



ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УСТРАНЕНИЯ СВЕРХНОРМАТИВНЫХ КРЕНОВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

УДК 624.159:624.138

АВТОРЫ

ШОКАРЕВ В.С. кандидат технических наук, старший научный сотрудник, директор Запорожского отделения ГП НИИСК

БОЛОТОВ Ю.К. кандидат технических наук, старший научный сотрудник ГП НИИСК

АННОТАЦІЯ

Наведено результати дослідження з питання усунення наднормативних кренів будівель і споруд. На практичних прикладах показано інноваційний характер геотехнічних розробок НДІБК напрямленыхна вирішення актуальних питань, що стоять перед будівельною науковою України.

The results of studies on the issue of eliminating excess rolls of buildings and constructions. Practical examples show the innovative character of geotechnical development NIISK напрямленія solution of urgent issues faced by the building science of Ukraine.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

крен, технология, домкратная система, выбуривания грунта, регулирование деформаций, метод наблюдения.

1. ВВЕДЕНИЕ

Крен фундамента является одним из основных критериев определяющих эксплуатационную пригодность строительного объекта. Нормативными документами ограничиваются допустимые величины кренов в пределах 0,004...0,008, при этом учитываются конструктивные решения зданий и сооружений, их этажность и высота, функциональное назначение, материалы несущих элементов и используемое технологическое оборудование. Анализ результатов технических обследований зданий, эксплуатируемых в сложных инженерно-геологических условиях, показал, что их деформации, в т.ч. крен фундаментов, во многих случаях превышают допустимые величины (рис.1).

Основными причинами кренов зданий и сооружений являются: ошибки при проведении изысканий и проектировании; низкое качество геотехнических работ; воздействие природных и техногенных факторов на основание и фундаменты.

Вследствие сверхнормативных кренов зданий может произойти их обрушение, замыкание де-



Рис. 1. Сверхнормативный крен здания в г. Сочи (Россия), 2013г.



Рис. 2. Обрушение 5 этажного жилого дома в г. Караганде (Казахстан) вследствие развития сверхнормативного крена (отклонение здания от вертикали на момент аварии составило более 850мм).

формационных швов между смежными строениями, разрушение отдельных строительных конструкций или образованием в них трещин, отказ в работе технологического оборудования (лифтов и т.д.). Так, например в г. Караганде (Казахстан), в апреле 2012г., в новом жилом комплексе «Бесова», вследствие развития в течении нескольких дней сверхнормативного крена, произошло обрушение четырех подъездного пятиэтажного жилого дома (рис 2).

Сегодня в Украине более 80 зданий в г.г. Запорожье, Днепропетровск, Донецк, Ялта, Симферополь, Гурзуф, Одесса и др. получили сверхнормативные крены и требуется выполнение работ по их выравниванию рис. 3. Данная проблема касается и памятников архитектуры и истории. Так колокольня, входящая в архитектурный ансамбль национального заповедника «София Киевская», и являющаяся сложным инженерным сооружением высотой 75,0 м, в настоящее время получила отклонение от вертикали на 186мм. Практически все башни крепости в г. Судаке (Крым) имеют крены, превышающие в 2...3 раза нормативные значения.

2. ТЕХНОЛОГИИ УСТРАНЕНИЯ КРЕНОВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Устранение сверхнормативных кренов зданий и сооружений производиться на любом этапе жизненного цикла строительного объекта. Регулиро-

вание планово-высотного положения зданий осуществляется путем инженерного воздействия на подсистему «фундамент - верхнее строение» или «основание – фундамент».

Воздействие на подсистему «фундамент – верхнее строение» обычно производится путем подъема верхнего строения поршневыми или плоскими металлическими домкратами, которые устанавливаются в специальные ниши в фундаментно-



Рис. 3. Сверхнормативний крен 5ти етажного крупнопонельного дома в г. Днепродзержинске.



подвальной части здания и объединяются в одно-магистральные или модульные системы; или путем его опускания за счет активных конструктивных систем, размещенных при строительстве в цокольных несущих элементах. Конструктивные системы включают в себя термопластические элементы (асфальтобетон, полимеры и т.д.) или регулирующие устройства, в которых в качестве удалаемой рабочей среды наиболее часто используется песок или вода.

Воздействие на подсистему «основание – фундамент» осуществляется путем изменения геотехнических параметров грунтов оснований или их подработкой. Для снижения физико-механических характеристик грунтов, с целью осадки фундаментов менее просевшей части здания, используется следующие технологии: регулируемое замачивание (пропаривание) грунта; пригрузка основания дополнительной статической нагрузкой; пригрузка (разгрузка) основания натяжными устройствами; электроосмос.

Подработка грунта в основании фундаментов может производиться вертикально, наклонно или горизонтально относительно подошвы фундамента, с использованием механического бурения.

В НИИСКе на протяжении 35 лет разрабатываются и внедряются в практику строительства технологии управления высотным положением зданий и сооружений, что позволяет обеспечивать качественное проведение натурных экспериментов на зданиях с различными конструктивными схемами и выполнять защиту эксплуатируемых зданий и сооружений. Разработанные технологии устранения кренов зданий и сооружений защищены патентами Украины и Польши.

Для подъема зданий, передвижки строительных объектов, устранения их сверхнормативных кренов была разработана и изготовлена мобильная электрогидравлическая система состоящая из 100 – 150 плоских домкратов, гидроприводов, насосной станции, пульта управления.

Для устранения сверхнормативных кренов строительных объектов методом горизонтального выбуривания грунта из-под подошвы фундаментов были разработаны технологии выравнивания зданий, накренившихся в продольном, поперечном и сложном направлениях, а также изготовлены малогабаритные буровые станки и специальная оснастка.

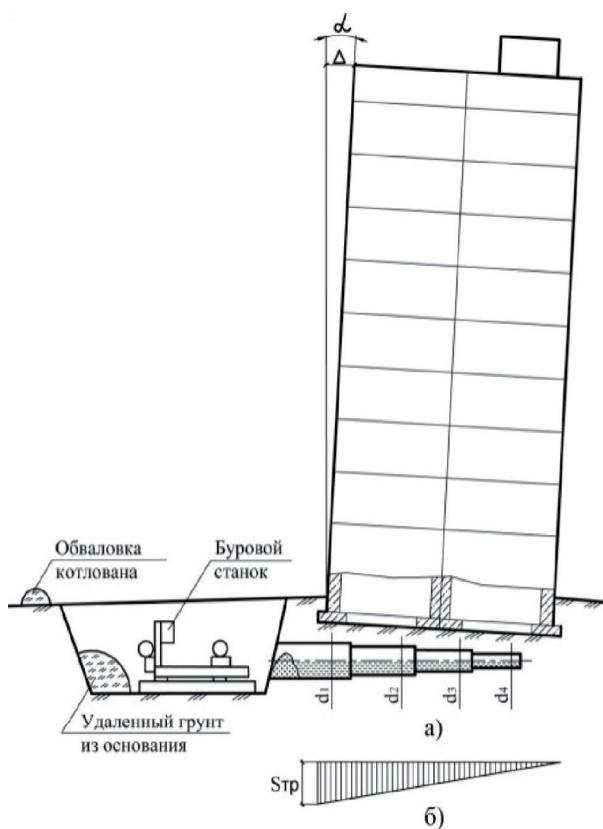


Рис. 4. Технологическая схема устранения крена здания в поперечном направлении: а) параметры крена и технологических скважин; б) эпюра осадок фундаментов; α - угол наклона здания; Δ - отклонение здания от вертикали; S_{tp} – технологическая осадка здания; $d_{1,4}$ – переменный диаметр скважин.

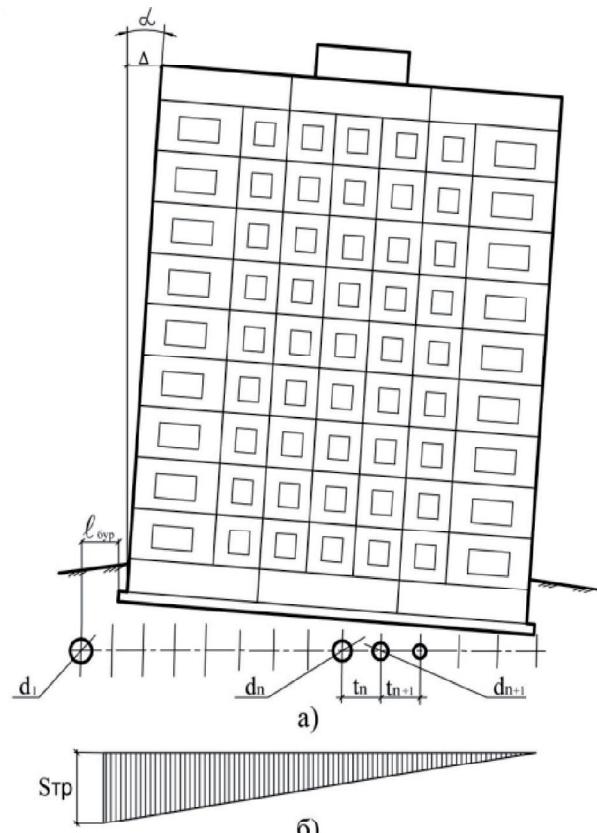


Рис. 5. Технологическая схема устранения крена здания в продольном направлении: а) параметры крена здания и технологических скважин; б) эпюра осадок фундаментов; α - угол наклона здания; Δ - отклонение от вертикали здания; S_{tp} – технологическая осадка здания; d, t – переменные параметры шага и диаметра скважин.



При поперечном крене котлован отрывается со стороны менее осевшей части здания, на дне котлована монтируются станки горизонтального бурения и выполняется ослабление слоя грунта основания путем бурения скважин переменного сечения. При необходимости выполняется укрепление откоса котлована. Под давлением здания целики грунта между скважинами и в их сводах разрушаются, перфорированный слой основания сжимается. Технологическая схема выравнивания зданий, получивший поперечный крен, показана на рис.4.

Для устранения продольного крена здания котлован отрывается вдоль одного из фасадов (рис. 5). Фронт бурения разбивается на участки, на каждом из которых монтируется буровой станок. Бурение скважин производится одновременно на всех участках, в очередности позволяющей избежать деформаций выгиба или прогиба фундамента. Выравнивание здания по треугольной эпюре достигается путем бурением скважин постоянного диаметра по ширине здания в поперечном направлении с переменными расчетными диаметрами и шагами по фронту бурения. При этом диаметры скважин уменьшаются в направлении от менее к более осевшей части здания.

Для выравнивания зданий, получивших сложный крен (например, крен по диагонали), котлован отрывается с любой возможной стороны строительного объекта. Задание технологических осадок сжатия основания, необходимых для получения неравномерных осадок по трапециoidalной эпюре, выполняется путем ослабления слоя основания одним или несколькими рядами (ярусами) скважин. Комбинируя горизонтальные скважины с различной длиной и диаметром, достигаются неравномерные осадки фундаментов одновременно в двух направлениях.

После бурения проектного объема скважин в процессе устранения крена здания, на основании данных мониторинга, выполняется регулирование технологических осадок фундаментов и

управление планово-высотным положением зданий и сооружений. Если стабилизация осадки здания наступает до реализации проектной (технологической) осадки производится дополнительное разрыхление (ослабление) грунта под подошвой фундамента. При прогнозировании наступления времени стабилизации осадки здания, после реализации проектной осадки, в основании здания подается грунтоцементный раствор с использованием буросмесительной технологии, что приводит к снижению скорости осадок.

Запорожским отделением НИИСК разработано малогабаритное оборудование для реализации на практике буросмесительной технологии (рис. 6)

3. МЕТОД НАБЛЮДЕНИЙ

До последнего времени устранение сверхнормативных кренов зданий и сооружений обычно выполнялись на основании одного фиксированного проекта, который разрабатывался с учетом наиболее вероятностной интерпретации исходных данных (геологии, технического состояния объекта, предлагаемой технология производства работ и др.). Однако в процессе реализации такого проекта могут возникать непредвиденные обстоятельства технологического, организационного и другого характера, которые не возможно учесть на стадии проектирования из-за сложности решаемых задач и геотехнической непредсказуемости системы «основание – фундамент».

Мониторинговой частью таких проектов предусматриваются периодические геодезические наблюдения за кренами и осадками, а также инструментальные наблюдения, фиксирующие динамику величин раскрытия трещин в строительных конструкциях. При этом геодезические и инструментальные наблюдения играют пассивную роль в прогнозировании отклонений от наиболее вероятностного состояния объекта. Поэтому проведение

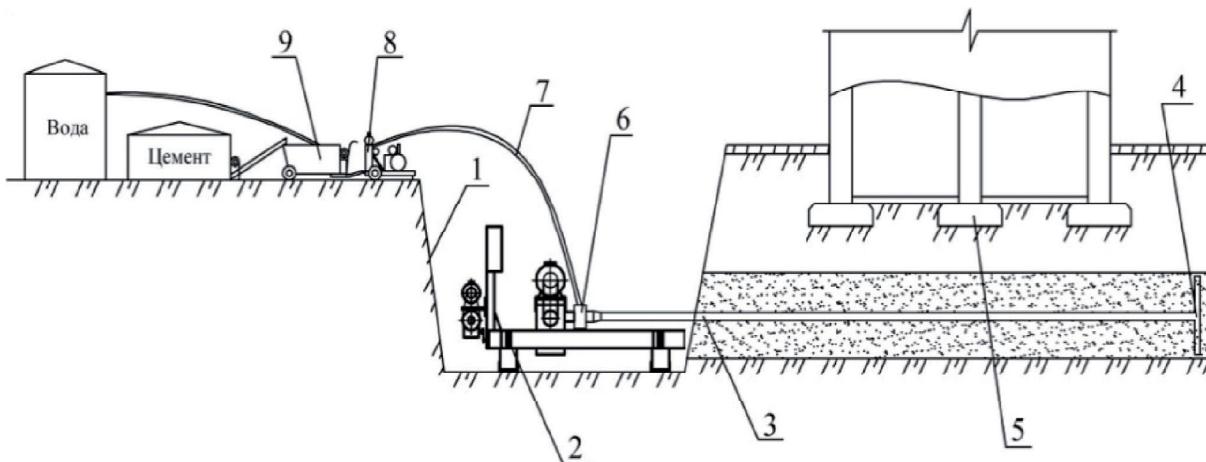


Рис. 6. Технологическая схема регулирование технологических осадок при выравнивании здания:

- 1 – котлован; 2 – станок горизонтального бурения; 3 – полая буровая штанга; 4 – буросмеситель; 5 – фундамент; 6 – вертлюг; 7 – шланг; 8 – растворопасос; 9 – растворомешалка.

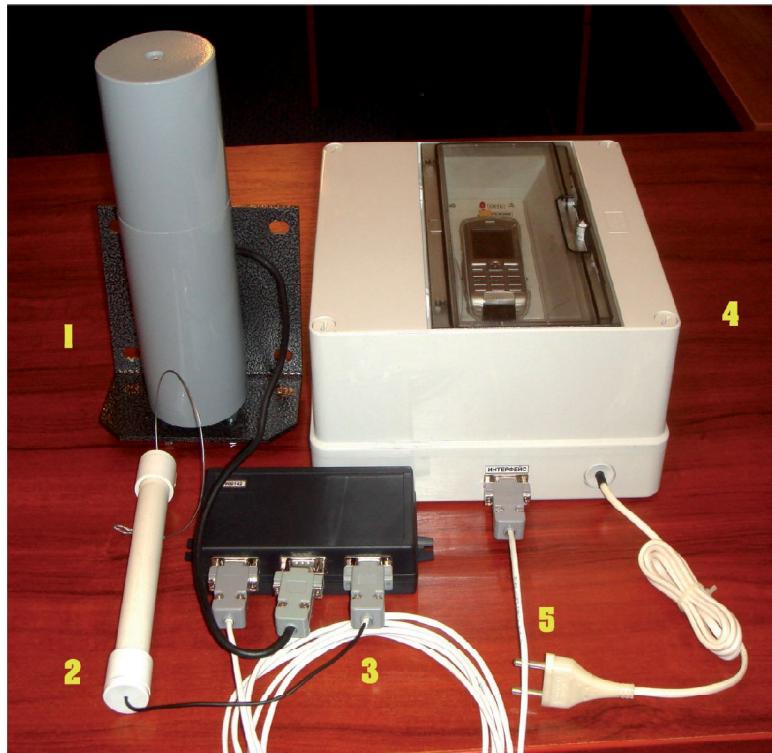


Рис. 7. Технические средства АИИС «Мониторинг»:
1 – датчик крена; 2 – датчик раскрытия трещин; 3 – измеритель индуктивности;
4 – блок сбора и передачи информации;
5 – линии связи.

работ по устранению кренов зданий на основании проекта основанного на исключительно благоприятном прогнозе развития событий и в не интерактивном режиме контроля параметров системы «основание – фундамент» может повлиять на уровень безопасности объекта.

В настоящее время в геотехнике все шире применяется метод наблюдений, который заключается в непрерывном, комплексном процессе проектирования и строительства. Метод базируется на мониторинге и анализе основных параметров системы «основание – фундамент – верхнее строение» в режиме реального времени, что позволяет корректировать проект на любой стадии производства работ.

Для реализации метода наблюдения при устраниении кренов зданий и сооружений ГП НИИСК и ООО «ГеоИнжиниринг» разработали автоматизированную измерительно-информационная система «Мониторинг», на основе индуктивных преобразователей с периодическим сбором измерений информации о контролируемых физических вели-

чинах, с последующим их обработкой и хранением в ЭВМ.

При этом контролируются следующие параметры строительных конструкций: направление и величина смещения; угол наклона; величина раскрытия трещин. Технические средства, входящие в АИИС «Мониторинг»: датчики крена и раскрытия трещин; измеритель индуктивности; блок сбора и передачи информации (рис. 7).

Преимуществом данной автоматизированной системы является возможность запрограммировать период, когда система включится и опросит датчики, установленные на строительных конструкциях. Данные передаются в центр обработки информации в виде SMS сообщений. По результатам мониторинга производится оценка НДС строительных конструкций и при необходимости корректируются технологические параметры производства работ по устранению крена здания и примимаются другие управленческие решения.

4. ПРАКТИКА

Начиная с 1977 года специалистами НИИСК, с применением вышеу-

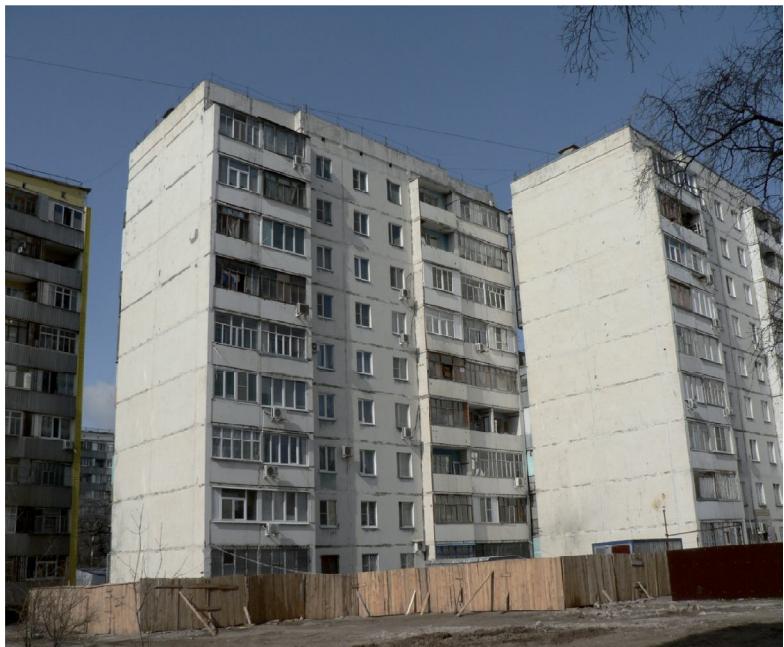


Рис. 8. Общий вид жилого крупнопанельного дома в г. Волгодонске (Россия) после устранения сверхнормативного крена.



Рис. 9. Общий вид газгольдера (г. Днепропетровск).

казанных технологий, были устранены сверхнормативные крены 76 зданий, различной этажности и конструктивной, схемы, и сооружений (дымовые трубы, емкостные сооружения, водонасосные башни и т.д.) в 24 городах Украины, России, Казахстана и Грузии.

Технология поддомкрачивания зданий.

В рамках реализации муниципальной долгосрочной целевой программы «Модернизация объектов коммунальной инфраструктуры в г. Волгодонске на 2013-2017 годы», направленной на приведение объектов города в состояние, обеспечивающее безопасное проживание его жителей и повышение эксплуатационной пригодности жилых зданий, выполнялись работы по выравниванию зданий (ООО «Ростов-Стройреставрация») при научно-техническом сопровождении этих работ специалистами НИИСК. В 2012...2013 г.г. были выполнены работы по выравниванию четырех 9-этажных крупнопанельных блок-секций жилых домов в г. Волгодонске, Ростовской области (Россия). В сжатые сроки и без отселения жильцов были устранены отклонения блок-секций в продольной (71-285мм) и поперечной (34-217мм) направлениях, с использованием плоских гирдарлических домкратов (рис. 8).

Технология горизонтального выбуривания грунта из под подошвы фундамента

Емкостное сооружение, газгольдер, был введен в эксплуатацию в 1956г. Конструктивное решение сооружения - металлический резервуар для воды диаметром 28,4м, и высотой 11,6 м смонтированный на железобетонном днище. По периметру днища устроен кольцевой бетонный фундамент с глубиной заложения - 2,0м. Для накопления

кислорода используется куполообразный металлический колокол диаметром 27,5м, скользящий, по внутренним и наружным направляющим высотой 24,2м, смонтированных по периметру резервуара на одинаковом расстоянии друг от друга (Рис 9).

В процессе эксплуатации газгольдер получил неравномерные осадки фундамента, которые реализовались в кренах направляющих стоек, вследствие чего передвижение колокола с кислородом по направляющим значительно осложнилось. Максимальные осадки низа стоек достигли 122...124мм, а отклонение их от вертикали в 9...12 раз превышает допустимую норму. В основании газгольдера залегают лессовые просадочные супеси ($\rho_d=14,5\text{кН/m}^3$, $E=10,9\text{МПа}$),

Осадки фундамента в процессе устранения крена сооружения начали проявляться после бурения 35% проектного количества скважин. После выполнения всего объема буровых работ осадка фундамента газгольдера составила 60% от расчетной. Под действием контактных напряжений происходило дальнейшее разрушение сводов скважин и перемычек между ними, что сопровождалось осадками фундамента и обратным поворотом газгольдера. По окончанию бурения производилось регулирование процесса осадок фундамента дозированным увлажнением грунта вокруг скважин.

Максимальная величина технологических осадок фундамента газгольдера в наиболее, удаленной от линии поворота точке составила 120 мм (97% от расчетной), устранение крена произошло в заданном направлении.

5 ВЫВОДЫ

1. Разработанные в НИИСКе инновационные технологии устранения сверхнормативных кренов зданий и сооружений являются эффективными, проверенными на практике и позволяют производить работы без отселения жильцов и остановки производства.
2. В управляемую схему работ по устранению сверхнормативных кренов строительных объектов необходимо включать автоматизированные измерительно-информационные системы, которые в качестве обратной связи позволяют в режиме реального времени осуществлять мониторинг за напряженно-деформированном состоянии объекта и при необходимости корректировать технологию производства работ.