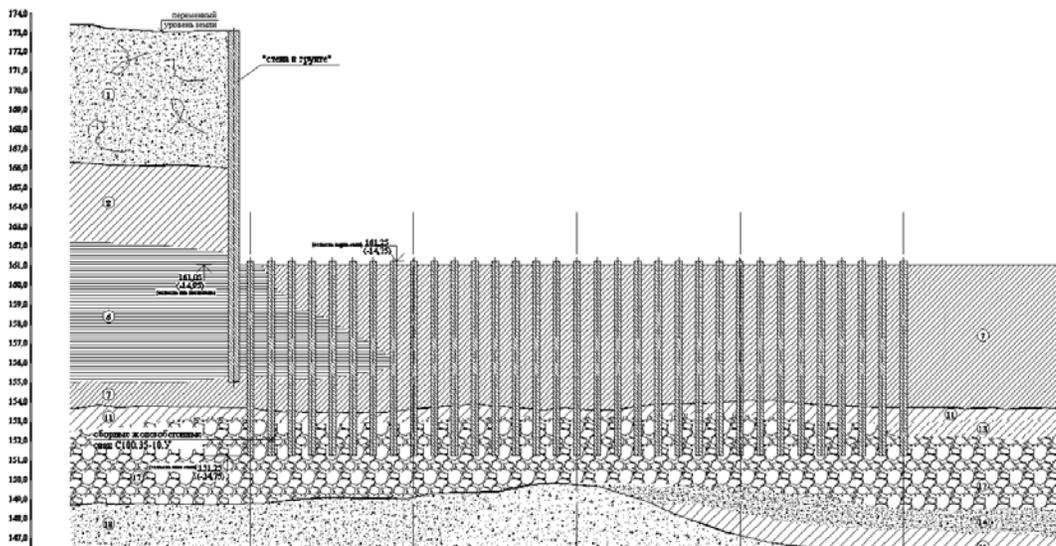


Рис. 5. Разрез по свайному полю корпуса «В», совмещенный с инженерно-геологическим
Fig. 5. Cross-section of the building B pile field integrated with engineering-geological data

Для испытаний были назначены сваи, расположенные по периметру башен со стороны стилобатной части для обеспечения возможности доступа к ним через демонтируемые участки фундаментной плиты стилобата (рис. 6). Для безопасного проведения испытаний были установлены защитные конструкции из металлических листов, а также постоянно выполнялась откачка подземных вод.

При подготовке сваи к испытаниям была отделена верхняя часть ствола свай длиной 40 см от ростверка для установки металлического оголовка на сваю и закрепления опорных металлических пластин на нижнюю поверхность ростверков жилых башен согласно эскизу, представленному на рис. 7.

Испытания выполнены в соответствии с требованиями ГОСТ 5686-2020 [9] и СП 24.13330.2021 [8]. При испытаниях грунтов сваями максимальная вдавливающая нагрузка была доведена до 150 тс для свай фундаментов башен «А» и «Б» и 175 тс для свай башни «В» (рис. 8).

Максимальные значения осадок испытанных свай с достижением условной стабилизации на каждой ступени составили:

- 3–12,1 мм – для свай фундаментов башен «А» и «Б»;
- 10,2–13,6 мм – для свай фундаментов башни «В».

Графики зависимости осадок свай сечением 300 × 300 и 350 × 350 мм от нагрузок показаны на рис. 9.

Результаты испытаний свидетельствуют, что всеми сваями подтверждены значения несущей способности, требуемые по новому проекту с надстройкой дополнительных этажей.

Оценка влияния испытываемой сваи на рядом расположенные выполнена расчетным моделированием с использованием программы PLAXIS 3D. При проведении расчетов был задан фрагмент свайного поля с 25 сваями (по 5 рядов в каждом направлении). Было принято, что испытываемая свая окружена соседними, жестко защемленными в плите ростверка.



Рис. 6. Шурф для испытания грунтов сваями
Fig. 6. Test pit for pile load testing of soils

Изначально при расчете на каждую сваю была задана нагрузка, равная 30 тс, что соответствовало усилиям от собственного веса конструкций здания высотой 15 этажей (этажность корпусов в момент проведения испытаний), включая четыре подземных. Далее в программе разъединяли одну сваю от ростверка и передавали на нее нагрузку, равную 150 тс (на ростверк также задавалась нагрузка 150 тс с противоположным знаком), таким образом моделируя испытание свай (общий вид расчетной схемы представлен на рис. 10). На рис. 11 и 12 представлены эпюры осадок грунтового массива при нагружении свай на 30 и 150 тс.

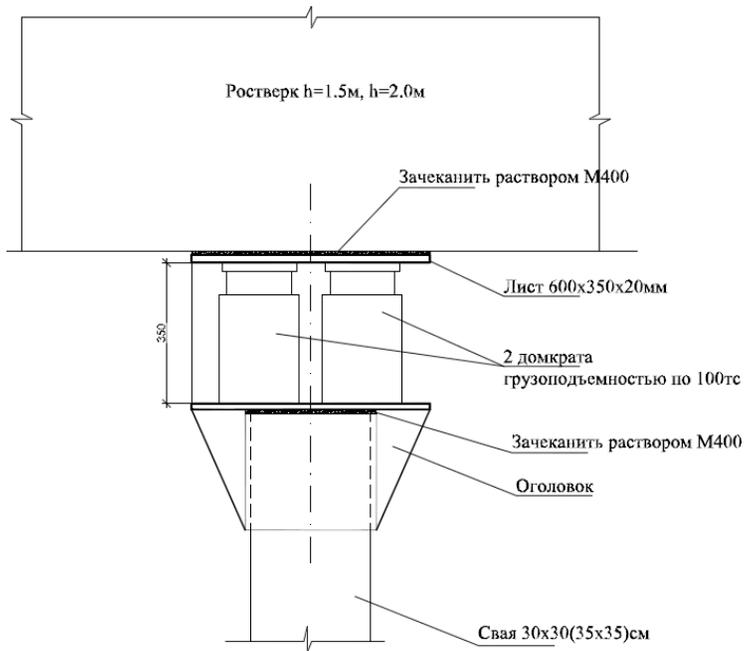


Рис. 7. Эскиз узла по размещению домкратов для испытания грунтов сваями
Fig. 7. Schematic diagram of the jack arrangement for pile load testing



Рис. 8. Испытания свай (применяется домкрат грузоподъемностью 200 т)
Fig. 8. Pile load testing using a 200 ton capacity jack

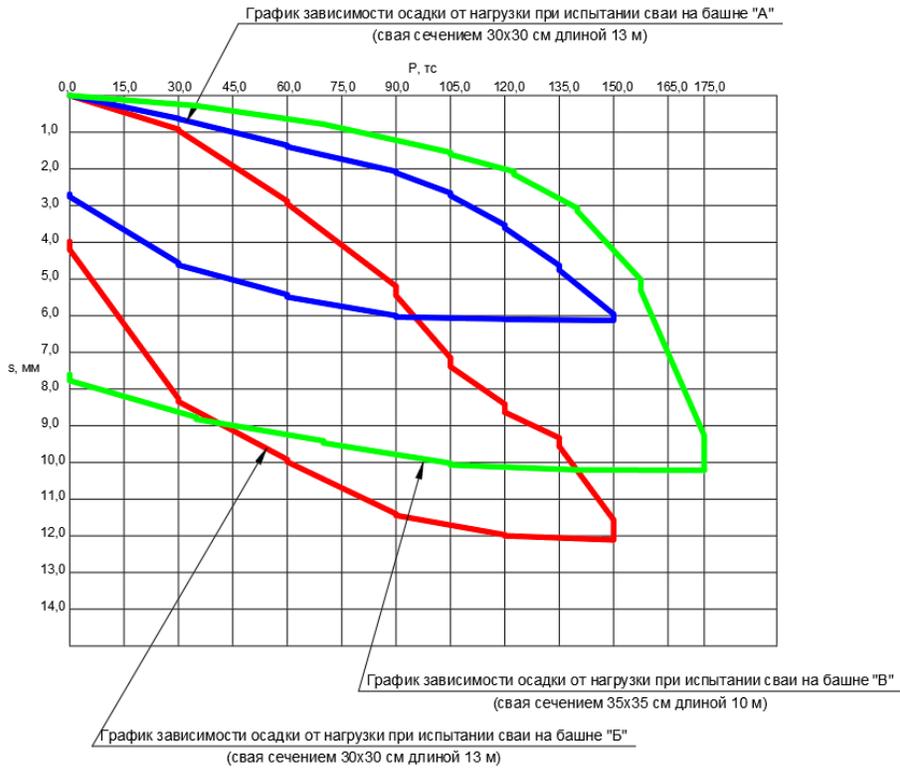


Рис. 9. Характерные графики зависимостей осадок свай от нагрузки при испытаниях
Fig. 9. Characteristic load-settlement curves from pile load tests

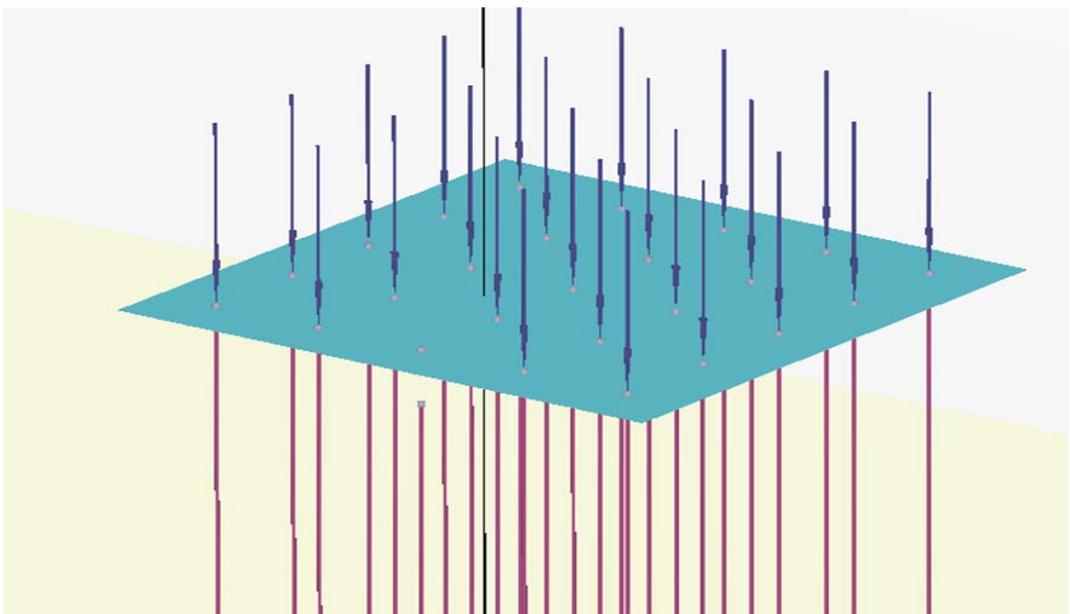


Рис. 10. Общий вид расчетной схемы на этапе моделирования испытания сваи
Fig. 10. General view of the computational model during pile load test simulation

Таблица 2

Усилия в сваях и их перемещения по результатам расчетов

Table 2

Pile forces and displacements from calculation results

Определяемый параметр	Испытуемая свая		Ближайшая соседняя свая	
	Этапы расчетов: 1 этап – на все сваи заданы по 30 тс, 2 этап – на испытуемую сваю заданы 150 тс			
	1 этап	2 этап	1 этап	2 этап
Усилие, кН	297	1493	327	194
Осадка, мм	11,59	13,38	11,63	10,65

Результаты моделирования показывают, что продольные осевые силы в рядом расположенных сваях практически не изменяют свои значения, как и их осадки. Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Моделирование свидетельствует об отсутствии влияния испытуемой сваи на соседние и наоборот – влияние соседних на испытуемую. Однако окончательная оценка взаимовлияния свай может быть сделана только после экспериментального подтверждения измерениями с помощью датчиков деформаций и напряжений, закрепленных на сваях.

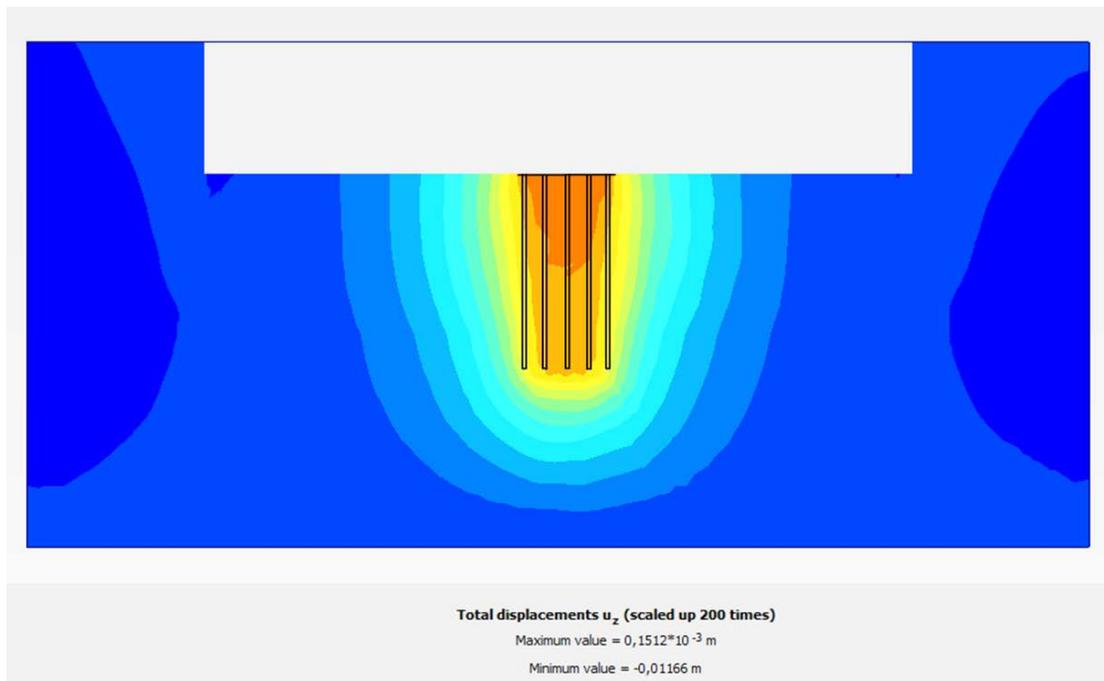


Рис. 11. Эпюра осадок грунтового массива при нагружении всех свай на 30 тс
Fig. 11. Settlement profile of the soil mass under a load of 30 tons on all piles

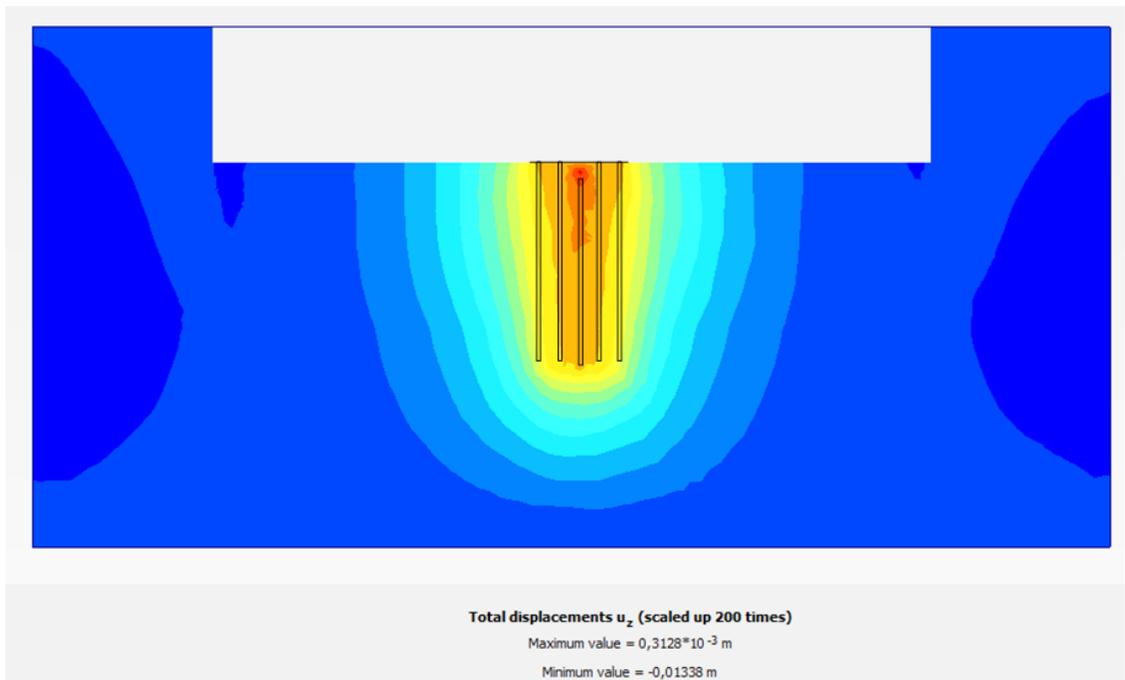


Рис. 12. Эпюра осадок грунтового массива при действии на испытываемую сваю нагрузки, равной 150 тс
Fig. 12. Settlement profile of the soil mass under a load of 150 tons on the test pile

Выводы

Испытаниями грунтов сваями фундаментов башен «А», «Б» и «В» подтверждены требуемые по новому проекту значения несущей способности свай и возможность надстройки здания дополнительными этажами.

Расчетное моделирование свидетельствует об отсутствии влияния испытываемой сваи на соседние, значения осадок которых не изменили своих значений.

Список литературы

1. *Осокин А.И.* Передача на сваи дополнительной нагрузки в условиях реконструкции [автореферат диссертации]. Санкт-Петербург; 1995.
2. *Алексеев С.А., Тихомирова Л.К.* Оценка результатов определения расчетной нагрузки на сваю, работающую в составе конструкции. Реконструкция городов и геотехническое строительство [интернет]. 2002;(5):120–124. Режим доступа: <http://georeconstruction.net/journals/05/22/22.htm>.
3. *Парамонов В.Н., Дунаевская Т.А.* Изменение несущей способности забивных свай во времени на открытых площадках и нагруженных конструкциями. Реконструкция городов и геотехническое строительство [интернет]. 2004;(8):102–106. Режим доступа: <http://georeconstruction.net/journals/08/files/pdf/0508009.pdf>.
4. *Улыбин А.В., Зубкова С.В., Федотов С.Д.* Обследование свайных фундаментов при надстройке зданий. Инженерно-строительный журнал. 2014;(4):17–27.
5. *Невзоров А.Л.* Оценка несущей способности свай при строительстве и реконструкции зданий в г. Архангельске. Развитие городов и геотехническое строительство: тр. междунар. конф. по геотехнике, Санкт-Петербург, 16–19 июня 2008 г. Т. 4. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет; 2008, с. 431–434.

6. Саенко Ю.В. Способы испытаний свай в существующих фундаментах перед реконструкцией зданий. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2018;9(2):134–141. <https://doi.org/10.15593/2224-9826/2018.2.13>.
7. Бахолдин Б.В., Ястребов П.И., Чащихина Л.П. Исследование особенностей сопротивления грунтов в основании забивных свай. Основания, фундаменты и механика грунтов. 2009;(2):2–6.
8. СП 24.13330.2021. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. Москва: Российский институт стандартизации; 2022.
9. ГОСТ 5686-2020. Грунты. Методы полевых испытаний сваями. Москва: Стандартинформ; 2020.

References

1. Osokin A.I. Transfer of additional load to piles under reconstruction conditions [abstract of dissertation]. St. Petersburg; 1995. (In Russian).
2. Alekseev S.A., Tikhomirova L.K. Evaluation of results of determination of design load on pile working as part of structure. Reconstruction of cities and geotechnical construction [internet]. 2002;(5):120–124. Available at: <http://georeconstruction.net/journals/05/22/22.htm>. (In Russian).
3. Paramonov V.N., Dunaevskaya T.A. Change in bearing capacity of driven piles over time on open sites and loaded structures. Reconstruction of cities and geotechnical construction [internet]. 2004;(8):102–106. Available at: <http://georeconstruction.net/journals/08/files/pdf/0508009.pdf>. (In Russian).
4. Ulybin A.V., Zubkova S.V., Fedotov S.D. Inspection of pile foundations during building superstructure. Journal of Civil Engineering. 2014;(4):17–27. (In Russian).
5. Nevzorov A.L. Assessment of the bearing capacity of piles during construction and reconstruction of buildings in Arkhangelsk. Urban development and geotechnical engineering: Proc. of the International Conf. on Geotechnics, St. Petersburg, June 16–19, 2008. Vol. 4. Sankt-Peterburg: Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering; 2008, pp. 431–434. (In Russian).
6. Saenko Yu.V. Methods for testing piles in existing foundations before reconstruction of buildings. PNRPU bulletin. Construction and Architecture. 2018;9(2):134–141. (In Russian). <https://doi.org/10.15593/2224-9826/2018.2.13>.
7. Bakholdin B.V., Yastrebov P.I., Chashchikhina L.P. Study of soil resistance features at the base of driven piles. Soil Mechanics and Foundation Engineering. 2009;(2):2–6. (In Russian).
8. СП 24.13330.2021. Pile foundations. Updated version of SNiP 2.02.03-85. Moscow: Russian Institute of Standardization; 2022. (In Russian).
9. State Standard 5686-2020. Soils. Field test methods by piles. Moscow: Standartinform Publ.; 2020. (In Russian).

Информация об авторах / Information about the authors

Илья Михайлович Иовлев, старший научный сотрудник лаборатории новых видов свайных фундаментов ЦИСФ, НИИОСП им. Н.М. Герсевича АО «НИЦ «Строительство», Москва

Ilya M. Iovlev, Senior Researcher, Laboratory of New Types of Pile Foundations, TsISF, Research Institute of Bases and Underground Structures named after N.M. Gershevich, JSC Research Center of Construction, Moscow

Сергей Александрович Крючков✉, заведующий лабораторией новых видов свайных фундаментов ЦИСФ, НИИОСП им. Н.М. Герсевича АО «НИЦ «Строительство», Москва

e-mail: lab38@mail.ru
тел.: +7 (499) 170-69-16

Sergey A. Kryuchkov✉, Head of the Laboratory, New Types of Pile Foundations, TsISF, Research Institute of Bases and Underground Structures named after N.M. Gershevich, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: lab38@mail.ru
tel.: +7 (499) 170-69-16

Елена Александровна Метелица, научный сотрудник лаборатории механики опасных природно-техногенных процессов и разработки методов инженерной защиты, НИИОСП им. Н.М. Герсеевича АО «НИЦ «Строительство», Москва

Elena A. Metelitsa, Research Scientist, Laboratory of Mechanics of Dangerous Natural and Technogenic Processes and Development of Engineering Protection Methods, Research Institute of Bases and Underground Structures named after N.M. Gersevanov, JSC Research Center of Construction, Moscow

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author