

# **Секція 7**

## **ГЕОМЕХАНІКА**

Хозяйкина Н.В., к.т.н., доцент, Солдатова Б.С. студент гр. ПБ 13-1-М

(Государственный ВНЗ "Национальный горный университет", г. Днепропетровск, Украина)

## АНАЛИЗ МОДЕЛИРОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПАРАМЕТРОВ НАГРУЖЕННОГО СКЛОНА

Вопрос проектирования и строительства высотных жилых зданий на склонах и откосах в настоящее время остается по-прежнему, актуальным. Параметры нагруженного склона влияют на состояние, возводимого на нем высотного сооружения, так как склон является его основанием.

Главным требованием для высотных зданий является обеспечение их прочности, устойчивости и жесткости. В связи с этим актуальной проблемой является определение основных параметров нагруженных склонов. В первую очередь учитывается угол склона, и расстояние от здания до начала склона. Высотные здания, расположенные на склонах имеют большую степень проявления крена здания, в ряде случаев превышая допустимые значения. Согласно СНиП, допустимые значения отклонения крена в зависимости от высоты  $H$  здания не должны превышать величин: для гражданских зданий и сооружений-  $0,0001H$ , промышленных зданий и сооружений –  $0,0005H$  [1]. Поэтому, в данной статье, для исследований поведения крена здания, расположенного на склоне, выполнено компьютерное моделирование, с использованием программного продукта Лира.

Была разработана расчетная схема (рис. 1), на примере 19-этажного жилого здания.

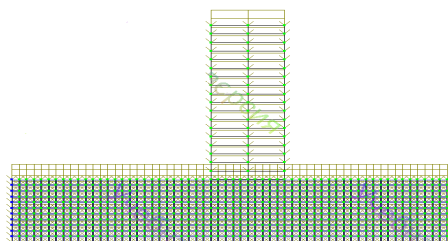


Рисунок 1 - Расчетная схема

При разработке расчетной схемы учитывался собственный вес здания, геология, угол склона  $\alpha$  и расстояние от здания до начала склона  $x$ , на котором находится исследуемый объект. Моделирование выполнялось в несколько этапов. На первом этапе здание было помещено на горизонтальное основание при  $\alpha = 0^\circ$ , и  $x = 20$  м (см. рис. 1). Далее в процессе моделирования варьировались угол склона  $\alpha$  от  $0^\circ$  до  $45^\circ$  и расстояние  $x$  от 20 м до 0 м.

Ниже представлены результаты моделирования поведения крена здания в зависимости от параметров нагруженного склона (рис. 2).

На рис. 2,а здание расположено на склоне, при угле  $\alpha = 20^\circ$ , а расстоянии  $x = 10$  м. Здесь наблюдается незначительный крен, который соответствует СНиП [1] и не влечет за собой разрушение и деформирование конструкций.

На следующем этапе на рис. 2,б угол склона  $\alpha = 35^\circ$ , расстояние  $x = 2$  м.

Результат показывает, что здание приобрело значительный крен, который ведет за собой ряд деформаций и разрушений несущего остова и не соответствует нормам СНиП [1].

Затем, на рис.2,в угол наклона склона составил  $\alpha = 45^{\circ}$ , а расстояние от здания до начала склона  $x = 0$  м.

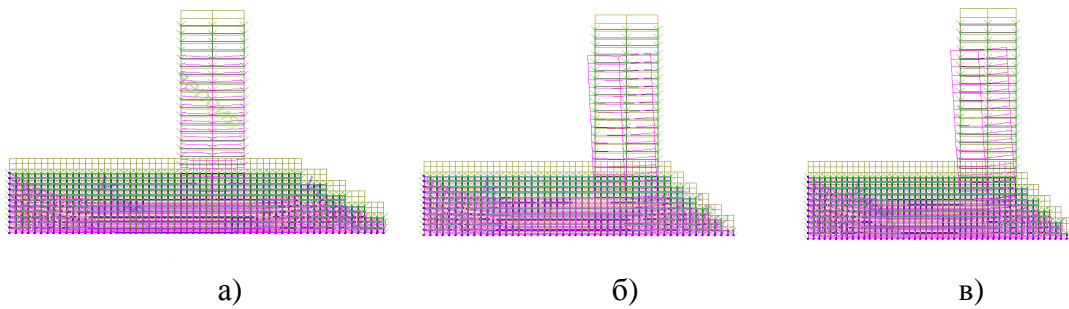


Рисунок 2 - Моделирование поведения крена здания в зависимости от параметров нагруженного склона: а) при  $\alpha = 20^{\circ}$  и  $x = 10$  м; б) при  $\alpha = 35^{\circ}$  и  $x = 2$  м; в) при  $\alpha = 45^{\circ}$  и  $x = 0$  м.

На данном этапе моделирования проявляются ярко выраженный крен и значительные деформации, которые могут привести к полному разрушению здания и потере его устойчивости (см. рис.2,в).

Проанализировав качественную картину результатов моделирования, очевидно, что наиболее благоприятное состояние для возведения здания на склоне соответствует рис. 2,а, где прочность и устойчивость обеспечены и крена здания не наблюдается.

В результате обработки моделирования построен график зависимости от угла склона  $\alpha$  и расстояния от здания до начала склона  $x$  (рис. 3).

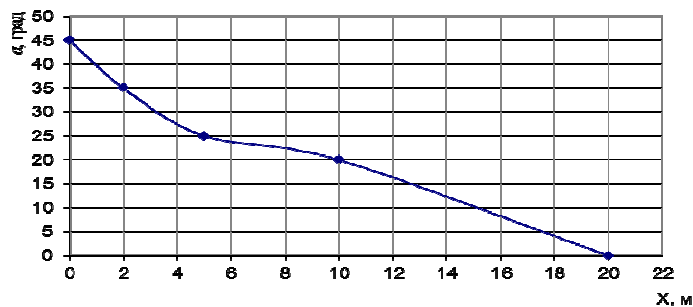


Рисунок 3 – График зависимости от угла склона  $\alpha$  от расстояния  $x$

Из графика зависимости (см. рис. 3) видно, что оптимальная зона склона для возведения на нем высотного сооружения имеет параметры: до  $\alpha = 20^{\circ}$  и до  $x = 10$  м. Если же параметры нагруженного склона превышают эти значения, то нужно укреплять склоны и следить за состоянием угла наклона, особенностями грунта и другими неблагоприятными факторами.

Существует ряд мероприятий применяемых для поддержания и укрепления нагруженных склонов при проектировании и возведении высотных зданий: свайные фундаменты, подсыпание грунта, применение георешеток и подпорных стенок, что позволяет предотвратить разрушение здания [2].

**Выводы.** В результате моделирования устойчивости высотного здания и обработки результатов определена оптимальная зона параметров нагруженного склона, при строительстве на которой устойчивость здания будет обеспечена.

#### Список литературы

1. СНиП 2.02.01-83\* "Основания зданий и сооружений"
2. Шашенко О.М. Механіка ґрунтів: навчальний посібник / Шашенко О.М., Пустовойтенко В.П., Хозяйкина Н.В. // К.: Новий друк, 2009. – 208 С.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕГКИХ ОГРАЖДАЮЩИХ СТЕНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ.**

Объектом исследований является ограждающие конструкции высотного промышленного здания. Характерной особенностью высотных зданий, в отличие от зданий «нормальной» этажности, является влияние вертикальной и существенной горизонтальной нагрузки – ветровой и сейсмической. А именно, их доля в величине всех действующих на здание нагрузок с увеличением этажности значительно возрастает, что вызывает перегрузку несущих конструкций, что в свою очередь приводит к дополнительному расходу материала. [1]

С точки зрения наибольшей экономичности и оптимальной прочности, для высотного здания наиболее выгодными являются различные каркасные системы, наилучшим образом обеспечивающие использование всех прочностных свойств несущих элементов. Кроме того, использование каркасных конструктивных схем, позволяет в полной мере использовать площадь здания, без заметного снижения его устойчивости к горизонтальным и вертикальным нагрузкам. Это обеспечивает возможность применения в них свободной планировки, которая является практически обязательной в офисных зданиях.

В конструктивном отношении каркасные здания представляют собой систему продольных и поперечных рам, образованных колоннами, ригелями и диафрагмами. В качестве перекрытия используются сборные железобетонные плиты перекрытия, многопустотный или сплошной настил, а также монолитные перекрытия. Продольная и поперечная устойчивость каркасных зданий обеспечивается рамными узлами колонн и ригелей, а также работой различных связей. Для увеличения несущей способности каркаса на горизонтальные воздействия (ветровые и (или) сейсмические) в настоящее время широко применяются диафрагмы жесткости.[1]

Несущие конструкции здания должны выдерживать разные горизонтальные нагрузки (ветровые и сейсмические). Поэтому в продольном и поперечном направлениях здания устраиваются специальные системы горизонтальных связей. Горизонтальные нагрузки через систему перекрытий в виде высоких балок передаются связкам вертикальных конструкций. Потом эти усилия передаются на фундаменты. Практическая методика расчета высотных зданий и сооружений с различными конструктивными схемами состоит из отдельных последовательных операций, а именно выбор расчетной схемы, сбор нагрузок, определение усилий и т.д. При этом весьма ответственной является назначение расчетной схемы здания.

Передача горизонтальных нагрузок возможна только с помощью соединений, которые воспринимают усилия сдвигов и устраиваются между системами вертикальных и горизонтальных несущих конструкций. Шарнирные (податливые) соединения между этими системами могут передавать только вертикальные нагрузки. Число и тип конструкций, которые воспринимают горизонтальные нагрузки, определяются величиной давления, которое может передаваться на почву.

При составлении расчетных схем, необходимо учитывать продольные деформации элементов, накладывая на расчетную схему соответствующие граничные условия, достаточные для определения продольной деформации вертикальных элементов, а также учитывающие их влияние на НДС прочих несущих элементов каркаса. Применяемые при этом методы расчета должны обеспечивать учет указанного фактора, поскольку его влияние на НДС многоэтажного здания весьма значительно.

Высотные здания являются более устойчивыми к сейсмическим нагрузкам, при учете собственных колебаний, поскольку в них не наблюдается ударных воздействий

как в высокочастотных зданиях, к которым можно отнести большинство зданий этажностью менее 9-ти этажей.[1]

Воздействие ветра на здание является динамическим и определяется такими факторами окружающей среды, как рельеф и форма территории, гибкость и особенности фасада самого здания, расположение соседних зданий. При расчете учитываются такие характеристики, как скорость, направление и характер ветра, причем средняя скорость ветра, как правило, возрастает с высотой.[2]

Ветровую нагрузку на сооружение следует рассматривать как совокупность:

а) нормального давления, прилагаемого к внешней поверхности сооружения или элемента;

б) сил трения, направленных по касательной к внешней поверхности и отнесенных к площади ее горизонтальной (для шедовых или волновых кровель, кровель с фонарями) или вертикальной (для стен с лоджиями и подобных конструкций) проекции;

в) нормального давления, прилагаемого к внутренним поверхностям зданий с воздухопроницаемыми ограждениями, с прорезями, которые открываются или постоянно открыты.[3]

При определении ветровой нагрузки для зданий и сооружений сложной конструктивной или геометрической формы, следует выполнять специальные динамические расчеты для определения влияния пульсационной составляющей нагрузки, а в необходимых случаях - обдувка моделей в аэродинамической трубе.

Интенсивные ветровые воздействия определяют выбор общей формы здания. Наиболее часто применяется башенный тип, с повышенной устойчивостью в обоих направлениях благодаря развитому поперечному сечению и обтекаемой объемной форме (цилиндрической, пирамидальной, призматической со скругленными углами и пр.), способствующей уменьшению аэродинамического коэффициента при определении расчетных усилий от ветровых воздействий. Наряду с этим сохраняется применение четких призматических форм. Ветровые воздействия, сопровождающиеся ускорениями колебаний сооружений при динамических порывах ветра, могут вызвать нарушения нормальных условий эксплуатации в помещениях верхних этажей высотных зданий.[2].

Расчётные схемы надземной части большинства высотных зданий могут быть представлены в виде пучков стержневых элементов, защемленных в фундаментной плите и соединенных по высоте между собой дисками перекрытий, при этом образуется сложная пространственная комбинированная структура. Метод Конечных Элементов для стержневых элементов даёт точные решения, источниками погрешностей в структуре модели высотного здания, как правило, являются плиты перекрытий, диафрагмы жёсткости, которые представляются в виде конечных элементов оболочки. Уменьшить влияние этих погрешностей и повысить точность расчёта, а также уменьшить размерность задачи можно за счёт модификации расчётной схемы.

### Список литературы

1. Григоршев С. М. Исследование прочности и устойчивости к прогрессирующему обрушению высотных зданий рамно-связевой конструктивной схемы в процессе возведения и эксплуатации : дис. ... канд. тех. наук / Григоршев Сергей Михайлович; Астраханский ИСИ. – Астрахань, 2011. – 188 с.
2. Шуллер В. Конструкции высотных зданий: Пер. с англ. – Стройиздат, 1979. – 248 с.
3. ДБН В.1.2-2:2006. Нагрузки и воздействия. – Киев: Минстрой Украины. ОАО «Укрниипроектстальконструкция им. В.Н.Шимановского», 2006. - 78 с.

## МЕТОДЫ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ ПРИ ПОВЫШЕНИИ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД

Треть территории Днепрпетровска – это просадочные лёссовые грунты. Эти породы земли в своем естественном, сухом состоянии надежны. Но стоит начать впитывать в себя влагу, и лёссовый грунт становится неустойчивым для проведения на нем строительных работ. При водонасыщении лёссовых грунтов значительно снижаются их прочностные и деформационные свойства. Удельное сцепление уменьшается в 36 раз, модуль общей деформации - в 4-7 раз. Снижение прочности и увеличение сжимаемости обуславливается влиянием воды на прочность пленок солей, цементирующей частицы грунта. Молекулы воды в таких пленках производят расклинивающее действие, что приводит к размягчению природного цемента, связывающего части грунта[1].

Целью данной работы является выбор наиболее рационального метода укрепления переувлажненных грунтов.

Различают несколько методов укрепления грунтов: электрохимического упрочнения, обжига, смолизации и силикатизации [2].

Электрохимическое упрочнение основано на физико-химических процессах, протекающих при пропускании через переувлажненный глинистый грунт электрического тока. Под его воздействием происходит необратимая коагуляция глинистых частиц и их закрепление. Кроме того, грунт осушается и, следовательно, уплотняется. Этот метод требует большого расхода электроэнергии.

Обжиг грунта превращает его в камневидную массу обожженной породы. Обжиг применяют для закрепления лёссовидных и пористых глинистых грунтов. Породу подвергают тепловой обработке путем нагнетания в скважину под давлением нагретого до 600-800°C воздуха или сжигания газообразного и жидкого топлива. В этом случае грунт обжигается в радиусе 1-1,5 м. Обжиг – это энергоемкое мероприятие.

Смолизация грунта заключается в его обработке синтетическими смолами, образующими прочные и стойкие кристаллические связи. Метод применяют для закрепления мелкозернистых грунтов. Закрепляющие компоненты (смолу и отвердитель) нагнетают в скважины под давлением до 1 МПа.

Силикатизацией упрочняют песчаные и пылевидные грунты. Метод заключается в нагнетании химических растворов, которые вступают в реакцию между собой или солями, содержащимися в породе. В результате такой реакции образуется гель кремниевой кислоты, закрепляющий частицы грунта. Цементацию грунтов применяют при крупнозернистой их структуре. Сущность метода заключается в инъекциях цементной суспензии, которая закрепляет частицы породы и этим увеличивает её прочность. Зона закрепления вокруг скважины-инъектора зависит от гранулометрического состава грунта. Радиус проникновения суспензии колеблется в

пределах от 0,3 до 15 м. Чем мельче песок, тем меньше радиус укрепленного основания.

Применяют также установки для укрепления грунтов, основанные на методе подачи в скважину под очень большим давлением (от 25 до 60 МПа) воздуха и цементной жидкости или раствора, а иногда и воды, поэтому назван методом водовоздушной струи. Использование в процессе воздуха и воды способствует активному разрыхлению породы, что обеспечивает лучшее проникновение цементного геля в ее толщу. Этот метод позволяет укреплять грунты, создавать жесткие столбы диаметром от 0,8 до 2 м. Для столбов диаметром до 0,6 м применяют однотрубные системы (рис.1). Цементную жидкость или раствор смешивают с воздухом и выбрасывают в виде пульпы через сопло с большой скоростью. При этом струе придают вращательное движение.

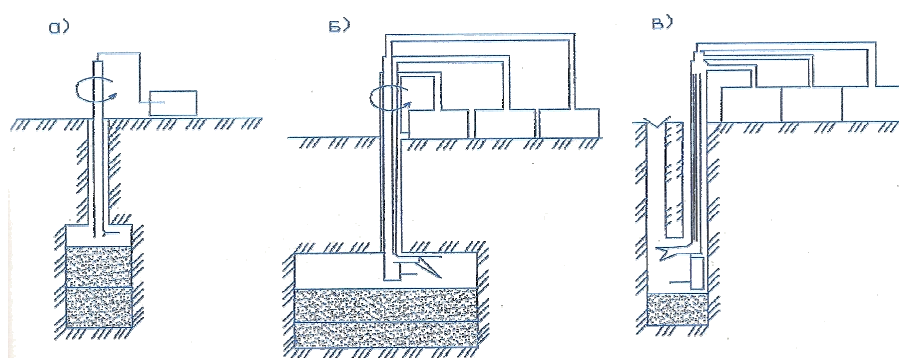


Рисунок 1 – Водовоздушный метод уплотнения грунтов оснований  
а - устройство цементно-грунтовых столбов диаметром 0,4- 0,6 м, б - то же, диаметром до 2 м, в - устройство диафрагм толщиной 0,2 м;

Для закрепления грунтов и создания столбов диаметром до 2 м применяют трехтрубную систему (рис. 1,б). В ней воздух, воду и раствор подают отдельно. Высокоскоростная струя раствора в окружении воздуха обеспечивает стабилизацию грунта на расстоянии до 1 м от сопла. Трехтрубные системы применяют и для устройства тонких стенок-диафрагм (рис. 1,в). Во всех случаях возможно глубокое закрепление пород, порядка 15-20 м от поверхности земли. Прочность укрепленных столбов зависит от природы и состава пород. Чем больше водопроницаемость, тем выше прочность столба. Она может достигать 6-7 МПа в крупнозернистых песках и падать до 0,15-0,25 МПа в илистых и глинистых грунтах.

Вывод: Более эффективным и надежным является метод водовоздушной струи, который позволяет в 1,5-2 раза укрепить неустойчивые породы и предотвратить поступление грунтовых вод под фундамент здания, что позволит значительно продлить устойчивость и прочность зданий и сооружений.

### Список литературы

1. Шашенко А.Н., Механика грунтов [Текст]:/А.Н. Шашенко, В.П. Пустовойтенко, Н.В. Хозяйкина. – К.: Новый друк, 2008. – 123с.
2. Асаул А.Н., Реконструкция и реставрация объектов недвижимости [Текст]:/А.Н. Асаул, Ю.Н. Казаков, В.И. Ипанов.– СПб.: Гуманистика, 2005. – 288с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ НЕСУЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ РЕКЛАМНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Останнє десятиріччя відзначено появою різноманітних архітектурних і конструктивних форм як будівель і споруд цивільного та промислового господарства, так і малих архітектурних форм. До всіх об'єктів будівництва окрім традиційних вимог зниження матеріаломісткості, трудомісткості виготовлення і монтажу конструкцій, все більше висуваються вимоги архітектурної виразності.

Сьогодні існує різноманітний спектр засобів зовнішньої рекламної інформації (ЗЗРІ): екрани, що світяться, рекламні щити різних форм і розмірів, афішні тумби, великі об'ємні букви і т.п. Конструювання ЗЗРІ - процес, в якому беруть участь різні фахівці. А сама рекламна споруда, яка отримується в результаті спільних зусиль, включає в себе несучі, механічні, електричні, та інші конструктивні елементи. При цьому основою будь-якої рекламної споруди є несуча конструкція, більшість яких виконується зі сталі.

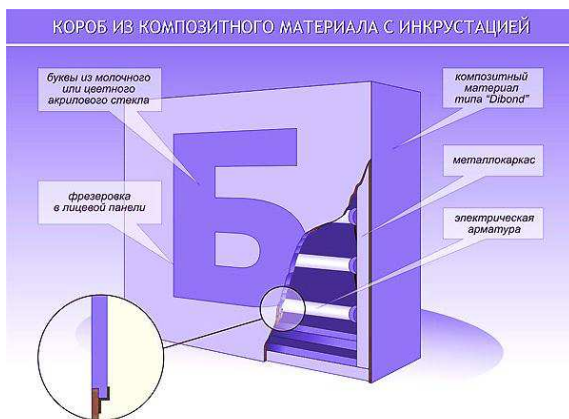


Рисунок 1. Лайтбокс – світловий короб

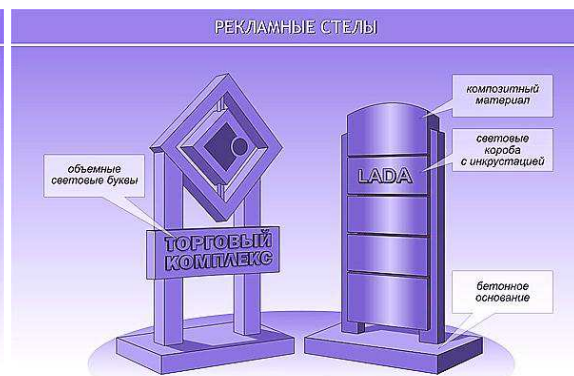


Рисунок 2. Рекламно-інформаційний щит

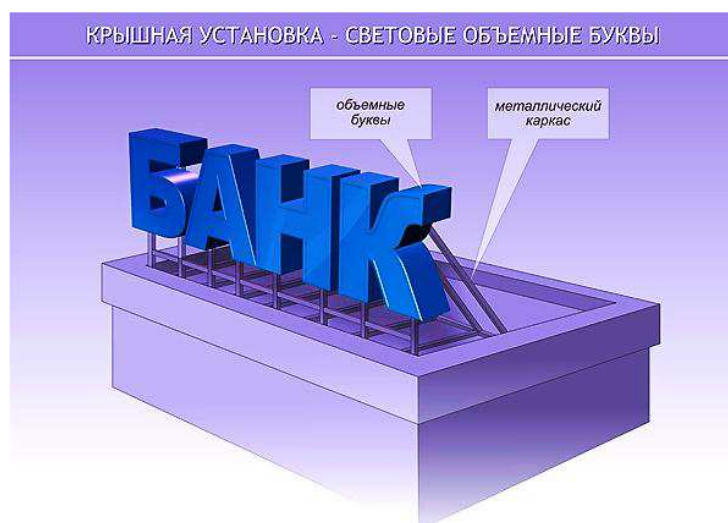


Рисунок 3. Дахова конструкція виконана у вигляді об'ємних букв з підсвічуванням.

Уявна простота конструктивної форми, а також нарощування обсягів рекламної продукції призвели до того, що їх застосування набуло масового характеру, що в свою



чергу сприяло безсистемному підходу проектування і зведення рекламних конструкцій. Порівняно нетривалий досвід масової експлуатації ЗЗРІ показує, що їх проектування, і зведення здійснюється із серйозними порушеннями. Про це свідчать масові їх руйнування.

Метою роботи є уточнення дійсної роботи, вдосконалення методики розрахунку і підвищення ефективності застосування конструктивних рішень рекламних споруд.

При проектуванні усіх наземних споруд в даний час роблять припущення щодо вітрового тиску, особливо для таких споруд як щогли, вежі, труби, довгопрогонові мости і останнім часом рекламні конструкції. Для цих споруд вітер може бути головним чинником, що визначає їх надійність і безпеку. А для легких конструкцій які мають велику парусність, вітрова нагурзка є визначальним фактором.

В зарубіжній практиці для рекламних конструкцій результуюча нормальна сила прикладається на лінії центру ваги по висоті рекламного поля з ексцентриситетом по горизонталі рівним однієї четвертої від довжини навітряної грані рекламного поля.

В умовах щільної міської забудови відзначається різка зміна повітряних потоків і як наслідок областей підвищених швидкостей вітру в приземній зоні, тобто в рівні установки наземних ЗЗРІ. Параметри деформацій повітряного потоку і їх емпіричні залежності показують збільшення швидкості вітру до 40% внаслідок різновисотної забудови міських територій, а також утворення зон вітрових тіней зі зниженим тиском, що особливо важливо при проектуванні рекламних конструкцій.

### **Перелік посилань**

1. Байков В. Н., Сигалов Э. Е. Железобетонные конструкции. Общий курс. Підручник для вузів. -5-е вид., перероб. і доп. -М.: Стройиздат, 1991. -767 с.
2. Кузнецов И.Л., Шмелев Г.Н., Исаев А.В., Анализ характера ветровых воздействий на рекламные сооружения. -Архітектура. Будівництво. Інженерні системи. Збірник наукових трудів. -Магнітогорск: МГТУ, 2002. ч.1. с.50-55.
3. Бердышев С.Н. Эффективная наружная реклама. Практичний посібник. -М.: Дашков и Ко, 2010. -132 с.
4. ГОСТ Р 52044-2003. Зовнішня реклама на автомобільних дорогах і територіях міських і сільських поселень. Загальні технічні вимоги засобів зовнішньої реклами. Правила розміщення. Введений 2003-07-01
5. Журнал группы фирм "гельветика". Мир наружной рекламы. Пилотный выпуск. -М.: 1998. -50 с.

## АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПІДЙОМУ ТА ВИРІВНЮВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ КАРКАСНИХ БУДІВЕЛЬ НА ЇХ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН

На теперішній час в Україні існує велика кількість аварійних та непридатних до використання будівель. За даними Мінрегіонбуду на 2012 рік в структурі житлового фонду значну частину займає застаріле та аварійне житло. Загальна площа цього житла складає 5,7 млн кв.м. Це понад половина річних обсягів будівництва в Україні. В цьому фонді проживає понад 125 тис. громадян.

Аварійним визнається житловий будинок, у якого надземні конструктивні елементи, фундамент (або будинок у цілому) не відповідають вимогам безпечної експлуатації або частково зруйновані та фізичний знос (у грошовому розрахунку) будинку становить 81 - 100% [1]. Так, [2] в ряді випадків, відхилення несучих конструкцій (зокрема колон) від вертикалі складає 1м замість 15 см, відносна осадка – 40 см замість 10 см, а ступінь деформації такий, що під загрозою опиняється безпека проживання.

Але існує можливість відновлення геометричного положення будівлі, що зазнала наднормативних кренів в результаті геологічної ситуації що склалася, в просторі.

В останній час найбільш ефективним та безпечним визнаний метод підйому та вирівнювання будівель за допомогою гідродомкратних систем. Його особливістю є улаштування регульованих фундаментів, що дозволяють забезпечити збереження і просторову жорсткість будівлі під час вирівнювання [3].

За кордоном метод підйому та вирівнювання будівель та споруд з використанням гідравлічних домкратів використовується з 1879 р., а у нашій країні він нараховує більше 70 років. У вирішенні проблеми коректування геометричного положення будівель і споруд у просторі важлива розробка ефективних конструкцій регулюючих засобів, головним елементом яких є силові виконавчі органи – компенсатори деформацій. У методі підйому (одному з найбільш використовуваних) таким органом є плаский домкрат з листової сталі, який найбільш повно відповідає вимогам до силових виконавчих органів (рис. 1, а, б).

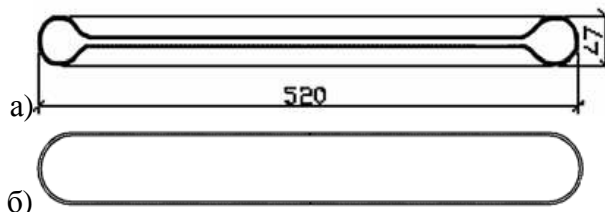


Рисунок 1. Переріз сталюого плаского домкрату: а - у вихідному положенні; б- у робочому положенні

В Україні дослідження проводились у НДІСК Держбуду під керівництвом В.П. Шумовського. Розробки дозволили створити систему з пласкими домкратами, яка спочатку використовувалась під час проведення натурних досліджень напружено-деформованого стану конструкцій будівель. Також експериментально було вирівняно декілька будівель в Україні та Казахстані. Базуючись на досвіді НДІСКа у 1993 р. НПВ «Інтербіотех» створили першу електрогідравлічну систему для підйому та вирівнювання будівель, розраховану на 60 домкратних вузлів (рис.2). [2]

Під час аналізу несучої здатності колон, врахування початкових відхилень [4] від вертикалі та зміщення співосності колон пропонується враховувати за допомогою додаткового ексцентриситету поздовжньої сили (рис. 3, а,б), а у аналіз горизонтальних



Рис. 2. Домкратний пакет з плоскими домкратами

елементів включають додаткові поздовжні сили стабілізації  $H_i$ , що виникають у місці зламу колон (рис.3, в). [5]

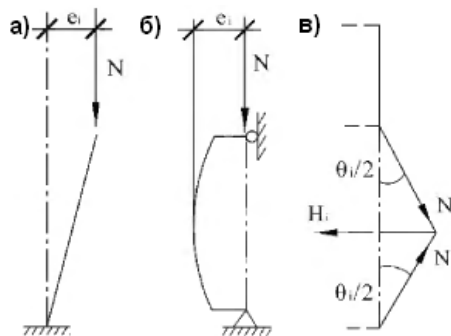


Рис. 3. Визначення додаткових сил від початкових недоліків

Оскільки колони пов'язані з перекриттям, додаткові зусилля що виникають у колонах від початкових недоліків призводять до виникнення додаткових моментів у плитах перекриття. А це у свою чергу може призвести до збільшення існуючих прогинів та виникнення нових тріщин, що негативно відображується на експлуатаційних властивостях будівлі.

### Перелік посилань

1. Житловий кодекс України. Проект закону України від 04.09.2009 № 2307-д. Дата розгляду: 04.09.2009
2. Зотов, В.Д, Зотов, М.В. Подъем и выравнивание зданий с помощью плоских домкратов [Текст]: Стаття. / В.Д. Зотов, М.В. Зотов – Ростов-на-Дону: Реконструкция городов и геотехническое строительство, №9/2005. – 12 с.
3. Зотов, А.М. Регулируемые фундаменты каркасных зданий. Конструкция, технология и расчет при подъеме и выравнивании [Текст]: Автореферат дисертації. /А.М. Зотов. – Ростов-на-Дону: Редакционно-издательский центр Ростовского Государственного Строительного Университета, 1990. – 26 с.
4. ДСТУ Б EN 1090-2-201X Виконання сталевих і алюмінієвих конструкцій – Частина 2: технічні вимоги до сталевих конструкцій. / Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарство України, 201X – 219 с.
5. Лебедев, В.В. Влияние начальных горизонтальных отклонений колонн и диафрагм на напряженно- деформированное состояние и несущую способность монолитных железобетонных каркасных зданий. [Текст]: Автореферат дисертації. / В.В Лебедев. – Красноярск: Полиграфический центр Библиотечно-издательского комплекса Сибирского федерального университета, 2011 – 27 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МОНТАЖНЫХ УЗЛОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ**

В данной работе рассматривается поведение узлов стальной конструкции и результаты исследований, которые необходимо учитывать для безопасного и экономичного проектирования. Актуальность темы. Очевидно, что надёжность строительной конструкции определяется не только работой её элементов, но и в не меньшей степени точностью расчёта и адекватностью конструирования узловых сопряжений. В отечественных нормах не уделялось [1,2] и не уделяется должного внимания проектированию узловых соединений. В некоторых случаях конструктивная схема сопряжения элементов рассматривается с технологических позиций.

В связи с темпами роста строительства административных и торгово-выставочных центров в большинстве случаев применяется рамная конструктивная схема здания, которая допускает свободу планировки этажей. Геометрическая неизменяемость здания в продольном и поперечном направлении обеспечивается рамным сопряжением ригелей с колоннами. Актуальность этой темы подчеркивает тот факт, что здания часто проектируют с различными пролетами рам, что приводит к асимметричным узлам. Цель исследования заключается: в повышении надёжности рамных узловых сопряжений ригелей с колонной в каркасах многоэтажных зданий, а также в оценке влияния конструктивных факторов на напряжённо-деформированное состояние элементов рамного узла.

В некоторых ситуациях, равные балки используются ради простоты, но это действие, возможно, не экономичное, если число таких соединений в структуре высоко. Кроме того, из-за ограниченной площади во многих городах и высоких цен на строительство, высота с каждым этажом становится все более важной, особенно для высотных зданий. По указанным выше причинам, моделирование асимметричных соединений очевидно, что необходимо. При выполнении расчётов по первому и второму предельным состояниям, реальное поведение рамного сопряжения играет существенную роль в действительной работе стального каркаса, что показано в работах Павлова А.Б. [4,5], а также в работах других учёных [6,7,8,9]. В связи с аварийными ситуациями в США в 1994 году, было выполнено большое количество экспериментальных и аналитических работ [10, 11]. В результате дополнены существующие методики расчёта, а также предложен ряд необходимых конструктивных мероприятий.

В настоящий момент методика проектирования рамных каркасов такова, что статический расчёт рассматривается отдельно от принимаемой конструктивной схемы рамного узла. При определённом соотношении габаритных размеров рамы, это может приводить к ошибочным результатам. Отказ от установки в узле горизонтальных рёбер жёсткости в целях снижения трудоемкости изготовления, приводит к возрастанию критических усилий на горизонтальную накладку. В связи с этим, необходимо определить начало нелинейной зависимости момента от угла поворота в опорном сечении ригеля.

Объектом исследования, является рамный узел, традиционно применяемый в каркасах многоэтажных производственных и гражданских зданий, выполненных по рамной и рамно связевой конструктивным схемам. Конструкция рамного узла принята на основе обзора отечественных и зарубежных изданий металлических конструкций и активно применяется в настоящий момент. Рассматриваемый рамный узел очень

трудоёмок и сложен в изготовлении. Необходимость исполнять все швы в нижнем положении приводит к усложнению формы верхней горизонтальной накладки. Исследуемый узел образуется рамным сопряжением ригеля с колонной двутаврового профиля.

Теоретическое исследование напряжений в зонах узловых соединений методами теории упругости достаточно затруднительно. Это вызвано разнообразием конструкции узлов, которые отличаются: типом профиля, жёсткостью, особенностями сопряжения, а также геометрической формой элементов. Расчёт напряжённно-деформированного состояния рамного узла выполняется МКЭ, на котором основаны все современные ПК. К наиболее нагруженным элементам в конструкции рамного узла можно отнести: верхнюю горизонтальную накладку; сварной шов, крепящий её к поясу колонны; область стенки колонны, ограниченную поясами и горизонтальными рёбрами жёсткости. В перечисленных элементах определение напряжений инженерным способом может являться, по сути, ошибочным. Локальный всплеск напряжений в середине сварного стыкового шва не может являться его пределом работоспособности. При этом происходит преждевременное развитие пластических деформаций в сечении шва, что приводит к уменьшению опорного и увеличению пролётного моментов ригеля. Таким образом, развитие пластических деформаций понижает жёсткость соединения, а также может привести к разрушению конструкции. В связи с этим, считаем необходимым, рассмотреть работу наиболее нагруженных элементов рамного узла. Так как от достоверности расчёта зависит прочность не только данного узла, но и всего каркаса. Выводом данной работы является выявление доминирующих факторов, которые необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации конструкции и в дальнейшем их контролировать.

### Список литературы

1. ДБН В2.6-163:2010 Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу [Текст] Затверджено та надано чинності: наказ Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 01.12.2010 № 93/ Мінрегіонбуд України К.: Мінрегіонбуд, 2011. – 212 с.
2. Пособие по проектированию стальных конструкций к СНиП II-23-81\* : утв. Госстроем СССР 15.08.85 : дата введ. 01.01.86. М. : ЦИТП, 1989.- 148 с.
4. Погадасов, И. К. Особенности работы и расчета ребер жесткости тонкостенных стальных балок Текст. / И. К. Погадасов // Изв. вузов. Стр-во и архитектура 1978. - № 2.
5. Пятницкий, А. А. Введение в теорию и практику тензометрирования Текст. / А. А. Пятницкий. Новочеркасск.: Ред.-изд. отдел НПИ, 1960. -75 с.
6. SAC Joint Venture. A partnership of Structural Engineers Association of California (SEAOC). Applied Technology Council (ATC). California
7. Жемочкин Б. Н. Практические методы расчёта фундаментных балок и плит на упругом основании Текст. / Б. Н. Жемочкин, А. П. Сиيينин. -М.: 1962.-239 с.
8. Курочкипа, Е. В. Влияние ребер жесткости на напряженное состояние металлических балок Текст. : автореф. дис. . канд. т. н. / Е. В. Курочкипа. Горький, 1974. - 24 с
9. Goel, S. C., Lee, K. H., Stojadinovic, B. Design of Welded Steel Moment Connections Using Truss Analogy Электронный ресурс. / S. C. Goel, K. H. Lee, B. Stojadinovic // AISC Engineering Journal. 2000 / 1st Qtr. pp. 31 -40.
10. AISC 1999. Supplement No. 1 to the 1997 Seismic Provisions for Structural Steel Buildings Электронный ресурс. American Institute of Steel Construction. Chicago. 1999.
11. AISC 2002. Seismic Provisions for Structural Steel Buildings Электронный ресурс. American Institute of Steel Construction. Chicago. 2002.