

УДК 624.151.2

Мирсаяпов Илизар Талгатович

доктор технических наук, профессор

E-mail: mirsayapov1@mail.ru

Нуриева Дания Мансуровна

кандидат технических наук, доцент

E-mail: danm_n@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Шакиров Ильдус Фатихович

кандидат технических наук, генеральный директор

E-mail: fsrshakirov@mail.ru

ООО НППФ «Фундаментспецремонт»

Адрес организации: 420087, Россия, г. Казань, ул. Гвардейская, д. 56

Исследование влияния реконструкции 12-ти этажного административного здания на техническое состояние зданий окружающей застройки

Аннотация

Постановка задачи. Целью исследований является определение степени влияния реконструкции многоэтажного здания с надстройкой дополнительных этажей на осадки и техническое состояние существующих зданий окружающей застройки.

Результаты. Основными результатами выполненных исследований является получение новых данных о деформациях в грунтовом основании и конструкциях зданий окружающей застройки при изменении напряженно-деформированного состояния основания в сложных инженерно-геологических условиях.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в установлении влияния реконструкции здания на окружающую застройку, результаты исследований могут быть использованы при реконструкции зданий со значительным увеличением нагрузок на грунтовое основание.

Ключевые слова: основание, свайно-плитный фундамент, напряженно-деформированное состояние, несущая способность, численное исследование.

Введение

Реконструкция здания с увеличением нагрузок на фундаменты и грунтовое основание вызывает появление дополнительных напряжений в основании близлежащих зданий и, как следствие, может вызвать их неравномерную осадку [1-7]. В связи с этим возникает необходимость оценки влияния реконструкции на техническое состояние существующих зданий окружающей застройки.

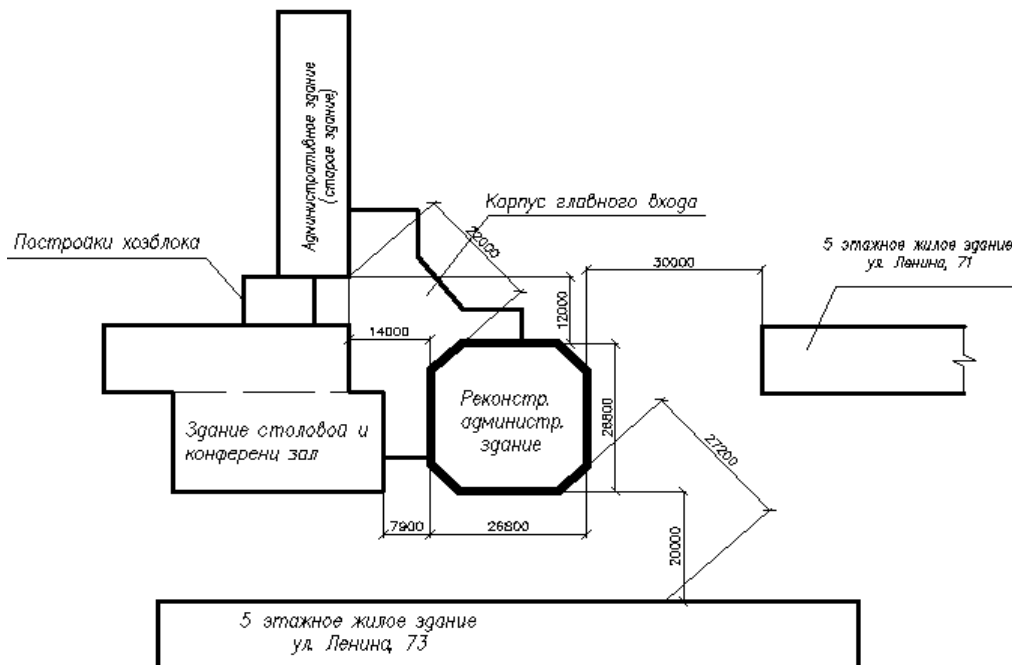
Исследуемые здания и расчетные предпосылки

Реконструируемое двенадцатиэтажное административное здание территориально расположена по улице Ленина в г. Альметьевске. Здание имеет жесткую каркасную несущую систему из монолитного железобетона, построено на свайно-плитном фундаменте. Проект реконструкции здания предусматривает надстройку дополнительных этажей и изменение конструкции фасада, что приводит к существенному увеличению нагрузки на грунтовое основание.

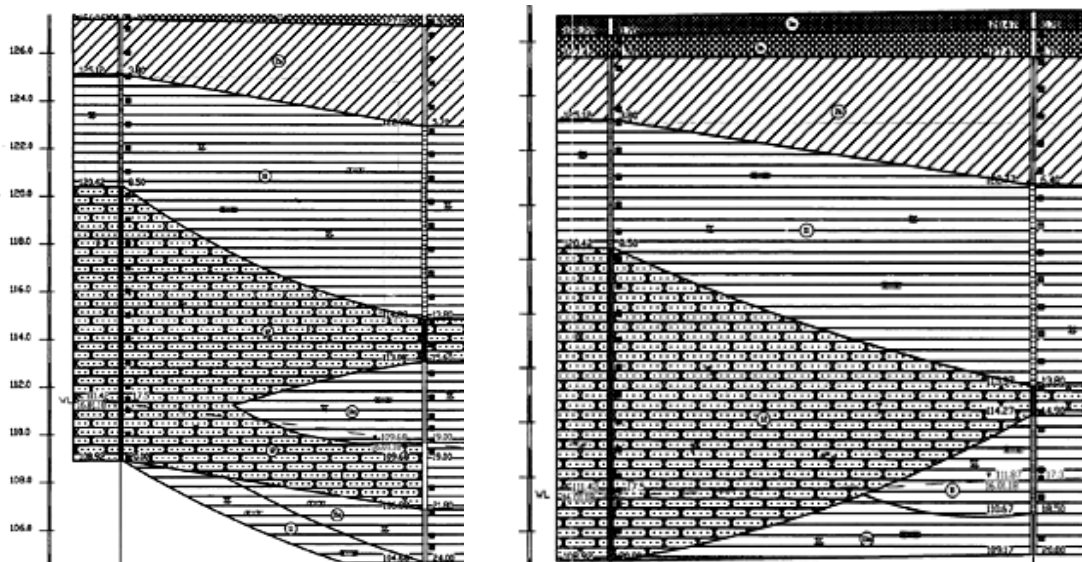
В непосредственной близости от реконструируемого здания на расстоянии 8-30 м находятся два пятиэтажных жилых дома, многоэтажное административное здание (старое) и 2-х этажное здание столовой с конференц-залом. Схема расположения строений приведена на рис. 1а.

В соответствии с СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений», при проектировании оснований, фундаментов и подземных частей реконструируемых зданий и сооружений, располагаемых на застроенной территории, необходимо выполнять геотехнический прогноз влияния строительства на изменение напряженно-

деформированного состояния окружающего грунтового массива, в том числе оснований сооружений окружающей застройки. Геотехнический прогноз выполняется с учетом вертикальной нагрузки от реконструируемых сооружений, изменения уровня грунтовых (подземных) вод, вибрационных и динамических воздействий при выполнении строительно-монтажных работ.



а)



б)

Рис. 1. Особенности строительной площадки (иллюстрации авторов): а) схема расположения зданий; б) инженерно-геологические разрезы

По результатам геотехнического прогноза должны быть определены:

- радиус зоны влияния – $r_{зв}$;
- значения дополнительных деформаций оснований и фундаментов сооружений окружающей застройки – $S_{ад}$.

Радиус влияния нового строительства $r_{зв}$ допускается ограничивать расстоянием, при котором расчетное значение дополнительной осадки основания существующего здания окружающей застройки не превышает 1 мм, за исключением расположения на границе зоны влияния зданий окружающей застройки, категория технического состояния которых предаварийная или аварийная.

Дополнительная осадка основания фундамента зданий существующей застройки S_{ad} не должна превышать предельного значения $S_{ad,у}$ устанавливаемого сводом правил СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений», т.е. необходимо выполнение условия:

$$S_{ad} \leq S_{ad,у} \quad (1)$$

Если, по результатам геотехнического прогноза, вышеуказанное условие не выполняется, рекомендуется предусматривать мероприятия, снижающие дополнительные осадки существующих зданий окружающей застройки.

Перед выполнением геотехнического прогноза было проведено техническое обследование состояния конструкций зданий окружающей застройки, расположенных в зоне влияния реконструкции административного здания. По результатам технического обследования техническое состояние этих зданий было определено как ограниченно работоспособное. Поэтому величина допустимых дополнительных осадок указанных зданий составила 1 мм. Предельно допустимые дополнительные осадки фундаментов зданий окружающей застройки ограничивались величиной 3 см, предельно допустимые относительные разности дополнительных осадок были приняты 0,0008-0,001 (согласно п. 9.34 СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений»).

Инженерно-геологические условия строительной площадки

Рассматриваемый участок местности приурочен к левобережной террасе долины р. Степной Зай, инженерно-геологические условия участка характеризуются невыдержанностью по залеганию слоев грунта по площади и глубине, неоднородностью их состава и состояния. В геологическом строении участка принимают участие аллювиально-делювиальные четвертичные отложения и верхнепермские элювиальные отложения, перекрытые на поверхности толщей техногенных отложений четвертичного возраста. Согласно данным инженерно-геологических изысканий, выполненным в 2018 году, в основании площадки залегают: техногенные насыпные грунты, распространенные по всей площадке, мощностью до 1,6 м; суглинки тугопластичные непросадочные, мощностью 2,3-4,7 м; глины верхнепермские, элювиальные, от твердой до тугопластичной консистенции, мощностью от 3,6 до 8,1 м; песчаники верхнепермские, элювиальные, низкой прочности, мощностью от 1,1 до 11,5 м. Характеристики грунтов представлены в табл. 1, характерные инженерно-геологические разрезы – на рис. 1б.

Таблица 1

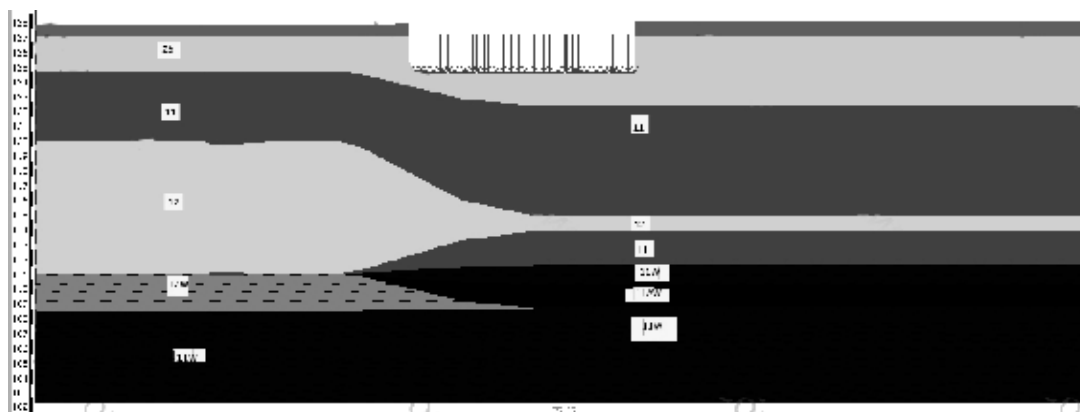
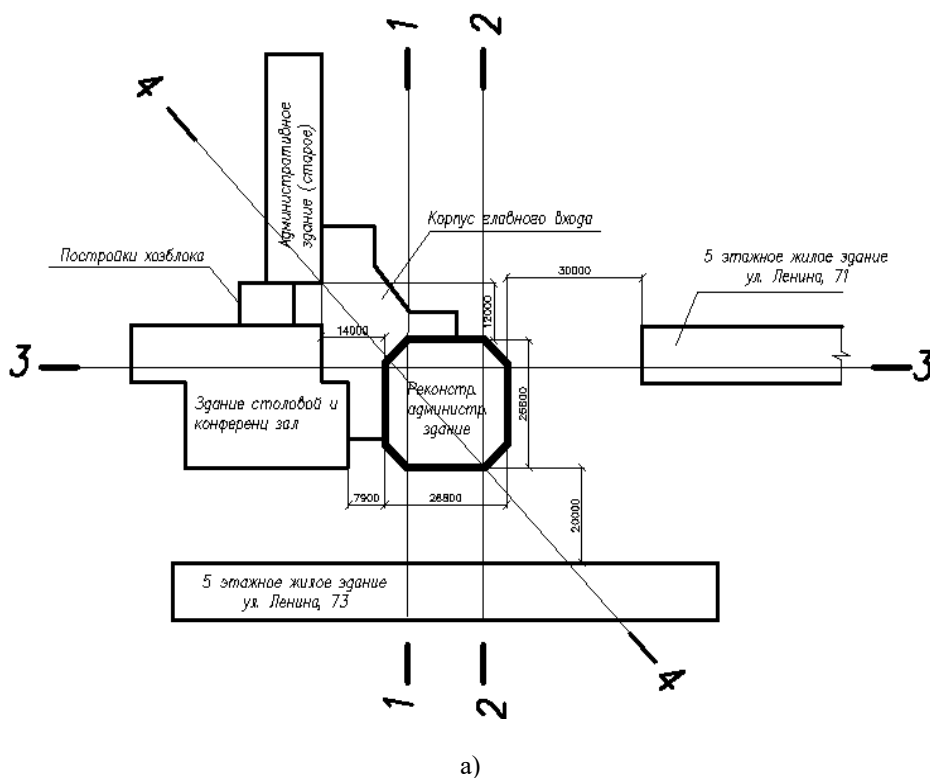
Характеристики грунтов

№ ИГЭ	Вид грунта	Плотность грунта, ρ , г/см ³	Угол внутреннего трения, ϕ , град.	Удельное сцепление, C , кПа	Модуль деформации, E , МПа
1в	Насыпной грунт суглинистый, со строительным мусором	<u>1,92</u> 1,78	<u>17,91</u> 12,98	<u>15,36</u> 10,71	<u>20,87</u> 19,99
2б	Суглинок тугопластичный, непросадочный	<u>2,02</u> 2,00	<u>13,04</u> 12,68	<u>38,25</u> 37,43	<u>15,27</u> 14,45
11	Глина, твердая, полутвердая, известковая	<u>2,03</u> 1,98	<u>16,47</u> 14,78	<u>52,58</u> 47,36	<u>39,67</u> 38,30
11а	Глина, тугопластичная, с прослоями песчаника.	<u>2,02</u> 2,02	<u>16,97</u> 17,03	<u>41,55</u> 41,48	<u>46,94</u> 43,08
12	Песчаник верхнепермский, элювиальный	<u>2,01</u> 1,97	<u>19,67</u> 17,23	<u>28,10</u> 24,53	<u>37,24</u> 36,62

Примечание: В числителе дроби даны значения характеристик грунтов в природном состоянии, в знаменателе – при полном водонасыщении.

Численные исследования влияния реконструируемого здания на окружающую застройку

Оценка влияния осадки исследуемого здания на существующую застройку для периода эксплуатации была произведена с использованием расчетного комплекса ЛИРА [8-10] на основе наиболее характерных геологических разрезов (створов). Схема расположения рассматриваемых створов показана на рис. 2а. При этом были созданы расчетные компьютерные модели, включающие специальные конечные элементы (кэ № 281-284), моделирующие работу грунта в соответствии с законом Кулона-Мора. Модели были сформированы с учетом особенностей рельефа площадки строительства и напластования грунтов. Ростверк и сваи реконструируемого здания, а так же фундаменты зданий окружающей застройки моделировались с помощью балочных конечных элементов (кэ № 2), посредством которых производилась передача нагрузки от зданий на грунтовое основание. Характерная расчетная модель представлена на рис. 2а-б.



б)



в)

Рис. 2. Характерный вид компьютерной расчетной модели (иллюстрация авторов):
 а) схема расположения расчетных створов; б) геологический разрез (створ 3–3);
 в) расчетная модель для створа 3–3

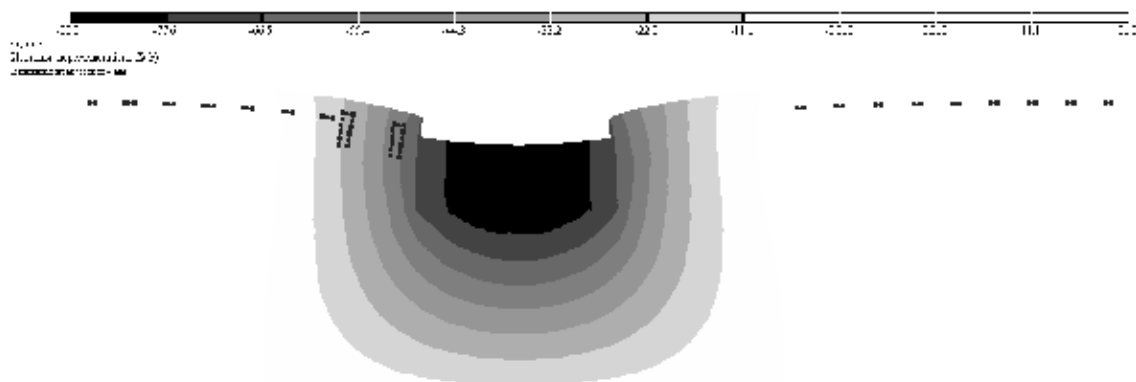
В качестве исходных параметров для конечных элементов, моделирующих работу грунта, задавались:

- модуль деформации грунта по ветви первичного нагружения;
- коэффициент Пуассона μ ;
- коэффициент перехода к модулю деформации грунта по ветви вторичного нагружения k_e (принимался равным 5 на основании СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений»);
- расчетное удельное сцепление грунта C ;
- расчетный угол внутреннего трения грунта φ ;
- предельное напряжение при растяжении (принималось равным $R_t = 0,1C$ в соответствии с рекомендациями разработчиков программы);
- расчетный удельный вес грунта γ .

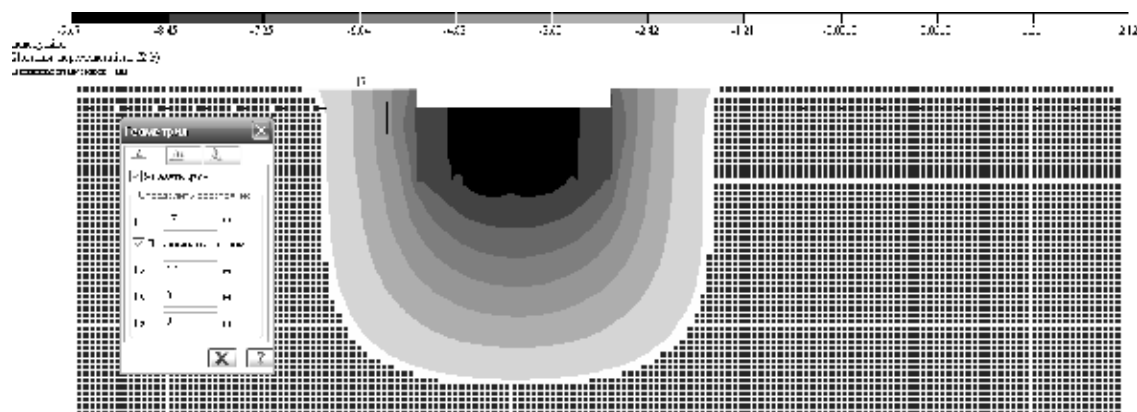
Расчетные характеристики грунтов были заданы на основании данных инженерно-геологических изысканий, представленных в табл. 1.

Нагружение моделей производилось в несколько стадий:

- 1 стадия – нагрузка от веса существующего массива грунта;
- 2 стадия – нагрузка от веса существующего здания;
- 3 стадия – нагрузка от веса надстраиваемых этажей здания и дополнительного веса новой фасадной системы.



а)



б)

Рис. 3. Характерная картина деформирования грунтов строительной площадки (иллюстрации авторов):

- а) вертикальные деформации от реконструируемого здания с учетом надстройки;
- б) дополнительные деформации после реконструкции здания и зона влияния

Дополнительные осадки под фундаментами существующих зданий от влияния реконструируемого здания определялись на стадии 3, с предварительным обнулением предыдущих перемещений узлов расчетной схемы. Предполагалось, что они давно стабилизировались. Относительная разность осадок определялась как отношение разности осадок крайних и средних фундаментов к расстоянию между этими фундаментами в соответствии с действующими нормами проектирования.

Характерная картина деформирования грунтового основания в пределах площадки строительства представлена на рис. 3, результаты расчетов сведены в табл. 2-3. Полученная расчетом зона влияния реконструируемого здания показана на рис. 4б.

Таблица 2

Дополнительные перемещения фундаментов

Здание	Номер точки	Дополнительная осадка $S_{ад}$, мм	Предельно допустимые значения, мм	Примечание
5-ти этажное жилое здание по ул. Ленина, 73	1	0,233	30	Здание вне зоны влияния
	2	0,000		
	3	0,051		
	4	0,000		
	15	0,000		
	16	0,000		
Корпус главного входа	5	5,73	30	Здание в зоне влияния, дополнительные осадки в пределах допуска.
	6	3,3		
	7	5,21		
	8	2,091		
Здание столовой	9	1,25	30	Доп. осадки в пределах допуска
	10	0,02		
Административное здание (старое здание)	11	0,368	30	Здание вне зоны влияния
	12	0,000		
5-ти этажное жилое здание по ул. Ленина, 71	13	0,931	30	Здание вне зоны влияния
	14	0,61		

Примечание: Расположение точек (рис. 4а).

Таблица 3

Относительная разность осадок фундаментов

Здание	Номер точек	Относительная разность дополнительных осадок	Предельно допустимая разность осадок, мм	Примечание
5-ти этажное жилое здание по ул. Ленина, 73	1-2	0,0001946	0,0008	В пределах допуска
	3-4	0,0000425		
	15-16	0		
Корпус главного входа	5-6	0,0004	0,001	В пределах допуска
	7-8	0,000395	0,001	
Здание столовой	9-10	0,0002015	0,001	В пределах допуска
Административное здание (старое)	11-12	0,000021	0,001	В пределах допуска
5-ти этажное жилое здание по ул. Ленина, 71	13-14	0,000535	0,001	В пределах допуска

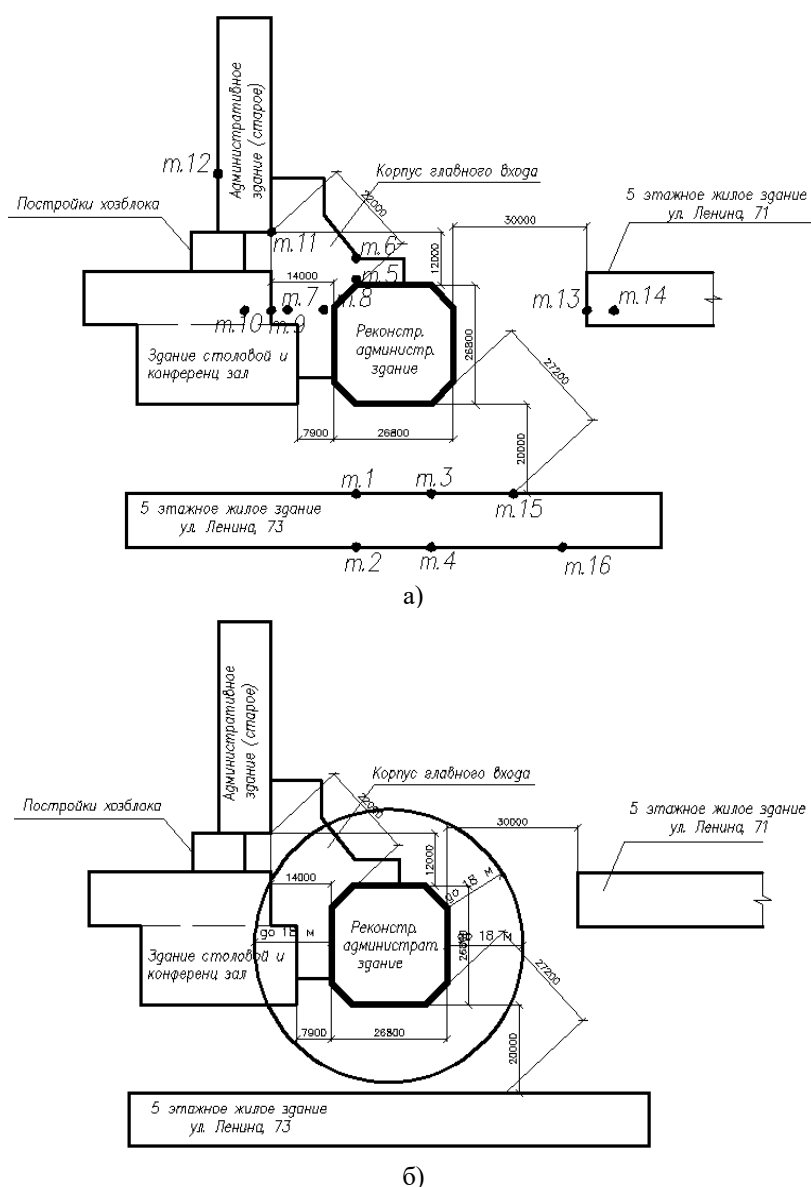


Рис. 4. Схемы к определению зоны влияния реконструируемого здания (иллюстрации авторов):
 а) схема размещения характерных точек;
 б) здания, попадающие в зону влияния реконструируемого здания

Из табл. 2-3 видно, что расчетные дополнительные осадки оснований и фундаментов зданий, расположенных вблизи реконструируемого здания, составляют от 0 до 5,73 мм, что находится в пределах допустимого значения (30 мм), а относительная разность осадок – от 0,00 до 0,0004, что также не превышает предельно допустимые значения (0,001).

Заключение

Проведенные численные исследования позволили установить, что радиус зоны влияния реконструируемого здания составляет 14-18 м от контура здания.

Расчетные дополнительные осадки зданий окружающей застройки составляют от 0 до 5,73 мм, что находится в пределах допустимых значений. Относительная разность осадок соседних фундаментов – от 0.00 до 0.0004, что также находится в пределах допусков. Следовательно, разработка дополнительных мероприятий не требуется.

Список библиографических ссылок

1. Мирсаяпов Илизар Т., Королева И. В. Прогнозирование деформаций оснований фундаментов с учетом длительного нелинейного деформирования грунтов // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2011. № 4. С. 16–23.
2. Сиразиев Л. Ф. Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния слоистых грунтовых оснований под центром штампа при кратковременных испытаниях // Инновации и инвестиции. 2018. № 11. С. 225–228.
3. Mirsayapov Ilizar T., Koroleva I. V. Experimental and theoretical studies of bearing capacity and deformation of reinforced soil foundations under cyclic loading : Proc. intern. symp., Kyoto, Japan – Computer Methods and Recent Advances in Geomechanics / Balkema. Lieden, 2014. P. 742–747.
4. Mirsayapov Ilizar T., Koroleva I. V. Bearing capacity and deformation of the base of deep foundations' ground bases : Proc. intern. symp., Seoul, Korea – Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground / Balkema. Lieden, 2014. P. 401–404.
5. Mirsayapov Ilizar T., Koroleva I. V. Strength and deformability of clay soil under different triaxial load regimes that consider crack formation // Soil Mechanics and Foundation Engineering. 2016. Volume 53. Iss. 1. P.5–11.
6. Mirsayapov Ilizar T., Koroleva I. V. Calculation models of bearing capacity and deformation of soil foundations with vertical elements reinforced under cyclic loading : Proc. intern. symp., Seoul, Korea – ICSMGE 2017 – 19th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering 2017-September, P. 2599–2602.
7. Mirsayapov Ilizar T., Koroleva I. V. Long-term Settlements Assessment of High-rise Building Groundbase Based on Analytical Ground Deformation Diagram : Proc. intern. symp., St.Petersbug; Russian Federation – ACUUS 2016 – 15th International Scientific Conference Underground Urbanisation as a Prerequisite for Sustainable Development , Volume 165, 2016. P. 519–527.
8. Городецкий А. С., Евзеров И. Д. Компьютерные модели конструкций. Киев : Факт, 2005. 344 с.
9. Городецкий А. С., Батрак Л. Г., Городецкий Д. А., Лазнюк М. В., Юсипенко С. В. Расчет и проектирование конструкций высотных зданий из монолитного железобетона. Киев : Факт, 2004. 106 с.
10. Мирсаяпов Илизар Т., Нуриева Д. М., Королева И. В. Исследование влияния строительства жилого комплекса в овраге «Галеевский» г. Казани на осадки и техническое состояние зданий окружающей застройки: сб. трудов Всероссийской научно-технической конференции – Инженерно-геотехнические изыскания, проектирование и строительство оснований, фундаментов и подземных сооружений / СПГАСУ. Спб., 2017. С. 37–41.

Mirsayapov Ilizar Talgatovich

doctor of technical sciences, professor

E-mail: mirsayapov@kgasu.ru**Nurieva Daniya Mansurovna**

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: danm_n@mail.ru**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Shakirov Ildus Fatihovich

candidate of technical sciences, associate professor, general director

E-mail: fsrshakirov@mail.ru**LLC «Fundamentalspecremont»**

The organization address: 420087, Russia, Kazan, Gvardeiskaya st., 56

The researches of the influence from 12-story administrative building reconstruction on the technical condition surrounding buildings**Abstract**

Problem statement. The purpose of research is to determine the degree of influence from multi-storey building reconstruction with adding floors on the settlements and technical condition of surrounding existing buildings.

Results. The main results of the research are to get a new data about deformations in the ground base and in the constructions of surrounding buildings while stress-strain state changing of the ground base at difficult engineering and geological conditions.

Conclusions. The significance of the obtained results for the construction industry is to find the effect from building reconstruction on the surrounding buildings, the research results can be used during buildings reconstruction with a significant loads increase on the ground base.

Keywords: foundation, pile-slab foundation, stress-strain state, bearing capacity, numerical study.

References

1. Mirsayapov Ilizar T., Koroleva I. V. Prediction of deformation of the foundation with the long-term non-linear deformation of soil // *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov*. 2011. № 4. P. 16–23.
2. Siraziev L. F. Experimental researches of the stress-strain condition of a layered soil base in the centers of a stamp during short-term tests // *Innovacii i investicii*. 2018. № 11. P. 225–228.
3. Mirsayapov Ilizar T., Koroleva I. V. Experimental and theoretical studies of bearing capacity and deformation of reinforced soil foundations under cyclic loading : Proc. intern. symp., Kyoto, Japan – Computer Methods and Recent Advances in Geomechanics / Balkema. Lieden, 2014. P. 742–747.
4. Mirsayapov Ilizar T., Koroleva I. V. Bearing capacity and deformation of the base of deep foundations' ground bases : Proc. intern. symp., Seoul, Korea – Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground / Balkema. Lieden, 2014. P. 401–404.
5. Mirsayapov Ilizar T., Koroleva I. V. Strength and deformability of clay soil under different triaxial load regimes that consider crack formation // *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 2016. Vol. 53. Iss. 1. P. 5–11.
6. Mirsayapov Ilizar T., Koroleva I. V. Calculation models of bearing capacity and deformation of soil foundations with vertical elements reinforced under cyclic loading : Proc. intern. symp., Seoul, Korea – ICSMGE 2017 – 19th International Conference on

- Soil Mechanics and Geotechnical Engineering 2017-September, P. 2599–2602.
7. Mirsayapov Ilizar T., Koroleva I. V. Long-term Settlements Assessment of High-rise Building Groundbase Based on Analytical Ground Deformation Diagram : Proc. intern. symp., SPb.; Russian Federation – ACUUS 2016 – 15th International Scientific Conference Underground Urbanisation as a Prerequisite for Sustainable Development, Vol. 165, 2016. P. 519–527.
 8. Gorodetsky A. S., Evzerov I. D. Computer models of structures. Kiev : Fact, 2005. 344 p.
 9. Gorodetsky A. S., Batrak L. G., Gorodetsky D. A., Laznyuk M. V., Yusipenko S. V. Calculation and design of structures of high-rise buildings from monolithic reinforced concrete. Kiev : Fact, 2004. 106 p.
 10. Mirsayapov Ilizar T., Nurieva D. M., Koroleva I. V. Reseches of a housing complex construction influence on the ravine «Galeevskiy» in Kazan to the settlements and technical condition of surrounding existing buildings – Engineering and geotechnical researches, design and construction subgrade, foundations and underground structures / SPGASU. Spb, 2017. P. 37–41.