

УДК 624.138.4

Прокопов А.Ю., проф., д.т.н., Писарев В.Д., студ.

*Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону, Россия*

Проколова М.В., доц., к.т.н., *Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону, Россия*

## **АНАЛИЗ ПРЕИМУЩЕСТВ И ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИИ УСИЛЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ ГЕОПОЛИМЕРНЫМИ СОСТАВАМИ**

С каждым годом объем работ по закреплению грунтов оснований инъекционными растворами возрастает. На сегодняшний день большое количество зданий и сооружений подвержены неравномерным осадкам. Существует огромное количество факторов, отрицательно влияющих на несущую способность грунтов, а именно:

- замачивание грунтов основания техногенными или поверхностными атмосферными водами;

- выполнение земляных работ в непосредственной близости от подошвы фундамента, при этом негативно сказывается на состоянии конструкции не только выемка грунта ниже уровня подошвы фундамента, но негативные последствия могут возникать и при неполной выемке, когда убирается только пригрузочная толща грунта или её часть;

- ошибки при строительстве, когда фундамент закладывается на разной глубине без соответствующих проектных решений;

- основанием здания является недостаточно исследованный грунт, в котором есть пласты со значительно отличающимися механическими характеристиками, при этом под фундаментом возникают неравномерные осадки, которые ведут к деформациям конструкций здания;

- распространены случаи, особенно в условиях плотной городской застройки, когда причиной трещин в стенах является воздействие динамической или вибрационной нагрузки в непосредственной близости от здания;

- часто распространенное в индивидуальном жилом строительстве отсутствие инженерно-геологических изысканий для проектирования, в результате чего непосредственно под подошвой фундамента оказываются разные инженерно-геологические элементы, существенно различающиеся деформационными и прочностными характеристиками.

При возникновении подобных деформаций и разрушений необходимо укрепление грунтов основания различными методами и составами [1 – 5].

Инъекционное закрепление грунтов применяется в практике уже почти два столетия. К середине XX века были отработаны рецептуры и технологии закрепления, однако они касались, в основном, хорошо проницаемых грунтов.

---

Выдвигаемые в настоящее время во всем мире строгие экологические требования существенно сужают номенклатуру химических реагентов, закачиваемых в грунты. Это заставляет пересмотреть подходы к проектированию параметров закрепления.

Наибольшего эффекта можно добиться с помощью усиления грунтов основания полимерными расширяющимися смолами. Данный метод в последнее время в России набирает популярность, однако, данная технология успешно применяется во всем мире более 30 лет. Методы глубокопочвенного и поверхностного инъецирования представляют собой процесс увеличения несущей способности грунтов оснований, путем нагнетания геополимерных смол, которые расширяются, сжимают и уплотняют грунт.

При выполнении работ этим методом производится нагнетание расширяющегося геополимерного композита в массив грунта под давлением более 10 МПа. Для производства работ используют специально разработанные для усиления грунтов расширяющиеся смолы, которые являются результатом 30-летних исследований и разработок. Их вводят в жидком состоянии через инъекторы диаметром 12 мм. Такой небольшой диаметр инъекторов позволяет выполнять инъецирование непосредственно под подошву фундамента, при этом не нарушая его конструкцию, кроме того, упрощается процесс установки инъекторов в более глубокие слои грунта. После установки инъекторов происходит последовательное послойное инъецирование в направлении сверху вниз. При инъецировании происходит значительное уплотнение грунта и армирование его элементами повышенной жесткости. Благодаря тому, что затвердевание расширившейся смолы происходит в течение нескольких секунд появляется возможность контролировать распространение материала по массиву грунта и выполнять усиление точно, т.е. именно в тех местах, где это необходимо. Важным фактором является то, что работа производится без загрязнений и возможно выполнение работ небольшими захватками в условиях эксплуатируемого объекта.

Рассмотрим на конкретном примере основные преимущества и особенности закрепления грунта основания геополимерными составами.

Объект – здание станции обезжелезивания с насосными станциями 2-го подъема без подвала, имеет прямоугольную форму в плане с размерами в осях 34,8×9,0 м. В объемно-планировочном отношении здание – однопролетное с величиной пролетов 9,0 м.

Наибольшая высота здания в осях 1-2/1, А-Б – 7,70 м и в осях 2/1-3, А-Б – 4,50 м. Территория площадки возле здания выравнена, спланирована. Конструктивная схема здания – жесткая с несущими стенами, пространственная жесткость обеспечивается продольными и поперечными стенами, дисками перекрытий и покрытия.

Фундамент в осях 1-2/1, А-Б – ленточный, выполнен из сборных плит с шириной подошвы 1000 мм. Подошва фундамента залегает на отм. -1,300 м.

Стены фундамента выполнены из фундаментных блоков сечением 600(h)×400 мм.

Фундамент в осях 2/1-3, А-Б – плитного типа, выполнен из монолитного железобетона. Подошва фундамента залегает на отм. -3,900 м.

Перекрытия представляют собой сборные железобетонные плиты перекрытия, опирающиеся на армированный монолитный пояс.

Наружные стены выполнены из газосиликатных блоков толщиной 400 мм с обшивкой сэндвич-панелями.

За отм. 0,000 принята поверхность чистого пола 1-го этажа.

При проведении визуального обследования выявлены наклонные трещины в несущих стенах здания. Выявленные деформации свидетельствуют о неравномерной осадке конструкции фундамента [6].

В результате бурения технических скважин с отбором монолитов и проведенными лабораторными исследованиями установлено, что основанием фундаментов служит слой ИГЭ-2 – элювий мела зоны бесструктурного элювия коры выветривания. В водонасыщенном состоянии грунт обладает пластичными свойствами и аналогичен глинистому грунту. Грунтовые воды вскрыты на глубине 6,1 м.

Для уточнения и детализация геолого-литологического строения и принятия оптимальных проектных решений по устранению причин деформации конструкций здания грунтов были выполнены дополнительные инженерно-геологические изыскания методом динамического зондирования по периметру здания [7].

По результатам динамического обследования был построен геологический разрез по скважинам на котором наглядно отражена разница деформационных характеристик на смежных участках здания (рис. 1).

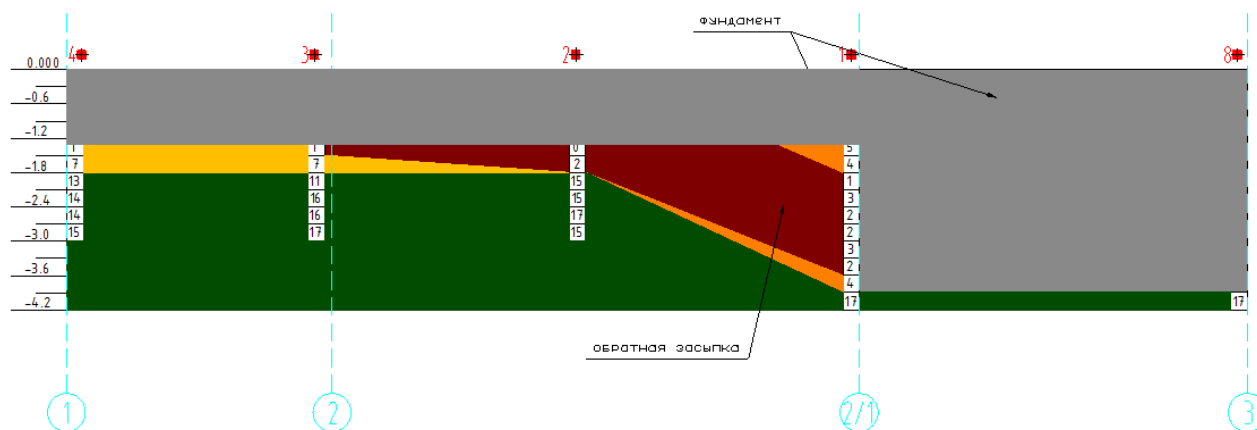


Рис. 1. Геологический разрез, построенный по результатам динамического зондирования основания

Существующая разница на смежных участках здания – это следствие некачественной обратной засыпки (недостаточное уплотнение) пазух котлована после возведения плитного фундамента. Дополнительное влияние на

образование ослабленных слоев грунта оказывает замачивание, вызванное утечками из рядом расположенного резервуара с технической водой емкостью 2500 м<sup>3</sup>.

Для стабилизации неравномерной осадки и предотвращения развития трещин потребовалось выполнить работы по укреплению грунтов основания. Оптимальным методом усиления для данного типа грунтов является нагнетание расширяющейся смолы. Исходя из степени разуплотнения грунта, на различных участках было запроектировано инъецирование смол в 1, 2 или 3 уровня по глубине [8], что позволило создать основание с равномерными деформационными характеристиками и предотвратить дальнейшие неравномерные осадки (рис. 2).

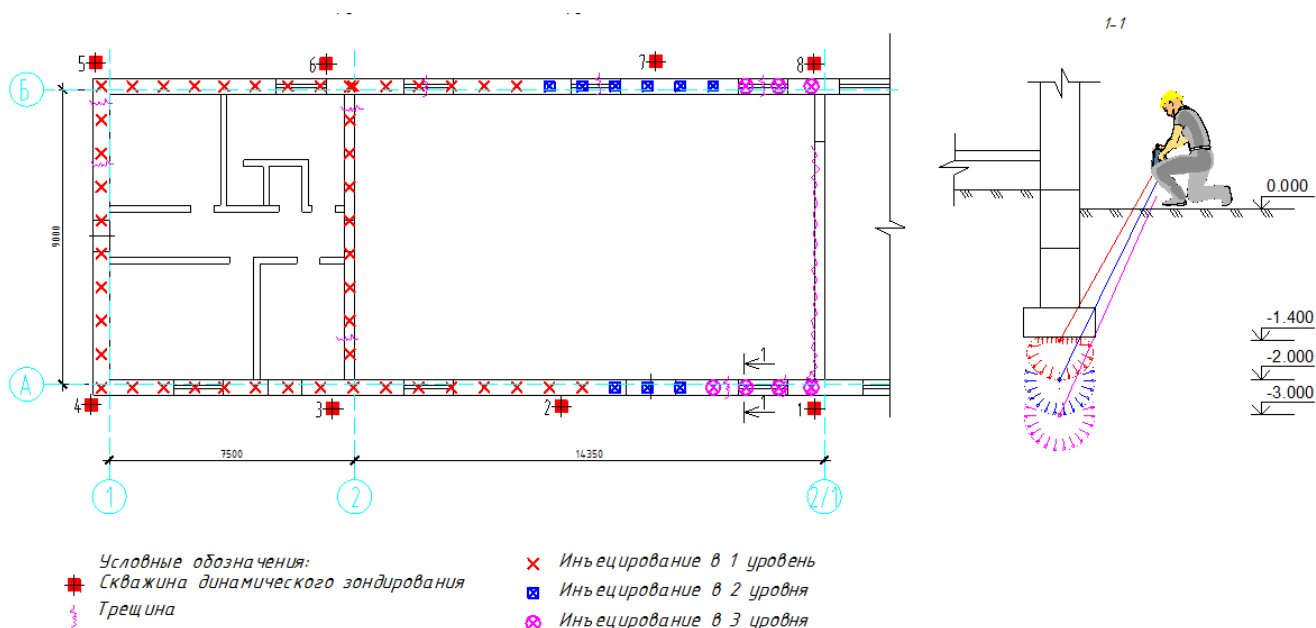


Рис. 2. Схема расположения скважин инъецирования полимерных смол для усиления грунтов основания ленточного фундамента

При выполнении работ по закреплению грунтов этим методом производится нагнетание расширяющегося геополимерного композита в грунт под давлением. В процессе нагнетания происходит армирование грунтового массива жесткими телами затвердевшего геополимера и за счет расширения происходит вытеснение избыточной влаги из несущих слоев грунтов основания. После выполнения предусмотренных проектом работ, в основании фундаментов формируются армированные несущие массивы. Они представляют собой природно-техногенный композит с высокой степенью жесткости, который будет сопротивляться сжатию, что исключит развитие сверхнормативных и неравномерных осадок. Инъецирование выполняется направленно, строго по центральной оси фундамента. Инъецирование необходимо проводить до достижения реакции опоры, либо в принятом

проектном объеме. В процессе производства работ ведется постоянный геодезический контроль положения конструкции с целью исключения подъема конструкции выше проектных отметок под действием нагнетаемого раствора.

Выводы: Современные требования к экологии и развитие химии полимеров позволяют применять полимерные инъекционные смолы для решения различных реконструкционных задач, в том числе в комплексе с традиционными. Полиуретановые полимеры способны обеспечить высокие механические характеристики закрепляемого грунта. За счет своей способности эффективно проникать в грунт и увеличиваться в объеме в десятки раз, закрепляют грунт, образуя твердый и прочный композитный материал. Такой материал после завершения гелеобразования гидрофобен и устойчив к воздействию агрессивных сред. Корректным проектированием объемов, глубины и количества уровней нагнетания с учетом фактического состояния основания, предварительно изученного методом динамического зондирования, можно достичь требуемых деформационных и прочностных свойств основания, обеспечивающих, как стабилизацию осадок, так и выравнивание конструкций зданий и сооружений.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кулеев М.Т. Глубинное закрепление грунтов в строительстве. – Казань: Изд-во Казан. ун-та. 1983. – 76 с.
2. Обобщение результатов по химическому закреплению грунтов в основании зданий в Волгодонске/ Г.А. Бобырь, Н.В. Дмитриев, В.Н. Живодеров и др. //Основания, фундаменты и механика грунтов. 1992. № 3. – С. 18 – 21.
3. Бартоломей А.Д., Янковский Л.В. Метод закрепления оснований ленточных фундаментов при реконструкции// Проблемы фундаментостроения в грунтовых условиях новой столицы. – Труды I Казахской нац. геотехн. конф. – Акмола. 1997.
4. Быков В.И. Усиление оснований и фундаментов аварийных зданий инъекционными методами. – Астана, 2000. – С. 572-574.
5. Пособие к СНиП 3.02.01-83. Пособие по химическому закреплению грунтов инъекцией в промышленном и гражданском строительстве. – М.: Стройиздат, 1986 – 86 с.
6. Заключение по результатам обследования и оценки технического состояния строительных конструкций здания станции обезжелезнения с насосными станциями 2-го подъема, ООО «Строительная экспертиза», 2016.
7. Отчет о результатах геологических изысканий методом динамического зондирования насосной станции 2-го подъема. Шифр 11.1-03-2017. ООО «Реконструкция», Ростов-на-Дону, 2017.
8. Проект укрепления грунтов основания насосной станции 2-го подъема» Шифр 11.2-03-2017. ООО «Реконструкция», Ростов-на-Дону, 2017.