

УДК 624.042

Прокопов А.Ю., Моков И.Э., Витютнев Н.А.

*Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону,  
Российская Федерация*

## СТАБИЛИЗАЦИЯ ОСНОВАНИЙ И ВЫРАВНИВАНИЕ СВЕРХНОРМАТИВНЫХ КРЕНОВ ЗДАНИЯ

В процессе строительства и эксплуатации зданий и сооружений могут возникать неравномерные деформации грунтов основания, приводящие при достаточно высокой жесткости конструкций к развитию кренов.

Кренам подвержены, как правило, небольшие в плане, но высокие здания и сооружения: многоэтажные монолитные дома, резервуары, силосы, дымовые трубы, реакторы и др. объекты. Основными причинами возникновения кренов являются неоднородность деформационных характеристик грунтового основания, наличие насыпных, сильносжимаемых грунтов под частью сооружения, локальные замачивания просадочных грунтов, изменение деформационных характеристик других структурно-неустойчивых грунтов в процессе эксплуатации здания.

Приведем несколько примеров возникновения кренов при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений, в исследовании причин которых принимали участие авторы настоящей статьи.

**Пример 1.** Крен металлического резервуара для хранения мелассы сахарного завода ОАО «Кристалл» в г. Новокубанске Краснодарского края [1]. Основной причиной крена резервуара стала неравномерная осадка разуплотненного грунтового основания в процессе гидравлических испытаний резервуара на стадии ввода его в эксплуатацию. Отклонение боковой стенки резервуара высотой 12 м от вертикали составило более 13 см, разность осадок кольцевого фундамента – 24 см. Ввод резервуара в эксплуатации при таком геометрическом положении был недопустим.

Для устранения крена было предложено несколько альтернативных вариантов [2 – 4], в результате был разработан и реализован проект обеспечения эксплуатационной надежности резервуара, предусматривающий устройство дополнительных опорных ребер жесткости, подведение под них гидродомкратов и выравнивание крена. Образовавшееся под резервуаром пространство было заполнено цементно-песчаным раствором, а по периметру в грунте устроена кольцевая железобетонная стенка, предотвращающая развитие неравномерных деформаций.

**Пример 2.** Строительство гостиницы малой вместимости «Альбион» в г. Ростове-на-Дону. При строительстве 9-этажной секции вследствие неравномерной осадки фундаментной плиты произошел крен здания, максимальная осадка плиты при этом составила 259 мм.

Анализ инженерно-геологических условий площадки и их изменений в период с июня 2014 по июнь 2018 гг. свидетельствует о наличии в основании строящегося 9-этажного здания гостиницы и двух примыкающих к нему блоков слоя насыпных сильнодеформируемых техногенных грунтов, с резкой неоднородностью по мощности, которая изменяется от 1,8 до 6,4 м. Максимальная мощность насыпных грунтов (6,4 м) приходится на угол здания в осях А/1. Наличие насыпных грунтов переменной мощности вдоль оси А подтверждается всеми изысканиями, на периоды: июня 2014, сентября 2017 и июня 2018 гг.

Глубже насыпных техногенных грунтов залегают суглинки мягкопластичной и текучепластичной консистенций. Результаты изысканий 2014, 2017 и 2018 г. существенно различаются в части глубин распространения суглинков различных консистенций. Так, по состоянию на июнь 2014 г. полутвердые суглинки были определены на глубинах от 9 м и более. Однако, по данным изысканий на сентябрь 2017 и июнь 2018 г. распространение полутвердых суглинков отмечается только с глубин более 14-15 м, выше расположены суглинки тугопластичной, мягкопластичной и текучепластичной консистенций. Кроме того, и на меньших глубинах (8-9 м), за анализируемый период произошел переход консистенции суглинков от мягкопластичной до текучепластичной. Это объясняется дополнительным поступлением воды на подземный горизонт, по-видимому, техногенного происхождения.

Основной причиной сверхнормативных деформаций и неравномерных осадок фундаментной плиты здания, приведших к образованию крена его 9-этажной секции, стало использование в качестве основания сильнодеформируемых насыпных грунтов переменной мощности и подстилающих их суглинков мягкопластичной и текучепластичной консистенций.

Для обеспечения эксплуатационной надежности здания потребовалось усиление грунтов основания с целью повышения их прочностных и деформационных характеристик.

После рассмотрения нескольких альтернативных вариантов (цементация грунтов, химическое закрепление саморасширяющимися вяжущими и др.) в результате было принято и реализовано проектное решение, предусматривающее устройство под существующей плитой буроинъекционных свай, опирающихся на глубокие слои плотных глин. Реализация этого решения позволила стабилизировать осадки и обеспечить эксплуатационную надежность здания.

**Пример 3.** Сверхнормативные деформации полов и фундаментов промышленного цеха комбайнового завода «Ростсельмаш» в г. Ростове-на-Дону. В процессе длительной эксплуатации здания произошли значительные вертикальные деформации бетонных полов здания, вызванные разуплотнением грунтов основания и разрушениями бетона на отдельных участках.

С целью приведения здания в работоспособное состояние возникла необходимость закрепления основания и выравнивание полов. Работы необходимо было выполнить в кратчайшие сроки без остановки производственного процесса в цехе. Вариант разбора деформированного бетонного пола с повторным армированием и бетонированием был неприемлемым [5].

В результате был разработан и успешно реализован проект закрепления основания и подъема бетонного пола в проектное положение способом инъектирования саморасширяющихся геополимерных смол. В результате заполнения пор и пустот грунта полимерными составами URETEK с последующим их саморасширением в основании образуется геополимерный массив, обладающий требуемой несущей способностью. Фундаментная плита на таком основании будет обеспечивать требуемые эксплуатационные характеристики здания, включая его жесткость.

В методе использован принцип инъекционного нагнетания полимерного состава короткими циклами (захватками), при этом динамические нагрузки на здания и сооружения не возникают. Создаваемое статическое давление ограничивается расчетным количеством нагнетаемого состава, при этом вертикальная деформация основания и конструкций здания вследствие расширения состава контролируется геодезическими методами с использованием лазерного нивелира и отражателя, тем самым исключается «переподъем» пола здания или его отдельных конструкций. Таким образом, при использовании метода возникают статические, а не динамические нагрузки.

Улучшение деформационных и прочностных свойств грунта описываемым методом гарантирует долговечность и надежность работы основания под воздействием эксплуатационных нагрузок. В случае возникновения в результате длительной эксплуатации местных деформаций основания, способ предусматривает отдельные дополнительные инъекции геополимерных составов без остановки эксплуатации цеха.

Известен также положительный опыт применения геополимерных составов для закрепления грунтов, выравнивания полов, подъема и исправления кренов зданий. В России данная технология применяется с 2013 г. Официальным лицензиатом фирмы URETEK в России является ООО «Юретек Граунд Инжиниринг» [6]. Опыт ее применения в Южном Федеральном округе получен специалистами ООО «Геополимерные технологии» (г. Ростов-на-Дону). К известным положительным результатам закрепления грунтов смолами Uretек, относятся:

- усиление грунтов основания под ленточным фундаментом частного дома на глубину 60 см (Ростовская область, п. Кулешовка, ул. Ленина, д. 73-а);
- выравнивание железобетонных плит разгрузочной площадки путем их поднятия на 20-24 мм в исходное положение, в результате чего через 30 минут стало возможно движение тяжелого транспорта (Краснодарский край, г. Геленджик, Гипермаркет «Магнит», ул. Советская, 71);

– усиление грунтов под фундаментами частного дома 8 инъекторами на глубину 95 см, в результате чего прочность грунта увеличилась в 2-3 раза в зоне непосредственного нагнетания состава и в 1,5 раза – в нижележащем слое (г. Ростов-на-Дону, ул. 2-я Кольцевая, д.39) и др.

Выводы: выравнивание кренов и стабилизация сверхнормативных деформаций оснований зданий и сооружений является сложной инженерной задачей, выбор варианта решения которой зависит от инженерно-геологических условий, технического состояния объекта, технологических особенностей и др.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Прокопов А.Ю., Ткачева К.Э., Жур В.Н. Анализ причин неравномерных деформаций основания металлического резервуара // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: Материалы конференции: ТулГУ, Тула, 2015. С. 203 – 210.

2. Прокопов А.Ю., Ткачева К.Э., Сычев И.В. Определение параметров закрепленного основания при ликвидации крена резервуара методом цементации // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: материалы 12-й Междунар. конф. / Тула: ТулГУ, 2016. С. 442 – 448.

3. Прокопов А.Ю., Веницкий А.Н. Устранение деформаций оснований фундаментов стального резервуара методом инъектирования геополимерных смол // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: материалы 13-й Междунар. конф. / Тула: ТулГУ, 2018. – Т.2. – С. 41 – 46.

4. Прокопов А.Ю., Веницкий А.Н. Анализ способов устранения деформаций зданий и сооружений в форме крена / Строительство и архитектура – 2017: материалы науч.-практ. конф. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2017. – С. 208 – 212.

5. Экспертное заключение по результатам сравнительной оценки методов усиления грунтов на объекте «Нежилое помещение инв.№484, литер БХ «Комбайновый завод «Ростсельмаш», расположенное в г. Ростове-на-Дону, ул. Менжинского, 2». Шифр 4.6.16.9-256/14 /1522/ Рук. договора – А.Ю. Прокопов. – Ростов н/Д: РГСУ, 2014. – 27 с.

6. Официальный сайт ООО «Юретек Граунд Инжиниринг» – <http://www.worldofuretek.ru>