

УДК 624.014.2(519.168)

к.т.н, доц. Білик А.С.,

Терновий М.І, Хмельницький С.В.,

Київський національний університет будівництва і архітектури

КОМПЮТЕРНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ СТАЛЕВОГО КАРКАСУ ВИСОТНОЇ БУДІВЛІ

Обґрунтовано актуальність оптимізації конструктивних рішень металоконструкцій у висотному будівництві. Відмічено успіхи українських вчених у розробці методів оптимізації металоконструкцій але відсутні комп'ютеризовані системи оптимізації металокаркасів офісних будівель висотою до 100 м. На основі існуючих програм розроблено автоматизований комп'ютерний комплекс для оптимізації металеві частини каркасно-стовбурної системи офісної будівлі висотою біля 100 м.

Ключові слова: комп'ютерна оптимізація, металокаркас, каркасно-стовбурна система, офісна будівля.

Постановка проблеми. Економія матеріальних ресурсів у будівництві, як найбільш матеріаломісткої галузі України, одна із важливіших державних господарчих задач. Кількість матеріалів для спорудження будівлі закладається ще на етапі її проектування, а тому дуже важливо щоб проектувальники мали можливість пошуку найбільш оптимального конструктивного рішення об'єкта за критерієм мінімальної матеріаломісткості. Пошук оптимального конструктивного рішення особливо важливий при спорудженні будівель підвищеної поверховості де використовують дорогі металеві каркаси.

Аналіз останніх досліджень. В Україні, зокрема у Київському національному університеті будівництва і архітектури, вже протягом декількох десятиліть успішно ведуться дослідження з оптимізації металевих конструкцій і конструктивних рішень будівель у разі використання у них металевих конструкцій [2, 3, 4]. Сьогодні такі дослідження особливо актуальні у зв'язку з відсутністю обмежень на використання металу у цивільному будівництві та ліквідацією необхідності дотримання крупних модулів в об'ємно-планових рішеннях цих будівель.

Оптимізаційні задачі, поки що, в основному, виконують у ручному режимі з комп'ютеризацією розрахунків у окремих блоках цієї складної системи. Основним недоліком сучасної системи оптимізації конструктивних рішень металевих конструкцій являється: необхідність високої кваліфікації виконавців, велика трудомісткість роботи, а відповідно її висока вартість і тривалість. Тут слід відмітити, що у 2000 р. Е. Шевченко опублікував

розроблену ним систему оптимального проектування опор високовольтних ліній електропередачі [5], у якій було використано ряд відомих комп'ютерних програм для формування розрахункового оптимізаційного комплексу. Цей комплекс мав деяку універсальність але для оптимізації каркасу багатоповерхових будинків не може бути використаний.

Крок сітки колон у цивільних будівлях залежить від багатьох факторів і зазвичай призначають на основі методу ідентифікації (аналогічно рішенням у минулих проектах), в залежності від габаритів технологічного обладнання, за традицією колишньої модульної системи або, у окремих випадках, варіантним проектуванням. У останньому випадку, вибирають кращий варіант із порівнюваних, призначених вольовим методом варіантів, за визначеними техніко-економічними показниками.

Необхідність оптимізації металевих конструктивних систем цивільних будинків і відсутність ефективного інструменту для її виконання складають проблемну ситуацію.

Мета дослідження полягала у створенні автоматизованого комп'ютерного комплексу для пошуку оптимального, за витратою сталі, конструктивного рішення сталеві частини каркасно-стовбурної системи офісної будівлі висотою 100 м з центральним залізобетонним ядром жорсткості.

В робочу гіпотезу наших досліджень було покладене припущення, що для розроблення автоматизованого комп'ютерного оптимізаційного комплексу необхідно використати існуюче у сучасному світі придатне програмне забезпечення та ув'язати його у єдину систему.

Для досягнення мети було заплановано вирішити наступні задачі:

- вибрати об'єкт-представник, для якого буде розроблено комп'ютеризований оптимізаційний комплекс
- проаналізувати існуючі комп'ютерні програми призначені для будівельного проектування і відібрати придатні для об'єднання їх у комп'ютеризований оптимізаційний комплекс;
- розробити інтегрований комп'ютерно-проектний оптимізаційний комплекс для ідеалізованого об'єкта-представника;
- тестовим чисельним експериментом з об'єктом-представником перевірити дієздатність розробки.

Виклад основного матеріалу дослідження. При виборі об'єкта-представника, для якого буде розроблено та доведено до робото здатності комп'ютеризований оптимізаційний комплекс ми орієнтувались на те, що Українські будівельники вже отримали деякий досвід і базу для спорудження будівель підвищеної поверховості. Так, у кінці минулого століття в Україні були зведені будівлі із металевими каркасами висотою 20-30 поверхів. Це -

будинки Міністерства транспорту (1986), готель «Київ» (1973) та книгосховище бібліотеки ім. Вернадського (1989) у м. Києві. Висота цих будівель сягала 80...100 м. У недалекому минулому були споруджені багатопверхові офісні будівлі – бізнес центр Олімпійський (2005), офісний центр Гулівер-В (2013) у м. Києві та ін.

Крім того, ми врахували результати аналізу економічної доцільності конструктивних схем висотних будівель виконаного американським архітектором Ф. Кханом, які приведені нами на рис.1 (запозиченому із книги [1]), які свідчать, що у будинках із висотою біля 100 м собівартість одного квадратного метра площі зростає по відношенню до малоповерхових будинків не більше ніж на 10-15 %, але зі збільшенням висоти більше 100 м зростання собівартості пришвидшується. Це пов'язано з потребою забезпечення жорсткості будинку пропорційно зростанню вітрових навантажень.

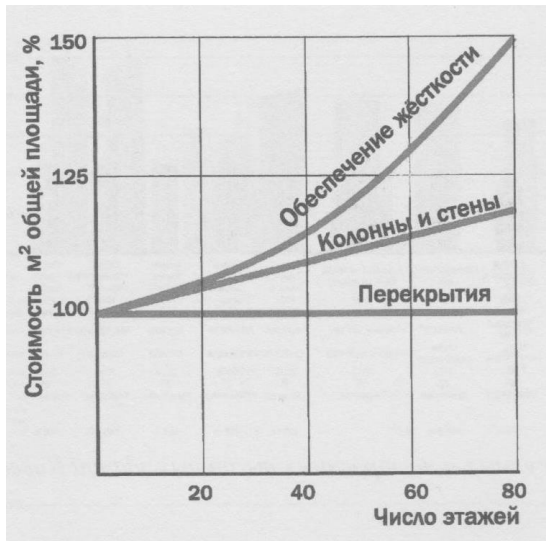


Рис. 1. Залежність питомої вартості площі будинку від кількості поверхів

Автори прийшли до висновку, що у майбутньому об'єми будівництва в Україні офісних висотних (до 100 м) будинків зі сталевим каркасом буде зростати. Про це свідчить досвід великих міст інших країн, у яких питомі показники насиченості сучасними офісними будівлями складає 25 – 30 %, а в Україні цей показник сьогодні складає 6 % від загального об'єму будівельної продукції – отже він буде зростати. Застосування сталевих конструкцій у нежитловому будівництві, яке складає в Україні ~ 25%, також буде зростати

тому, що ці показники у розвинених країнах вищі, наприклад, в США цей показник ~ 55%, а у Великобританії ~ 70% [6].

Будівництво комерційної офісної нерухомості при застосуванні сталевих конструкцій дає наступні основні переваги [6]: зменшується тривалість будівництва, вага будівлі, кількість робітників; збільшується корисна площа через компактність перерізів колон. Такі будинки легше реконструювати, а інтер'єр має архітектурну виразність та естетику. Цим пояснюється постійно зростаюча доля сталевих каркасів у офісному будівництві у розвинених країнах світу, а також і в Україні.

Геометричні розміри об'єкта-представника (рис.2) наступні:

- розміри в плані 50х50м;
- розміри в плані ядра жорсткості 25х25м;
- висота будинку близько 100м;
- висота поверху близько 4.2м.

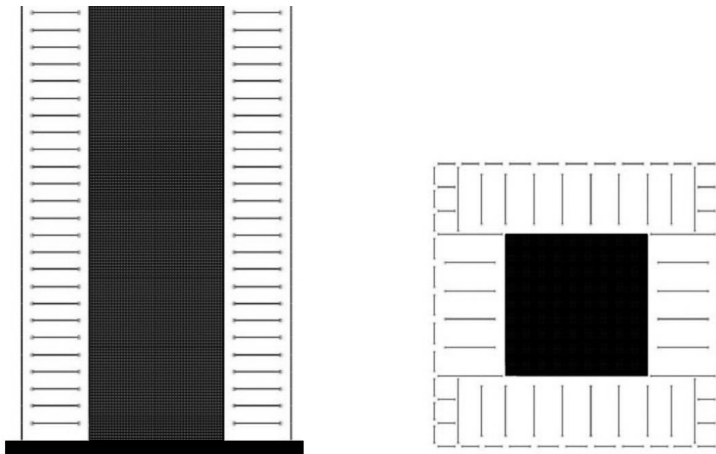


Рис. 2. Розріз та план конструктивної системи об'єкта-представника.

Обпирання балок на колони і ядро жорсткості прийнято шарнірними.

На першому етапі дослідження виконували тільки від вертикальних навантажень.

За критерій оптимізації металевої частини каркасно-стовбурної системи офісної будівлі прийнято мінімальні витрати металу.

Перемінні величини в геометрії каркасу будівлі для пошуку оптимального варіанту:

- крок колон в межах ядра жорсткості;

геометрія, кількісні показники і суміжна інформація (об'єми, розміри, площі і таке інше).

В будь-який момент можна змінити вихідні дані (наприклад, кількість колон в ряду, висоту поверху, проліт балки і т. ін.) і вся модель перебудується (зі швидкістю введення нових вихідних даних) і зміняться кінцеві замовлені під час моделювання розраховані показники.

Відмінність генеративного алгоритмічного (параметричного) моделювання від традиційного полягає у тому, що створюється не просто модель, а логіку, по якій можна отримати модель при довільних інших вихідних даних із області допустимих значень. Створивши програму-скрипт один раз, її можна багаторазово використовувати і редагувати по новому. Збільшення кількості елементів, ускладнення та множення зв'язків між ними, введення нових параметрів та критеріїв та накопичення інформації щодо прийнятих рішень та вирішених задач наділяють утвореній програмі властивості системи штучного інтелекту.

Програмний комплекс у відповідності до цільової функції здатен в автоматичному режимі перебирати можливі варіанти геометрії каркасу з обрахуванням зусиль, поперечних перерізів, ваги конструкції і в кінцевому результаті видати оптимальний (з найменшою вагою сталі) варіант геометрії каркасу.

На першому етапі наших тестових чисельних експериментів з програмним комплексом нами були задані наступні вхідні дані об'єкту-представнику для перевірити роботоздатності розробки:

- довжини балок (12,5м) і колон (4,2м) залишались незмінними;
- кількість колон, а відповідно і балок прийнято 1шт. з можливістю збільшення до 21шт. на довжині фасаду в 50м;
- навантаження на перекриття - 12 КН на 1м².

Проміжкові результати роботи програмного комплексу підтвердили його працездатність та достовірність отриманих результатів.

Висновок:

1. Робоча гіпотеза отримала практичне підтвердження дослідженнями. Створено автоматизований комп'ютерний комплекс для пошуку оптимального, за витратою сталі, конструктивного рішення стальної частини каркасно-стовбурної системи офісної будівлі висотою 100 м з центральним залізобетонним ядром жорсткості.

2. Оптимізація металевої частини каркасно-стовбурної системи офісної будівлі автоматизованим комп'ютерним комплексом виконується протягом декількох робочих днів, що у 100 разів швидше ніж при ручних розрахунках.

3. У подальших дослідженнях варто збільшити кількість вихідних параметрів та простір пошуку можливих рішень шляхом ускладнення комплексу.

Список літератури:

1. Гончаренко Д.Ф., Карпенко Ю.В., Меерсдорф Е.И. Возведение многоэтажных каркасно-монолитных зданий: монография / Под ред, Д.Ф. Гончаренко. – К.:Ф + С, 2013. – 128 с.
2. Пермяков В.А. Современное состояние проблемы оптимального проектирования стальных конструкций. // Металеві конструкції, №1, 1998 – С. 17-20.
3. Білик А.С. Вибір оптимальних рішень сталевих ферм покриттів. Автореферат дис... канд. техн. наук. – К.:, 2009. - 21 с.
4. Bilyk A, Kurashv R, Burgan B, Khmelniiska A (2013). First Ukrainian cost study experience of commercial multistory buildings with concrete and steel frame, *Design, Fabrication and Economy of Metal Structures/International Conference Proceedings 2013, Miskolc, Hungary, Apr.24-26*. Jarmai K., Farkas J. (eds) Springer. 511-517.
5. Шевченко Е.В. Совершенствование конструкций опор высоковольтных линий электропередачи и создание системы их автоматизированного оптимального проектирования. Автореферат дис... докт. техн. наук. – Киев, 2000.
6. Билык А.С., Лоусон Р.М. Стальные конструкции в архитектуре // УЦСС 2014 – 135 с.
7. <http://www.grasshopper3d.com>

Аннотація

Обоснована актуальність оптимізації конструктивних рішень металоконструкцій в висотному будівництві. Згадано успіхи українських учених в розробці методів оптимізації металоконструкцій і відсутність комп'ютеризованих систем оптимізації металокаркасов офісних будівель висотою до 100 м. На основі існуючих програм розроблено автоматизований комп'ютерний комплекс для оптимізації металочастинної частини каркасно-ствольної системи офісного будівля висотою близько 100 м.

Ключевые слова: компьютерная оптимизация, металлокаркас, каркасно-ствольная система, офисное здание.

Abstract

The urgency of the optimization of design solutions of metal structures in building construction. Noting the success of Ukrainian scientists in developing methods for optimization of metal structures and the absence of computerized systems to optimize metal frames of office buildings up to 100 meters. On the basis of existing programs to develop an automated computer system to optimize the metal part of the frame and receiver of an office building height of about 100 meters.

Keywords: computer optimization, metal frame, frame-receiver system, office building.