

УДК 624.159.4

О.А. МАКОВЕЦКИЙ<sup>1</sup>, канд. техн. наук,  
С.С. ЗУЕВ<sup>2</sup>, заместитель генерального директора (s.zuev@inbox.ru)

<sup>1</sup> Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15)

<sup>2</sup> ОАО «НЬЮ ГРАУНД» (614081, г. Пермь, ул. Кронштадская, 35)

## Усиление фундаментов строящегося здания струецементными сваями на Рязанском проспекте в г. Москве

*В геотехническом строительстве часто встречаются ситуации, когда в ходе строительства и эксплуатации зданий и сооружений изменяются (повышаются) нагрузки на существующие фундаменты. В этом случае требуется выполнение грамотного прогноза развития геотехнической ситуации и принятие мер по усилению фундаментов. Опыт действий в такой ситуации приведен в данной публикации. В связи с изменением назначения здания и его этажности увеличился комплекс нагрузок на фундаментную конструкцию. Существующие фундаментные плиты не обеспечивают требуемого характера распределения напряжений на грунтовое основание и нормативную величину разности осадок, поэтому принято решение усилить существующих фундаментов сваями, выполняемыми по технологии струйной цементации грунта.*

**Ключевые слова:** механическая безопасность, геотехнический прогноз, высоконагруженные сваи, струйная цементация грунта.

О.А. MAKOVETSKY<sup>1</sup>, Candidate of Sciences (Engineering), S.S. ZUEV<sup>2</sup>, engineer (s.zuev@inbox.ru)  
<sup>1</sup> Perm National Research Polytechnic University (15, Bukireva Street, 614990, Perm, Russian Federation)  
<sup>2</sup> ОАО «New Ground» (35, Kronshtadskaya Street, Perm, Russian Federation)

### Foundation Underpinning of a Building under Construction with Jet Grouting Piles in Ryazansky Avenue in Moscow

In geotechnical construction, quite frequent are situations when during the construction and operation of buildings and structures the loads on the existing foundations change (increase). In this case a competent forecast of geotechnical situation development and adoption of measures for strengthening foundations are necessary. The experience of actions in such a situation is presented in this article. In connection with the change in functions of the building and in the number of storeys in it a complex of loads on the foundation structure has increased. Existing foundation slabs don't ensure the required character of stress distribution on the earth foundation and normative value of difference in sediments, that's way it is decided to strengthen the existing foundations with piles executed according to the technique of soil jet grouting.

**Keywords:** mechanical safety, geotechnical forecast, high load piles, jet grouting of soil.

Характеристика объекта. Неоконченное строительством здание многофункционального делового комплекса расположено по адресу: Москва, Рязанский пр. 20. Габаритные размеры здания 128×96 м. Основные несущие конструкции – монолитные железобетонные. Колонны расположены по сетке 8×8 м. В качестве фундамента здания устроена монолитная железобетонная плита толщиной от 500 до 1000 мм.

В настоящее время существует подземный этаж здания и часть надземного этажа.

В геологическом строении площадки строительства принимают участие четвертичные техногенные и аллювиальные отложения. Литологическое строение площадки: насыпные грунты мощностью 2,8–3,5 м; пески мелкой и средней крупности, вскрытая мощность 15,2–18,3 м. Грунтовые

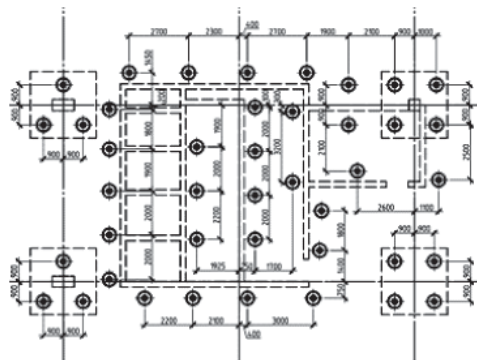


Рис. 1. Фрагмент плана свайного поля

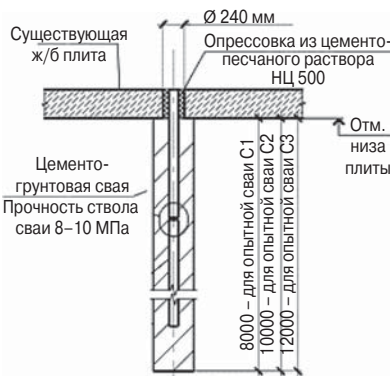


Рис. 2. Характерное сечение со свай

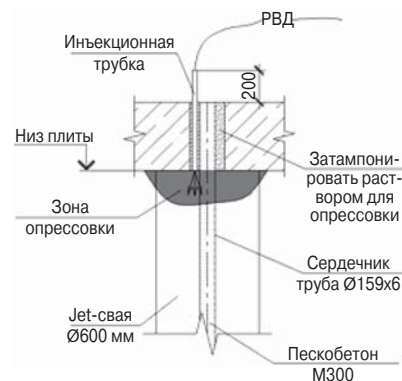


Рис. 3. Опресовка оголовка сваи



Рис. 4. Проходка технологического отверстия



Рис. 5. Выполнение грунтобетонной сваи

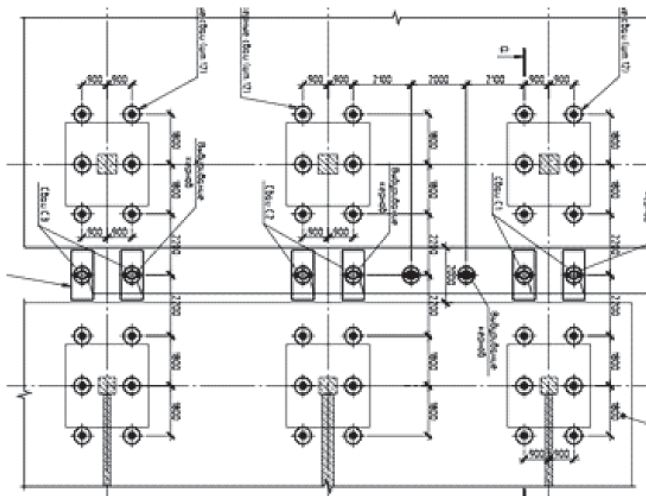


Рис. 6. Схема проведения испытаний

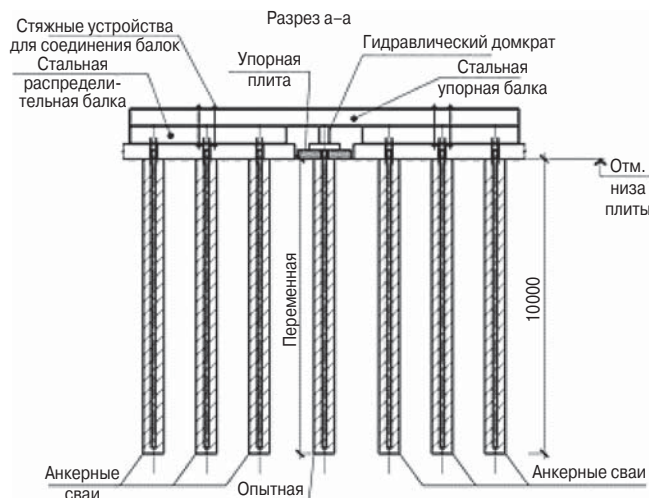


Рис. 7. Схема нагружающей системы



Рис. 8. Монтаж нагружающей системы



Рис. 9. Проведение статических испытаний

воды встречены в слое песков средней крупности на глубине 7,7–7,8 м от поверхности.

**Геотехническая ситуация.** В связи с изменением назначения здания и его этажности увеличился комплекс нагрузок на фундаментную конструкцию. Существующие фундаментные плиты не обеспечивают требуемого характера распределения напряжений на грунтовое основание и нормативную величину разности осадок. Принято решение выполнить усиление существующих фундаментов сваями, выполняемыми по технологии струйной цементации

грунта (Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения / Под общей ред. В.А. Ильичева и Р.А. Мангушева. М.: АСВ, 2014.). На рис. 1 представлен фрагмент свайного поля усиления; на рис. 2 характерное сечение с конструкцией усиления. Общее количество свай усиления 1070 шт. Нагрузка на одну сваю 2000–2200 кН. Проектная длина сваи 10 м.

**Техническое решение.** В местах устройства свай усиления в существующей фундаментной плите устраиваются сквозные технологические отверстия диаметром 240 мм.

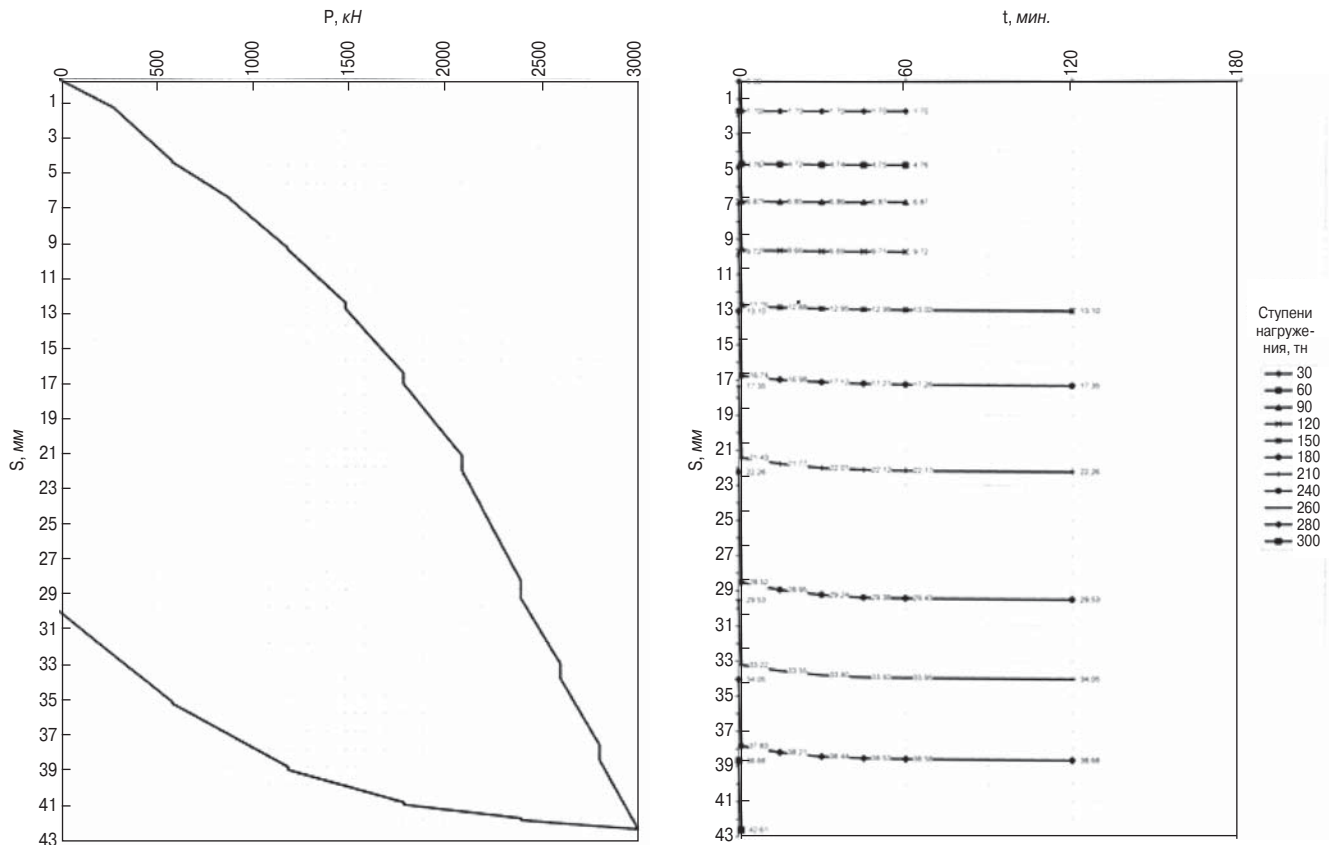


Рис. 10. Результаты статических испытаний сваи длиной 8 м: а – осадка – нагрузка; б – осадка – время

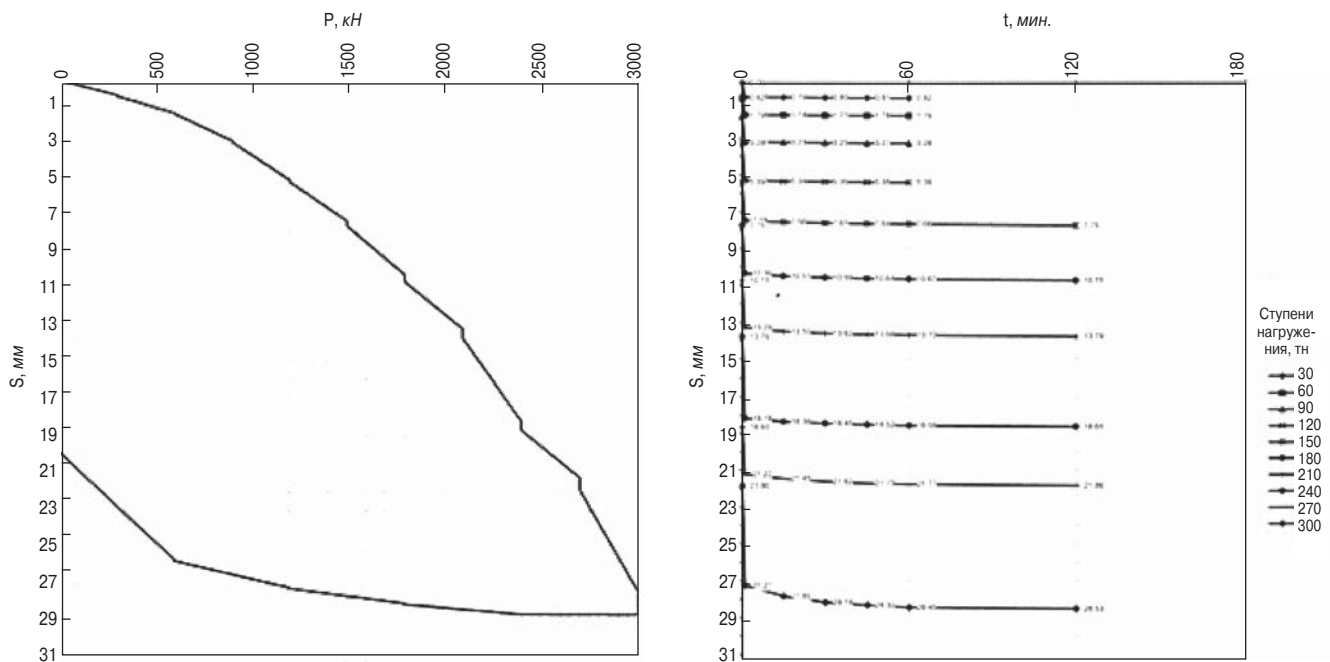


Рис. 11. Результаты статических испытаний сваи длиной 10 м: а – осадка – нагрузка; б – осадка – время

Бурение производится алмазными коронками станком HILTI DD-200; общая длина бурения 898 п. м.

Сваи выполняются буровой установкой Beretta T-43 по схеме «Jet-1», с расходом цемента 350–450 кг на 1 п. м. Расчетный диаметр сваи 600 мм. Для восприятия осевой вдавливающей нагрузки сваи армируются центральным сердечником – труба 159×6 мм, нижнее сечение трубы заглушено, после погружения сердечника он заполняется пескобе-

тоном М300. Пространство между сердечником и фундаментной плитой чеканится бетоном на мелком заполнителе. После набора прочности оголовки сваи опрессовываются цементно-песчаным раствором НЦ-500, под давлением 20 МПа, для обеспечения совместной работы конструкции усиления с существующим фундаментом (рис. 3–5).

**Геотехнический мониторинг.** Существует скептическое мнение о возможности использования грунтобетонных



элементов в качестве высоконагруженных свай. В связи с этим для подтверждения обоснованности принятого технического решения проведены статические испытания свай вдавливающей нагрузкой. Была выполнена серия испытаний свай длиной 8; 10; 12 м. Схема проведения испытаний показана на рис. 6, 7; ход испытаний на рис. 8, 9.

В качестве силовой конструкции использовалась сборная 12-метровая стальная балка индивидуального изготовления. В качестве анкерной системы выполнены шесть грунтобетонных свай длиной 10 м с сердечником из металлической трубы. Балка соединялась с анкерными сваями через опорные узлы, выполненные на сварке.

Вдавливающая нагрузка на сваю передавалась через опорную плиту с помощью двух гидравлических домкратов ДГ-200. Величина усилия контролировалась по давлению в гидравлической системе, согласно тарифовочной зависимости. Вертикальные перемещения фиксировались с помощью прогибомеров 6ПАО.

Предельная нагрузка для испытаний была принята – 3000 МПа; степень нагружения – 300 кН. За критерий условной стабилизации деформаций принята скорость развития деформаций – 0,1 мм за 2 ч. За критерий достижения несущей способности свай – развитие абсолютной осадки, пре-

вышающей 40 мм. Требуемую по проекту несущую способность показали сваи длиной 10 и 12 м. Результаты испытания свай длиной 8 и 10 м приведены на рис. 10, 11.

Таким образом экспериментально подтверждена возможность использования грунтобетонных элементов в качестве высоконагруженных свай, работающих на вдавливающую нагрузку. Требуемая несущая способность сваи обеспечена как по грунту, так и по прочности конструктивно-го элемента.

**Заключение.** Методы полевого контроля получаемых характеристик грунтобетонных элементов разработаны и опробованы на ряде аналогичных объектов [1]. Но наиболее показательным методом контроля являются натурные испытания, подтверждающие правильность принятых инженерных решений и качество выполненных работ по усилению существующих фундаментных конструкций.

Рассмотренный метод обеспечения геотехнической безопасности зданий и сооружений при помощи устройства дополнительных грунтобетонных свай, положения проектирования, производства работ и контроля их качества являются одной из основных составляющих разрабатываемого в настоящее время технического регламента на применение технологии струйной цементации грунта.

#### Литература

1. Маковецкий О.А., Зуев С.С., Хусаинов И.И. Применение струйной цементации для устройства подземных частей комплексов // *Жилищное строительство*. 2013. № 9. С. 10–14.

#### References

1. Makovetsky O.A, Zuyev S.S., Khusainov I.I. Application of jet cementation for the device of underground parts of complexes. *Zhilishhnoe stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2013 . No. 9, pp. 10–14. (In Russian).