

*І.В. Бармін, М.С. Барабаш, д.т.н., проф.  
(Національний авіаційний університет, Україна)*

## **Забезпечення живучості будівельних конструкцій при надзвичайних ситуаціях**

*Розглянуто явище прогресуючого руйнування та описані результати розрахунку каркасної висотної будівлі в ПК ЛІРА-САПР.*

Після розпочатої широкомасштабної війни в Україні поняття живучості будівельних конструкцій приймає зовсім інше, більш важливе значення ніж до 24 лютого 2022 року. Ракетні удари, які супроводжують війну у мирних регіонах держави призводять до надзвичайних ситуацій різного характеру (вибух, пожежа, обвалення будівель та споруд, хімічні, бактеріологічні забруднення території тощо).

Поняття запобігання прогресуючому руйнуванню (обвалення) та живучості будівель в умовах воєнних дій набуває нової актуальності. Незалежно від джерела виникнення та характеру впливу прогресуюче руйнування кваліфікується як процес розвитку деформацій від локальних – до глобальних. У поточних реаліях стає необхідним враховувати у розрахунках та проектуванні всілякі можливості запобігання прогресуючій руйнації, особливо при проектуванні багатоповерхових каркасів будівель.

В роботі проведено моделювання прогресуючого обвалення будівельних конструкцій багатоповерхової жилої будівлі під час ракетного обстрілу пов'язаного із руйнуванням залізобетонних колон(пілонів) внаслідок вибуху.

Метою дослідження є забезпечення безаварійного стану будівлі протягом усього періоду її експлуатації та мінімізація збитків у разі надзвичайних ситуацій.

Знос і пошкодження несучої конструкції або її з'єднань, а отже, зміна міцності і жорсткості елементів розрахункової схеми призводять до зниження конструктивної безпеки конструкції. У найгіршому поєднанні негативних ситуацій вони призводять до раптового провалу та прогресуючого руйнування.

Прогресуюче руйнування - це коли початкове локалізоване пошкодження поширюється як ланцюгова реакція від елемента до елемента, зрештою призводячи до обвалення всієї будівлі або великих її ділянок. Підходи до запобігання або зменшення наслідків прогресуючого руйнування поділяються на три категорії: другорядні заходи (запровадження додаткових заходів захисту, які зазвичай не підвищують стійкість конструкції), дотичне або не пряме проектування (на основі мінімальних вимог до конструкції для забезпечення захисту від прогресуючих обвалень) та пряме проектування. Пряме проектування далі поділяється на: метод локальної протидії і метод можливих пошкоджень.

Відповідно до методу локальної протидії критичні елементи конструкції повинні бути достатньо стійкими до деяких заздалегідь відомих спеціальних навантажень. Недоліком є те, що особливе навантаження на

обчислення має бути апріорним. Насправді може виникнути зовсім інше навантаження.

Детальний аналіз поведінки системи після виключення елемента з функціонування, за методом можливого пошкодження. Основна ідея цього методу полягає в тому, що при пошкодженні одного або декількох несучих елементів вся конструкція повинна витримувати діючі на них навантаження. Відповідно до цього методу один з несучих елементів будівлі повинен бути негайно видалений і розрахований таким чином, щоб виключити можливість руйнування. Цей спосіб в даний час є найбільш поширеним.

Каркасна будівля має несучі елементи, які неможливо захистити від прогресуючого руйнування ні допоміжними заходами, ні за допомогою непрямого проектування. Це ключові елементи каркаса (переважно колони). Для розрахунків будівель від прогресуючого обвалення сучасні нормативні документи (ДБН В.2.2-41:2019 “Висотні будівлі. Основні положення”)[1] рекомендують використовувати різні програмні комплекси, такі як: *ПК ЛІРА-САПР*, *SCAD*, та ін. Розрахунок будівлі на прогресуюче обвалення в програмних комплексах необхідно виконувати з урахуванням фізичної і геометричної нелінійності конструктивних елементів, щоб забезпечити максимальну достовірність розрахунків і зменшити додаткові матеріальні витрати [2]. Для розрахунку необхідно використовувати просторову розрахункову модель. Модель може розглядати елементи, які не є несучими в нормальних умовах експлуатації (зовнішні стіни), але в аварійних ситуаціях можуть сприймати аварійні навантаження та активно брати участь у перерозподілі сил між елементами конструктивної системи.

## Висновки

Питання безпеки будівель і споруд, розробка методів визначення несучої здатності будівельних конструкцій, прогнозування їх поведінки в аварійних і критичних ситуаціях (надкритичні навантаження, непередбачені проектом навантаження, розвиток системи тріщин) дуже важливі при проектуванні будівель. У багатьох випадках методи математичного моделювання з використанням сучасної обчислювальної техніки, сучасних програмних комплексів та чисельних методів є єдиною можливим інструментом для таких досліджень.

Щоб уникнути поступового руйнування і забезпечити живучість і безпеку побудованих будівель, необхідно вжити заходів, спрямованих на підвищення стійкості конструкції.

При цьому спочатку має бути проведена попередня оцінка ризику виникнення надзвичайної ситуації та ризику переростання надзвичайної ситуації в аварію. По-друге, на етапі проектування необхідно вжити заходів щодо забезпечення стійкості каркаса під час евакуації людей у разі надзвичайної ситуації. По-третє, подвійний підрахунок і оцінка вартості додаткових заходів для запобігання поступовому обвалу.

Висотні будівлі необхідно стабілізувати від поступового руйнування найбільш економічними засобами:

- приймати обґрунтовані конструктивні та планувальні рішення щодо

будівлі з урахуванням можливості аварійності;

- конструктивні заходи щодо забезпечення стійкості (каркасні монолітні конструкції замість збірних);

- використання матеріалів і конструктивних рішень, що забезпечують пластичну деформацію елементів конструкції та їх з'єднань.

Розрахунки на міцність при проектуванні рекомендується виконувати з урахуванням реальних умов експлуатації конструктивної системи, при цьому враховуючи пристосованість елементів конструкції до аварійних ситуацій з можливістю евакуації людей у разі необхідності.

### **Список літератури**

1. ДБН В.2.2-41:2019 “Висотні будівлі. Основні положення”
2. Барабаш М.С. Урахування факторів ризиків виникнення аварійних ситуацій на етапі експлуатації будівель. – Марія Барабаш .- Строительство, материаловедение, машиностроение. Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения: сб. науч. трудов. – Днепропетровск: ПГАСА, 2015. – Вып. 82. – С.14-24.