

УДК 624.152.6

Мирсаяпов И.Т. – доктор технических наук, профессор

E-mail: mirsayapov1@mail.ru

Хасанов Р.Р. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: rubis.hasanov@yandex.ru

Сафин Д.Р. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: d.safin@list.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Геотехнический мониторинг здания, при реконструкции памятника истории и архитектуры

Аннотация

В статье приводятся результаты проведенного мониторинга строительных конструкций здания Шамовской больницы в г. Казани. На основании данных строительного мониторинга авторами проведен анализ развития горизонтальных и вертикальных деформаций основания здания в связи с устройством глубокого котлована в непосредственной близости от несущих стен здания. Общие деформации осадки здания рассматриваются как сумма отдельных составляющих, являющихся следствием влияния отдельных технологических этапов при строительстве подземного пристроя к зданию.

Как показали результаты мониторинга, на момент исследования значения максимальных осадок (абсолютная разность осадок) отдельных участков существующего здания, горизонтальные перемещения ограждающих конструкций котлована не превышают установленных нормативными документами предельных величин.

Ключевые слова: мониторинг, глубокий котлован, ограждающая конструкция котлована, стена в грунте, буронабивные сваи, распорная система, грунтовая берма.

Безопасная эксплуатация зданий окружающей застройки во время проведения работ по реконструкции может быть обеспечена только при надлежащем мониторинге строительных конструкций, в том числе и геодезическими методами. Периодический контроль за перемещениями и деформациями отдельных конструктивных элементов обеспечивает своевременное выявление отклонений отдельных параметров здания от нормативных значений, т.е. предотвращение возникновения аварийных ситуаций.

Такого рода мониторинг ведется и в ходе реконструкции здания Шамовской больницы в г. Казани 1908 года постройки. Архитектурный замысел реконструкции здания предполагает переоборудование здания под пятизвездочный отель с возведением 4-х этажного подземного пристроя к существующему зданию, в котором будут размещены конференц-зал, спа-комплекс, парковка, рестораны и магазины (рис. 1).

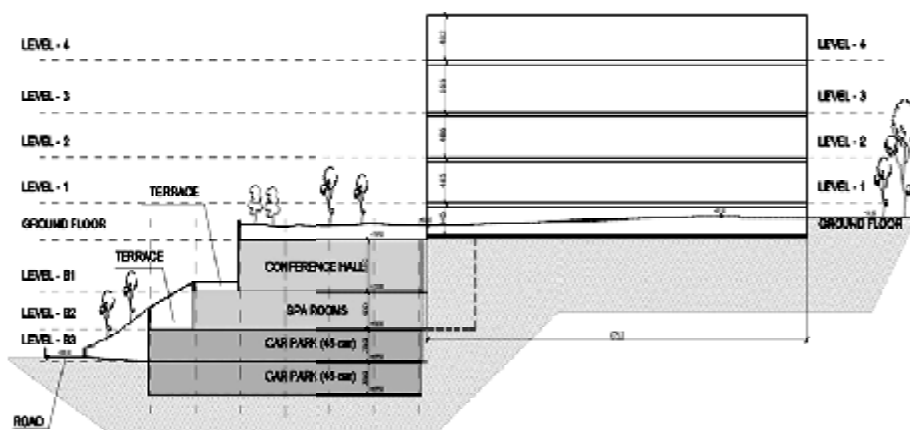
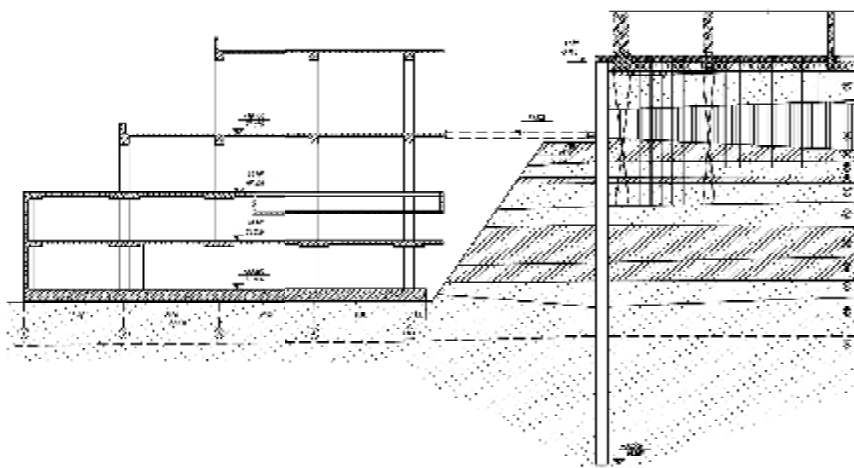


Рис. 1. Схематический разрез по зданию

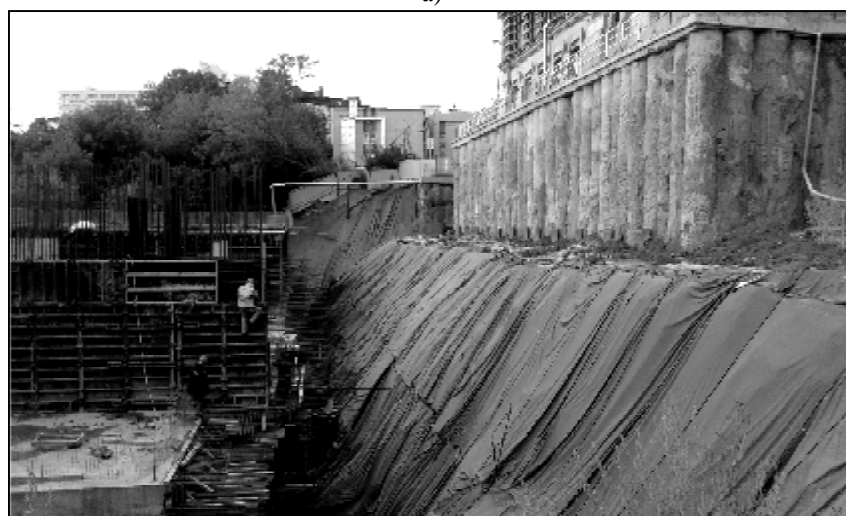
Авторами статьи для обеспечения сохранности здания Шамовской больницы в процессе реконструкции были предложены технические решения усиления оснований и фундаментов существующего здания, а также разработана конструкция подпорной стены между существующим зданием и вновь возводимым подземным пристроем в глубоком котловане. Основную опасность для существующего здания представляет то, что строительство 4-х этажного подземного пристроя ведется в котловане глубиной 20,75 м, на расстоянии всего лишь в 0,5 м от фундамента торцевой стены здания. Согласно проектному решению [1, 2, 3], глубокий котлован огражден «стеной в грунте» из буронабивных свай.

Работы по возведению пристроя ведутся строго по следующей разработанной в проекте технологической последовательности (рис. 2а):

- I этап: устройство ограждения котлована из буронабивных свай;
- II этап: разработка грунта в котловане с оставлением пригрузочных грунтовых берм вдоль «стены в грунте» для обеспечения ее устойчивости;
- III этап: частичное возведение монолитного железобетонного каркаса вплотную к пригрузочной грунтовой берме;
- IV этап: поярусная разработка грунта бермы с установкой распорных систем на уровне плит перекрытий вновь возводимого каркаса;
- V этап: поярусный демонтаж конструкций распорных систем с параллельным бетонированием плит перекрытий по схеме «снизу-вверх».



а)



б)

Рис. 2. Частичное возведение монолитного каркаса пристроя, вплотную к пригрузочной грунтовой берме:
а – проектное решение (начало IV этапа); б – ход строительства

На данный момент завершены работы по III этапу и начались работы по IV этапу разработанной технологической последовательности.

Надо отметить, что даже небольшие значения перемещения ограждающей конструкции котлована в процессе экскавации грунта могут привести к дополнительным осадкам фундаментов существующего здания. Нормами (СП 22.13330.2011) установлены следующие значения предельных деформаций осадки для зданий II-ой категории технического состояния, к которой относится реконструируемое здание: 3 см для максимальной осадки и 0,001 для относительной разности осадок.

В угловых зонах здания, примыкающих к глубокому котловану (рис. 3), для контроля вертикальных деформаций осадки в сентябре 2015 г. были установлены деформационные марки в кирпичной кладке стен. Развитие осадок по данным геодезических съемок во времени представлено на графике (рис. 4).

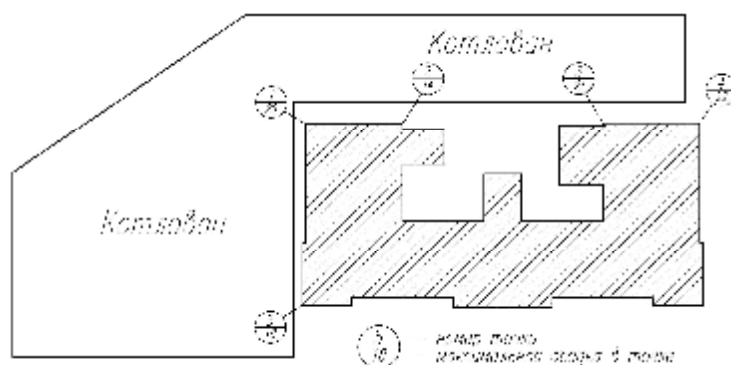


Рис. 3. Места установки деформационных марок в здании: в числителе номера точек наблюдений, в знаменателе абсолютные осадки на момент исследований

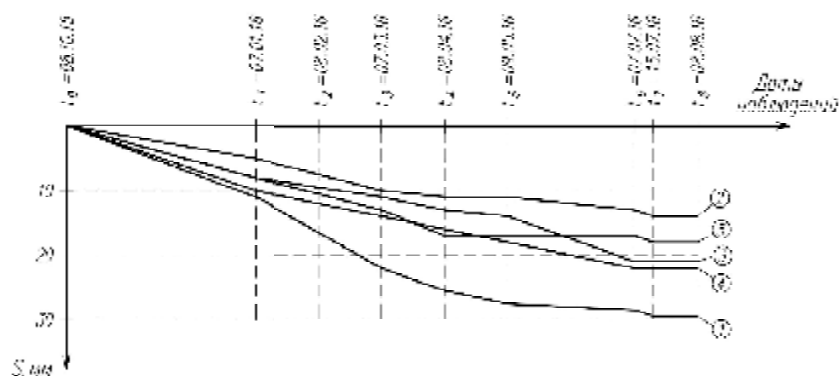


Рис. 4. Развитие дополнительных фундаментов здания осадок во времени

Как отмечалось, на момент проведения исследований на объекте строительства завершены работы по этапам I, II, III и ведутся работы по устройству верхнего яруса распорной системы на отм. -10.750 (этап IV). Проанализировав фактические сроки проведения работ и сопоставив с графиком на рис. 4 установлено следующее: период выполнения измерений $t_0 \dots t_2$ соответствует I этапу работ – устройство буронабивных свай ограждения котлована. Осадки здания на этом этапе в зависимости от местоположения точек наблюдения составили от 7,5 мм до 16,5 мм, что составляет около 54-56 % от общего значения вертикальных деформаций на момент исследований. При проведении строительного мониторинга датчиками зафиксированы неоднократные превышения показателей виброскорости на несущих конструкциях, наибольшее значения которых достигали 3,34 мм/с при допустимом значении не более 2 мм/с. Даже при слабых и умеренных вибрационных нагрузках происходит дополнительное уплотнение несвязных грунтов – явление виброкомпрессии. Непосредственно под подошвой ленточных фундаментов существующего здания [5] залегают мелкие пески мощностью до 2,5 м. Динамическое воздействие на грунт основания привело к проявлению виброползучести

грунта. Как показали измерения, в средней части здания деформации осадки меньше, чем на торцевых участках здания, что объясняется тем, что в средней части здания глубина заложения фундаментов больше на 1,8 м и эти фундаменты практически прорезают слой песка и опираются на твердые суглинки, в которых явление виброползучести проявляется в меньшей степени. Все вышесказанное позволяет заключить, что причиной возникновения деформаций в указанный период послужили воздействия динамического характера на основание здания в процессе устройстве буронабивных свай, т.е. за указанное время развивалась так называемая «технологическая осадка».

Период измерений t_2-t_4 соответствует этапу работ II – разработка грунта в котловане с оставлением пригрузочной грунтовой бермы (рис. 5).



Рис. 5. Разработка грунта в котловане

Осадки здания на этом этапе в разных точках наблюдения составили от 3,5 мм до 9,0 мм, что составляет около 25-31 % от общего значения вертикальных деформаций. Вертикальные деформации здания на этом этапе связаны с горизонтальными перемещениями ограждающей конструкции котлована, т.е. их происхождение обусловлено уменьшением пассивного давления грунта со стороны котлована при разработке грунта. Величина фактических горизонтальных перемещений стенки на данном этапе сопоставима с расчетными значениями, приведенными в [4], которые составляют 6,2 мм и в достаточной мере согласовываются теоретическими положениями [6, 7, 8, 9].

Дальнейшие осадки здания в период наблюдений $t_4...t_7$ величиной от 3,0 до 4,0 мм, что составляет около 13-21 %, вызваны горизонтальными перемещениями ограждающей конструкции котлована в силу медленно протекающего вязкопластического деформирования грунтовой пригрузочной бермы.



Рис. 6. Установка распорных конструкций из металлических труб

В период времени $t_7...t_8$ осадки здания практически стабилизировались, дополнительные вертикальные деформации контрольных точек не зафиксированы. Затухание вертикальных деформаций здания, и, соответственно, горизонтальных перемещений ограждающей конструкции котлована на этом этапе обусловлено стабилизацией напряженно-деформированного состояния пригрузочных грунтовых берм и завершением процесса консолидации, а также, вероятно, установкой верхнего ряда распорных конструкций на отм. -10.750 м с передачей горизонтальных усилий от активного давления грунта на монолитное железобетонное перекрытие возводимого монолитного железобетонного каркаса подземного пристроя (рис. 6).

Кроме деформационных марок для мониторинга развития существующих трещин в кирпичных стенах здания были установлены также и трещиномеры. Установленные выше закономерности развития осадок здания в зависимости от этапов производства работ по возведению подземного пристроя также согласуются и с динамикой раскрытия трещин. На рис. 7 приведен график раскрытия магистральной трещины в кирпичной кладке стены на участке в осях Е/4 за период ведения наблюдений. Интенсивное раскрытие ширины наблюдаемой трещины происходит за период измерений $t_0...t_4$, соответствующий этапам работ I и II – устройству буронабивных свай и разработке грунта в котловане, особенно на конечной стадии разработки грунта (период измерений $t_3...t_4$). На последующих этапах производства работ процесс раскрытия трещин развивается неинтенсивно, а в период измерений $t_6...t_8$ установилась условная стабилизация. Динамика развития трещин в достаточной мере согласовывается с графиками развития осадок (рис. 4).

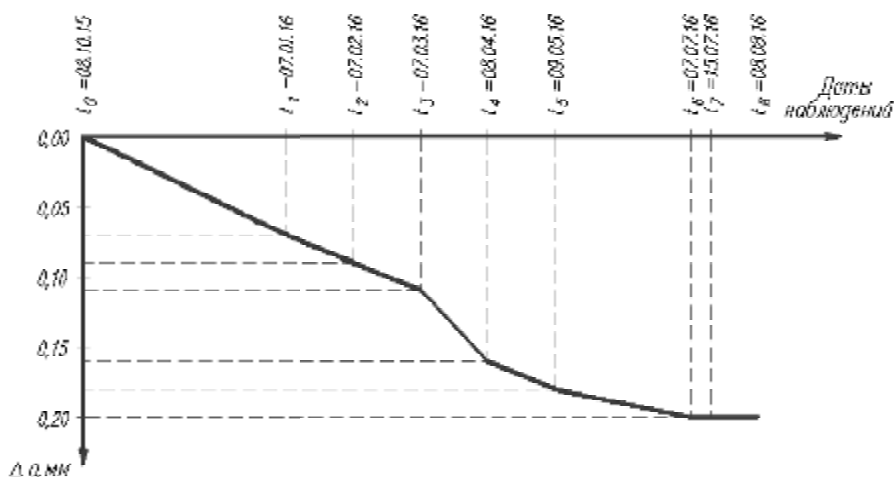


Рис. 7. График раскрытия магистральной трещины в кирпичной стене

Заключение

После комплексного анализа результатов проведенного на момент исследований мониторинга за строительными конструкциями здания и сопоставления их с расчётными величинами сделаны следующие выводы:

1. На момент проведения исследований максимальные осадки (абсолютная разность осадок) существующего здания Шамовской больницы в зонах, примыкающих к глубокому котловану, не превышают предельно допустимых величин, установленных СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений». Горизонтальные перемещения ограждающей конструкции котлована на момент исследований не превышают расчетных значений, приведенных в [4].

2. Технологическая осадка существующего здания, возникающая в процессе устройства ограждения котлована, сопоставима с величиной дополнительной осадки, возникающей из-за горизонтальных перемещений стены в процессе выемки грунта из котлована.

Список библиографических ссылок

1. Мирсаяпов И.Т., Хасанов Р.Р., Сафин Д.Р. Проектирование ограждающей конструкции глубокого котлована при реконструкции здания Шамовской больницы г. Казани // Вестник гражданских инженеров, 2016, № 1 (54). – С. 89-96.
2. Мирсаяпов И.Т., Хасанов Р.Р., Сафин Д.Р. Исследование ограждающей конструкции котлована подземного пристроя при реконструкции Шамовской больницы г. Казани // Известия КГАСУ, 2015, № 4 (34). – С. 191-199.
3. Проект реконструкции объекта: «Здание Шамовской больницы г. Казани 1908 г., архитектор К.С. Олешкевич». Раздел АС. ООО «НПФ «Рекон+». – Казань, 2015.
4. Мирсаяпов И.Т., Хасанов Р.Р., Сафин Д.Р. Ограждающая конструкция котлована и конструкции, обеспечивающие устойчивость ограждения здания Шамовской больницы (1908 г., арх. К.С. Олешкевич) РТ, г. Казань, ул. Калинина, д. 5/24. Пояснительная записка к проекту. – Казань, 2015. – 68 с.
5. Технический отчет по результатам инженерно-геологических изысканий, выполненных на объекте: «Реконструкция и строительство зданий и сооружений на территории Шамовской больницы по ул. Калинина, 5/24 в г. Казани РТ», Предприятие «МарийскТИСИЗ». – Йошкар-Ола, 2015.
6. Мирсаяпов И.Т., Хасанов Р.Р., Сафин Д.Р. Проектирование ограждения глубокого котлована жилого комплекса в условиях стесненной городской застройки // Известия КГАСУ, 2015, № 1 (32). – С. 183-191.
7. Мирсаяпов И.Т., Хасанов Р.Р. Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния гибких ограждений с распоркой в процессе поэтапной разработки грунта // Известия КГАСУ, 2011, № 2 (16). – С. 129-135.
8. Мирсаяпов И.Т., Сафин Д.Р. Экспериментальные исследования НДС грунтового массива при совместном деформировании с ограждающей конструкцией консольного типа в процессе поэтапной разработки котлована // Известия КГАСУ, 2011, № 3 (17). – С. 79-84.
9. Мирсаяпов И.Т., Королева И.В. Прогнозирование деформаций оснований фундаментов с учетом длительного нелинейного деформирования грунтов // Основания, фундаменты и механика грунтов, 2011, № 4. – С. 16-23.

Mirsayapov I.T. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: mirsayapov1@mail.ru

Khasanov R.R. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: rubis.hasanov@yandex.ru

Safin D.R. – candidate of the technical sciences, associate professor

E-mail: d.safin@list.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

**Geotechnical monitoring of the building during
the reconstruction of the monument of history and architecture****Resume**

Building of underground constructions of deep foundations, especially in the vicinity of existing structures is a very complex and demanding task. In order to timely detect the influence of underground construction on the state of the surrounding buildings practiced conducting monitoring of the construction process. The article presents an analysis of the monitoring results conducted within 12 months from the start of the underground 4-storey outhouse to the building of the former Shamovskiy hospital in the city of Kazan.

On the walls of the existing building have been installed deformation stamps, and the crack width gauges installed. Not less than once a month surveying method determines the level of deformation stamps and estimated readings of the crack width gauges.

At the time the research was completed the construction of bored pile barriering designs, developed ground, leaving a soil berms, erected part of a monolithic reinforced concrete frame of the underground 4-storey outhouse.

As shown by the results of monitoring, the development of the deformations of the existing building started long before the start of the excavation of the soil in the pit. A significant impact on the surrounding buildings in this in the first place has the technological process of construction works, namely: device bored piles of large diameter when the device of the barriering designs.

However, despite this, at the time of the study values of maximum sediment individual sections of an existing building does not exceed the limit values set by regulations.

Keywords: monitoring, deep foundation pit, barriering design, CFA piles, bored piles, spacer system, a soil berm.

Reference list

1. Issues of designing of enclosing structure of deep underground pit in the reconstruction of the Shamovskiy hospital in the city of Kazan // *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*, 2016, № 1 (54). – P. 89-96.
2. Mirsayapov I.T., Khasanov R.R., Safin D.R. Research building envelope underground pit outhouse the reconstruction of the Shamovskiy Hospital in the city of Kazan // *Izvestiya KGASU*, 2015, № 4 (34). – P. 191-199.
3. The project of reconstruction of the object: «The building of the Shamovskiy Hospital of Kazan 1908, Arch. K.S. Oleshkevich» Section QOL. Ltd «NPF «Recon +»». – Kazan, 2015.
4. Mirsayapov I.T., Khasanov R.R., Safin D.R. Walling excavation and construction of the sustainability of the building fences of the Shamovskoy Hospital (1908, Arch. K.S. Oleshkevich) RT, Kazan, ul. Kalinina, d. 5/24. The explanatory note to the project. – Kazan, 2015. – 68 p.
5. Technical report on the geotechnical surveys on the subject: «Reconstruction and construction of buildings and structures on the territory of Shamovskiy Hospital in the Kazan RT», Enterprise «MariyskTISIZ». – Kazan, 2015.
6. Mirsayapov I.T., Khasanov R.R., Safin D.R. Design fence of deep foundation pit of the residential complex in a congested urban area // *Izvestiya KGASU*, 2015, № 1 (32). – P. 183-191.
7. Mirsayapov I.T., Khasanov R.R. Experimental studies of stress-strain state of flexible barriering design with bracing in the process of the phased excavation of the soil // *Izvestiya KGASU*, 2011, № 2 (16). – P. 129-135.
8. Mirsayapov I.T., Safin D.R. Experimental surveys of deflected state of soil body consistent with rabbet in the process of graded excavation of ditch // *Izvestiya KGASU*, 2011, № 3 (17). – P. 79-84.
9. Mirsayapov I.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.