

УДК 624.138.1

С.С. ЗУЕВ¹, зам. директора (s.zuev@inbox.ru); О.А. МАКОВЕЦКИЙ², канд. техн. наук

¹ ОАО «Нью Граунд» (614081, г. Пермь, ул. Кронштадтская, 35)

² Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614019, г. Пермь, Комсомольский пр., 29)

Оценка величины технологических деформаций при устройстве грунтобетонных элементов

Производство работ по устройству подземных частей зданий и сооружений с применением струйной цементации необходимо выполнять с учетом возможного развития технологических осадок основания. Основным методом контроля развития технологических осадок является мониторинг, геодезический и аппаратный. В статье приведены опытные данные мониторинга технологических осадок в характерных геотехнических ситуациях и проведен анализ динамики их развития.

Ключевые слова: струйная цементация грунта, технологические осадки, геодезический мониторинг.

Для цитирования: Зуев С.С., Маковецкий О.А. Оценка величины технологических деформаций при устройстве грунтобетонных элементов // *Жилищное строительство*. 2017. № 9. С. 00–00.

S.S. ZUEV¹, Deputy Director; O.A. MAKOVETSKY², Candidate of Sciences (Engineering)

¹ ОАО «New Ground» (35, Kronshtadskay Street, 614081, Perm. Russian Federation)

² Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky Prospect, 614019, Perm. Russian Federation)

Evaluation of Value of Technological Deformations when Arranging Soil-Concrete Elements

Works for construction of underground parts of buildings and structures with the use of jet cementation is necessary to conduct with due regard for possible development of technological settlements of the base. The main method for control over the development of technological settlements is geodesic and hardware monitoring. The article presents the experimental data of the monitoring of technological settlements in characteristic geotechnical situations and conducts the analysis of the dynamic of their development.

Keywords: jet cementation of soil, technological settlements, geodesic monitoring.

For citation: Zuev S.S., Makovetsky O.A. Evaluation of value of technological deformations when arranging soil-concrete elements. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2017. No. 9, pp. 00–00. (In Russian).

При проектировании новых объектов в городской и промышленной застройке необходимо выполнение расчета по деформациям как новых зданий, так и существующих соседних. На процесс трансформации НДС «основание – здание – окружающая застройка» существенное влияние оказывают физико-механические характеристики грунтового массива; технология устройства котлована и ограждающей конструкции; технология подготовки искусственного основания; последовательность возведения подземной и надземной частей здания. Дополнительные осадки от строительно-технологических воздействий могут вызвать потерю устойчивости основания существующих фундаментов. Осадки этого вида вызываются вибрацией грунта, фундамента и наземных конструкций вследствие погружения свай и шпунта молотами разного типа или вибраторами; созданием вблизи строительного котлована глубже подошвы существующих фундаментов; промораживанием при зимнем ведении земляных работ; плавунным разжижением грунта под фундаментами при открытой откачке подземной воды, поступающей в котлован; отклонением шпунтовых стен котлована [1, 2].

Особое внимание следует уделять работам по преобразованию строительных свойств грунта различными методами: уплотнением грунтов трамбовками, шнековыми буронъекционными сваями, нагнетанием в грунтовое про-

странство цементного раствора под большим давлением. Пример площадки строительства с выполнением такого рода работ показан на рис. 1.

Анализ теоретических решений по оценке НДС оснований при различных технологиях устройства искусственно улучшенных оснований показывает, что при применении этих методов в грунтовом массиве развиваются остаточные деформации, увеличивается плотность, растут компоненты напряжений, которые частично релаксируются, а частично остаются [3].



Рис. 1. Работы по устройству подземной части здания в пределах существующей застройки

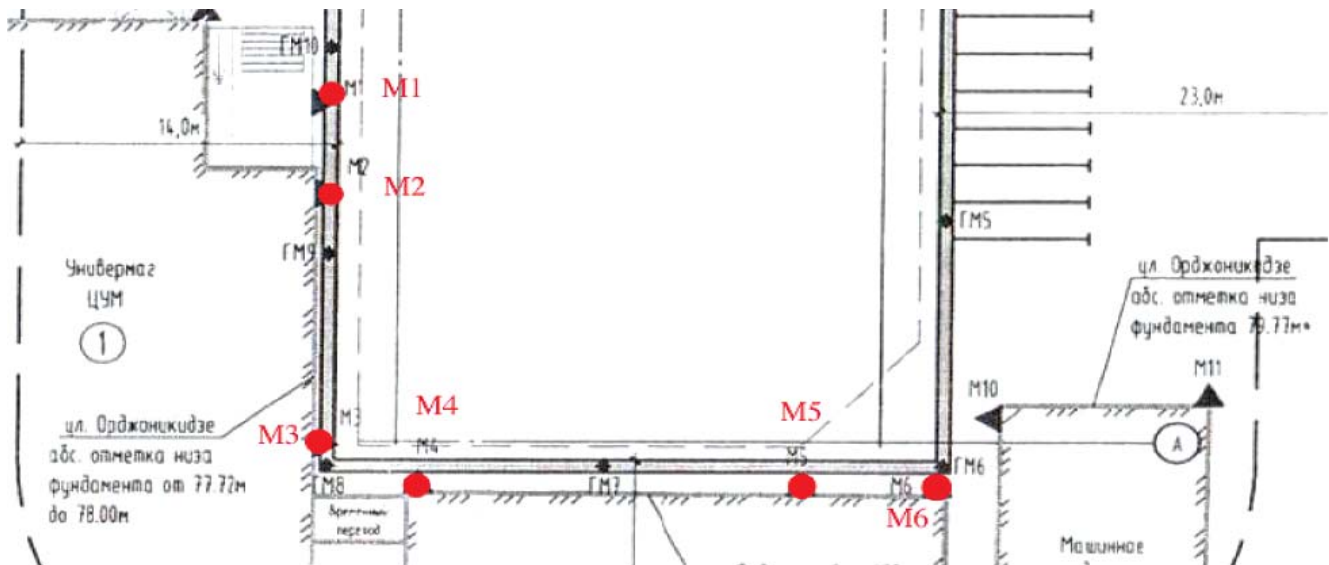


Рис. 2. Схема контрольных точек измерения вертикальных перемещений оснований при устройстве геотехнического барьера

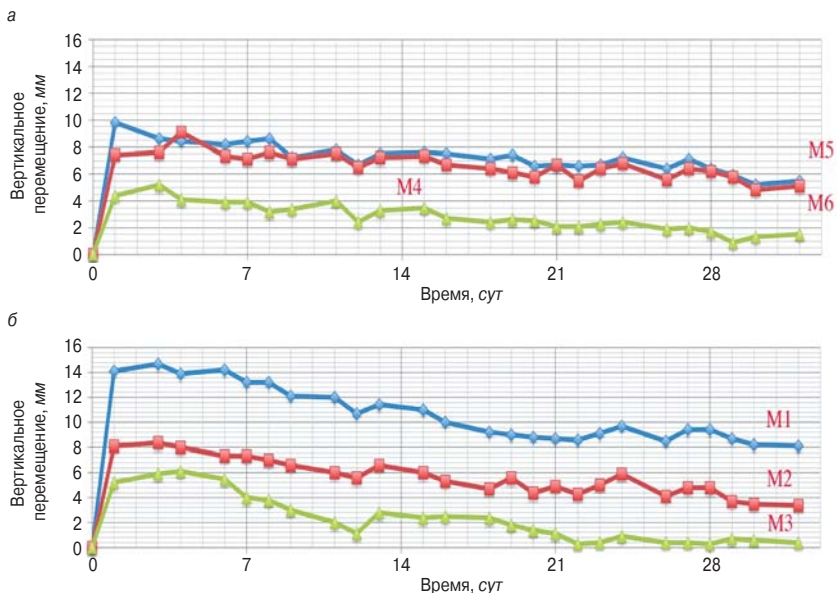


Рис. 3. Вертикальные перемещения основания отдельно стоящих фундаментов (а) и фундаментной плиты (б) при устройстве геотехнического барьера глубиной 36 м



Рис. 4. Устройство грунтобетонных элементов под существующей нагруженной фундаментной плитой

Для определения возможных условий применения струйной цементации грунта в непосредственной близости от существующих фундаментов в зависимости от характера развития и величины технологических осадок при устройстве грунтобетонных элементов выполняется геодезический и аппаратный мониторинг.

Наиболее характерные геотехнические ситуации, в которых выполнялся мониторинг процесса струйной цементации грунта, были проанализированы с учетом данных по динамике развития технологических осадок.

Технологические деформации окружающей застройки

Вертикальные перемещения определялись путем высокоточного геометрического нивелирования II класса точности с помощью цифрового нивелира Dini 03 № 708419 и с использованием инварной штрих-кодовой рейки. Точность проводимых измерений – 0,2 мм. В соответствии с указаниями Руководства [4] измерения проводились одним горизонтом в прямом и обратном направлениях способом совмещения.

Геодезический мониторинг вертикальных перемещений основания существующих зданий при устройстве грунтобетонных элементов по технологии Jet-2 был выполнен при устройстве системы геотехнических барьеров глубиной 36 м от поверхности. На стенах зданий были закреплены геодезические марки, на площадке за пределами зоны влияния выполнен грунтовый репер. Схема расположения стеновых марок приведена на рис. 2. Марки М1-М3 были закреплены на здании с отдельно стоящими фундаментами под конструкции железобетонного каркаса, марки М4-М6 – на здании с единой фундаментной плитой под конструкции железобетонного каркаса. Давление

на основе под подошвой существующих фундаментов находится в пределах 200–250 КПа.

Измерения проводились в течение 32 дней (один раз в сутки) в период проведения работ по устройству грунтобетонных элементов. Результаты измерений приведены в виде графиков развития перемещений во времени на рис. 3.

Анализ проведенных измерений показал: технологические перемещения (подъем) отдельно стоящих фундаментов составляют 5–14 мм, фундаментной плиты – 4–10 мм и не превышают предельно допустимых значений дополнительных перемещений [5] для зданий, находящихся в работоспособном состоянии. С течением времени происходит снижение дополнительных напряжений в массиве грунта, вызванных технологическим процессом, снижение перемещений и их стабилизация на уровне 55–65% от первоначальной величины. Проведенные исследования применения технологии струйной цементации грунта в непосредственной близости от существующих зданий и сооружений показывают допустимость ее использования для устройства геотехнических барьеров при проведении ежесменного геодезического контроля.

Производство работ в условиях существующих фундаментов

Для обеспечения стабилизации недопустимых осадок в основании существующих фундаментов производится армирование жесткими грунтобетонными элементами, выполненными по технологии струйной цементации грунта [6, 7, 8].

Работы выполнялись в подвале существующего здания через пробуренные в фундаментной плите технологические отверстия (рис. 4). Последовательность проведения работ по устройству грунтобетонных элементов была определена в ходе компьютерного моделирования поведения системы основание – здание с учетом образования зон ослабления и повышения жесткости относительно грунта естественно-го сложения.

Во время производства работ велся ежедневный геодезический мониторинг за вертикальными перемещениями шести контрольных марок, закрепленных на внешней поверхности цокольной части здания. Графики и динамика развития технологических осадок основания приведены на рис. 5 а, б.

Период производства работ по развитию технологических осадок можно разделить на три характерных этапа. Выполнение грунтобетонных армирующих элементов в начальный момент времени резко снизило скорость нарастания осадок (0,3–0,5 мм/сут) за счет «опрессовки» цементным раствором зоны контакта фундаментной плиты с грунтом. Затем по мере развития зон ослабления в основании при устройстве грунтобетонных элементов (нуле-

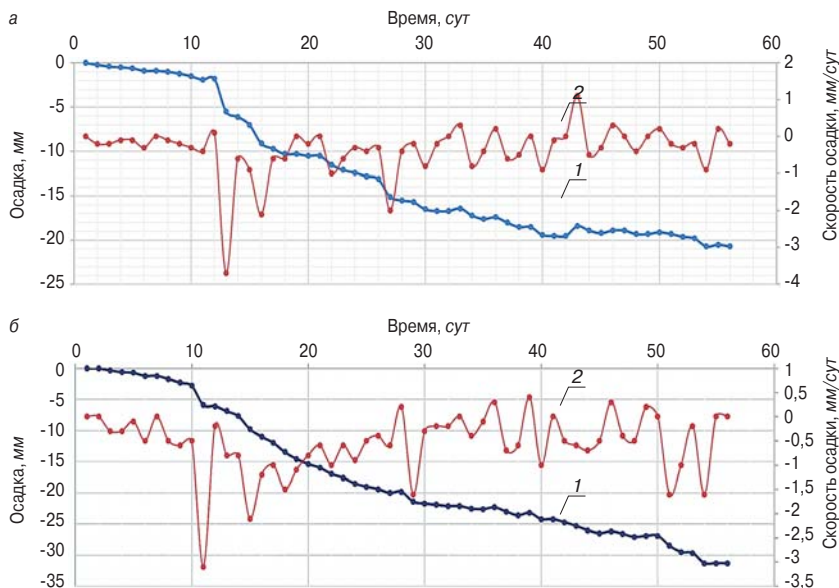


Рис. 5. Динамика развития технологических осадок при производстве работ под нагруженной фундаментной плитой: а – точка М1; б – точка М3; 1 – осадка; 2 – скорость осадки

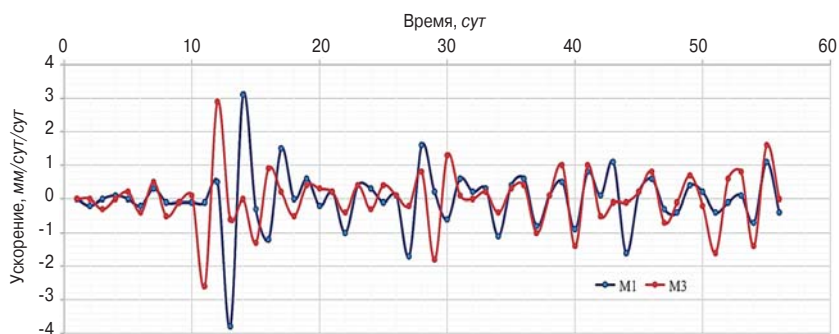


Рис. 6. Затухание технологической осадки в точках М1 и М3

вая прочность которых в течение 14 ч первичной кристаллизации приводит к развитию технологических осадок) скорость развития осадок снова возросла до 3–4 мм/сут. По мере набора прочности материалом армирующих элементов (14–28 сут) скорость развития осадок постепенно снижалась (1–1,5 мм/сут). Затем при достижении грунтобетон проектной прочности и формировании жесткой сетки внутреннего армирования основания резко упала (0,2–0,3 мм/сут), что говорит о прекращении развития процесса ползучести и стабилизации осадок. Анализ графика



Рис. 7. Работы по устройству грунтобетонных элементов в непосредственной близости от существующих конструкций

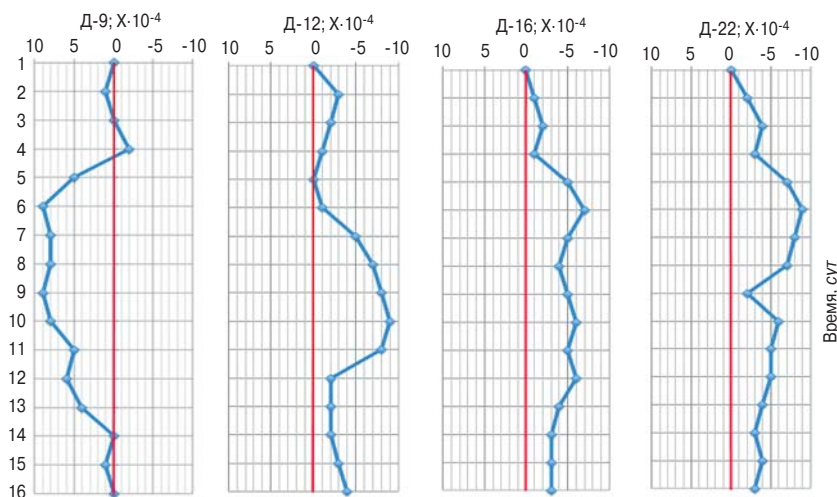


Рис. 8. Технологические деформации (относительные отклонения от вертикали) колонн Д-9, Д-12, Д-16, Д-22 при устройстве грунтобетонных элементов

развития ускорений технологических осадок показывает, что процесс их развития носит затухающий характер с постоянным снижением абсолютной величины ускорений.

Очень часто возникает вопрос сохранности существующих фундаментных конструкций при выполнении в непосредственной близости от них струйной цементации грунта.

В качестве объекта для выполнения аппаратного мониторинга рассмотрены колонны металлического каркаса промышленного здания при устройстве около них грунтобетонных элементов (рис. 7). В качестве контрольного параметра выбран угол отклонения оси колонн от вертикали.

Измерение положения (угла наклона) колонн проводилось с помощью системы мониторинга «Терем-4». Так как через уголки датчики жестко прикреплены к колоннам, по-

казания наклона датчиков соответствуют наклону колонн. Датчики были установлены на высоте ≈ 4 м от верха фундаментов колонн на приваренных к колоннам металлических уголках. Замеры значений углов наклона проводились с периодом в 1 ч. Обработка результатов (перевод углов наклона в относительный крен колонн) и построение графиков изменения крена колонн проводились с помощью программы Microsoft Office Excel. Результаты аппаратного мониторинга представлены в виде графиков на рис. 8.

За период проведения мониторинга значения величины крена колонн не превысили предельного значения – 0,002, фактические максимальные значения поперечного и продольного крена колонн за период наблюдений составили не более 0,001. Проведенные работы показали

возможность проведения работ в непосредственной близости от существующих конструкций фундаментов, что затем было подтверждено на других производственных площадках.

Проведенный анализ данных мониторинга характерных геотехнических ситуаций показал, что влияние, оказываемое технологическим процессом струйной цементации грунта на основание, требует постоянного контроля – определения необходимой последовательности выполнения работ и мониторинга за развитием технологических осадок основания. В этом случае величина дополнительных технологических осадок основания находится в допустимых пределах и не вызывает снижения механической безопасности и эксплуатационной надежности зданий и сооружений.

Список литературы

1. Астраханов Б.Н. Тенденции развития технологии устройства ограждения котлованов в условиях плотной городской застройки // *Основания, фундаменты и механика грунтов*. 2002. № 4. С. 4–8.
2. Мангушев Р.А., Никифорова Н.С. Технологические осадки зданий и сооружений в зоне влияния подземного строительства. М.: АСВ, 2017. 168 с.
3. Тер-Мартirosян З.Г., Тер-Мартirosян А.З. Некоторые проблемы подземного строительства // *Жилищное строительство*. 2013. № 9. С. 2–5.
4. Руководство по наблюдениям за деформациями оснований и фундаментов зданий и сооружений. М.: Стройиздат, 1975. 156 с.
5. Разводовский Д.Е. Допустимые деформации существующей застройки // *Вестник НТЦ «Строительство»*. 2017. Вып. 13. С. 106–121.
6. Маковецкий О.А., Зуев С.С., Хусаинов И.И. Обоснование применения искусственного основания «структурный геомассив» // *Жилищное строительство*. 2016. № 9. С. 23–27.
7. Karol Reuben H. Chemical grouting and soil stabilization. American Society of Civil Engineers, 2003. 536 p.
8. Henn Raymond W. Practical guide to grouting of underground structures/American Society of Civil Engineers, 1996. 200 p.

References

1. Astrakhanov B.N. Tendencies of development of technology of the device of a protection of ditches in the conditions of dense urban development. *Osnovaniya, fundamenti i mekhanika gruntov*. 2002. No. 4, pp. 4–8. (In Russian).
2. Mangushev R.A., Nikiforova N.S. Technological rainfall of buildings and constructions in a zone of influence of underground construction. Moscow: ASV, 2017. 168 p.
3. Ter-Martirosyan Z.G., Ter-Martirosyan A.Z. Some problems of underground construction. *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing construction]. 2013. No. 9, pp. 2–5. (In Russian).
4. Guide to observations of deformations of the bases and bases of buildings and constructions. Moscow: Stroyizdat, 1975. 156 p.
5. Razvodovsky D. E. Admissible deformations of the existing building//the Bulletin of STC Stroitelstvo. 2017. V. 13, pp. 106–121. (In Russian).
6. Makovetsky O.A., Zuev S.S., Khusainov I.I. Justification of application of the artificial basis «structural geomассив». *Zhilishchnoe stroitel'stvo* [Housing construction]. 2016. No. 9, pp. 23–27. (In Russian).
7. Karol Reuben H. Chemical grouting and soil stabilization. American Society of Civil Engineers, 2003. 536 p.
8. Henn Raymond W. Practical guide to grouting of underground structures. American Society of Civil Engineers, 1996. 200 p.