

## ЗАПОБІГАННЯ ВИНИКНЕННЮ ТА РОЗВИТКУ ПРОГРЕСУЮЧОГО РУЙНУВАННЯ

Вінницький національний технічний університет

**Анотація:** визначено вплив прийнятих конструктивно-планувальних рішень для забезпеченню стійкості будівлі від прогресуючих руйнувань. Запропоновано рекомендації конструктивно-планувальних рішень.

**Ключові слова:** прогресуюче руйнування, стійкість, заходи, блок жорсткості, більш міцніші матеріали, коефіцієнт армування.

**Annotation:** it is intended to pour in the adopted architectural and planuval solutions for securing the stiffness of the future from progressive ruynuvan. The recommendations of architectural and planning solutions have been analyzed.

**Key words:** progresuyuche ruynuvannya, style, come in, block of zhorstkost, more technical materials, functional armoring.

В останні роки в закордонні та вітчизняні будівельні норми [1,2] введено поняття ризику, пропонуються підходи для визначення рівня ризику та наслідків для житлових будинків, оцінки проектних заходів щодо попередження прогресуючого обвалення, які враховують цінність та вразливість споруди.

Поняття «прогресуюче обвалення» було започатковано (англ. Progressive Collapse) після трагічних подій 10 травня 1968 року коли у м. Лондон обвалився житловий будинок висотою 22 поверхи Ronan Point. В результаті вибуху газу у квартирі на 18-му поверсі призвели до часткового обвалу кута будівлі по всій висоті, постраждало 4 людини.

Тому окрім звичайних розрахункових ситуацій, що повинні передбачатися під час проектування, слід аналізувати можливість виникнення і наслідки аварійних ситуацій, що можуть виникнути за рахунок позапроектних впливів вказаних у додатку В [1].

Питанням розробки методів запобігання прогресуючого обвалення описано в працях Алмазова В. О. [3], Мутоко Кяло, Плотникова А. І., Расторгуєва Б. С. [4], роботи співробітників МНІТЕП Шапіро Г. І., Гур'єва В. В., Ейсмана Ю. А. [5], зарубіжних вчених Powell G. [6], Gilmour J. R. і Viridi K. S. [7], Kaewkulchai G. і Williamson E. B. [8], Pretlove A.J., Ramsden M. і Atkins A.G. [9], Izzudin B. A., Vlassis A. G., Elghazouli A. Y., Nethercot D. A. [10] та інших вчених.

Ніякими, звичайно, економічно виправданими заходами не вдається в повній мірі виключити ризик виведення із роботи несучого елемента в конструкції будівлі. Жодна споруда не застрахована від ймовірного руйнування. Але спроба зменшити ймовірність виникнення прогресуючих руйнувань до нуля має також негативний вплив, в результаті чого вартість споруди значно зростає. Проте, споруду абсолютно не можливо захистити від ризику обвалення, так як, у вимогах є невизначеність до адекватного моделювання системи, поведінки, технічні властивості будівельних матеріалів, навіть при наявності сучасних програмних комплексів не можливо усе врахувати. У першу чергу розглядаються варіанти в яких захист будівель (споруд) при аварійних ситуаціях повинні бути орієнтований не просто на попередження руйнувань, а має спрямовуватися на те щоб люди були у безпеці і мали необхідну кількість запасу часу на можливість евакуації та ін.

Фахівці різних країн сходяться на думці, що стійкість будівлі проти прогресуючого обвалення слід забезпечувати комплексом засобів:

- ✓ превентивними заходами безпеки;
- ✓ раціональними конструктивно-планувальними рішеннями будівлі з урахуванням можливості виникнення аварійної ситуації;
- ✓ заходами, що забезпечують нерозривність конструктивної системи будівлі;

- ✓ застосуванням матеріалів і конструктивних рішень, що забезпечують розвиток в елементах конструкцій і їх з'єднаннях пластичних деформацій;
- ✓ заходами, аналогічними захисту будівель від сейсмічних впливів.

Об'єкт дослідження в роботі являє собою дев'яти поверховий каркасно-монолітний житловий будинок. В підвальному приміщенні розташований автопаркінг, тому в дослідженні розглядається руйнування несучої конструкції (пілону) який постраждав від зіткнення з автомобілем.

Для захисту будівлі від прогресуючого руйнування можна розглянути такі конструктивно-планувальні рішення:

- за проектування каркасу будівлі із більш міцніших матеріалів а ніж то прийнято традиційно, збільшити коефіцієнт армування;
- влаштування в багатоповерховій будівлі жорстких міжповерхових блоків встановлених із кроком 9 поверхів, а можливо і частіше;
- зменшення кроку несучих конструкцій для зменшення вантажної площі.

В даній роботі розглядаються три варіанти реалізації конструктивної схеми каркасу 9-ти поверхової житлової будівлі, в таблиця 1 описано їх особливості.

Таблиця 1 – Конструктивних схем для розрахунку

№	Найменування схеми	Позначення
1	Звичайна схема	Схема №1
2	Схема із використанням більш міцніших матеріалів	Схема №2
3	Схема із використанням технічного поверху з жорстким блоком	Схема №3

Розрахунок виконувався в ПК «ЛІРА-САПР» 2016.

Технологічний стан конструкцій схем в цілому та окремих її елементів оцінювати отриманими результатами після дії руйнування є параметри напруження і переміщення. Наслідками отриманих в результаті числового моделювання таблиця 2, записані максимальні переміщення над місцем руйнування, значення зусиль у пілонах, які більш завантажено і які менш завантажено після виходу із ладу несучого елемента. Найбільш перевантаженими є розташовані поблизу місця руйнування, найменш перевантажені більш віддалені несучі елементи.

Таблиця 2 – Значення переміщень та зусиль у схемах

Найменування	Схема №1	Схема №2	Схема №3
Переміщення в, мм	207	54,1	61,1
Максимальні значення зусиль в, т			
Елемент 1	605	588	486
Елемент 2	576	639	471
Мінімальні значення зусиль в, т			
Елемент 3	154	164	228
Елемент 4	151	167	323
max-min в, т	451	472	258
Відношення різниці %	74	74	53

Аналізуючи різницю maxпереміщень констатує дієвість призначених інженерних рішень. Значення зменшилися порівняно із схемо №1 що найменше у три рази. Зусилля в запропонованих схемах №2 і №3 різні, не зважаючи на зменшення переміщень. Різниця значень зусиль max і min у відсотках в схемах №1 та №2 співвідносяться однаково, а от у схемі №3 значення на 21% менші. Жорсткий блок виявився більш раціональним завдяки розподіленню навантажень після руйнування.

#### Висновки

За результатами числового моделювання можна стверджувати, що ефективність протидії прогресуючому руйнуванню і при використанні більш міцніших матеріалів, і при використанні жорсткого блоку на 9-у поверсі будівлі дієві.

Завдяки більш міцнішим матеріалам і збільшенню коефіцієнта армування, будівля набуває більшої стійкості завдяки якій прогресуюче руйнування значно менше. Недоліки перевантаження сусідніх несучих елементів, але даний спосіб протидії дієвий і це підтверджується дослідженням.

Жорсткий блок перерозподіляє навантаження на несучі конструкції, які розташовані в нижній частині будівлі. При виході із ладу одного з вертикальних несучих елементів, навантаження на себе беруть не тільки сусідні, але і віддалені елементи. Жорсткий блок перерозподіляє навантаження і зменшує руйнування, несучі елементи не перевантажуються так як у випадку із використанням більш міцніших матеріалів, що дає даному методу певну перевагу.

Слідуючи із результатів розрахунку можна свідчити, що розраховані чисельно заходи можуть збільшити стійкість до прогресуючого руйнування, зменшити переміщення над місцем руйнування.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд: Мінрегіонбуд України, 2018. – 30 с.
2. ДБН В.2.2-24:2009 Будинки і споруди. Проектування висотних житлових і громадських будинків – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 110 с.
3. Leyendecker, E. V. and Ellingwood, B. R., 1977, "Design Methods for Reducing the Risk of Progressive Collapse in Buildings," NBS Building Science Series 98, National Bureau of Standards, Washington, DC.
4. McGuire, W., 1974, "Prevention of Progressive Collapse," Proceedings of the regional Conference on Tall Buildings, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.
5. Fintel, M. and Schultz, DM., 1976, "Philosophy for Structural Integrity of Large Panel Buildings," Journal of the Prestressed Concrete Institute, Vol.21, No.3, pp.46-69.
6. Алмазов В.О. Сопротивление прогрессирующему разрушению: расчетные и конструктивные мероприятия. Доклад ЦНИИСК, 2009.
7. Расторгуев, Б. С., Мутко К. Н. Деформирование конструкций перекрытий каркасных зданий после внезапного разрушения одной колонны.//Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений, 2006/1, с.12-15.
8. Шапиро Г. И., Гурьев В. В., Эйман Ю. А.. Методика расчета монолитных жилых зданий на устойчивость против прогрессирующего обрушения. - М.: МНИИТЭП, 2004. - 40 с.
9. Powell, Graham. Progressive Collapse: Case Studies Using Nonlinear Analysis. SEAOC Annual Convention, Monterey, August 2004.
10. Gilmour J.R. and Virdi K.S. Numerical modelling of the progressive collapse of a framed structures as a result of impact or explosion. 2nd int. PhD. Symposium in civil engineering, Budapest 1998 Kaewkulchai G. and Williamson E. B. Beam element formulation and solution procedure for dynamic progressive collapse analysis, Journal "Computer and Structures" 82 (2004), Pp. 639-651.

Басистий Віталій Олександрович, маг. гр. Б-19м, Вінницький національний технічний університет, факультет будівництва теплоенергетики тагазопостачання, e-mail: vital.bass1@gmail.com.

Керівник: Андрухов Валерій Михайлович, к.т.н., доцент кафедри ПЦБ, член-кореспондент академії будівництва України, заст. завідувача кафедри, очолює роботу СПКБ «ВІННИЦЯ-XXI».

Basistiy Vitaliy Oleksandrovych, Art. gr. B-19m, Vinnytsia National Technical University, Faculty of Building Heat and Power Engineering, gas supply, e-mail: [vital.bass1@gmail.com](mailto:vital.bass1@gmail.com).

Kerivnik: Andrukhov Valeriy Mikhailovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of PCB, Corresponding Member of the Academy of Budgetary Ukraine, St. Head of the department, ocholye to the work of SPKB "VINNITSYA-XXI".