

Д.М. Шостачук, к.т.н., доц.

А.М. Шостачук, к.т.н., доц.

Житомирський державний технологічний університет

КОМПЛЕКСНА СИСТЕМА БЕЗПЕКИ ПЕРЕБУВАННЯ ЛЮДЕЙ У ВИСОТНИХ СПОРУДАХ: СИСТЕМНИЙ ПІДХІД

Дано аналіз висотної споруди, що складається з окремих підсистем з їх виокремленням у групи, кожна з яких несе функціональне навантаження із забезпечення безпеки й комфорту перебування людей. Обґрунтовано необхідність системного підходу до створення моделей надійного функціонування даних систем у висотній споруді. Розроблено інтерфейс програми системи енергозабезпечення.

Вступ. Зменшення в містах кількості вільної для забудови землі, її дорожчання та безперервне збільшення міського населення вимагають пошуку інших, можливо, принципово нових напрямків будівництва. Серед найбільш перспективних шляхів розміщення населення в містах називають традиційне наземне, а також підземне, надводне та підводне будівництво. Такими об'єктами підземного будівництва є [1] вулиця Нова Кіндза в столиці Японії Токіо, підземне містечко під площею Етуаль та частина бульвару під Булонським лісом у Парижі. Майбутні «міста на хвилях» представлені у проєктах лондонських архітекторів Джеффри Джелікоу, Хела Могґріджа, Джона Мартіна та Кена Ентоні, японських інженерів Кензо Танге та Кійонорі Кікутаке, французького архітектора Поля Меймона й відзначаються різноманітністю підходів (міста на палях або льодовиках, міста-мости, міста-платформи тощо).

Одним з напрямків сучасного наземного будівництва є зведення висотних споруд, яке забезпечується високим на даному етапі рівнем розвитку будівельних технологій, створенням будівельних матеріалів відповідних властивостей та якості, досягненнями будівельної механіки. Наприклад, за останні 36 років висота споруд збільшилася від 417 м (Весвітній торговельний центр, Нью-Йорк, США, 1973 р.) до 800 м (Burj Dubai, Дубай, ОАЕ, 2009 р.).

Лідером в Україні за темпами зведення висотних споруд є Київ. Це пов'язано, в першу чергу, з дефіцитом землі, придатної під забудову, її великою ціною та наявністю необхідних фінансових, технічних та людських можливостей. На сьогоднішній день Київ має [2, 3], крім 6 недобудованих експериментальних будинків на Троєщині, ще 34-поверховий житловий будинок на бул. Дружби Народів, два житлові комплекси (до 36 поверхів, висота 108 м) на Позняках; два 26–30-поверхові будинки на житловому масиві Осокорки. Крім того, два об'єкти висотою в 33 поверхи будуються у центрі міста, на розі вул. Мечникова, бул. Лесі Українки та Спортивної площі. Всього налічується 13 експериментальних висотних об'єктів. Крім того, будується ще кілька висотних будинків поза експериментом. Зводяться висотні будинки також у Донецьку, Дніпропетровську тощо.

Актуальність проблеми. Висотне будівництво дає змогу забезпечити комфортним житлом значну кількість людей, надати значні площі установам та організаціям при раціональному використанні прилеглих територій. Висотні будівлі, крім наведених вище переваг, мають і певні небезпеки. До останніх належать [4]: зміна аеродинамічного режиму місцевості та її затемнення, можливість зіткнення з літальними апаратами й ураження блискавкою, виникнення небезпечних коливань унаслідок дії вітрового навантаження або підземних поштовхів, проблема евакуації людей при виникненні пожежі тощо.

Чи не найбільш суттєвими є проблеми, пов'язані з підвалинами фундаментів, оскільки під висотними спорудами напруження в ґрунті сягають значних величин (до 0,8 МПа) [3, 5, 6]. Це вимагає закладення фундаментів у глибоких котлованах. Щоб забезпечити стійкість висотної споруди протягом тривалого часу, необхідно мати картину дійсних напружень у ґрунті, складність отримання якої обумовлена впливом багатьох факторів. Це і вага самої будівлі, і тип фундаменту, характер ґрунту, його фізичні й механічні характеристики, вологовміст, наявність або можливість появи в майбутньому інших наземних або підземних споруд, потужність та частота підземних поштовхів, вітрове навантаження, реологічні властивості ґрунту, особливості рельєфу місцевості тощо. Неврахування найважливіших з них може призвести до значних змін будівлі (просідання, крени або навіть руйнування), наслідком яких можуть бути значні економічні втрати або навіть людські жертви.

Колівання висотної споруди під впливом змінного вітрового навантаження є невід'ємною характеристикою її функціонування. Дослідження впливу вітрового навантаження, які, у зв'язку зі складністю та дорожнечою, проводять у спеціальних аеродинамічних трубах, враховують [7–9]: місцеву топографію в районі розташування забудови; особливості обтічності висотних споруд, які генерують спадні потоки; умови обтічності обладнаних спеціальними вітрозахисними козирками входів і виходів,

найбільш небезпечних для пішоходів; особливості обтічності в разі розташування подіуму поблизу перших поверхів; особливості захисту суцільних пасажів від протягів, які виникають через зміни тиску на протилежних сторонах; посилення вітру біля споруд, які мають заокруглену форму (будівлі «паруса», напівокруглені будови тощо); умови захисту пішоходів від несподіваних поривів вітру на розі будівель залежно від кута вітру; визначення планування розміщення будівель на майданчику забудови для вилучення критичної взаємодії вітрових потоків; планування захисного озеленення мікрорайонів з метою поліпшення екологічних умов існування людей, правильного розташування майданчиків відпочинку та дитячих розваг.

Серйозною проблемою висотних споруд є пожежна безпека. Досвід висотного будівництва в країнах ближнього зарубіжжя змушує підійти до проектування систем пожежогасіння у висотних будинках так, щоб кожна квартира (приміщення) такого будинку була оснащена пожежною сигналізацією, щоб у будинку була власна автономна система пожежогасіння, аварійні ліфти. Пропонується розглянути можливість проектування й виготовлення стін такого будинку (щонайменше з інтервалом через кожні 5–7 поверхів) з вогнетривкого матеріалу. Деякі проекти висотних будинків передбачають навіть системи фасадного зрошення на випадок пожежі. Однак, за словами фахівців, наразі проектувальники висотних споруд дедалі частіше дотримуються Положення про експериментальне будівництво, затвердженого наказом Держбуду від 11 лютого 1994 р., і Пропозицій із протипожежного захисту, затверджених наказом Держбуду й МНС України від 10 грудня 2004 р.

Викладення основного матеріалу. Висотна споруда великого об'єму, яка оснащується дорогим технічним обладнанням, зводиться із застосуванням прогресивних технологій у відносно короткі терміни, крім того, до неї висуваються високі естетичні й економічні вимоги, і це ставить складні завдання, які необхідно вирішувати із застосуванням системного підходу. Наприклад, висотна будівля, як архітектурна споруда, може бути представлена [10] трьома підсистемами: функціональне призначення, архітектурне рішення та конструктивне рішення. Ці три складові знаходяться у тісному взаємозв'язку, і їх не можна розглядати окремо. З виробничої точки зору, висотна споруда, як будівельний об'єкт, складається з різних конструктивних частин: будівельний майданчик, несучі конструкції, інженерне обладнання, технологічне обладнання. З точки зору статичного розрахунку, висотну споруду можна розділити на дві підсистеми: несучі конструкції та ненесучі конструкції. Далі можливе ділення на статичну підсистему, яка сприймає навантаження від сили ваги, та стабілізуючу підсистему, яка забезпечує стійкість споруди. Але, як було сказано вище, висотна будівля є об'єктом підвищеної небезпеки, який потребує комплексу заходів для забезпечення безпеки й комфорту її мешканців. Тому, очевидно, доцільно представити висотну споруду також як сукупність систем, які забезпечують безпеку й комфорт перебування в ній людей. На наш погляд, дану сукупність систем можна розділити на 3 групи (системи). До першої – системи поточного контролю стійкості висотної споруди – віднесемо системи, які забезпечують (рис. 1): контроль стану фундаменту; контроль деформацій несучих конструкцій; контроль та управління коливаннями висотної споруди.

Необхідність моніторингу стану фундаменту пояснюється значними тисками від будівлі. Внаслідок значної висоти висотної споруди висувають високі вимоги до вертикальних переміщень фундаменту. Тому при зведенні висотних споруд перевагу віддають застосуванню пальових фундаментів, які опираються на тверді породи. При їх надглибокому заляганні застосовують плитні фундаменти, для яких необхідно здійснювати періодичний огляд, передбачаючи при цьому відповідний комплекс досить складних заходів. Небезпека деформацій несучих конструкцій полягає у їх нерівномірності, яка тягне за собою зміну напруженого стану та деформації перекриттів, відхилення верхньої частини висотної споруди від вертикального положення.

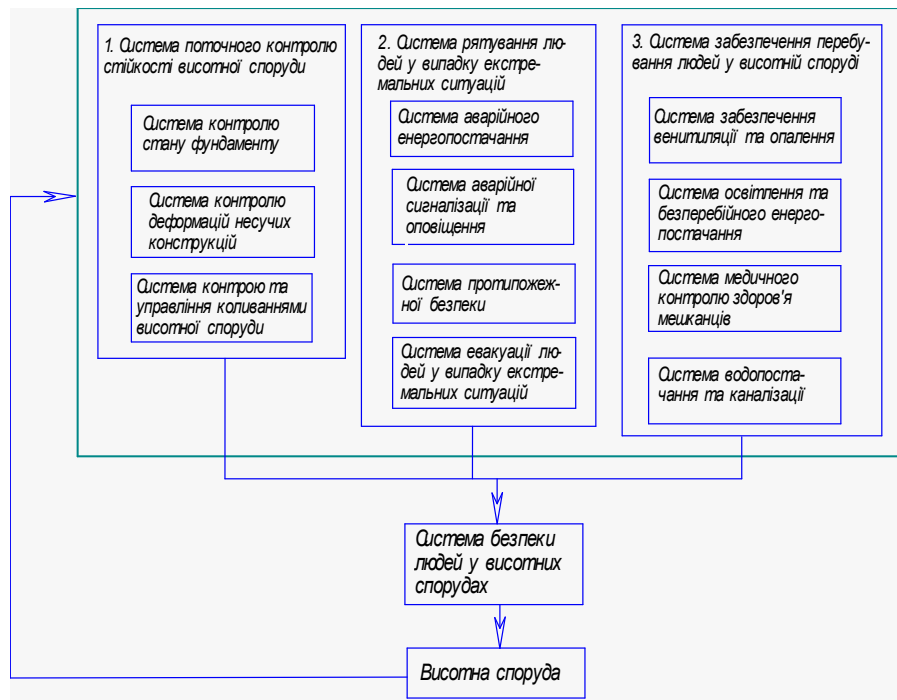


Рис. 1. До створення комплексної системи забезпечення безпеки перебування людей у висотних спорудах

Нерівномірність деформацій може бути викликана розсіюванням механічних властивостей несучих конструкцій та нерівномірним розподіленням маси висотної будівлі в плані. Коливання висотної споруди є невід'ємною характеристикою її функціонування, вони обумовлені змінною дією вітрового навантаження, а також можуть бути викликані підземними поштовхами, особливо якщо останні відбуваються у горизонтальній площині. Контроль коливань висотних споруд полягає у реєстрації: значень переміщень фіксованих точок висотної споруди від номінальних положень та значень швидкостей і (або) прискорень коливального руху.

Зменшення коливань може досягатися активними або пасивними методами. До перших належить створення у висотній будівлі маятникових систем (висотна будівля Tairei 101 у Тайвані, висота 508 м), до других – підвищення жорсткості конструкції висотної споруди введенням так званих аутригерних систем або зменшення опору висотної споруди вітровому потоку. Це досягається зменшенням розмірів висотної споруди в плані з висотою (Burj Dubai, Petronas Towers у Куала-Лумпур, Малайзія, висота 508 м) або використанням отворів у верхній частині споруди, як це виконано в Шанхайському міжнародному фінансовому центрі.

До другої групи належать системи, які забезпечують рятування людей при виникненні надзвичайних ситуацій. Вони можуть призвести до втрати стійкості й часткового або повного руйнування висотної споруди. Причинами виникнення таких ситуацій можуть бути землетруси, зіткнення з літальними апаратами, виникнення пожежі. Основними наслідками землетрусів і зіткнень з літальними апаратами є руйнування несучих конструкцій і виникнення пожежі. Тому завдання конструкторів і проектувальників – запропонувати таку конструкцію висотної будівлі, у якій руйнування деякої кількості несучих конструкцій не спричинило б руйнування всієї будівлі.

Пожежна безпека є однією з головних проблем при використанні висотних споруд. Вона повинна містити: своєчасне виявлення пожежі та оповіщення мешканців висотної споруди й пожежно-рятувальних служб; забезпечення необхідної стійкості несучих конструкцій при дії високої температури; забезпечення доступу пожежно-рятувальних команд та здійснення ними відповідних дій з гасіння пожежі; захист навколишніх будівель та їх мешканців від наслідків можливого руйнування висотної споруди внаслідок пожежі; роботу аварійної системи енергопостачання з метою енергозабезпечення рятування людей. У конструкції висотної споруди повинна бути реалізована система евакуації людей при виникненні надзвичайних ситуацій. Такими шляхами евакуації можуть бути пожежні ліфти, сходи, незадимлені майданчики для тимчасового утримання людей з подальшою евакуацією їх гелікоптерами.

До третьої групи віднесемо системи, які здійснюють додаткові, порівняно з, наприклад, 10- або 15-поверховими будинками, заходи із забезпечення належних умов для проживання та праці людей у висотних спорудах. Це стосується, в першу чергу, безперебійної роботи вентиляції, водопроводу, сміттепроводу, каналізації, ліфтів, системи енергопостачання з можливістю встановлення

6. Система опалення та вентиляції (S_6^s).
7. Система енергозабезпечення (S_7^s).
8. Система пожежної безпеки (S_8^s).
9. Кадри (обслуговий персонал та особи, які приймають рішення, – ОПР) (S_9^s).
10. Система контролю й управління доступом (S_{10}^s).

Тоді загальна мета управління записується як об'єднання функцій керування відповідних функціональних сфер:

$$Q = \bigcup_{i=1}^{10} Q_i, \tag{3}$$

де Q_i – функція керування певною функціональною сферою з виразу (1).

Аналіз процесу управління. Основні завдання управління розглядаються та використовуються як на стадії проектування, так і в період експлуатації. На стадії проектування вирішуються завдання:

- синтезу структури, вибору технічних засобів, алгоритмічного, інформаційного, програмного й технічного забезпечення на всіх рівнях ієрархії;

- декомпозиції об'єкта та завдань управління;
- оцінки економічної ефективності та завдань управління.

До завдань управління на стадії експлуатації відносять:

- отримання та первинну обробку інформації (включаючи аналіз збурень, їх амплітуду, частотний спектр, період виникнення);
- регулювання та програмно-логічне управління;
- оптимізацію режимів;
- координацію роботи підсистем;
- оперативне управління.

На рисунку 2 зображено можливий інтерфейс для однієї із систем – системи енергозабезпечення. Як видно, весь будинок має 73 поверхи, які розбиті на зони. Поверхи 18, 33, 48, 63 – так звані технічні, де встановлюється необхідне обладнання. Система може функціонувати в автоматичному, ручному або аварійному режимах. Відповідне вікно відображає стан енергозабезпечення першої зони (1–17 поверхи). Оператор контролює поточний стан системи та може переглядати статистичні дані.



Рис. 2. Інтерфейс програми (система енергозабезпечення)

Висновки:

1. У найближчі десятиліття прогнозується стрімкий ріст як кількості висотних споруд, так і їх поверховості.
2. Висотна споруда є об'єктом підвищеної небезпеки для її мешканців і тому потребує додаткових заходів, які повинні забезпечувати безпечні й комфортні умови перебування людей та їх рятування у випадку надзвичайних ситуацій.
3. Вказані заходи необхідно реалізовувати в рамках автоматизованої системи контролю зі зворотнім зв'язком, у тому числі систем резервування, які виключали так званий «людський фактор», ці заходи необхідно передбачати на стадії проектування висотної споруди.
4. Дана система дозволить контролювати системи життєзабезпечення в режимі реального часу, приймати оптимальні рішення у нестандартних ситуаціях.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Владимирова И.Л.* Высотное строительство в современном городе [Електронний ресурс] / *И.Л. Владимирова* // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – № 1. – Режим доступа : <http://www.stroinauka.ru/d26dr13140m6.html>
2. *Коваленко О.* Висотні амбіції Києва [Електронний ресурс] / *О.Коваленко*. – Режим доступа : <http://prokiev.com.ua/ukr/article/2005/03/02/111032.html>
3. *Ковальський Л.М.* Експериментальне будівництво багатоповерхових будинків житлово-цивільного призначення (вище 25 поверхів) / *Л.М. Ковальський, Г.В. Кузьміна* // Будівництво України. – 2006. – № 10. – С. 2–7.
4. *Шостачук А.М.* Виникнення екологічних небезпек при зведенні висотних споруд в умовах міської забудови / *А.М. Шостачук* // Тези VI Міжнар. наук.-практ. конф. «Практична космонавтика і високі технології», присвяченої 100-річчю з дня народження академіка С.П. Корольова, м. Житомир, 9–11 січня 2007 р. – С. 92–93.
5. *Капустюк Л.В.* Вплив вертикальних переміщень несучих опор висотної споруди на напружений стан перекриттів / *Л.В. Капустюк, О.І. Летошко, А.М. Шостачук* // Тези XXXIV наук.-практ. міжвуз. конф., присвяченої Дню Університету, м. Житомир, 16–18 березня 2009 року. – Т. 1. – С. 5–6.
6. *Шостачук А.М.* Прогнозування небезпечних явищ, пов'язаних з осіданням фундаменту висотної споруди в умовах щільної міської забудови / *А.М. Шостачук* // Сб. матеріалов междунар. науч. практ. конф. «Экологическая безопасность техногенно перегруженных регионов и рациональное использование недр», 4–8 июня 2007 г., г. Коктебель. – С. 57–65.
7. *Гончарова А.Г.* Небезпечні коливання висотних споруд / *А.Г. Гончарова, В.С. Сорочинський, А.М. Шостачук* // Тези VII Міжнар. наук. конф. студентів, магістрів та аспірантів «Сучасні проблеми екології та геотехнологій», 24–26 березня 2010 року. – Т. 2. – Житомир : ЖДТУ, 2010. – С. 206–207.
8. *Копилов О.С.* Аеродинамічна інтерференція систем висотних будівель і споруд циліндричної форми : дис... канд. техн. наук / *О.С. Копилов*. – Львів, 2005.
9. *Аксьонов О.О.* Аеродинамічні умови комфорту та екологічної безпеки людини в умовах сучасної забудови міст і мегаполісів / *О.О. Аксьонов, Т.Є. Ударцева* // Вісник НАУ. – 2009. – № 3. – С. 223–226.
10. *Козак Ю.* Конструкции высотных зданий / *Ю.Козак*. – М. : Стройиздат, 1986. – 308 с.

ШОСТАЧУК Дмитро Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації і комп'ютеризованих технологій Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- методи оптимізації;
- системний аналіз при створенні програмного забезпечення;
- математичне моделювання на ЕОМ.

ШОСТАЧУК Андрій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і механіки технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- екологія міста;

- стійкість висотних споруд;
- інженерна геологія.

Подано 09.08.2010

Шостачук Д.М., Шостачук А.М. Комплексна система безпеки перебування людей у висотних спорудах: системний підхід

Шостачук Д.Н., Шостачук А.Н. Комплексная система безопасности пребывания людей в высотных сооружениях: системный подход

Shostachuk D.M., Shostachuk A.M. Complex system of safety of being people in the height buildings: the system approach.

УДК 69.032.22

Комплексная система безопасности пребывания людей в высотных сооружениях: системный подход / Д.Н. Шостачук, А.Н. Шостачук

Дан анализ высотного сооружения, которое состоит из отдельных подсистем с их выделением в группы, каждая из которых несет функциональную нагрузку по обеспечению безопасности и комфорта пребывания людей. Обоснована необходимость системного подхода к созданию моделей надежного функционирования данных систем в высотном сооружении. Разработан интерфейс программы системы энергообеспечения

УДК 69.032.22

Complex system of safety of being people in the height buildings: the system approach / D.M. Shostachuk, A.M. Shostachuk

In the following article is given the analysis of a high-rise building, which consists of separate subsystems with their distribution into groups each of them having a functional purpose of providing safety and comfort to people located in them. Have been substantiated the necessity of the systematic approach towards the creation of effective functioning models of such systems in a high-rise building. Have been suggested the interface of a power supply system