


В печать
26.01.2018

 На правах рукописи

Брыжатая Екатерина Олеговна

**КОНСТРУКЦИИ С ИЗМЕНЯЕМЫМИ ПАРАМЕТРАМИ
ДЛЯ ИСПРАВЛЕНИЯ КРЕНОВ СООРУЖЕНИЙ**

05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения

АВТОРЕФЕРАТ

диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Макеевка – 2017

Работа выполнена на кафедре оснований, фундаментов и подземных сооружений Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Петраков Александр Александрович,
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», заведующий кафедрой оснований, фундаментов и подземных сооружений.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Прокопов Альберт Юрьевич,
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», заведующий кафедрой инженерной геологии, оснований и фундаментов, г. Ростов-на-Дону;

кандидат технических наук,
Блинникова Елена Владимировна,
заместитель заведующего отдела сдвижения земной поверхности и защиты подрабатываемых объектов, Республиканский академический научно-исследовательский проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела, г. Донецк.

Ведущая организация: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Луганской Народной Республики «Донбасский государственный технический университет», г. Алчевск.

Защита состоится «12» апреля 2018 года в 13⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 01.006.02 при ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» по адресу: 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2, зал заседаний ученого совета. Тел. факс: +38 (0623) 22-77-19, e-mail: d01.006.02@donnasa.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» по адресу: 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2 (<http://donnasa.ru>).

Автореферат разослан «__» февраля 2018 г..

Ученый секретарь диссертационного совета Д 01.006.02



Назим Ярослав Викторович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Как показывает опыт, одной из основных проблем эксплуатации зданий и сооружений в крупных городах является возможность их повреждения в результате неравномерных деформаций грунтового основания. Сложные инженерно-геологические условия, являются при этом основной причиной нестабильности оснований как строящихся, так и существующих объектов, что увеличивает риск потери их несущей способности. В связи с этим особое значение приобретает проблема контроля технического состояния несущих конструкций сооружений с целью предупреждения возникновения аварийных ситуаций и обоснованность выбора комплекса инженерных мероприятий по их недопущению. При этом очевидно, что контроль технического состояния несущих конструкций должен носить систематический характер и позволять осуществлять оценку происходящих изменений на основе количественных критериев, а именно. базироваться на процедурах выявления соответствия фактической прочности, жесткости и устойчивости конструктивных элементов нормативным требованиям.

Проблема защиты зданий и сооружений от вредного влияния крена является достаточно сложной, требующей глубокого понимания причины возникновения, знания степени ответственности защищаемого объекта и основных его параметров. Объемы защиты зданий и сооружений от крена в различных условиях могут существенно отличаться. В некоторых случаях выполнять ее нецелесообразно, в других же стоимость таких мероприятий может составить более десяти процентов сметной стоимости проектируемого объекта.

Таким образом, проблема защиты зданий и сооружений от крена является не только технической или инженерно-геологической, но и экономической.

Связь работы с научными программами, планами, темами. Основные исследования теоретического и прикладного характера по теме диссертации выполнены по программе Erasmus Mundus в рамках проекта академической мобильности TEMPO (Trans-European Mobility Project On Education for Sustainable Development) в Университете Аликанте (Испания), а также согласно госбюджетной научно-исследовательской темы К2-19-11 «Совершенствование методов расчета деформаций, несущей способности и устойчивости оснований фундаментов и грунтовых массивов на основе гипотез нелинейной механики грунтов» (2011-2015 гг.).

Целью работы является разработка новых конструкций с изменяемыми параметрами (устройств) для исправления кренов зданий и сооружений, основанных на принципе регулирования геометрического положения конструкций зданий и сооружений.

Для достижения указанной цели поставлены и решены следующие **задачи исследования:**

1. Обобщены основные сведения о возникновении и развитии неравномерной осадки фундаментов, а также рассмотрены виды повреждений зданий и сооружений при деформации основания здания.

2. Разработана конструкция с изменяемой высотой устройства для регулирования вертикального положения многоэтажного здания в пространстве.

3. Определены прочность и деформируемость материала, используемого для заполнения устройства.

4. Исследованы геометрические параметры устройства для исправления кренов сооружения, влияющие на деформируемость рабочего тела.

5. Экспериментально исследовано разработанное устройство при различных режимах его нагружения и проектных величинах изменения его высоты.

6. Разработаны расчетные модели каркасных зданий на упругом основании, включающие конструкции с изменяемой высотой в процессе выполнения расчетов.

7. Разработаны и обоснованы численными исследованиями технологические схемы исправления кренов зданий с использованием конструкций с изменяемыми параметрами.

Объект исследования – каркасные здания и сооружения, получившие сверхнормативный крен.

Предмет исследования – конструктивные меры защиты зданий и сооружений, основанные на принципе сохранения проектного положения конструкций здания методом опускания его менее просевших частей.

Методика исследования. Для решения задач, поставленных в работе, использованы методы исследования:

- экспериментальные исследования конструкций с изменяемыми параметрами для регулирования положения здания в пространстве на моделях;

- численные методы для исследования напряженно- деформированного состояния конструкций и основания исследуемого здания с помощью программных комплексов ЛИРА и SAP2000.

На защиту выносятся:

1. Конструкция с изменяемыми параметрами - устройство для регулирования вертикального положения в пространстве зданий, возводимых на территориях со сложными инженерно-геологическими условиями.

2. Расчетные модели многоэтажных каркасных зданий с конструктивными мерами защиты от влияния сверхнормативных кренов, учитывающие взаимодействие сооружения с деформируемым основанием и конструкции фундаментов с изменяемыми в процессе расчета размерами.

3. Методика определения напряженно-деформируемого состояния элементов многоэтажного каркасного здания на плитном фундаменте при получении им сверхнормативного кренов и при регулировании вертикального положения здания в пространстве в том числе правила составления основных, особых и технологических сочетаний нагрузок, включающих воздействия в виде укорочения элементов, моделирующих устройства для исправления крена здания.

Научную новизну полученных результатов составляют:

1. Экспериментально обоснованные технические параметры устройства для исправления крена здания опусканием его частей, в том числе параметров конусного основания штампа и способ перемещения по высоте отверстия для истечения песка вращением коаксиальных труб с разнонаклонными прорезями на боковых поверхностях.

2. Расчетные модели многоэтажных каркасных зданий с конструктивными мерами защиты от влияния сверхнормативных кренов, учитывающие взаимодействие сооружения с деформируемым основанием и конструкции фундаментов с изменяемыми в процессе расчета размерами.

3. Методика определения напряженно-деформируемого состояния элементов многоэтажного каркасного здания на плитном фундаменте при получении им сверхнормативного крена и при регулировании вертикального положения здания в пространстве, в том числе правила составления основных, особых и технологических сочетаний нагрузок, включающих воздействия в виде укорочения элементов, моделирующих устройства для исправления крена здания.

Практическое значение полученных результатов. Результаты исследования и разработанные конструктивные решения зданий и сооружений, основанные на регулировании геометрического положения в пространстве конструкций при деформации оснований, послужат основой для создания регулируемого фундамента – устройства, предназначенного для освоения строительством территорий со сложными инженерно-геологическими условиями.

Результаты исследований, связанные с применением разрабатываемого устройства для зданий и сооружений на территориях, которые характеризуются сложными инженерно-геологическими условиями строительной площадки, позволят усовершенствовать и оптимизировать конструктивные меры выравнивания зданий при получении ими сверхнормативных осадок в проектах строительства, что приведет к сокращению затрат на устройство мер защиты.

Практическая реализация:

– результаты исследований внедрены в учебный процесс в форме рекомендаций к проектированию мероприятий по исправлению неравномерных осадок и кренов зданий в рамках выполнения курсового проекта по дисциплине «Здания и сооружения в сложных инженерно-геологических условиях» при подготовке магистров по направлению

подготовки 08.04.01 «Строительство» по программе подготовки «Теория и проектирование зданий и сооружений»;

– результаты диссертационного исследования внедрены в ЧАО «Институт Донбассреконструкция» при выполнении проверочных расчетов железобетонных конструкций жилого дома в квартале 191А по ул. Розы Люксембург в Ворошиловском районе г. Донецка на воздействие деформаций земной поверхности (в том числе наклона), вызванных подработкой.

Личный вклад соискателя. Приведенные в диссертационной работе результаты исследований получены автором самостоятельно. Личный вклад автора включает:

– разработку устройства для регулирования зданий и сооружений, основанного на принципе регулирования вертикального положения защищаемых конструкций при деформации оснований;

– разработку методики экспериментально-теоретических исследований, изготовление опытного образца, апробация разработанной методики по регулированию вертикального положения здания в пространстве;

– разработку расчетных моделей каркасных зданий с конструктивными мерами защиты от влияния деформации оснований и результаты исследования эффективности конструктивных мер защиты;

– исследование изменения напряженно-деформируемого состояния элементов многоэтажного каркасного здания на плитном фундаменте при получении им крена и последующим поэтапным выравниванием геометрического положения здания в пространстве.

Степень достоверности и апробация полученных результатов.

– Использованы лицензированные программные комплексы и выполнено сравнение результатов по различным ПК;

– применялось сертифицированное, поверенное экспериментальное оборудование;

– теоретические исследования выполнены с использованием основополагаемых гипотез теории строительных конструкций.

Основные результаты исследований, полученные в работе, докладывались на:

– научно-методических семинарах кафедры основания, фундаменты и подземные сооружения в ДонНАСА (Макеевка, 2013-2017 гг.);

– XIII Международной конференции молодых ученых, аспирантов, студентов «Здания и сооружения с использованием новых материалов и технологий» (Макеевка, 2014 г.);

– VIII Всеукраинская научно – техническая конференция «Механика грунтов, геотехника и фундаментостроение» (Полтава, 2013 г.);

– VII Международный молодежный форум «Образование, Наука, Производство», БГТУ им. В.Г. Шухова, (Белгород, 2015 г.);

– XIX Международная межвузовская научно-практическая конференция студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных (Москва, 2016 г.).

В полном объеме диссертация доложена на расширенном заседании кафедры оснований, фундаментов и подземных сооружений ДонНАСА (06.12.2017 г.)

Публикации. Основные научные результаты диссертации опубликованы в 9 печатных работах, в том числе 4 из них опубликованы в специализированных научных изданиях, рекомендованных МОН Украины; 1 – в изданиях, включенных в Перечень ВАК МОН Донецкой Народной Республики, 4 публикации – в материалах и тезисах конференций.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, трех приложений. Общий объем работы 157 страниц, в том числе: 122 страницы основного текста, 14 полных страниц с рисунками и таблицами, 13 страниц списка использованных источников из 138 наименований, 7 страниц приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение диссертации раскрывает актуальность темы, выбранной для исследования, определяет и обосновывает объект, предмет, научную новизну и практическую ценность работы, содержит характеристику и структуру работу.

В первом разделе диссертации приведен обзор и проведен анализ современных технологий повышения надежности и восстановления эксплуатационной пригодности зданий при их защите от неравномерных деформаций оснований. Описываются причины возникновения неравномерных деформаций грунтового основания зданий. Приводятся существующие методы корректировки геометрического положения, из которых выделяются регулируемые фундаменты для проектируемых и эксплуатируемых зданий и сооружений. Рассмотрены основные модели грунтового основания.

Методы расчета зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях рассмотрены в работах Клепикова С.Н., Петракова А.А., Милюкова Д.А., Крутова В.И., Мустафаева А.А., Коновалова П.А., Трегуба А.С., Яркина В.В. Методы исправления кренов зданий путем подъема их частей гидравлическими домкратами рассмотрены в работах Абелева Ю.М., Генделя Э.М., Шумовского В.П., Сорочана Е.А., Болотова Ю.К., Тригуба А.С. Методы исправления кренов зданий путем опускания их частей (песочницы, термопластические элементы) рассмотрены в работах Петракова А.А., Живодерова Н.А., Макиенко В.Е., Азараева В.В., Хорунжима В.И. Методы исправления кренов зданий путем изменения свойств оснований (выбуривание, дополнительное нагружение и т.п.) рассмотрены в работах Пулатова А.П., Дыбы В.П., Зотова А.М., Гусаренко С.П., Самченко Р.В., Шишко Г.С.

В результате анализа существующих методов выравнивания геометрического положения здания в пространстве уточнены задачи исследования, а также выявлены основные факторы возникновения и развития неравномерных деформаций основания. Рассматриваются положительные и отрицательные качества для существующих методов регулирования вертикального положения здания в пространстве.

Во втором разделе изложены методики проведения экспериментальных и теоретических исследований.

Рассмотрена конструкция устройства для корректировки геометрического положения здания в пространстве, которое претерпевает деформацию основания (рисунок 1).

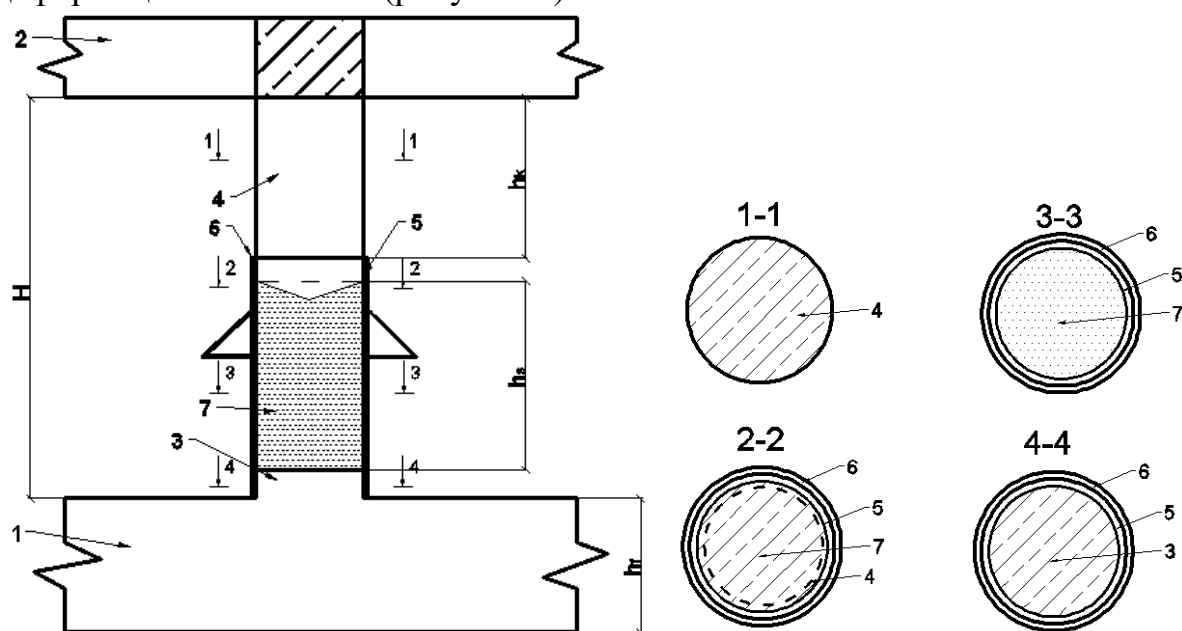


Рис. 1. Схема фундамента с устройством для исправления кренов сооружений: 1 – фундаментная плита; 2 – система перекрестных балок – стенок; 3 – цилиндрический выступ из фундаментной плиты; 4 – цилиндрический элемент из труботетона, заделанный в перекрестную систему балок – стенок; 5 – внутренняя труба устройства; 6 – наружная труба устройства; 7 – рабочее тело (песок); Н – высота технического подполья; h_s – высота рабочего тела в устройстве; h_k – зазор между устройством и низом системы перекрестных балок.

Фундамент представляет собой сплошную железобетонную плиту (1) и систему перекрестных балок-стенок (2), разделенных по высоте технологических пространством для размещения устройств для корректировки геометрического положения здания (в дальнейшем устройство).

Разработанное устройство представляет собой две металлические трубы: внешнюю и внутреннюю, которые имеют пересекающиеся под прямым углом прорези (рисунок 2). В экспериментальном устройстве указанная марка стали соответствует отечественной стали С275 (модуль деформации 210 ГПа, предел текучести 275 МПа). Между трубами наносится графитовая смазка. Внутренняя труба устройства (6) устанавливается на

цилиндрический выступ плиты фундамента (3). Во внутреннюю трубу (5) засыпается рабочее тело (7) в виде засыпки из песка, который уплотняется виброштампом. Высота рабочего тела (7) равна максимальной величине вертикальной корректировки сооружения, увеличенной на 10%. В верхнюю часть внутренней трубы (5) над рабочим телом (7) устанавливаются цилиндрические элементы из трубобетона, которые омоноличиваются в систему перекрестных балок. Колонны каркаса монтируются на систему перекрестных балок (2).

Наружная труба устройства (6) имеет упоры (ручки) для вращательного смещения трубы. В исходном состоянии наклонные прорезы в трубах не пересекаются и рабочее тело находится в состоянии компрессионного сжатия. Для осуществления вертикального перемещения верхней части фундамента открывается отверстие в устройстве за счет вращения наружной трубы (6). При этом размер отверстия должен быть не менее 10×10 мм. Опускание верхней части фундамента происходит за счет истечения рабочего тела (песка) из устройства.



Рис 2. Модели оболочек (труб) устройства с пересекающимися прорезями на боковых поверхностях.

Высота цилиндрического элемента (4), заделанного в перекрестных балках, должна обеспечивать зазор между низом балок и верхом внутренней трубы, равный максимальной величине рихтования сооружения, увеличенной на 10%. Заделки элементов (3) и (4) в трубы устройства должны быть не менее внутреннего диаметра трубы.

В качестве штампа выбран конический наконечник, так как конус является наиболее удачной формой осесимметричного режущего профиля, Коническая форма подошвы штампа создает расклинивающий эффект в сыпучем материале, что приводит к его истечению из отверстия (рисунок 3).

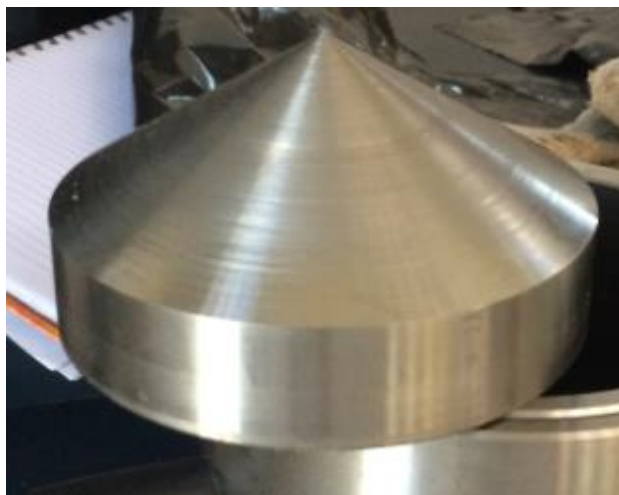


Рис 3. Модель конического наконечника штампа.

Принципиальная методика экспериментальных исследований заключается в следующем. Для проведения испытаний применялся нагрузочный каркас марки ME406 (рисунок 4) производства испанской фирмы Servosis. Оборудование марки ME406 позволяет проводить статические и динамические тесты для больших структур. Оно включает сервогидравлическую нагрузочную раму с предельным осевым усилием 2500 кН, блок управления сервогидравлическим приводом, блок обработки данных, поступающих с датчиков давлений и перемещений. Испытательная скорость до 1000 мм/мин. В процессе испытания в автоматическом режиме (с использованием программного обеспечения PCD2K) реализуется заданная траектория нагружения. При этом измерялись следующие величины: вертикальное осевое усилие; вертикальное перемещение верхнего штампа.



Рис. 4. Испытательный каркас марки ME406 испанской фирмы Servosis.

Эксперимент проводился на опытных образцах устройства для регулирования вертикального положения здания в пространстве. Перед началом эксперимента были подготовлены опытные образцы для испытания (рисунок 5).



Рис. 5. Модель устройства перед началом испытаний.

Перед началом эксперимента было проведено предварительное нагружение песка максимальным давлением в опытах. После этого задавалась величина необходимой нагрузки с помощью программного обеспечения PCD2K. Проведено по четыре эксперимента с разным нагружением, равным 3, 7, 15, 40 тонн для разной влажности песка 0, 3, 5, 10 и 15 % и при различной высоте пересечений отверстий на устройстве 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27 и 30 см.

Разработаны методики численного моделирования процессов создания кренов сооружения и пространственной корректировки здания, получившего крен (рисунок 6). Методики численных исследований предполагают использование программных комплексов LIRA и SAP2000.

Методики предполагают исследования двух объектов: 23-х этажное каркасное здания на плитном фундаменте и 14-ти этажное каркасное здание также на плитном фундаменте (рисунки 7,8).

Методики основаны на использовании расчетных моделей, учитывающих взаимодействие конструкций с деформируемым основанием и конструкции фундаментов с изменяемыми в процессе расчета размерами. Расчетные модели такого типа разработаны впервые. Конструкции фундаментов с изменяемыми в процессе расчета размерами используются для моделирования процесса выравнивания здания методом опускания его менее просевших частей. В данных исследованиях конструкцией фундамента с изменяемыми размерами является устройство для исправления кренов сооружения (рисунки 1, 5). В процессе истечения рабочего тела из устройства его высота уменьшается. В расчетной схеме устройства для исправления кренов сооружения моделируются стержневыми конечными элементами с заданной осевой жесткостью. Уменьшение высоты устройства в расчетах учитывается как температурная деформация, задаваемая в статически определимой основной системе.

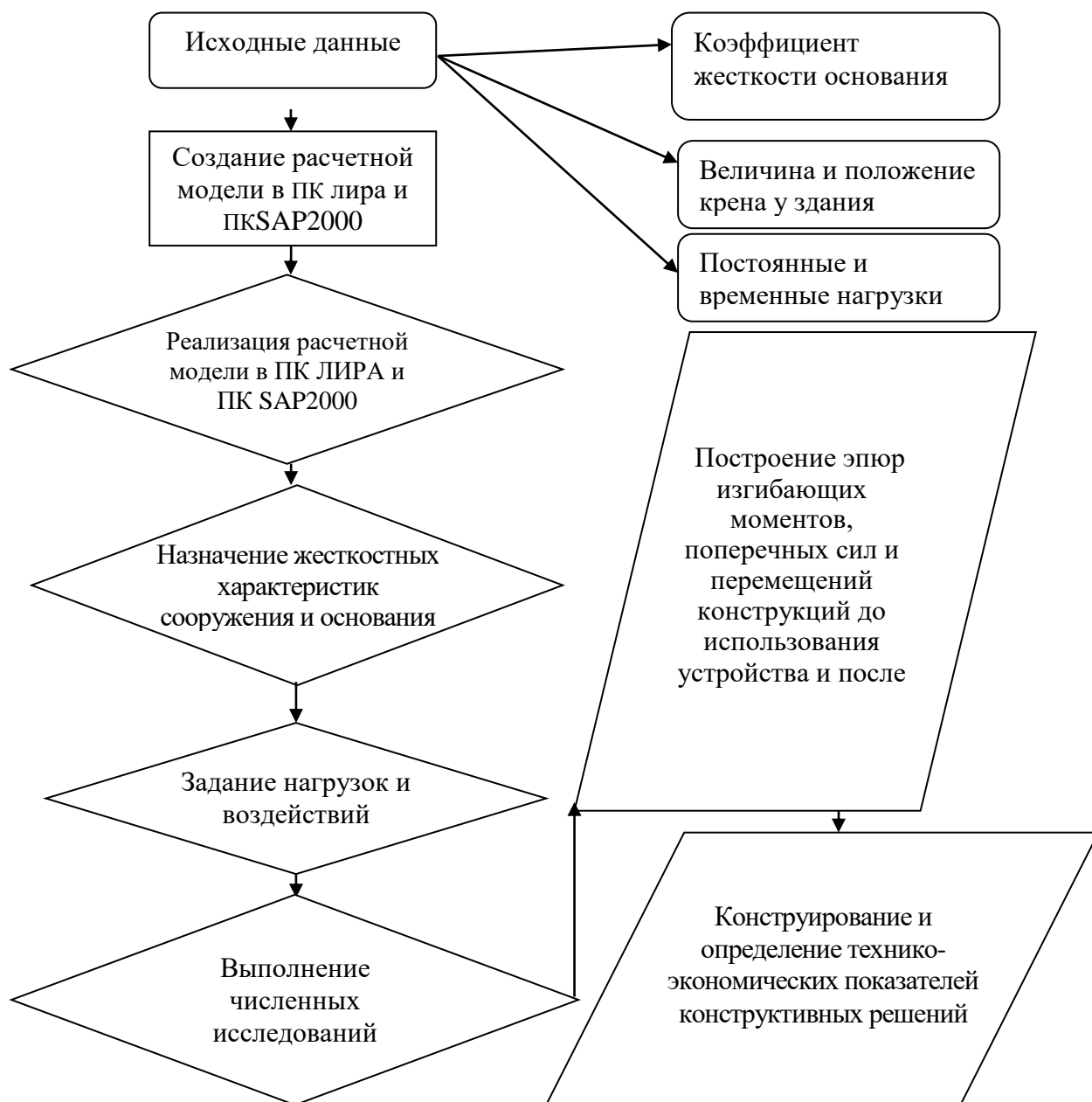


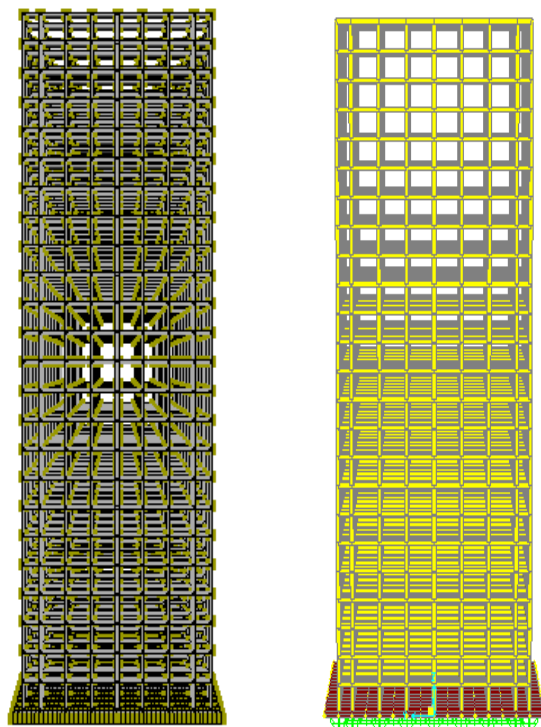
Рис.6. Блок-схема численных исследований

Основными отличиями методик расчета системы «основание - фундамент - верхнее строение» при исправлении пространственного положения сооружения являются уточненные определения расчетных сочетаний нагрузок и воздействий. При этом рассматриваются основные, особые и технологические сочетания нагрузок и воздействий.

В основном сочетании нагрузок учитываются эксплуатационные нагрузки, приложенные к конструкциям в момент перед началом исправления пространственного положения здания.

В особые сочетания нагрузок входят нагрузки основного сочетания и неравномерные осадки основания, проявившиеся к моменту начала работ по выравниванию здания.

В технологические сочетания нагрузок входят основные и особые сочетания и одно из технологических воздействий в виде вынужденных перемещений в стержнях, моделирующих устройство. Количество технологических сочетаний нагрузок соответствует количеству этапов по выравниванию здания.



ПК ЛИРА

ПК SAP2000

Рис. 7. Расчетная схема 23-х
этажного здания

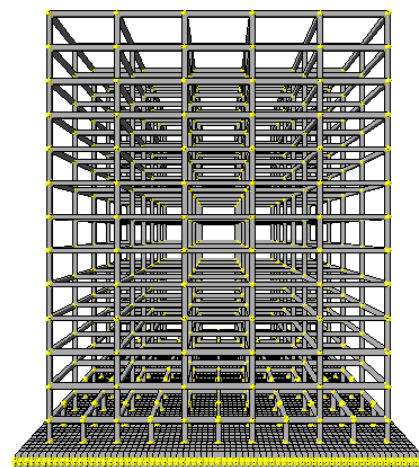


Рис. 8. Расчетная схема 14-ти
этажного здания в ПК LIRA

Методиками предполагается многофакторные численные исследования, в которых варьируются возможные схемы корректировки здания, в том числе одноэтапные и многоэтапные с полными и частичными приращениями перемещений. Методики разработаны для выявления оптимальных схем корректировки зданий, при которых в несущих конструкциях возникают минимальные усилия.

В третьем разделе приведены результаты экспериментальных исследований разработанного устройства для исправления крена здания.

С целью установления влияния уровня нагружения, влажности песка и его состава на работоспособность предлагаемого устройства были проведены экспериментальные исследования: влияние предварительного нагружения (рисунок 9), влажности песка (рисунок 10), времени нагружения и состояния песка на его деформативность при нагрузке 3, 7, 15, 40 тонн, при влажности 0, 3, 5, 10, 15% и требуемой величине осадки 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30 см (рисунки 11-13).

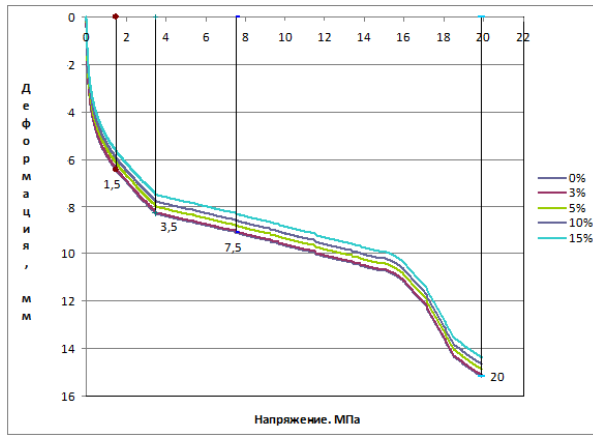


Рис. 9. Влияние предварительного нагружения на деформируемость песка при различной влажности.

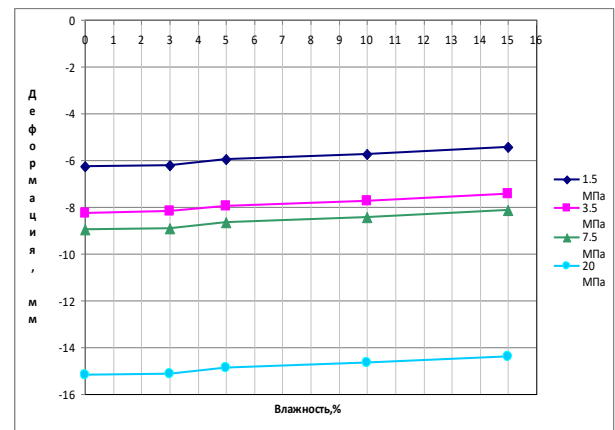


Рис. 10. Влияние влажности песка на деформируемость песка при различном напряжении.

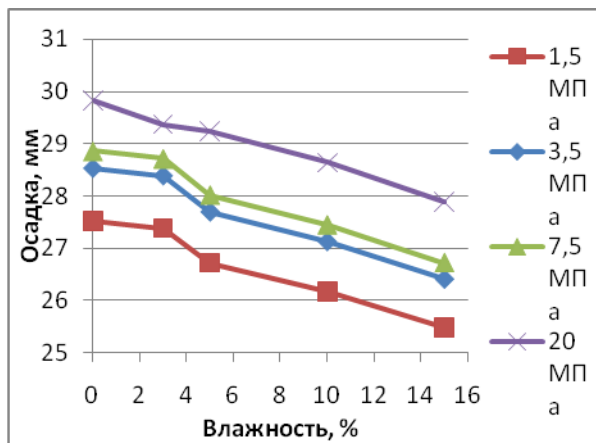


Рис. 11. Влияние уровня влажности песка на осадку устройства. Время работы устройства 150 с.

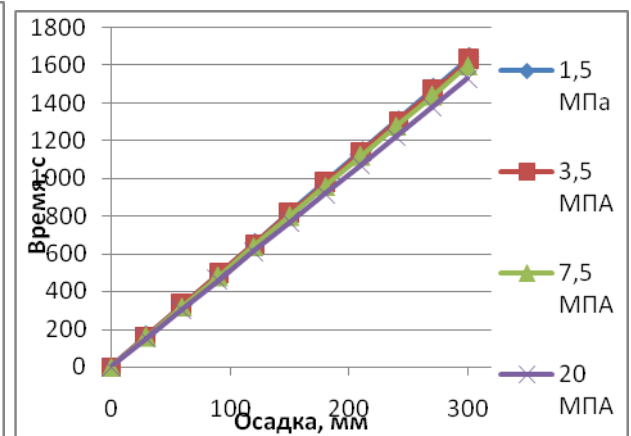


Рис. 12. Время истечения песка для достижения заданной осадки.



Рис. 13. Истечение песка из модели устройства в процессе испытаний.

Экспериментально установлено, что при проектировании устройства необходимо учитывать деформации песка от собственного веса сооружения. При этом следует ограничивать напряжения в песке от веса сооружения

величиной 20 МПа. Для расчетов строительных осадки допускается принять модуль деформации песка в условиях компрессионного сжатия 400 МПа. Для уменьшения строительных осадок рекомендуется производить предварительное уплотнение песка в устройстве виброштампом. Экспериментально установлено, что влияние таких факторов как зерновой состав песка и изменение его влажности от 0 до 15% практически не влияют на его уплотнение под нагрузкой. Это влияние оценивается величиной не более 10%.

Экспериментальными исследованиями подтверждена работоспособность устройства для корректировки пространственного положения здания.

Установлено, что время работы устройства для достижения заданной осадки за счет истечения песка из устройства практически не зависит от уровня нагружения в песке, его влажности и расположения отверстий для истечения песка по высоте устройства. Средняя скорость осадки устройства по данным экспериментов составляет 0,2 мм/с.

Результаты эксперимента показывают незначительное влияние напряжения в песке на величину осадки устройства за счет истечения песка из отверстия (менее 10%). Это связано с тем, что объем истечения песка зависит от боковых давлений и размеров отверстия для истечения рабочего тела (песка). При достаточно малых отверстиях увеличение боковых давлений не приводит к существенной скорости истечения. Поперечное сечение отверстия является в данном случае фильтром, отсекающим влияние на истечение избыточных боковых давлений. Существует, очевидно, начальное критическое давление, ниже которого процесс истечения не происходит. В проведенных опытах это боковое давление, соответствующее вертикальным напряжениям 1.5 МПа.

Установлено, что высота пересечения прорезей в трубах не влияет на скорость истечения песка из устройства, так как песок при работе устройства имеет одинаковые боковые давления в зоне его истечения из отверстия.

Важной конструктивной особенностью устройства является передача нагрузки на песок через конический штамп. Именно коническая форма штампа позволяет создавать боковые давления, достаточные для истечения песка из отверстия. Высота конуса должна быть не меньше величины расчетной осадки устройства на ступени, которая в опытах составляет 30 мм.

Работа устройства всегда должна начинаться с открытия отверстия в зоне расположения конического наконечника штампа. При других режимах работы устройства может происходить заклинивание песка в отверстии из-за недостаточных боковых давлений в песке.

Таким образом, кинематика устройства позволяет с заданной точностью контролировать расчетную осадку на ступенях корректировки положения здания. При этом расчетная величина осадки задается углом поворота наружной трубы, который устанавливает отверстие для истечения песка на заданной высоте. В проведенных опытах расчетная осадка 30 мм достигалась за 160 с работы устройства. Последовательное смещение положения отверстия по высоте устройства позволяет достичь суммарную осадку 300 мм за 1600 с.

В четвертом разделе приведены результаты теоретических исследований эффективности работы устройства для регулирования вертикального положения здания в пространстве и исследование НДС конструктивных элементов здания при исправлении крена здания с помощью данного устройства. Для достижения указанных целей рассматривается несколько способов применения устройства для корректировки положения здания в пространстве: одноэтапное и многоэтапное выравнивание здания. Поиск оптимального решения применения устройства из рассмотренных осуществляется методами численного моделирования.

Исследована технологическая схема исправления пространственного положения 23-х этажного здания путем одноэтапного опускания его частей до отметки максимально просевшей части фундаментов. Опускание частей здания на заданную высоту (30 см) осуществлялось приложением заранее рассчитанных нагрузок к элементам, моделирующим работу устройства для исправления крена здания (рисунок 14).

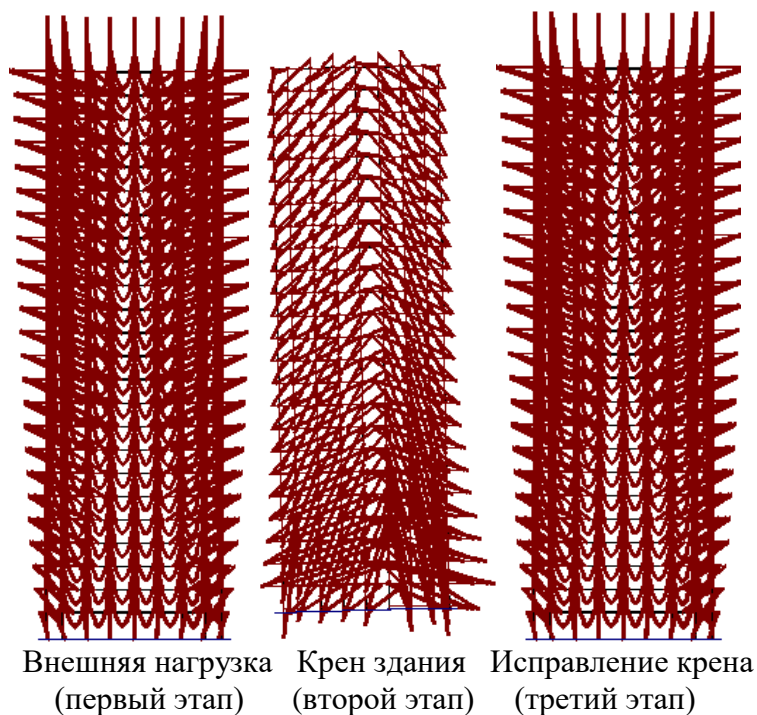


Рис. 14. Эпюры изгибающих моментов в конструкциях каркасного здания на плитном фундаменте при одноэтапном исправлении крена в ПК ЛИРА.

На основании проведенных исследований сделаны следующие выводы: на втором этапе исследования при получении зданием вынужденного крена усилия в элементах здания возрастают на 95-97%; на третьем этапе теоретического исследования при исправлении крена здания усилия в элементах здания уменьшаются на 70-75% по сравнению со вторым этапом. Разница между усилиями, полученными в ПК ЛИРА и ПК SAP2000 составляет 2-2,5%.

Исследованы технологические схемы исправления пространственного положения 14-ти этажного здания путем многоэтапного опускания его менее просевших частей на 3-6 см, а также путем последовательного многоэтапного опускания его частей по осям колонн на полную величину неравномерной

осадки на 30 см. Опускание частей здания моделировалось уменьшением высоты элементов, моделирующих выравнивающее устройство, с помощью задания температурной деформации. Для того, чтобы определить количественный показатель изменения усилий при исправлении крена здания, рассматривается наиболее нагруженная рама конструкции при изменении вертикального положения в пространстве на всех этапах исследования (рисунок 15).

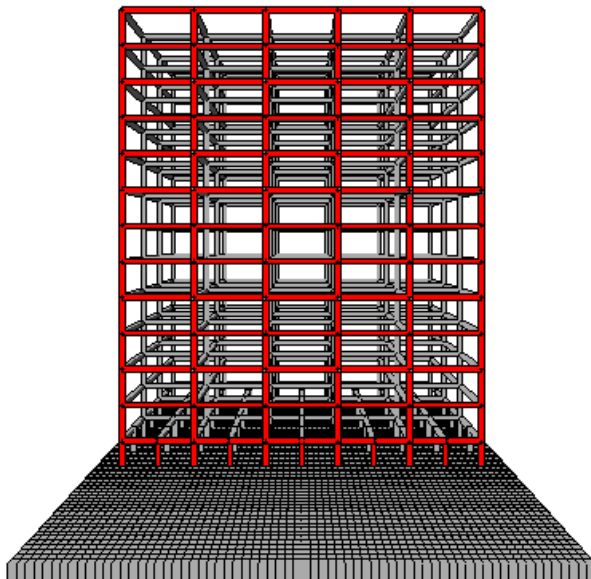


Рис. 15. Элементы каркаса здания, в которых рассматривается изменение усилий.

По полученным результатам многовариантных расчетов построены графики изменения усилий (изгибающего момента, поперечной силы, растягивающей и сжимающей продольной силы) для каждого из рассмотренных этапов выравнивания здания. На рисунке 16 приведены графики для элементов с максимальным значением изгибающих моментов, продольных и поперечных сил при многоэтапном выравнивании элементов каркасного здания по 3-6 см. Несущая способность рассматриваемого железобетонного элемента по изгибающему моменту составляет $1150 \text{ кН} \times \text{м}$.

В связи с тем, что расчеты конструкций выполнялись в упругой постановке, полученные усилия в 5-6 раз превышают несущую способность сечений. В нелинейных расчетах указанные усилия будут ограничены величиной несущей способности сечений. При выравнивании здания расчетные усилия не превышают несущую способность сечений.

Установлено, что при многоэтапном выравнивании по 3-6 см, наблюдается уменьшение усилий на каждом этапе исследования на 30-60%. Таким образом, работа устройства при его осадке на 3-6 см на каждом этапе выравнивания приводит к поэтапному уменьшению усилий, что положительно влияет на НДС элементов каркасного здания на плитном фундаменте.

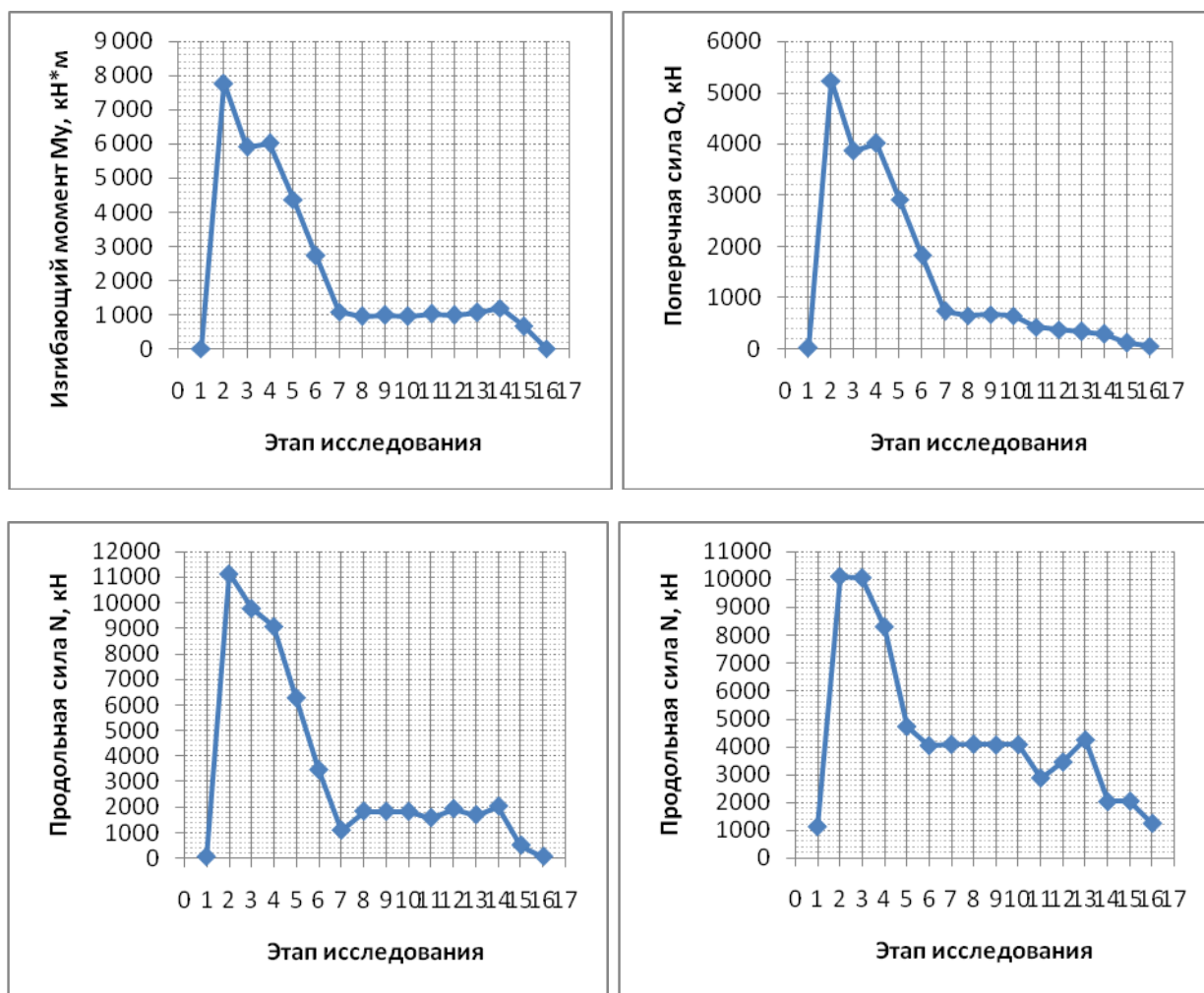


Рис. 16. Максимальные усилия в изучаемых элементах каркасного здания при многоэтапном выравнивании по 3-6 см в ПК Лиры.

На рисунке 17 приведены графики для элементов с максимальным значением изгибающих моментов, продольных и поперечных сил при многоэтапном выравнивании элементов каркасного здания на полную величину осадки 30 см.

При поэтапном выравнивании осей колонн на 30 см в элементах конструкции здания возникают значительные дополнительные усилия, что может привести к разрушению отдельных конструкций или всего здания. При этом в процессе выравнивания здания усилия в конструкциях не только не уменьшаются, а наоборот увеличиваются на 5-7%. НДС конструкций здания стабилизируется только на последнем этапе выравнивания, когда фундаменты всех колонн располагаются на одной отметке.

Теоретическими исследованиями установлено, что наиболее эффективной технологической схемой исправления пространственного положения здания является схема многоэтапного одновременного опускания менее просевших частей здания на 3-6 см до достижения горизонтального положения надземных конструкций. При указанной схеме усилия в конструкциях, полученных в результате неравномерных осадок основания, монотонно уменьшаются до их значения при отсутствии неравномерных

осадок основания. Таким образом, конструкции зданий при исправлении его положения в пространстве не испытывают дополнительных перегрузок. Указанная технологическая схема корреспондируется с техническими особенностями устройства для исправления крена здания. Эти технические особенности заключаются в том, что устройство для исправления крена здания является дискретной системой. В процессе своей работы оно настраивается на дискретную осадку, равную примерно 3-4 см, путем размещения по высоте отверстия для истечения песка. После достижения дискретной осадки активизация устройства достигается смещением по высоте отверстия для истечения песка на 3-4 см. Таким образом, реализация технологической схемы по исправлению пространственного положения здания с использованием разработанного устройства (песочницы) осуществляется в полуавтоматическом режиме. При этом каждый этап выравнивания реализуется автоматически, а переход к следующему этапу выравнивания требует механической настройки устройства.

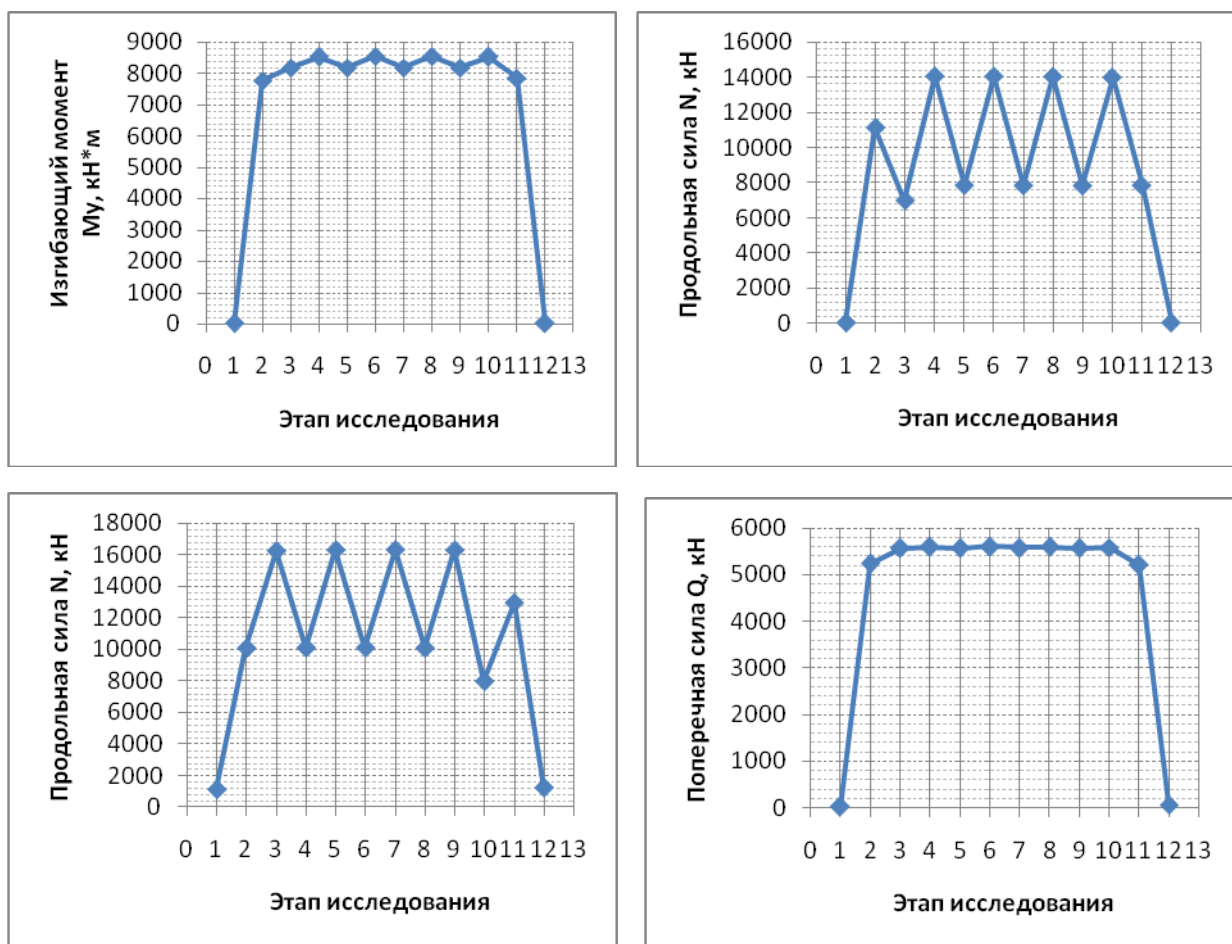


Рис. 17. Максимальные усилия в изучаемых элементах каркасного здания при многоэтапном выравнивании на полную величину 30 см в ПК Ли́ра.

В пятом разделе разработаны «Рекомендации по применению устройства для регулирования вертикального положения здания на территориях со сложными инженерно-геологическими условиями» для

экспериментального проектирования и строительства зданий и сооружений, защита которых от неравномерных осадок основания осуществляется методом опускания частей.

Рекомендации предназначены для экспериментального проектирования многоэтажных каркасных зданий и сооружений на плитном фундаменте высотой до 16-ти этажей на территориях со сложными инженерно-геологическими условиями.

Технология выравнивания здания предполагает следующие операции:

- составление деформированной схемы оснований колонн здания;
- назначение проектной отметки оснований колонн после корректировки здания;
- вычисление расчетных величин осадки колонн для приведения здания в горизонтальное положение;
- выполнение статических расчетов здания и назначение допустимых перемещений колонн в процессе корректировки положения здания;
- назначение по результатам расчета ступеней опускания колонн в одной технологической операции;
- установка измерительных приборов для контроля перемещения колонн в процессе корректировки здания;
- выполнение серий технологических операций по корректировке положения здания.

В каждой технологической операции по корректировке здания выполняются следующие работы:

- фиксируются нулевые показания приборов;
- заполняется марка с указанием конечного значения показания измерительных приборов;
- активизируется работа устройства;
- контролируется осадки колонн по измерительным приборам и при достижении величины, указанной на марке, устройство отключается.

После окончания работы по корректировке сооружения выполняется контрольные геодезические измерения.

Результаты исследования внедрены в ЧАО «Институт Донбассреконструкция» при выполнении проверочных расчетов железобетонных конструкций жилого дома в квартале 191А по ул. Розы Люксембург в Ворошиловском районе г. Донецк на воздействие деформаций земной поверхности (в том числе наклона), вызванных подработкой.

ВЫВОДЫ

1. Разработано и исследовано устройство для регулирования вертикального положения здания в пространстве при неравномерных деформаций основания методом опускания его частей. Разработанное устройство защищено патентом. Разработанное устройство представляет собой усовершенствованную конструкцию песочницы с полуавтоматическим дискретным режимом работы. Экспериментальными исследованиями установлено, что работоспособность устройства обеспечивается соблюдением следующих технологических принципов:

- давление на рабочее тело должно создаваться с помощью штампа с коническим основанием, создающим боковые давления в песке, достаточные для его истечения из отверстия в устройстве;

- отверстие для истечения песка при работе устройства должно принудительно дискретно перемещаться по высоте устройства на высоту конического основания штампа;

Несоблюдение указанных принципов приводит к заклиниванию рабочего тела в объеме устройства.

2. Результаты экспериментов показали незначительную зависимость (менее 10%) величины напряжения в песке на величины осадки штампа. Это объясняется тем, что истечение песка из устройства происходит при расположении отверстия в зоне конического штампа, в которой создаются максимальные боковые давления от вертикальной нагрузки, приложенной к штампу. Истечение песка из отверстия начинается при достижении боковыми давлениями определенной величины (порога истечения). В опытах эта величина составляет 1,5 МПа. Можно предположить, что при повышенных боковых давлениях имеет место частичное заклинивание песка в отверстии. Таким образом, при боковых давлениях от разных вертикальных нагрузок на штамп в экспериментах скорость истечения песка из отверстия оказалась примерно одинаковой.

В проведенных экспериментах осадка штампа в устройстве на 30 мм достигнута за 160 с его работы. Полная осадка штампа на 300 мм достигнута за 1600 с работы устройства. Таким образом, в предварительных расчетах средняя скорость осадки штампа в устройстве может быть принята 0,2 мм/с.

3. Исследованы технологические схемы исправления кренов здания методом опускания его частей. Исследования выполнены для основного, особого и технологического сочетания нагрузок. Основные сочетания нагрузок включают эксплуатационные нагрузки, действующие на здание перед исправлением крена. Особые сочетания нагрузок включают нагрузки основных сочетаний и воздействия неравномерных осадок основания на момент исправления крена. Технологические сочетания нагрузок включают основные и особые сочетания нагрузок и воздействия от изменения высоты устройств в процессе исправления крена здания.

Исследовано две принципиальные технологические схемы поэтапного исправления крена здания, каждая из которых включает от 2 до 14 этапов

выравнивания (технологических сочетаний нагрузок). Первая схема многоэтапного выравнивания включает в себя 14 этапов по 3-6 см, вторая схема включает 12 этапов по 30 см каждой опоры на одном этапе. При первой схеме многоэтапного выравнивания наблюдается уменьшение усилия практически на каждом этапе исследования. Таким образом, работа устройства приводит к поэтапному уменьшению усилий, что положительно влияет на НДС элементов каркасного здания на плитном фундаменте. При реализации второй схемы в элементах конструкции здания возникают значительные дополнительные усилия, что может привести к разрушению отдельных конструкций или всего здания. При выравнивании здания поэтапно по 3-6 см (первая технологическая схема) усилия, которые возникают в элементах каркаса здания с каждым этапом уменьшаются на 30-60%. В отличие от этого при второй схеме выравнивания поэтапно на 30 см усилия не только не уменьшаются, а наоборот увеличиваются на 5-10%. При этом догружаются конструктивные элементы здания, усилие в которых на предыдущих этапах расчета были несущественными. Если сравнивать данные схемы, разница в усилиях составляет 30-88% на разных этапах исследования.

Таким образом, численными исследованиями обоснована техническая и технологическая целесообразность поэтапного процесса исправления крена здания ступенями одномоментного укорочения устройств на 3-6 см. Указанная технологическая схема исправления крена здания полностью корреспондируется с техническими параметрами устройства для исправления крена здания, которое позволяет в автоматическом режиме дискретно уменьшать высоту опор (устройств) на 3-6 см.

4. Данные, полученные по результатам теоретических и экспериментальных исследований эффективности технологических процессов с использованием регулируемых фундаментов, позволили внести ряд уточнений и дополнений в существующие методики численного моделирования работы зданий на регулируемых фундаментах. Указанные уточнения касаются расчетных моделей и методик численных исследований.

5. Разработаны «Рекомендации по применению устройства для регулирования вертикального положения здания на территориях со сложными инженерно-геологическими условиями». Данные рекомендации содержат конструктивные требования по проектированию зданий и сооружений с устройством для регулирования вертикального положения здания в пространстве, контроль положения здания в пространстве, проектирование технологического процесса по выравниванию зданий и сооружений с помощью устройства для регулирования вертикального положения здания в пространстве и последовательность работ при исправлении крена. Рекомендации ставят своей целью обеспечение устойчивости и надежности зданий при исправлении крена на территориях со сложными инженерно-геологическими условиями.

ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

– публикации в специализированных научных изданиях, рекомендованных МОН Украины:

1. Петраков, А.А. Влияние расчетных моделей грунтового основания на напряженное состояние несущих конструкций каркасных зданий на плитных фундаментах. [Текст] / А.А. Петраков, В.В. Яркин, **Е.О. Брыжатая** // Сбірник наукових праць Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондартюка. Серія «Галузеве машинобудування, будівництво». – Полтава, ПНТУ, 2013. – Том 2, № 3(38). – С.274-279 *(Изучены конструкции зданий и сооружений различного назначения с учетом их взаимодействия с грунтовым основанием. Приведены методики теоретических исследований. Проведен анализ влияния расчетных моделей грунтового основания на НДС элементов каркасного здания).*

2. Петраков, А.А. The influence of ground design models on strain-stress distribution of bearing structures on frame constructions with slab foundation. [Текст] / А.А. Петраков, В.В. Яркин, **Е.О. Брыжатая** // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2014. – Том 10, № 4. – С. 237-243. *(Изучены основные модели грунтового основания. Приведены варианты конечно-элементных моделей зданий с учетом их взаимодействия с основанием. Проведен анализ влияния моделей грунтового основания на внутренние усилия в фундаментной плите и несущих конструкций каркасных зданий).*

3. Петраков, А.А. Constructions with variable parameters and the device for correct the tilt of the buildings [Текст] / А.А. Петраков, **Е.О. Брыжатая**, Н.С. Масло // Современное промышленное и гражданское строительство. 2016. Том 12, № 4. С. 141-148. – Режим доступа: http://donnasa.ru/publish_house/journals/spgs/2016-4/01_petrakov_bryzhata_maslo.pdf *(Изучены современные технологии повышения надежности и эксплуатационной пригодности зданий и сооружений, получивших сверхнормативный крен. Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований. Проведен анализ полученных результатов исследований).*

4. Петраков, А.А. Напряженно-деформируемое состояние элементов каркасного здания на плитном фундаменте при регулировании вертикального положения в пространстве buildings [Текст] / А.А. Петраков, **Е.О. Брыжатая**, Н.С. Масло // Вестник ДонНАСА. – Макеевка, ДонНАСА. – 2016. – Вып. 2016-3(119). – С. 115-119 *(Изучены последние исследования технологий подъема и выравнивания зданий. Приведены технология устройства регулируемого фундамента и конструкция разработанного устройства. Проведен анализ полученных результатов теоретических исследований).*

– публикации в рецензируемых научных изданиях, утвержденных перечнем ВАК МОН Донецкой Народной Республики:

1. Яркин, В.В. Влияние вынужденных перемещений оснований при подработке на напряженно-деформированное состояние каркасного здания [Электронный ресурс] / В.В. Яркин, Т.В. Морозова, **Е.О. Брыжатая** // Металлические конструкции. 2017. Том 23, № 2. С. 59-68. – Режим доступа: http://donnasa.ru/publish_house/journals/mk/2017-2/02_Iairkin_morozova_bryzhata.pdf (Изучены существующие к настоящему времени методы расчета податливости основания. Приведены рекомендации по изменению податливости основания в процессе эксплуатации здания для снижения в элементах каркаса дополнительных усилий, вызванных подработкой. Проведен анализ распределения дополнительных усилий в элементах многоэтажного каркасного здания от вынужденных перемещений земной поверхности при различных значениях податливости основания).

– публикации по материалам научных конференций:

1. Капинус, О.Л. Methods of foundation calcucaltions [Текст] / О.Л. Капинус, **Е.О. Брыжатая** [Текст] // Збірник тез доповідей за матеріалами XXXIX Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції «Науково-технічні досягнення студентів – будівельно-архітектурній галузі України». –Макіївка, ДонНАСА. – 2013. – С. 20.

2. Петраков, А.А. Конструкции с изменяемыми параметрами для исправления кренов сооружений [Текст] / А.А. Петраков, **Е.О. Брыжатая** // Материалы студенческой научной конференции, ч.1. – Донецк, ДонИЖТ. – 2014. – С. 110-112.

3. Петраков, А.А. Влияние моделей грунтового основания на расчетные усилия рамы многоэтажного каркасного здания [Текст] / А.А. Петраков, **Е.О. Брыжатая** // Матеріали конференції студентів, молодих вчених та викладачів "Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, управління. Математика фізика, теоретична та прикладна механіка, ч 1. (28-29 березня 2013, Донецьк). – Донецьк: ДонІЗТ, 2013. – С. 180-185.

4. Петраков, А.А. Метод выравнивания геометрического положения здания в пространстве при помощи регулируемого фундамента [Текст] / А.А. Петраков, **Е.О. Брыжатая** // Сборник материалов XIX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных. – Москва: НИУ МГСУ. –2016. – С. 235-238.

АННОТАЦИЯ

Брыжатая Екатерина Олеговна. **Конструкции с изменяемыми параметрами для исправления кренов сооружений.** – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения. - Государственное образовательное учреждение высшего профессионального

образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». – Макеевка, 2017 г.

Диссертация посвящена изучению напряженно-деформируемого состояния элементов каркаса многоэтажного здания при исправлении крена при помощи устройства для регулирования вертикального положения.

Во введении обоснована актуальность, сформулирована научная новизна, практическая ценность работы, дана ее общая характеристика.

В первом разделе выполнен обзор и проведен анализ современных технологий повышения надежности и восстановления эксплуатационной пригодности зданий при их защите от неравномерных деформаций оснований.

Во втором разделе разработаны методики численных и экспериментальных исследований. Рассмотрена конструкция устройства для корректировки геометрического положения здания в пространстве, которое претерпевает деформацию основания. Приведены схемы по одноэтапному и многоэтапному исправлению крена для двух конечно - элементных моделей зданий.

В третьем разделе приведены результаты экспериментальных исследований разработанного устройства для исправления крена здания. Проанализировано влияние уровня нагружения, влажности песка, высоты пересечения прорезей и состава песка на работоспособность устройства для исправления крена.

В четвертом разделе приведены результаты теоретического исследования эффективности работы устройства для регулирования вертикального положения здания в пространстве и исследовано напряженно-деформированное состояния конструктивных элементов здания при исправлении крена здания с помощью данного устройства.

В пятом разделе разработаны «Рекомендации по применению устройства для регулирования вертикального положения здания на территориях со сложными инженерно-геологическими условиями» для экспериментального проектирования и строительства зданий и сооружений, защита которых от неравномерных осадок основания осуществляется методом опускания частей.

Ключевые слова: неравномерная деформация основания, напряженно-деформированное состояние (НДС), крен, исправление крена здания, песочница.

ABSTRACT

Bryzhata Kateryna. **Constructions with variable parameters to correct the tilts of the buildings.** – Manuscript.

Thesis submitted for the scientific degree of Candidate of Technical Science in speciality 05.23.01 – Buildings constructions, buildings and structures. –

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Makeevka, 2017.

The thesis is devoted to the study of the strain-stress distribution of the frame elements of a multi-storey building with the correction of the tilt using a device for control the vertical position.

In the introduction, relevance is grounded, scientific novelty is formulated, the practical value of the work is given, and its characteristic is given.

In the first section, the review and the analysis of modern technologies of increase of reliability and restoration of serviceability of buildings at their protection against non-uniform deformations of the bases was carried out.

In the second section, methods of numerical and experimental research have been developed. The design of the device for control the geometric position of a building in range, which undergoes a deformation of the base are considered. The procedure for a one-stage and multiple-stage correction of the tilt for two finite element models of buildings are given.

In the third section, results of experimental researches of the developed device for correction the building tilt are reported. The influence of the loading level, sand moisture, the height of the intersection of the holes and the sand composition on the operation capacity of the device for tilt correction is analyzed.

In the fourth section, the results of numerical research of the operational efficiency of the device for control the vertical position of the building in range and the study of the strain-stress distribution of the structural elements of the building while correcting the building tilt using the developed device are given.

In the fifth section, «Recommendations for the use of a device for control the vertical position of a building in range with difficult geological profile have been developed for experimental design and construction of buildings and structures, the protection of which from differential settlements of the base is carried out by the method of lowering the parts have been developed.

Key words: non-uniform deformations of the bases, strain-stress distribution, tilt, correction of the building tilt, sanding apparatus.