УДК. 624.159

© В. В. Конюшков, канд. техн. наук, доцент
© М. В. Бабаев, магистрант
© Е. А. Володкович, студентка
© Н. С. Максимова, студентка
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: v.konyushkov@yandex.ru,
babaev@inbox.ru, katherinevold@gmail.com,
esperanse1997@rambler.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2018-15-4-64-71

© V. V. Konyushkov, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
© M. V. Babaev, undergraduate
© E. A. Volodkovich, student
© N. S. Maksimova, student
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: v.konyushkov@yandex.ru,
babaev@inbox.ru, katherinevold@gmail.com,
esperanse1997@rambler.ru

УЧЕТ ОСНОВНЫХ РИСКОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

TAKING INTO ACCOUNT THE MAJOR RISKS AT CONSTRUCTION OF UNDERGROUND STRUCTURES IN CONDITIONS OF DENSE URBAN DEVELOPMENT

Рассматриваются возможные безопасные решения для нового подземного строительства с использованием современных технологий.

Ключевые слова: реконструкция, инженерные сети, зона влияния, ограждение котлована, «стена в грунте», буроинъекционные сваи, осадки фундаментов.

The article considers some possible safe solutions for construction of underground structures in conditions of dense urban development using modern technologies.

Keywords: reconstruction, engineering networks, influence zone, foundation pit enclosure, «slurry wall», drill-in piles, foundation settlement.

Описание объекта реконструкции

В соответствии с проектом реконструкции планируется выполнить демонтаж надземных конструкций здания гостиницы до фундаментной плиты. На рис. 1, 2 представлен проект реконструкции жилого комплекса с подземной автостоянкой, встроенным детским дошкольным образовательным учреждением на 60 мест и другими помещениями, такими как рестораны, бассейн и т. д. Здание состоит из 13 корпусов с высотой от двух до семи этажей. Наличие окружающей исторической застройки и имеющиеся высотные ограничения определили композицию будущего многофункционального жилого комплекса. Комплекс состоит из трех

связанных между собой дворовых пространств, характерных для исторической застройки.

Определение зон влияния (зоны риска)

Согласно требованиям нормативных документов и опыту строительства в условиях плотной городской застройки различают следующие зоны влияния [1–3] (рис. 3):

- 30-метровая зона риска от контура котлована согласно ТСН 50-302–2004;
- радиус зоны влияния, равный четырехкратной высоте котлована $4H_k = 18$ м (ограждение котлована — стена в грунте с распорками) по СП 22.13330.2016;

Рис. 1. Архитектура нового здания

- зона до 15 м, в которой здания и сооружения получают осадки более 2 см согласно опыту строительства котлованов глубиной 5...10 м;
- зона до 50 м, в пределах которой дополнительная осадка зданий соседней застройки составляет до 1 мм.

В 30-метровую зону риска попадает 16 зданий, из которых шесть находятся под охраной КГИОП. Фундаменты большинства зданий являются бутовыми ленточными на естественном основании. Техническое состояние фундаментов

большинства зданий является ограниченно работоспособным.

Коллектор и инженерные сети

Действующий коллектор расположен вдоль русла реки Карповки. По конструкции он представляет собой тоннель из тубингов с внутренней армированной железобетонной рубашкой. Общее техническое состояние строительных конструкций коллектора следует классифицировать как работоспособное.

Рис. 2. План корпусов нового здания

Рис. 3. Зоны влияния

На территории строительной площадки, помимо коллектора, описанного выше, расположены также следующие сети: газопровод, водопровод, телефонные кабели, электрические кабели, теплотрасса. Все инженерные сети, за исключением канализационного коллектора, подлежат выносу за пределы подземного пространства реконструируемого комплекса и частично демонтируются.

Транзитные сети в границах (и вне границ) земельного участка подлежат специальным мероприятиям по защите с учетом охранных зон. В качестве защиты можно использовать прокладку сетей в футлярах или бетонных каналах. Основные схемы инженерных сетей представлены на рис. 4, 5.

Анализ инженерно-геологических условий площадки

Инженерно-геологические условия площадки являются одним из основных факторов, определяющих проект реконструкции [4–6]. На данном участке грунты состоят из следующих напластований:

1. Техногенные отложения — представлены песками, супесями со строительным мусором.

Слой неоднороден по свойствам и составу, имеет мощность 1,0...3,5 м (ИГЭ 1).

2. Морские и озерные отложения — обводненные пылеватые пески мощностью 2,3...6,7 м (ml IV, ИГЭ-2, 2а, 3, 3а, 4).

3. Озерно-ледниковые отложения — представлены тиксотропными грунтами, супесями и суглинками сильнодеформируемыми (lg III б, ИГЭ-5, 6, 7).

4. Ледниковые отложения (g III lz, ИГЭ-8, 9, 10, 11, 12, 13) — представлены супесями и суглинками мощностью 8,7...13,7 м.

5. Верхнекотлинские отложения (V kt2, ИГЭ-14, 15) — представлены твердыми глинами (ИГЭ 14) мощностью 1,6...8,1 м, ниже — слоистыми твердыми глинами (ИГЭ 15).

В основании фундаментов соседней застройки преимущественно залегают пески пылеватые средней плотности, насыщенные водой. На рис. 6 приведен инженерно-геологический разрез площадки с одним из корпусов объекта нового строительства.

Технологии ограждения котлована

Ограждение котлована выполняется с помощью различных технологий (рис. 7):

- 1) моделирование существующей застройки, автодороги;

- 2) устройство ограждения котлована в соответствии с проектом;
- 3) 1-й уровень откопки котлована до отметки –2,500 м;
- 4) установка распорной системы в виде труб $\varnothing 300$ мм;
- 5) 2-й уровень откопки котлована до отметки –4,500 м, водопонижение;
- 6) устройство буровых свай $\varnothing 550$ мм до отметки –29,200 м;
- 7) возведение конструкций новых корпусов;
- 8) усиление застройки буроинъекционными сваями $\varnothing 200$ мм.

Результаты расчетов без мероприятий по усилению и с усилением представлены на рис. 8, 9 и в таблице.

В результате численного моделирования получено, что без усиления фундаменты зданий соседней застройки получают дополнительные осадки при реконструкции более предельно допустимых (порядка 30 мм). При проведении мероприятий по усилению фундаментов прогнозируемые осадки составят до 10 мм, что является допустимой величиной.

Заключение

К основным сложностям и рискам реконструкции подземного пространства в условиях стесненной городской застройки следует отнести:

- ограничения нормативных документов по архитектурно-планировочным и конструктив-

Рис. 8. Расчетный разрез 1–1 в ПК Plaxis 2D. Изолинии вертикальных перемещений U_y

Рис. 9. Расчетный разрез 1–1 в ПК Plaxis 2D с усилением застройки буроинъекционными сваями. Изолинии вертикальных перемещений U_y

Результаты расчетов

Ограждение	Максимальные значения усилий и перемещений ограждений			Категория технического состояния	Дополнительные осадки окружающей застройки S , мм		
	M , кН · м	Q , кН	U_x , мм		Допустимые	Без усиления	С усилением
1. Буросекущие сваи (слева)	596,57	61,47	13,15	3	20	28,19	6,94
2. Трубошпунт (справа)	348,16	35,92	51,55				

ным решениям зданий и сооружений в исторической части города;

- строгие требования по технике безопасности и охране труда при производстве строительно-монтажных работ в исторической части города;

- необходимость сохранения структуры тиксотропных водонасыщенных пылевато-глинистых грунтов;

- наличие исторической застройки в ограниченно работоспособном техническом состоянии с ограничением предельно допустимых дополнительных деформаций 1...2 см;

- необходимость усиления зданий, получающих осадку более предельно допустимых величин 1...2 см, в связи с этим — дополнительные финансовые затраты на эти работы;

- необходимость сохранения существующих и прокладки новых инженерных сетей и коммуникаций в зоне реконструкции.

Для обеспечения безопасного строительства и эксплуатации объекта реконструкции и зданий соседней застройки следует выполнять детальную проработку и обоснование проектного решения с учетом комплексного учета всех составляющих проектной документации: схемы планировочной организации земельного участка, сводного плана инженерных сетей, архитектурных решений, конструктивных решений, геотехнического обоснования, проекта организации строительства, проекта производства работ и других разделов проекта.

Библиографический список

1. Ильичев В. А., Мангушев Р. А. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения / под общ. ред. В. А. Ильичева и Р. А. Мангушева. 2-е изд., доп. и перераб. М.: АСВ, 2016. С. 709–717.

2. Мангушев Р. А., Никифорова Н. С., Конюшков В. В., Осокин А. И., Сапин Д. А. Проектирование и устройство подземных сооружений в открытых котлованах. М.: АСВ, 2013. С. 54–68.

3. Мангушев Р. А., Конюшков В. В., Сапин Д. А. Инженерно-геотехнические изыскания при реконструкции и новом строительстве в условиях плотной городской застройки // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 5. С. 76–83.

4. Шулятьев О. А., Мозгачева О. А., Поспехов В. С. Освоение подземного пространства городов. М.: АСВ, 2017. С. 42–44.

5. Шулятьев О. А., Минаков Д. К. Технологические осадки при устройстве стены в грунте траншейного типа // Вестник Пермского нац. исслед. политех. ун-та. Строительство и архитектура. 2017. № 3 (8). С. 41–50.

6. Мангушев Р. А., Веселов А. А., Конюшков В. В., Сапин Д. А. Численное моделирование технологической осадки соседних зданий при устройстве траншейной «стены в грунте» // Вестник гражданских инженеров. 2012. № 5 (34). С. 87–97.

7. Мангушев Р. А., Веселов А. А., Сапин Д. А. Влияние формы сечения конструкции «стена в грунте» на дополнительную осадку соседних зданий // Вестник гражданских инженеров. 2012. № 6 (35). С. 71–76.

8. Мангушев Р. А., Сахаров И. И., Конюшков В. В., Ланько С. В. Сравнительный анализ численного моделирования системы «здание–фундамент–основание» в программных комплексах SCAD и PLAXIS // Вестник гражданских инженеров. 2010. № 3 (24). С. 96–101.

9. Мангушев Р. А., Никифорова Н. С. Технологические осадки зданий и сооружений в зоне влияния подземного строительства. М.: АСВ, 2017. 168 с.

References

1. Il'ichev V. A., Mangushev R. A. *Spravochnik geotekhnika. Osnovaniya, fundamenti i podzemnye sooruzheniya* [Reference book of geotechnical engineer. Bases, foundations and underground structures]. The 2-nd edition,

revised and supplemented. Ed. by Il'ichev V. A., Mangushev R. A. Moscow, ASV Publ., 2016, pp. 709–717.

2. Mangushev R. A., et al. *Proektirovanie i ustroystvo podzemnykh sooruzheniy v otkrytykh kotlovanakh* [Design and layout of underground structures in open pits]. Moscow, ASV Publ., 2013, pp. 54–68.

3. Mangushev R. A., Konyushkov V. V., Sapin D. A. *Inzhenerno-geotekhnicheskie izyskaniya pri rekonstruktsii i novom stroitel'stve v usloviyakh plotnoy gorodskoy zastroyki* [Engineering and geotechnical investigations at reconstruction and construction in conditions of dense urban development]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo – Industrial and civil engineering*, 2016, no. 5, pp. 76–83.

4. Shulyat'ev O. A., Mozgacheva O. A., Pospelkov V. S. *Osvoenie podzemnogo prostranstva gorodov* [Development of underground space of cities]. Moscow, ASV Publ., 2017, pp. 42–44.

5. Shulyat'ev O. A., Minakov D. K. *Tekhnologicheskie osadki pri ustroystve steny v grunte transhey-nogo tipa* [Technological settlement at construction of the slurry wall of trench type]. *Vestnik Permskogo nats.issled. politekhn. un-ta. Stroitel'stvo i arkhitektura – Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Construction and Architecture*, 2017, no. 3 (8), pp. 41–50.

6. Mangushev R. A., Veselov A. A., Konyushkov V. V., Sapin D. A. *Chislennoe modelirovanie tekhnologicheskoy osadki sosednikh zdaniy pri ustroystve transhey-*

noy «steny v grunte» [Numerical simulation of adjoining development's technology settlement in process of trench slurry wall construction]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2012, no. 5 (34), pp. 87–97.

7. Mangushev R. A., Veselov A. A., Sapin D. A. *Vliyanie formy secheniya konstruktssii «stena v grunte» na dopolnitel'nuyu osadku sosednikh zdaniy* [The influence of the «slurry wall» construction section form on the extra settlement of neighboring buildings]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2012, no. 6 (35), pp. 71–76.

8. Mangushev R. A., Sakharov I. I., Konyushkov V. V., Lan'ko S. V. *Sravnitel'nyy analiz chislennogo modelirovaniya sistemy «zдание–fundament–osnovanie» v programnykh kompleksakh SCAD i PLAXIS* [Comparative analysis of numerical modeling of the “building–foundation–base” system in the programs of SCAD and PLAXIS complexes]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2010, no. 3 (24), pp. 96–101.

9. Mangushev R. A., Nikiforova N. S. *Tekhnologicheskie osadki zdaniy i sooruzheniy v zone vliyaniya podzemnogo stroitel'stva* [Technological settlement of buildings and structures in the influence zone of underground construction]. Moscow, ASV Publ., 2017, 168 p.