

© П. А. Кравченко, канд. техн. наук, доцент
© В. Н. Парамонов, д-р техн. наук, доцент
(Петербургский государственный университет
путей сообщения Императора Александра I,
Санкт-Петербург, Россия)
E-mail: pasha.sky@gmail.com, parvn@georec.spb.ru
© В. М. Полунин, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия;
НИИ строительной физики РААСН,
Москва, Россия)
E-mail: n1ce2u@yandex.ru

© P. A. Kravchenko, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
© V. N. Paramonov, Dr. Sci. Tech., Associate Professor
(Emperor Alexander I St. Petersburg
State Transport University,
St. Petersburg, Russia)
E-mail: pasha.sky@gmail.com, parvn@georec.spb.ru
© V. M. Polunin, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering,
St. Petersburg, Russia;
Scientific Research Institute of Structural Physics, Russian
Academy of Architecture and Construction,
Moscow, Russia)
E-mail: n1ce2u@yandex.ru

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАННЕ ОТРЫТОГО КОТЛОВАНА НА КОНСТРУКЦИИ НАБЕРЕЖНОЙ ПРИ ВОЗОБНОВЛЕНИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF A PREVIOUSLY OPENED PIT ON THE EMBANKMENT STRUCTURE DURING THE RESUMPTION OF CONSTRUCTION

Приведен пример оценки воздействия реконструкции здания в Санкт-Петербурге на линейное сооружение — набережную, попадающую в зону влияния нового строительства. Рассмотрено изменение напряженного состояния конструкций набережной, где в качестве критериального значения приняты не допустимая деформация или разность деформаций, а параметры прочности конструкций. Данный подход основан на определении накопленного напряженного состояния конструкцией набережной с учетом дополнительного воздействия от реконструкции соседнего здания. Помимо отсутствия критериев в нормативной документации, само по себе определение дополнительных деформаций не может в достаточной мере отразить потенциальный переход здания или сооружения, например, от ограниченно работоспособного состояния к аварийному. Анализ изменения напряженного состояния конструкций зданий и сооружений, попадающих в зону влияния, дает возможность оценки воздействия на конструкции, для которых отсутствуют нормируемые предельные значения по деформациям.

Ключевые слова: реконструкция, ограждение котлована, оценка напряженного состояния, окружающая застройка, допустимые деформации.

This article provides an example of assessing the impact on a linear structure — the embankment, which is located in the zone of influence of new construction. In the given example, the change in the stressed state of the structures of the embankment falling into the zone of influence is considered, and the criterion value is not the permissible deformation or the difference in deformations, but the strength parameters of the structure. The approach considered in this article is based on the determination of the accumulated stress state of structures, taking into account the additional impact from the reconstruction of the neighboring building. In addition to the absence of criteria in the regulatory documentation, the definition of additional deformations alone cannot sufficiently reflect the potential transition of a building or structure, for example, from a limited operational state to an emergency one. Analysis of the change in the stressed state of structures of buildings and facilities which are located in the zone of influence makes it possible to assess the impact on structures for which there are no limit values for deformations.

Keywords: reconstruction, pit fencing, calculation of stress conditions, surrounding development, allowable deformations.

Введение

Нормативная документация для зданий окружающей застройки рекомендует применять критерии допустимых деформаций. Стоит отметить, что во многих инстанциях эти рекомендации рассматривают как обязательные к исполнению. Если же говорить о сооружениях (например, отдельные стены или части зданий, конструкции набережных, подпорные стенки и пр.), таких критериев нет. Определить деформации сооружения можно, но как при этом обосновать их возможность или невозможность? В данной статье рассмотрено изменение напряженного состояния конструкций набережной, попадающей в зону влияния нового строительства, где в качестве критериального значения приняты не допустимая деформация или разность деформаций, а параметры прочности конструкций.

В зоне существующей застройки Санкт-Петербурга нередко встречаются здания в аварийном состоянии или доведенные до аварийного состояния в процессе капитального ремонта [1], требующие реконструкции по причине морального и физического износа, объекты незавершенного строительства. Причины могут быть различными, но итог один — необходимо проводить какие-либо мероприятия, так как в сложившемся состоянии создается угроза не только для самого объекта, но и для объектов окружающей застройки.

Нередко в практике проектирования для территории Санкт-Петербурга приходится сталкиваться со зданиями, в процессе возведения которых был допущен длительный перерыв в строительстве на различных этапах (от котлована до остекления и отделки). В период длительного перерыва в строительстве здания испытывают различные, не предусмотренные проектными решениями в первую очередь климатические и техногенные воздействия. Если говорить о геотехническом аспекте, проблемы могут возникать

для сооружений, брошенных на стадии откопки котлована [2], не доведенного своевременно до проектного состояния устройства свайного поля [3]. Исполнительная документация утрачивается, сведения о примененных конструкциях и материалах невозможно восстановить по архивным материалам в связи с их полным или частичным отсутствием, а фактические характеристики материалов могут измениться (чаще всего снизиться) к моменту возобновления работ. Если говорить о котлованах, важно следить за различными параметрами в процессе откопки и возведения здания [4], но для брошенных котлованов такие данные, как правило, отсутствуют. При затоплении и последующем осушении таких котлованов (рис. 1) возникает ряд проблем, необходимость дополнительных расчетов [5], в том числе повторного осушения котлована.

Специфические грунтовые условия Санкт-Петербурга и урбанистические особенности его центральной части являются причиной определенных рисков для окружающей застройки [6], особенно если такие работы ведутся в исторической зоне [7], риски для ветхих зданий существенно повышаются. Работы в зоне исторических набережных сопровождаются дополнительными трудностями [8], обусловленными, кроме всего прочего, наличием деревянных свай в основании каменных конструкций. В совокупности расчет котлованов для центральной части Санкт-Петербурга — задача непростая и весьма ответственная, необходимость учета ряда нюансов отмечалась специалистами для таких случаев неоднократно [9–11].

Даже если учесть все описанные выше риски и сложности, в центральной части города в обязательном порядке в зону влияния попадет существующее сооружение, оценка влияния реконструкции на которое требуется, но при этом ничем не регламентирована.

Методы

Рассмотрим пример расчета здания, находящегося в объединенной охранный зоне



Рис. 1. Фото котлована, брошенного в 2008 г., состояние на октябрь 2022 г.
(фото П. А. Кравченко)

памятников архитектуры и ориентированного вдоль набережной канала Грибоедова. Проектируемый объект находится в массиве существующей застройки и представляет собой здание высотой до 14 м (три этажа) с подземной частью (один этаж). Конструктивная схема — внутренний каркас и наружные несущие стены. Проект предусматривал реставрацию сохранившейся исторической фасадной стены и фасадов боковых флигелей.

Инженерно-геологические условия площадки в целом типичны для центральной части Санкт-Петербурга — под слоем техногенных грунтов залегают слои песков от пылеватых до средних, общей мощностью порядка 6 м. Если учесть, что глубина котлована составляла около 4,5 м, под подошвой фундамента толща песчаных грунтов была порядка 1,5 м. Ниже залегают суглинки в текучем и текучепластичном состоянии, подстилаемые супесью. Кровля тугопластичных суглинков располагается на глубине 19–20 м (14,5–15,5 м от дна котлована). В такой ситуации, безусловно, возникают высокие риски в части влияния на окружающую застройку. Основные факторы этих рисков — наличие в основании мощной толщи слабых глини-

стых грунтов и расположение исторических зданий в зоне влияния строительства. Здесь стоит отметить, что на развитие дополнительных деформаций примыкающей застройки влияют как нагружение основания весом проектируемого здания, так и производство работ нулевого цикла.

Еще одним весомым фактором, который обычно не принято выделять, являлось текущее состояние объекта. Площадка строительства — это затопленный котлован глубиной 3,5 м с существующим шпунтовым ограждением, простоявший в таком состоянии более 15 лет. При проектировании был решен ряд геотехнических задач, в том числе с применением нестандартных подходов.

Как отмечалось, в нормативной документации отсутствуют критерии по допустимым деформациям сооружений (набережных, коллекторов, стен и пр.). Запросы в эксплуатирующие организации, как правило, также не всегда дают адекватный результат — вплоть до ограничения дополнительных деформаций величиной 0 мм.

Для имитации ситуации было выполнено моделирование в программном комплексе PLAXIS (рис. 2) в пространственной поста-

новке для различных этапов производства работ (включая предшествующие затоплению котлована и само затопление с последующей откачкой). По результатам расчета получена осадка здания и окружающей застройки на различных этапах, в том числе на этапе завершения строительства (рис. 3).

В качестве модели материала используется нелинейная математическая модель Hardening Soil. Модель проектируемого здания выполнена с помощью объемных конечных элементов. Модель материала линейно-упругая. Удельный вес условного массива принят равным 5 кН/м^3 .

Модель ограждения котлована из профиля AZ-18 с системой распорок и обвязочных балок выполнена с помощью плитных и стержневых конечных-элементов. По результатам опытных исследований принятая длина выполненного ограждения составляла 19 м. При этом в расчете сечение шпунта снижено с учетом возможной коррозии на основании ПБ 03-585-03 на $0,1 \text{ мм/год}$ ($1,4 \text{ мм}$ за период эксплуатации), так как шпунт погружен более чем за 15 лет до возобновления строительства.

Результаты

На первом этапе предварительно была назначена зона влияния величиной 30 м. В указанную зону попадали как минимум восемь зданий, сохраняемая стена реконструируемого здания и набережная.

Расчеты, выполненные в ПК PLAXIS, показали, что расчетная зона влияния отличается от предварительной (рис. 4). Несмотря на увеличение уточненной зоны влияния до 48 м, на отдельных участках одно здание из перечня может быть исключено. В целом дополнительная осадка и разность осадок зданий, попадающих в зону влияния, при правильно подобранной распорной системе не превышали допустимых значений. Сложности возникли с сооружениями, для которых такого понятия, как допустимая осадка или разность осадок, не предусмотрено нормативной документацией. К примеру, максимальная расчетная осадка ограждения набережной составляет до $1,2 \text{ см}$, но в связи с отсутствием критериев оценки неясно, много это или мало.

Обсуждение

На рис. 5 приведена конструкция набережной, попадающей в зону влияния строи-

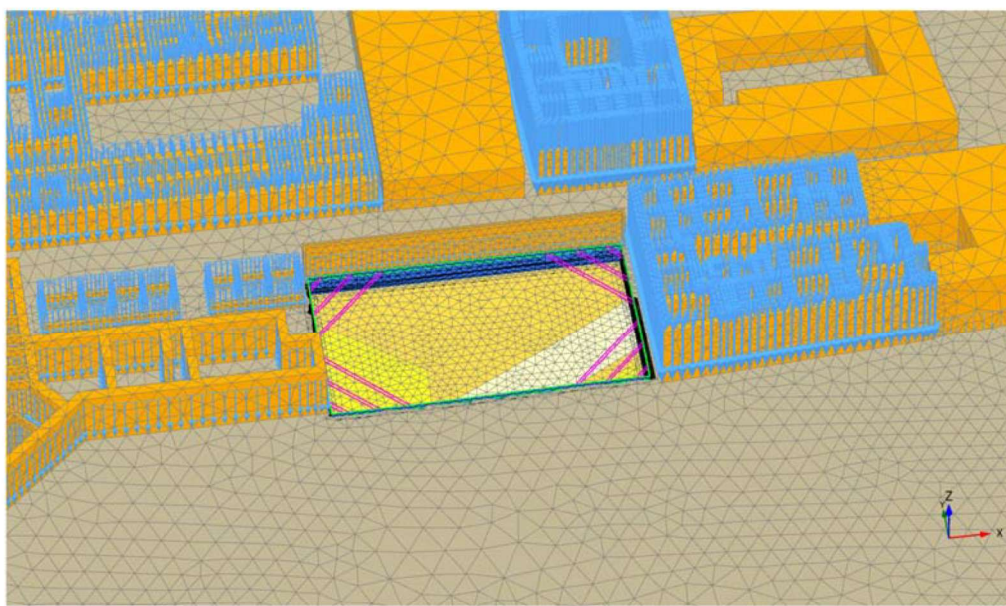


Рис. 2. Общий вид схемы на этапе активации котлована с ограждением и распорной системой

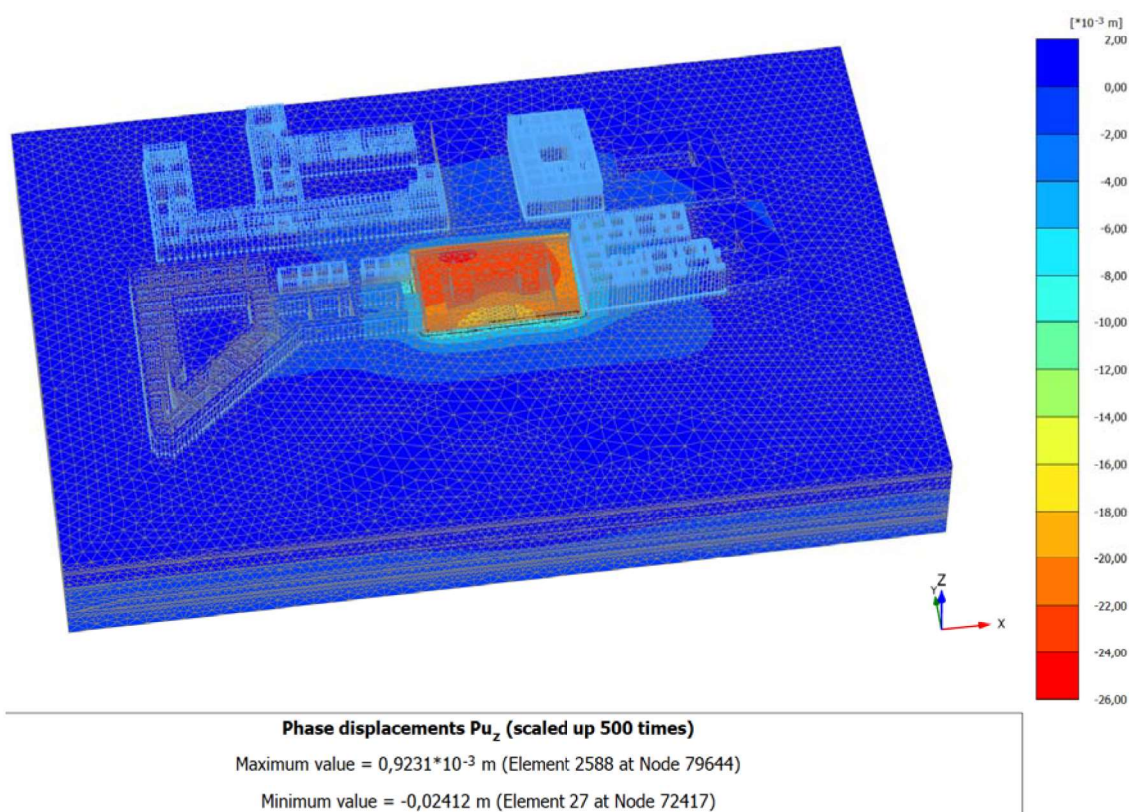


Рис. 3. Результат расчета осадок при активации нагрузок от нового сооружения

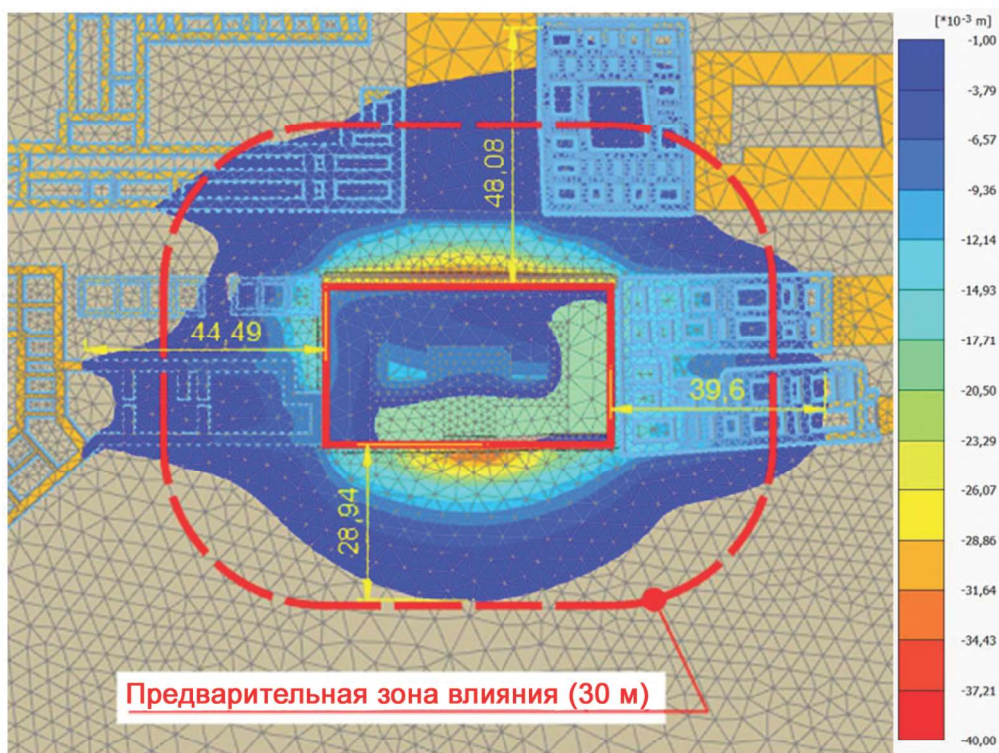


Рис. 4. Сопоставление предварительной и расчетной зоны влияния

тельства. Так как критерии для оценки влияния строительства на набережную, такие как допустимая осадка или разность осадок, отсутствуют, наиболее адекватным вариантом какой-либо критериальной оценки влияния остается совместный расчет с оценкой напряженного состояния конструкции и дальнейшим сопоставлением с характеристиками прочности конструкций. В связи с наличием в составе конструкций набережной свайных фундаментов оценка дополнительных деформаций набережной была выполнена отдельно.

В рамках анализа были рассмотрены две расчетные ситуации: разрез по центру котлована (консольная стенка — рис. 6, а) и разрез в зоне распорной системы (края здания — рис. 6, б). Расстояние между ограждением котлована и набережной составляет порядка 8 м по всей длине котлована.

Расчет выполнялся в шесть этапов:

- 1) формирование природных напряжений;
- 2) активация конструкций набережной;
- 3) активация шпунтового ограждения;
- 4) откопка котлована до начала работ;
- 5) обнуление деформаций и откопка котлована до проектной отметки;
- 6) активация нагрузок от нового здания.

На рис. 7 приведена оценка влияния на набережную в части деформаций. В качестве критерия влияния для более наглядной интерпретации выбрана осадка 1 мм. В связи с отсутствием в нормативной документации требований по ограничению деформаций набережных данный расчет непоказателен, полученные значения не с чем сравнивать, но при этом оценить, опасно или безопасно такое влияние на набережную, было необходимо. Для решения этой задачи была выпол-

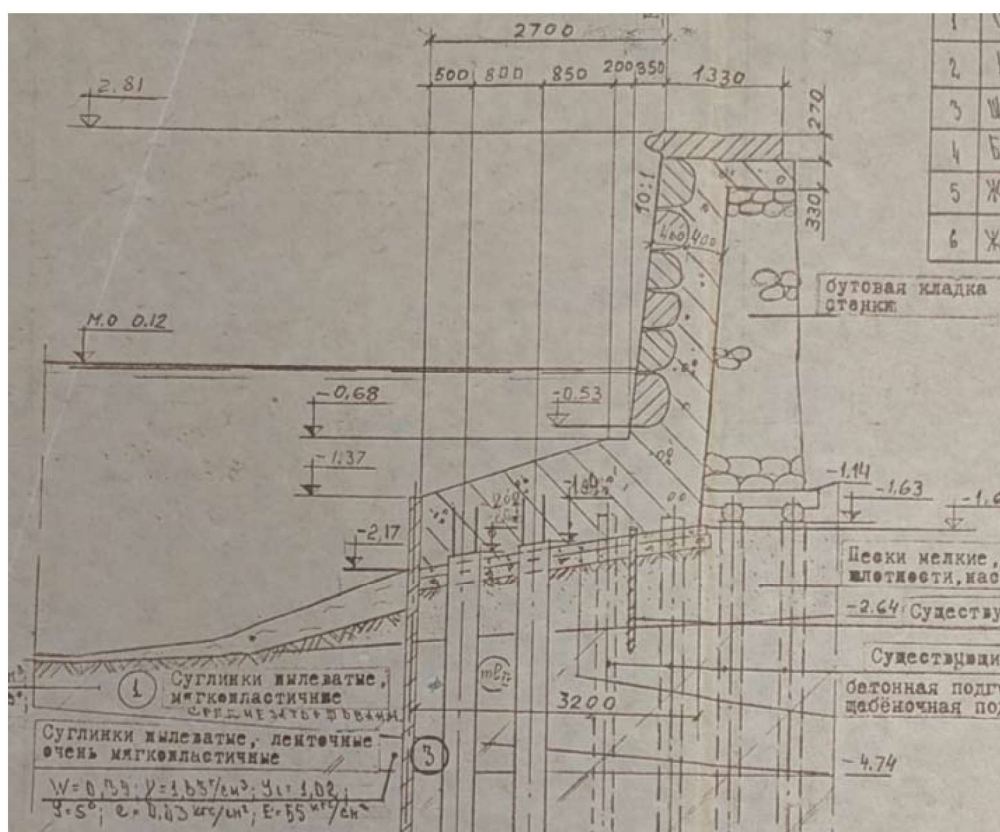


Рис. 5. Конструкция набережной, попадающей в зону влияния, — выкопировка из архивных материалов

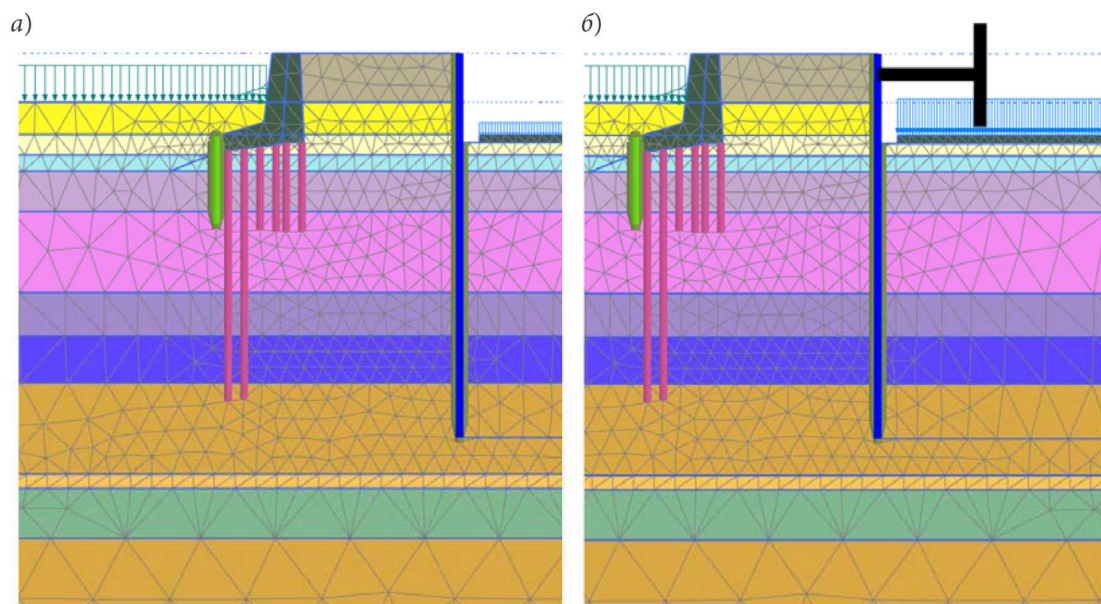


Рис. 6. Общий вид расчетной схемы по центральной части котлована (а) и по крайней части котлована с учетом распорной системы (б)

нена расчетная оценка напряженного состояния стенки набережной на период окончания строительства.

В железобетонной части конструкции растягивающие напряжения достигают значе-

ния 400 кПа (пиковые значения на локальных участках). Марка бетона М300 по прочности соответствует классу бетона В22,5. В соответствии с СП 63.13330 расчетные сопротивления бетона осевому растяжению $R_{bt,ser}$

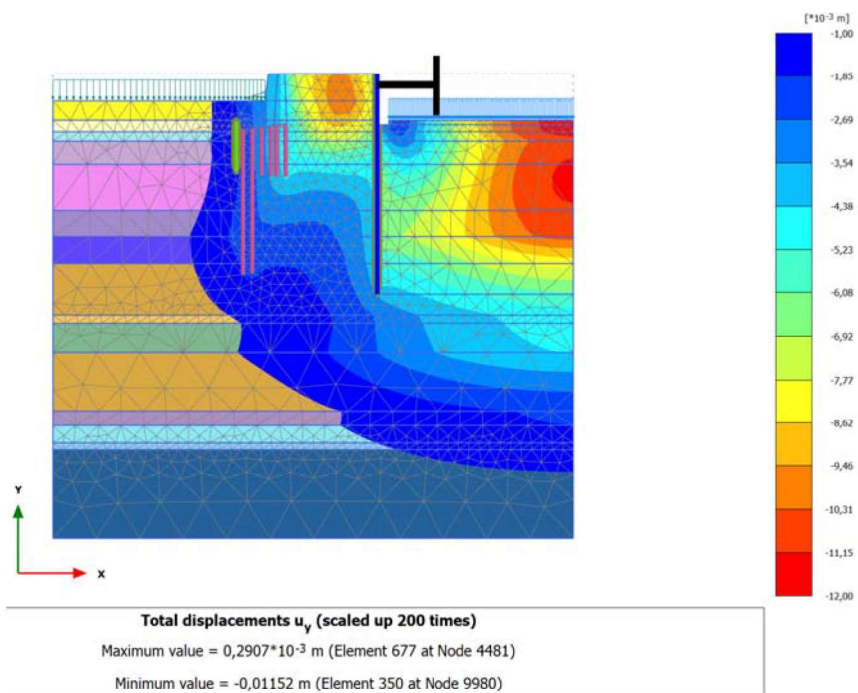


Рис. 7. Общий вид активной зоны влияния, ограниченной величиной осадки 1 мм

для предельных состояний второй группы при классе бетона по прочности на сжатие В20 составляют 1350 кПа. Следовательно, возникающие в железобетонной части конструкции растягивающие напряжения не приводят к образованию трещин.

В части конструкции, выполненной из бутовой кладки, растягивающие напряжения в основной части кладки не превышают 20 кПа (рис. 8). Пиковые значения по расчету получаются в локальной зоне в нижней части конструкции (до 98 кПа) и не представляют интереса (зона опирания на старые фундаментные конструкции, продублированные новыми при капитальном ремонте по проекту 1985 г.). В соответствии с данными таблицы СП 15.13330 при марке раствора М25 расчетное сопротивление кладки главным растягивающим напряжениям по неперевязанному сечению составляет 80 кПа.

По результатам сопоставления вычисленных главных растягивающих напряжений в элементах конструкции стенки набережной установлено, что напряжения, возникаю-

щие при вычисленных на период окончания строительства деформациях набережной, не приводят к развитию дефектов. Совместный расчет основания и сооружения показал, что дополнительная осадка набережной величиной 1,2 см за весь период строительства является допустимой.

Результаты

На настоящее время завершено возведение надземной части здания, ведутся отделочные работы.

Работы нулевого цикла были завершены в июле 2024 г. Выполненные работы не оказали существенного влияния как на здания и сооружения окружающей застройки в целом, так и на конструкции набережной в частности. По состоянию на сентябрь 2025 г. (рис. 9) завершено возведение наземных строительных конструкций, результаты мониторинга показывают стабильное состояние здания и окружающей застройки.

Заключение

В случаях оценки влияния на окружающую застройку для зданий в существующей нормативной документации приведены кри-

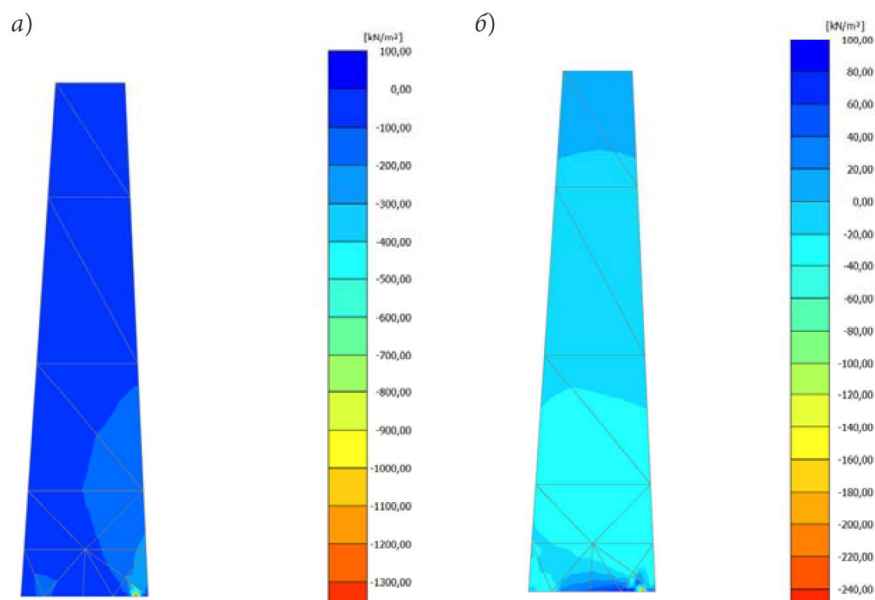


Рис. 8. Распределение главных (сжимающих) напряжений σ_1 (а) и главных (растягивающих) напряжений σ_3 (б) в части конструкции стенки набережной, выполненной из бутовой кладки

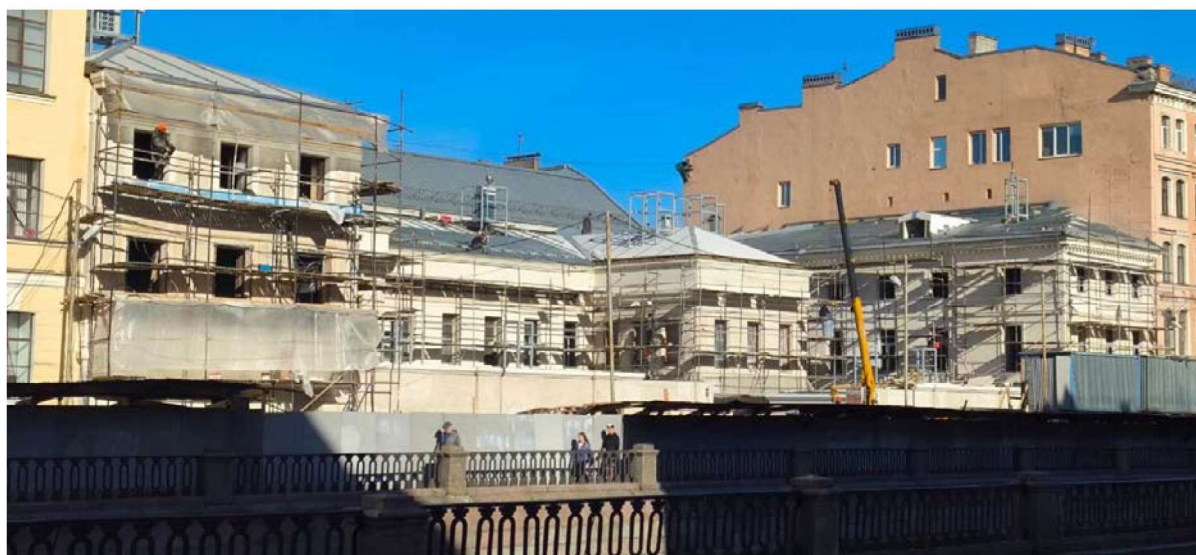


Рис. 9. Фото объекта, сентябрь 2025 г. (фото П. А. Кравченко)

терии допустимых деформаций. Для многих случаев эти критерии слишком жесткие. Для сооружений же такие критерии в нормативной документации попросту отсутствуют, но при этом сохраняется необходимость оценки и какого-либо ограничения влияния на сооружения. Для сооружений (как, впрочем, и для зданий) при назначении критериев допустимых деформаций целесообразно принимать во внимание в первую очередь анализ напряженного состояния сооружения, а не его дополнительную осадку.

В условиях объектов незавершенного строительства сложность задачи многократно возрастает из-за необходимости использования существующих конструкций, инструментальное исследование которых предполагает возникновение дополнительных рисков, сопоставимых с самим строительством, а зачастую является попросту невыполнимым (например, откопка грунта основания и фундаментов конструкций набережных, извлечение элементов шпунтового ограждения и т. п.). При разработке новых проектов должны активно использоваться (при наличии) архивные материалы исследований, проектная и исполнительная доку-

ментация о зонах вблизи рассматриваемых участков, выполненная ранее.

Проведенное на объекте исследование показало, что использования архивных материалов достаточно для адекватной оценки воздействия на конструкции набережной и обеспечения сохранности конструкций линейных объектов в зоне влияния нового строительства. Обязательным условием при проведении такой оценки должны быть мониторинг конструкций на всех этапах выполнения работ и сопоставление результатов мониторинга с расчетными деформациями, определенными для каждого этапа строительства.

Библиографический список

1. *Парамонов М. В., Сливец К. В., Кравченко П. А.* Анализ ошибок при проектировании капитальных ремонтов зданий на примере памятника архитектуры в Санкт-Петербурге // Вопросы проектирования и устройства надземных и подземных конструкций зданий и сооружений: межвуз. темат. сб. тр. / под ред. Р. А. Мангушева. СПб.: СПбГАСУ, 2018. С. 33–43.
2. *Метелкин С. В., Парамонов В. Н.* Морозное пучение и его влияние на распорную систему ограждающих конструкций глубоких котлованов // Известия

ПГУПС. 2022. Т. 19, № 1. С. 133–142. URL: <https://doi.org/10.20295/1815-588X2022-1-133-142>

3. Парамонов В. Н. Горизонтальные смещения свай при разработке котлована // Геотехника. 2018. Т. X, № 4. С. 46–57.

4. Мангушев Р. А., Дьяконов И. П., Осокин А. И., Калач Ф. Н., Башмаков И. Б. Обеспечение безопасного строительства в условиях плотной городской застройки исторического центра г. Санкт-Петербурга с использованием мониторинга (на примере Шуваловского дворца) // Геотехника. 2023. Т. XV, № 4. С. 44–59. DOI 10.25296/2221-5514-2023-15-4-44-59. EDN RQKCVG.

5. Полунин В. М., Дьяконов И. П., Башмаков И. Б., Болотов Д. А. Решение задачи установившейся фильтрации грунтовых вод методом конечных элементов // Геотехника. 2023. Т. XV, № 4. С. 6–17. DOI 10.25296/2221-5514-2023-15-4-6-17. EDN KTBFYU.

6. Парамонов В. Н., Набоков В. В. Влияние устройства буронабивных свай под защитой обсадной трубы на окружающий массив грунта // Современные геотехнологии в строительстве и их научно-техническое сопровождение: материалы Междунар. науч.-техн. конф., посв. 80-летию образования кафедры геотехники СПбГАСУ (механики грунтов, оснований и фундаментов ЛИСИ) и 290-летию российской науки. Ч. 2. СПб.: СПбГАСУ, 2014. С. 34–43.

7. Беляева Е. А., Дьяконов И. П. Проблемы проектирования и строительства новых зданий вблизи окружающей исторической застройки // Вестник гражданских инженеров. 2021. № 1 (84). С. 76–82. URL: <https://doi.org/10.23968/1999-5571-2021-18-1-76-82>

8. Kudryavtsev S., Valtseva T., Bugunov S., Kotenko Z., Paramonov V., Saharov I., Sokolova N. Numerical simulation of the work of a low-settlement embankment on a pile foundation in the process of permafrost soil thawing // Petryaev A. V., Konon A. A. (eds.). Transportation soil engineering in cold regions. Vol. 2. Lecture Notes in Civil Engineering, vol. 50. Saint Petersburg, April 15–22, 2019. Springer Nature, 2020. Pp. 73–82. URL: https://doi.org/10.1007/978-981-15-0454-9_9

9. Башмаков И. Б. Расчетная оценка НДС ограждения котлована в инженерно-геологических условиях Санкт-Петербурга // Современные методы проектирования, подземного строительства и реконструкции оснований и фундаментов (GFAC 2024): сб. тезисов Нац. (Всерос.) науч.-техн. конф. с междунар. участием, посв. 90-летию кафедры геотехники (механики грунтов, оснований и фундаментов, инженерной геологии). Санкт-Петербург, 23–25 октября 2024 г. СПб.: СПбГАСУ, 2024. С. 12. EDN MAWWQU.

10. Паскачева Д. А., Башмаков И. Б. Анализ напряженно-деформированного состояния ограждающей конструкции с учетом недренированного

поведения слабых глинистых грунтов в условиях Санкт-Петербурга // Сер. «Строительство»: сб. ст. магистрантов и аспирантов. В 2 т. Т. 1. Вып. 6. СПб.: СПбГАСУ, 2023. С. 469–478. EDN OJNLXL.

11. Мангушев Р. А., Башмаков И. Б., Паскачева Д. А. Численное моделирование разработки котлована с учетом региональных особенностей механического поведения грунтов основания // Фундаменты глубокого заложения и проблемы геотехники территорий: материалы III Всерос. конф. с междунар. участием. Пермь, 29–31 мая 2024 г. Пермь: Пермский нац. исслед. политехн. ун-т, 2024. С. 204–217. EDN EBCSQT.

References

1. Paramonov M. V., Slivets K. V., Kravchenko P. A. *Analiz oshibok pri proektirovanii kapital'nykh remontov zdaniy na primere pamyatnika arkhitektury v Sankt-Peterburge* [Analysis of errors in the design of major repairs of buildings on the example of an architectural monument in St. Petersburg]. *Voprosy proektirovaniya i ustroystva nadzemnykh i podzemnykh konstruktсий zdaniy i sooruzheniy. Mezhvuz. temat. sb. tr.* [Issues concerning the design and locating of above-ground and underground structures of buildings and facilities. Proceedings of the Inter-university thematic conf.]. Ed. by Mangushev R. A. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2018, pp. 33–43.

2. Metelkin S. V., Paramonov V. N. *Moroznoe puchenie i ego vliyaniye na raspornuyu sistemu ograzhdayushchikh konstruktсий glubokikh kotlovanov* [Frost heaving and its influence on the spacer system of enclosing structures of deep pits]. *Izvestiya PGUPS – Bulletin of PGUPS*, 2022, vol. 19, no. 1, pp. 133–142. Available at: <https://doi.org/10.20295/1815-588X2022-1-133-142>

3. Paramonov V. N. *Gorizontaľnye smeshcheniya svay pri razrabotke kotlovana* [Horizontal displacement of piles during excavation works]. *Geotekhnika – Geoengineering*, 2018, vol. X, no. 4, pp. 46–57.

4. Mangushev R. A., D'yakonov I. P., Osokin A. I., Kalach F. N., Bashmakov I. B. *Obespechenie bezopasnogo stroitel'stva v usloviyakh plotnoy gorodskoy zastroyki istoricheskogo tsentra g. Sankt-Peterburga s ispol'zovaniem monitoringa (na primere Shuvalovskogo dvortsa)* [Ensuring safe construction in conditions of dense urban development of the historical center of St. Petersburg using monitoring (using the example of the Shuvalov Palace)]. *Geotekhnika – Geoengineering*, 2023, vol. XV, no. 4, pp. 44–59. DOI 10.25296/2221-5514-2023-15-4-44-59.

5. Polunin V. M., D'yakonov I. P., Bashmakov I. B., Bolotov D. A. *Reshenie zadachi ustanovivsheysya fil'tratsii gruntovykh vod metodom konechnykh elementov* [Solution of the problem of steady groundwater filtration by finite element method]. *Geotekhnika – Geoengineering*, 2018,

vol. XV, no. 4, pp. 6–17. DOI 10.25296/2221-5514-2023-15-4-6-17.

6. Paramonov V. N., Nabokov V. V. *Vliyanie ustroystva buronabivnykh svay pod zashchitoy obsadnoy trubyy na okruzhayushchiy massiv grunta* [Impact of bored piles arrangement under casing pipe protection on the surrounding soil mass]. *Sovremennyye geotekhnologii v stroitel'stve i ikh nauchno-tekhnicheskoe soprovozhdenie. Trudy Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf., posvyashchennoy 80-letiyu obrazovaniya kafedry geotekhniki SPbGASU (mekhaniki gruntov, osnovaniy i fundamentov LISI) i 290-letiyu rossiyskoy nauki* [Modern geotechnologies in construction and their scientific and technical support. Proceedings of the International scientific and technical conf. dedicated to the 80-th anniversary of the formation of the Department of Geoengineering of SPbGASU (mechanics of soils, foundations and foundations of LISI) and the 290-th anniversary of Russian science]. Pt. 2. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2014, pp. 34–43.

7. Belyaeva E. A., D'yakonov I. P. *Problemy proektirovaniya i stroitel'stva novykh zdaniy vblizi okruzhayushchey istoricheskoy zastroyki* [Problems of design and construction of new buildings near the surrounding historical buildings]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2021, no. 1 (84), pp. 76–82. Available at <https://doi.org/10.23968/1999-5571-2021-18-1-76-82>

8. Kudryavtsev S., Valtseva T., Bugunov S., Kotenko Z., Paramonov V., Saharov I., Sokolova N. Numerical simulation of the work of a low-settlement embankment on a pile foundation in the process of permafrost soil thawing. *Transportation soil engineering in cold regions*. Vol. 2. *Lecture Notes in Civil Engineering*, vol. 50. St. Petersburg, 2019, April 15–22. Springer Nature, 2020, pp. 73–82. Available at https://doi.org/10.1007/978-981-15-0454-9_9

9. Bashmakov I. B. *Raschetnaya otsenka NDS ograzhdeniya kotlovana v inzhenerno-geologicheskikh usloviyakh Sankt-Peterburga* [Calculation of SSS of pit fencing in geotechnical conditions of St. Petersburg].

Sovremennyye metody proektirovaniya, podzemnogo stroitel'stva i rekonstruktsii osnovaniy i fundamentov (GFAC 2024). Trudy Nats. (vseros.) nauch.-tekhn. konf. s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoy 90-letiyu kafedry geotekhniki (mekhaniki gruntov, osnovaniy i fundamentov, inzhenernoy geologii) Sankt-Peterburg, 23–25 oktyabrya 2024 g. [Modern methods of design, underground construction and reconstruction of bases and foundations (GFAC 2024). Proceedings of the National (All-Russian) scientific and technical conf. with international participation, dedicated to the 90th anniversary of the Department of Geo-engineering (mechanics of soils, foundations and foundations, engineering geology) St. Petersburg, October 23–25, 2024]. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2024, 12 p.

10. Paskacheva D. A., Bashmakov I. B. *Analiz napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya ograzhdayushchey konstruktssii s uchetom nedrenirovannogo povedeniya slabykh glinistyykh gruntov v usloviyakh Sankt-Peterburga* [Analysis of the stress-strain state of the enclosing structure, taking into account the undrained behavior of weak clay soils in the conditions of St. Petersburg]. *Seriya «Stroitel'stvo». Trudy magistrantov i aspirantov* [Series "Construction". Proceedings of undergraduates and post-graduate students]. In 2 vols. Vol. 1, iss. 6. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2023, pp. 469–478.

11. Mangushev R. A., Bashmakov I. B., Paskacheva D. A. *Chislennoe modelirovanie razrabotki kotlovana s uchetom regional'nykh osobennostey mekhanicheskogo povedeniya gruntov osnovaniya* [Numerical modeling of the pit development taking into account regional features of mechanical behavior of the base soils]. *Fundamenty glubokogo zalozeniya i problemy geotekhniki territoriy. Trudy III Vseros. konf. s mezhdunarodnym uchastiem. Perm', 29–31 maya 2024 g.* [Deep foundations and geotechnical problems of the territories. Proceedings of the III All-Russia. conf. with international involvement. Perm, May 29–31, 2024]. Perm', Permskiy nats. issled. politekhn. un-t Publ., 2024, pp. 204–217.