



**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА**

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

**77-ї НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ ПРОФЕСОРІВ,
ВИКЛАДАЧІВ, НАУКОВИХ ПРАЦІВНИКІВ,
АСПІРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ УНІВЕРСИТЕТУ**

16 травня – 22 травня 2025 р.

СЕКЦІЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

УДК 69.059

С.Ф. Пічугін, д.т.н., професор

Я.С. Кіяшко, магістрант

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

УРОКИ АВАРІЇ БАГАТОПОВЕРХОВОЇ БУДІВЛІ

Обвалення житлового будинку в Серфсайді — техногенна катастрофа, яка сталася вночі 24 червня 2021 року в передмісті Маямі – Серфсайді (Флорида, США). Унаслідок часткового обвалення дванадцятиповерхового житлового будинку 95 людей загинули та 11 отримали поранення, 14 людей залишаються зниклими безвісти. Нижче описано перебіг і причини часткового прогресуючого руйнування будівлі, спираючись на загальнодоступні фото-відео матеріали, свідчення очевидців трагедії та дані розслідування Національного інституту стандартів і технологій (NIST) – однієї з найстаріших фізичних наукових лабораторій США.

Будівля висотою 37 м мала 13 поверхів: підземний (паркінг) і 12 наземних поверхів. Розміри паркінгу становили 95х60 м, надземні поверхи будівлі в плані мали форму літери «Л» з розмірами 65х50 м. Конструктивна схема будівлі комбінована, каркасно-стовбурна з монолітно-ребристим перекриттям підземної частини центральної частини будівлі. Фундамент влаштований на буронабивних палях. Відстань між колонами в будівлі була нерегулярною і коливалася від 3,8 м до 8,0 м. Товщина плити перекриття над підземним поверхом – 240 мм, інші перекриття мали товщину 200 мм. Використовувався конструкційний бетон різної міцності на стиск від 27,6 МПа до 42 МПа і арматурна сталь GRADE 60 згідно з ASTM A615 (аналог А400С).

У 2018 році в рамках процесу повторної сертифікації будівлі після 40 років експлуатації було проведено її обстеження. Фасади та надземна частина будівлі не викликали зауважень при огляді, на відміну від підземної частини. На нижній поверхні стелі паркінгу було виявлено численні різноспрямовані тріщини і сліди інфільтрації іржі, що свідчило про корозію металу. Обстежувачі наголошували на невиконанні ремонту гідроізоляції стелі, що погіршило стан конструкції.

Аварія будівлі відбулася внаслідок провалу перекриття над паркінгом, що спричинив прогресуючий обвал частини будівлі. Як показала фотозйомка, у зоні руйнування стелі було видно чіткі ряди колон, що тримали перекриття. У багатьох з них можна було спостерігати згори конуси, характерні для ексцентричного навантаження. За розрахунком опору плити перекриття на ексцентричне продавлювання, відповідно до чинного на той час Єврокоду 2 та американського стандарту АСІ 318-77,

підтверджено, що опір продавлюванню було перевищено навіть для власного навантаження, згідно всіх стандартів. У разі розрахунків за EC2, опір продавлюванню був недостатнім (від 27% до 102%) у всіх зонах продавлювання колон 300x400 мм. Виняток становили колони перетином 610x610 мм, з невеликим запасом. Отже, було допущено грубу помилку у розрахунку конструкцій. Додатково, корозія арматури через негерметичність гідроізоляції була каталізатором аварії, поступово послаблюючи конструкцію за рахунок зменшення робочої площі перерізу стержнів, викликаючи послідовне розтріскування і, таким чином, перерозподіл внутрішніх сил. Прогресуюче руйнування було наслідком того, що колони не були спроектовані для перерозподілу навантаження з подвоєною довжиною прольоту (через втрату з'єднання з іншими через перекриття), і тому, ймовірно, втратили свою стійкість. Розриви в армуванні колон та перекритті, низький коефіцієнт армування та недостатнє заведення арматури колони в плиту були факторами розвитку прогресивного руйнування східної частини. Винятком була західна частина будівлі, де по колонах підземної частини були вкладені залізобетонні балки. Крім того, західна частина була стабілізована завдяки наявності тут пілонів замість колон. Додатковим фактором, який міг сприяти руйнуванню, було те, що у проекті будівлі не були передбачені деформаційні шви, щоб компенсувати температурні деформації споруди значних розмірів.

Катастрофа викликала великий суспільний резонанс, оскільки велика кількість житлових будівель у Флориді схожа за конструкцією та віком. Виявилось, що технічний стан багатьох з них незадовільний, і вони потребують невідкладного ремонту. Трагедія стала приводом для реформування правил інспектування та обслуговування будівель у США.

Література:

1. *European Committee for Standardization. EN 1992-1-1 Eurocode 2: Design of concrete structures Part 1-1: General rules and rules for buildings. CEN, Brussels, 2004.*
2. *ACI 318-77 Building Code Requirements for Structural Concrete, ACI 1977.*
3. *Morabito. F.P.: Champlain Tower South Condominium Structural Field Survey Report, Surfside 2018.*
4. *Friedman W.M & Associates Architects Inc., Champlain Towers South 135 Unit Condominium Architecture design, 1979.*
5. *Breiterman, Jurado & Associates Consulting Engineers, Champlain Towers South 135 Unit Condominium, Structural design, 1979.*
6. *A615 Standard Specification for Deformed and Plain Carbon-Steel Bars for Concrete Reinforcement, ASTM, 1979.*
7. *Morabito. F.P.: Inspection Report of Champlain Tower South Condominium, Surfside 2018.*
8. <https://www.nist.gov/disaster-failure-studies/champlain-towers-south-collapse/news-and-updates>.
9. <https://www.nytimes.com/interactive/2021/09/01/us/miami-building-collapse.html>.