

## **НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО- ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

Зоценко Н.Л.

Полтавский национальный технический университет

им. Ю. Кондратюка

г. Полтава, Украина

Шокарев В.С., Матвеев И.В., Петраков А.А.

ГП «Научно-исследовательский институт строительных конструкций»

Корниенко Н.В.

Киевский национальный университет строительства

и архитектуры

г. Киев, Украина

**АННОТАЦИЯ:** Наведена кратка характеристика геотехнічних процесів у складних ґрунтових умовах України. Вказані основні причини виникнення аварійних ситуацій при будівництві та експлуатації будівельних об'єктів. Виконаний аналіз розвитку нормативної бази України щодо геотехнічних питань.

**АННОТАЦИЯ:** Приведена краткая характеристика геотехнических процессов в сложных грунтовых условиях Украины. Показаны основные причины возникновения аварийных ситуаций при строительстве и эксплуатации строительных объектов. Выполнен анализ развития нормативной базы Украины по геотехническим вопросам.

**ABSTRACT:** The short characteristic of geotechnical processes in difficult soil conditions of Ukraine is presented. Principal causes of emergency occurrence at building and operation of building objects are shown. The analysis of development of Ukrainian normative base on geotechnical questions is performed.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Инженерно-геологические условия, нормативная база, регулирование жесткости оснований, выравнивание зданий, мониторинг.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Строительство и эксплуатация зданий, сооружений на территориях стран входящих в Содружество независимых государств, в большинстве случаев, ведется в сложных инженерно-геологических условиях. К категории сложных грунтовых условий относятся территории, где в результате развития деформационных или динамических процессов в грунтах, возникает опасность повреждения или разрушения зданий.

Более 80% территории Украины представлены сложными инженерно-геологическими условиями. К сложным условиям относятся районы залегания грунтов с особыми свойствами (просадочные – 70% территории, набухающие, биогенные, илы, элювиальные, засоленные, насыпные); с возможным развитием опасных геологических процессов (оползни – зафиксировано более 130 тыс. оползней, карсты – 60% территории охватывает процесс карстообразования); подрабатываемые, подтапливаемые и др. территории, а также сейсмические районы площадью более 120 тыс. км<sup>2</sup> или 20% территории.

Украина располагает значительным строительным фондом, стоимость которого превышает 60% всех основных фондов страны. Строительство и эксплуатация зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях требует применения специальных мер защиты, сводящихся к обеспечению минимально допустимого их повреждения. Чаще всего это специальная геотехническая подготовка грунтовых оснований объектов, устраняющая причины возникновения опасных процессов в грунтах или препятствующая их развитию, а также приспособление строительных конструкций к работе в сложных грунтовых условиях.

### **ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В СЛОЖНЫХ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЯХ**

В последнее десятилетие на территории Украины в результате действия природных и техногенных факторов (глобальное изменение климата, массовое закрытие шахт, накопление промышленных и бытовых отходов, ухудшения технического состояния водопроводно-канализационных и теплоэнергетических систем – за последние годы произошло увеличение потерь воды из коммуникаций с 15...20% до 25...30%, старения фонда промышленных и жилых зданий - количество ветхих жилых зданий составляет 46449 ед.) обострилась проблема экологотехногенной безопасности промышленно-городских агломераций [1].

Последние данные мониторинговых наблюдений свидетельствуют о тенденции к активизации этого негативного природно-техногенного процесса в пространственно-временном масштабе и увеличения, в первую

очередь, площадей подтопления, а также просадочных, оползневых и других опасных явлений. Соответственно в процессе эксплуатации зданий, под влиянием вышеуказанных факторов, изменяется и формируется соответствующее новое напряженно-деформированное состояние (НДС) системы «основание-фундамент-верхнее строение». Во многих случаях это приводит к повреждению строительных конструкций, возникновению аварийных ситуаций и существенному снижению надежности зданий. Сегодня в Украине 10962 жилых здания находятся в аварийном состоянии.

В связи с увеличением этажности городской застройки актуальной является проблема защиты высотных зданий от кренов. Вследствие сверхнормативных кренов зданий может произойти их обрушение, замыкание деформационных 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 «Весова», вследствие развития в течение нескольких дней сверхнормативного крена, произошло обрушение четырех подъездного пятиэтажного жилого дома.

Сегодня в Украине более 80 зданий в г.г. Запорожье, Днепропетровск, Донецк, Ялта, Симферополь, Гурзуф, Одесса и др. получили сверхнормативные крены и требуют выполнения работ по их выравниванию [2]. Данная проблема касается и памятников архитектуры и истории, которых на территории Украины более чем 15000. 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. Судак (Крым) имеют крены, превышающие в 2...3 раза нормативные значения.

Основными причинами возникновения аварийных ситуаций при строительстве в сложных инженерно-геологических условиях являются: неверная оценка инженерно-геологических условий площадки строительства; снижения технического уровня проектирования, строительства зданий и сооружений; невыполнение мониторинга строительного объекта на всех этапах его жизненного цикла; нарушение (невыполнение) правил эксплуатации зданий и сооружений.

## **СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ УКРАИНЫ ПО ГЕОТЕХНИЧЕСКИМ ВОПРОСАМ**

Строительные площадки Украины чаще всего имеют комплекс негативных факторов, которые усложняют процессы строительства. Указанные условия требуют разработки и применения конструктивных и геотехни-

ческих мер защиты зданий и сооружений, на основании расчетных обоснований для предотвращения их деформирования и разрушения. С учетом вышесказанного, можно констатировать, что действующие нормативные документы Украины не в полной мере обеспечивают проектирование зданий и сооружений в сложных грунтовых условиях.

В соответствии с программой пересмотра строительных норм и правил подлежат пересмотру Государственные строительные нормы и правила, приняты до вступления в силу Закона Украины «О строительных нормах».

В настоящее время подготовлены следующие предложения по рассматриваемому вопросу [3].

А. Структура нормативных документов по проектированию в сложных инженерно-геологических условиях:

ДБН В.1.1-XX-20XX. Здания и сооружения в сложных инженерно-геологических условиях. Общие положения проектирования.

Этот ДБН поддерживается следующими стандартами:

- ДСТУ-Н...Здания и сооружения на подрабатываемых территориях;
- ДСТУ-Н...Здания и сооружения на просадочных грунтах;
- ДСТУ-Н...Здания и сооружения на слабых грунтах;
- ДСТУ-Н...Здания и сооружения на закарстованных территориях;
- ДСТУ-Н...Здания и сооружения в плотной городской застройке, при устройстве тоннелей и воздействиях подвижного состава метрополитена.

Б. Структура нормативных документов по проектированию инженерной защиты от опасных геологических процессов:

ДБН Б.В.1.1-3-20XX. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Общие положения проектирования.

Этот ДБН поддерживается следующими стандартами:

- ДСТУ-Н...Инженерная защита территорий и сооружений от подтопления и затопления;
- ДСТУ-Н...Инженерная защита территорий и сооружений от оползней и обвалов;
- ДСТУ-Н...Инженерная подготовка территорий для строительства.

Для обеспечения гармонизации нормативной базы Украины с нормативной базой Европейского Союза устанавливается период одновременного действия строительных норм, разработанных на основе национальных технологических традиций и строительных норм.

Учитывая то, что ДСТУ-Н EN 1997-1:2010, ИДТ Еврокод 7. Геотехническое проектирование, не затрагивает вопросы строительства в сложных инженерно-геологических условиях, предлагается следующая

структура нормативных документов по вопросам геотехнического проектирования:

1. ДБН А.2.1-1-2008. Инженерные изыскания для строительства;
2. ДБН В.2.1-10-2009. Основания и фундаменты сооружений.

Основные положения проектирования;

3. ДБН В.1.1-XX-20XX. Здания и сооружения в сложных инженерно-геологических условиях. Общие положения проектирования;
4. ДБН В.1.1-3-20XX. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Общие положения проектирования.

Представленная структура нормативных документов по вопросам геотехнического проектирования позволит более полно охватить вопросы проектирования в сложных инженерно-геологических условиях.

За последние годы, для повышения безопасности эксплуатации ответственных конструкций, получило развитие новое направление непрерывного контроля состояния наиболее нагруженных элементов строительных объектов, отказ которых способен вызвать существенные последствия. В соответствии с ДБН В.1.2-14-2008. Общие принципы обеспечения надежности и конструктивной безопасности зданий и сооружений, строительные объекты класса ответственном ССЗ необходимо оборудовать автоматическими системами мониторинга и управления.

Поэтому много внимания уделяется нормативно-методическому обеспечению мониторинговых систем. НИИСК, совместно с другими организациями, был разработан комплекс стандартов «Автоматизированные системы технического диагностирования строительных конструкций».

## **НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ В СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

В Украине талантом и трудом не одного поколения ученых, на основании результатов натуральных экспериментов при строительстве жилых и общественных зданий с разными конструктивными системами, была создана и более 40 лет функционирует научная школа по строительству и защите зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических и сейсмических условиях. Разработанные в Украине инновационные методы фундирования и подготовки оснований находят широкое применение в практике строительства и защиты зданий и сооружений, в т.ч. в странах СНГ.

## **УПЛОТНЕНИЕ ГРУНТОВ ГИДРОВЗРЫВОМ**

Уплотнение лессовых грунтов методом гидровзрыва, который основан на преобразовании лессовых грунтов за счет ослабления структурных связей лессового грунта при замачивании и последующем производстве взрывов глубинных зарядов, применялось при подготовке оснований более 350 объектов. Территориально эти работы охватили юг стран СНГ от Урджара и Бийска до Измаила и Кишинева. Наибольшие объемы работ были выполнены в г.г. Запорожье, Днепрорудном, Чимкенте, Волгодонске, Элисте, Одессе и др. В результате уплотнения деформации грунта достигали 6...12% от мощности уплотняемой толщи. При этом полностью были ликвидированы просадочные свойства грунтов [4].

## **УПРОЧНЕНИЕ ГРУНТОМ ГЛУБИНЫМ СМЕШИВАНИЕМ**

В условиях замачивания, обводнения грунтов оснований зданий и сооружений в последнее время широкое применение в геотехнической практике Украины находит бурсмесительная технология упрочнения грунтов, которая предусматривает глубинное разрушение грунта и смешивание его с вяжущим, водоцементным раствором. Все технологические операции выполняются одновременно, по мере вращения и осевого перемещения бурсмесителя на необходимую глубину. При этом формируется грунтоцементный элемент заданного диаметра и длины. По мере набирания прочности отдельными грунтоцементными элементами повышается и несущая способность всего массива грунта.

Разработаны способы уплотнения грунтов в разных направлениях – вертикальном, наклонном и горизонтальном. Для реализации способа разработано и изготовлено оборудование (Запорожское отделение НИИСК, ООО «Фундаментбуд-3», ООО НПО «Рембуд»), в том числе малогабаритное, а также соответствующая технологическая оснастка. При этом использовались отдельные машины, выпускаемые в России.

В последние десять лет выполнены многочисленные исследования физико-механических свойств грунтоцемента в зависимости от состава грунтов, марки и содержимого цемента, времени отверждения смеси. Грунтоцемент имеет достаточно высокую прочность, низкую деформированность, высокую водонепроницаемость. Разработаны рекомендации для использования грунтоцемента, которые успешно реализуются при армировании грунтовых массивов для увеличения их прочности и снижения сжимаемости, изготовление свайных фундаментов и противоположных сооружений [5].

## **РЕГУЛИРОВАНИЕ ВЫСОТНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

В НИИСКе на протяжении последних 35 лет разрабатываются разнообразные способы 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 [6].

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 выбуривания грунта из-под подошвы фундаментов были разработаны и изготовлены малогабаритные буровые станки и специальная оснастка. Начиная с 1977 года специалистами НИИСК, с применением выше-указанных технологий, были устранены сверхнормативные крены 76 зданий и сооружений в 24 городах Украины, России, Казахстана и Грузии.

### **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНО- ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «МОНИТОРИНГ»**

В Украине (ГП НИИСК и ООО «Геоинжиниринг») разработана локальная и автоматизированная измерительно-информационная система «Мониторинг», на основе индуктивных преобразователей с периодическим сбором измерений информации о контролируемых физических величинах, с последующим их обработкой и хранением в ЭВМ [7].

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. Преимуществом 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.

Начиная с 2004г. научно-техническое сопровождение с использованием АИИС «Мониторинг» было выполнено на более чем 80 зданиях и сооружениях, в т.ч. и на объекте Евро 2012 – стадион «Донбасс - Арена», эксплуатируемого в условиях возможного проявления деформаций от подработки и тектонических нарушений. Мониторинг стадиона «Донбасс-

Арена» проводится при помощи АИИС «Мониторинг», установленной и тестированной в 2010г. Датчики крена установлены на элементах каркаса и покрытия стадиона в количестве 36 штук. Опрос датчиков осуществляется стационарно установленной в помещении стадиона аппаратурой сбора и обработки информации. Количество произведенных измерений составило 61 цикл. Максимальное горизонтальное смещение зафиксировано в середине пролета структурного блока покрытия и составляет 0,864 мм.

## **СОТРУДНИЧЕСТВО СТРАН СНГ ПО ВОПРОСУ СТРОИТЕЛЬСТВА В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО- ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

Вопросы координации по проблеме строительства в сложных инженерно-геологических условиях являлись актуальными вчера, являются актуальными сегодня и будут оставаться актуальными завтра. Для комплексного решения проблемы в 1975 г. был создан Межведомственный Координационный Совет. Указанный Совет активно способствовал гармоничному решению проблемы. За это время созданы инструктивно-нормативные документы, основанные на увязке системных подходов к решению проблемы с учетом ведомственных интересов сторон. С 1990 г. в развитии данной проблемы наметился определенный спад.

Сегодня сотрудничество стран СНГ по данному вопросу осуществляется в основном в рамках Межправительственного Совета по сотрудничеству в строительной деятельности стран СНГ, состоялось более 30 заседаний совета. При этом создание и внедрение новых эффективных строительных технологий и материалов, позволяющих снизить стоимость строительства и повысить комфортность жилья, остается одним из приоритетных направлений политики в сфере строительства всех стран СНГ.

Однако следует отметить, что в настоящее время акционерные или частные предприятия строительного комплекса самостоятельно определяют стратегию развития своего бизнеса, в том числе применяя различные архитектурно-конструктивные системы, строительные материалы и технологии. Выбор определяется потребительским спросом, который обусловлен, в первую очередь стоимостью жилья, а также климатическими, географическими, национальными и другими особенностями регионов строительства. Вопросы регулирования строительства и реконструкции жилья рассматриваются органами исполнительной власти стран СНГ и органами самоуправления на основании утвержденной проектной документации. Решение о привлечении к сотрудничеству конкретных организаций осуществляются на конкурсной основе. Все это требует объединения специалистов, работающих в области строительства в



сложных грунтовых условиях. В этих условиях целесообразно работать за рубежом в сотрудничестве с местными специалистами.

Примеры такого сотрудничества уже имеются. Например, 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, выполняются работы по выравниванию зданий (ООО «Ростов-Стройреставрация») при научно-техническом сопровождении этих работ специалистами НИИСК. В 2012...2013г.г. были выполнены работы по выравниванию четырех блок-секций жилых домов в г. Волгодонске, Ростовской области (Россия).

Связующим информационным звеном между профессионалами, работающими в области научных исследований, проектирования, выполнения геотехнических работ в сложных грунтовых условиях стал научно-технический журнал "Світ геотехніки". В журнале освещаются также международные события в области геотехники, в т.ч. мероприятия, проходящие в странах СНГ. В Украине, России, Казахстане регулярно проводятся научно-технические конференции с международным участием по механике грунтов, геотехнике и строительству в сейсмоопасных районах.

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО- ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

В последние два десятилетия в экономике, хозяйственной политике страны сформировались факторы, которые существенно влияют на строительство, в т.ч. в сложных инженерно-геологических условиях. В числе таких факторов можно выделить: снижение объемов массового строительства жилья и объемов промышленного строительства; выборочная застройка в условиях плотной городской застройки; массовая реконструкция существующих зданий и сооружений. Рост этажности зданий создает существенные нагрузки на грунтовые основания.

С учетом вышесказанного научно-технические работы по вопросу строительства в сложных инженерно-геологических условиях планируется развивать по следующим направлениям:

- совершенствование системы нормативных документов с учетом инженерно-геологических условий, гармонизация новых нормативов с европейскими нормами;
- совершенствование норм и стандартов по оценке состояния территорий с опасными геологическими процессами и специфики строительства на этих территориях;

- исследование закономерностей взаимодействия грунтовых оснований с конструкциями, разработка новых методов расчета и программных средств для расчетов строительных объектов, как комплексных сооружений «основание – фундамент - надземная конструкция», с учетом реальных свойств грунтов и моделей, описывающих эти свойства;
- исследование и разработка методов защиты от воздействий опасных геологических процессов на здания и сооружения, в т.ч. методов основанных на управлении осадками оснований в процессе их строительства и эксплуатации;
- разработка методов расчета деформаций земной поверхности;
- исследование процессов изменений гидрогеологического режима территорий при строительстве зданий и сооружений с развитой подземной частью в условиях уплотненной застройки, совершенствование методов прогнозирования и защиты зданий от изменения гидрогеологического режима;
- исследование состояния территорий вокруг гидротехнических сооружений с оценкой возможности возникновения опасных геологических процессов (оползней, эрозии и т.п.);
- создание компьютерной системы поддержки принятия решений по оценке технического состояния зданий и сооружений на основании базы данных, которая содержит формализованные научные знания наиболее квалифицированных специалистов строительной отрасли;
- совершенствование методов и технологий устранения кренов зданий и сооружений и стабилизации неравномерных осадок;
- разработка и внедрение систем мониторинга и методики оценки НДС зданий и сооружений на всех этапах их жизненного цикла;
- разработка и выполнение региональных программ по отдельным видам опасных геологических процессов и основных направлений решения основных задач инженерной защиты территорий от воздействия гидрогеологических и опасных геологических процессов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Яковлев Є.О. Регіональні зміни екологічного стану геологічного середовища міст та селищ, як фактору сучасного розвитку інженерних вишуквань для будівництва в Україні / Є.О. Яковлев // Світ геотехніки, 2013. - №3. - С. 8 - 12.
2. Петраков А.А. Современные проблемы строительства зданий и сооружений на подрабатываемых территориях / А.А. Петраков, С.А. Светлицкий // Світ геотехніки, 2013. - №4. - С. 20 - 24.

3. Матвеев І.В. Стан та перспектива розвитку нормативної бази України з геотехніки / І.В. Матвеев, Г.Б. Соловйова // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. - К.: ДП НДІБК, 2013. - Вип. 79. - С.13-24.
4. Введение в нелинейную механику грунтов и физическое моделирование оснований / Рыжов А.М. – Запорожье: Видавець, 1995. – 448 с.
5. Характеристики штучних твердих ґрунтів, які поліпшені буро змішувальним методом / [М.Л. Зоценко, Ю.Л. Винников Ю.Л., І.І. Ларцева та ін.] // Світ геотехніки, 2011. - №3. - С. 14 - 18.
6. Напряженно-деформированное состояние системы «основание - ленточный фундамент» при устранении сверхнормативных кренов зданий / [В.С. Шокарев, В.Г. Шаповал, В.И. Чаплыгин и др.] // Світ геотехніки, 2010. - №4. - С. 28 - 33.
7. Шокарев В.С. Автоматизированная система контроля и компьютерного моделирования надежности и безопасности зданий / В.С. Шокарев, Н.Н. Молочкова // Проблемы и опыт инженерной защиты урбанизированных территорий и сохранения наследия в условиях геоэкологического риска: тр. Междунар. конф. - К.: Феникс, 2013 - С. 85 - 91.

#### REFERENCES

1. Yakovlev E.O. Regional changes in the ecological status of the geological environment of cities and villages, as a factor of modern development of engineering survey for construction in Ukraine / E.O. Yakovlev // World Geotechnice, 2013. - №3. - P. 8 - 12.
2. Petrakov A.A. Modern problems of construction of buildings and constructions on the undermined territories / A.A. Petrakov, S.A. Svetlitsky // World Geotechnice, 2013. - №4. - P. 20 - 24.
3. Matveev I.V. State and prospects of development of the legislative base of Ukraine in geotechnics / I.V. Matveev, A.B. Solovyova // Building Construction: collection of scientific articles. - K.: SE NIISK, 2013. - Vol. 79. – P. 24.
4. Introduction to nonlinear mechanics of soils and physical modeling of reason / Ryzhov A.M. - Zaporozhye: Vidaviech, 1995. - 448 p.
5. Characteristics of artificial hard soils, which improved sincerely method / [N.L. Zotsenko, Y.L. Vinnikov, I.I. Lartseva and other] // World Geotechnic, 2011. - №3. - P. 14 - 18.
6. Stress-strain state of the system "base - band foundation" at eliminating excess rolls buildings / [V.S. Shokarev, V.G. Shapoval, V.I. Chaplygin and other] // World geotechnice, 2010. - №4. - P. 28 - 33.
7. Shokarev V.S. Automated control system and computer modeling of reliability and safety of buildings / V.S. Shokarev, N.N. Molochkova // Problems and experience of engineering protection of urbaniser territories and preservation of heritage in geoeological risk: Works of Intern. Conf. -K.: Phoenix, 2013 – P. 85 - 91.

Статья поступила в редакцию 18.11.2013 г.