

УДК 69.07

Дауров М.К.,
mk19daurov@gmail.com, код ORCID/ 0000-0002-6338-4326,
к.т.н., доцент Білик А.С.,
artem.bilyk@gmail.com, ORCID: 0000- 0002-9219-920X,
Київський національний університет будівництва і архітектури

ОГЛЯД ВИМОГ СУЧАСНИХ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ ІЗ РОЗРАХУНКУ СТАЛЕВИХ КАРКАСІВ БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ НА ОПІР ПРОГРЕСУЮЧОМУ РУЙНУВАННЮ

Проаналізовано вимоги сучасних нормативних документів щодо розрахунку на стійкість прогресуючому руйнуванню багатоповерхових будівель зі сталевим каркасом. Виконано порівняння із попередніми нормами. Проаналізовано пожежу як конкретний фактор, що може спричинити прогресуюче руйнування. Визначено актуальні задачі майбутніх досліджень для розрахунку багатоповерхових будівель зі сталевим каркасом на живучість при пожежі.

Ключові слова: прогресуюче руйнування, сталевий каркас, багатоповерхова будівля, пожежа, живучість.

Актуальність. Безпека – важливий компонент для кожної галузі людської життєдіяльності, в тому числі і для галузі експлуатації будівельних конструкцій, будівель та споруд. Сьогодні актуальним є питання стійкості багатоповерхових будівель до так званого прогресуючого руйнування – поширення локального руйнування, що призводить до руйнування всієї будівлі або непропорційно великої її частини. Найвідомішими випадками такого руйнування є обвалення у 22-поверховому панельному житловому будинку «Ronan Point» в Лондоні внаслідок вибуху газу (1968р.), часткове руйнування будівлі «Alfred P. Murrah Federal Building» в Оклахомі (США) після теракту (1995р.), відносно нещодавно прогресуюче руйнування багатоповерхової будівлі внаслідок пожежі відбулося у Сан-Паулу (Бразилія, 2018 р.). В Україні також відомі сучасні випадки руйнувань будівель внаслідок вибухів газу, просідання ґрунту, порушення несучої спроможності конструкцій, війни, яка триває в країні, терактів тощо.

Локальне руйнування може бути спричинено різними чинниками стихійного чи цілеспрямованого характеру. Таких чинників досить багато і розрахувати конструкції будівлі на дію кожного чиннику наразі не уявляється можливим (помилки в проектуванні, помилки при зведенні чи реконструкції,

непередбачуваний знос тощо), так як неможливо спрогнозувати наслідки багатьох із них. Неможливо також повністю виключити ймовірність виникнення аварійних дій чи ситуацій, викликаних діяльністю людини (вибухи газу, теракти, пожежі, наїзди транспорту і т.п.) або природними явищами (землетруси, урагани, зсуви, нерівномірні деформації основ та ін.). Проте необхідно забезпечити певну ступінь безпеки людей, що знаходяться в будівлях і збереження майна за рахунок зменшення ризику прогресуючого руйнування.



Рис.1. Прогресуюче руйнування: а) будинку «Ronan Point» в Лондоні (вибух газу); б) «Alfred P. Murrah Federal Building» в м.Оклахома (теракт)



Рис.2. Прогресуюче руйнування багатоповерхової будівлі внаслідок пожежі у Сан-Паулу

Мета роботи. Проаналізувати вимоги сучасних нормативних документів до розрахунку сталевих каркасів багатоповерхових будівель на опір прогресуючому руйнуванню та визначити задачі для майбутніх досліджень.

Виклад основного матеріалу. До 2019 року необхідність розрахунку на живучість регламентував тільки вітчизняний ДБН В.2.2-24:2009 [1] для висотних будівель: «Конструктивна система повинна забезпечити міцність і стійкість несучих конструкцій та елементів висотного будинку під дією

розрахункових навантажень та впливів, а також опір прогресуючому обваленню при виникненні надзвичайних ситуацій». Також в ДБН В.2.2-24:2009 [1] була наведена методика розрахунку висотного будинку на опір прогресуючому обваленню (дод. Е) для залізобетонних конструкцій, наведено схеми локального руйнування:

- руйнування (видалення) двох стін, що перетинаються, на ділянках від місця їх перетину (наприклад, від кута будинку) до найближчого отвору в кожній стіні або до наступного вертикального перетину зі стіною іншого напрямку на сумарній довжині не більше 10 м, що відповідає руйнуванню конструкцій у колі площею 80 м² (площа локального руйнування);
- руйнування (видалення) окремої колони (пілону) або колони (пілону) з прилеглими до них ділянками стін, розміщених на одному поверсі на площі локального руйнування;
- обвалення ділянки перекриття одного поверху на площі локального руйнування.

Для сталевих каркасів така методика відсутня. Щодо них у [1] зазначено: «Схеми руйнування слід задавати за спеціальним сценарієм (з визначенням зон руйнування, послідовності тощо), який необхідно розробляти з урахуванням особливостей конструктивної схеми та за оцінкою ризиків. При цьому найбільш небезпечною схемою локального руйнування слід вважати руйнування (видалення) окремої колони в нижніх поверхах висотного будинку». Таким чином, рекомендації [1] як для залізобетонних, так і для сталевих каркасів при моделюванні для убезпечення від руйнування за прогресуючим сценарієм передбачають видалення поодинокого і тільки одного елемента (одиночна живучість). Проте при цьому не враховується специфіка фактору, що спричиняє це руйнування. Невизначеність і відсутність практичної методики є негативним фактором для проектування висотних будівель зі сталевим каркасом, породжує складнощі при експертизі проектів, питання до надійності каркасів.

Новий ДБН В.1.2-14:2018 [2], що набрав чинності з 1 січня 2019 року, регламентує: «Розрахунок на непропорційне руйнування під дією аварійних навантажень проводиться для об'єктів класів наслідків «СС3» та «СС2» (житлові та громадські висотні будинки, торговельні комплекси), підтрибунних конструкцій стадіонів та інших спортивних та видовищних споруд класів «СС3» та «СС2», **якщо не передбачені інші заходи, які виключають їх непропорційне обвалення**». Проте «інші заходи» в ДБН не розкриваються, що породжує поле для експертних варіантних рішень, які не завжди рівнонадійні і ефективні.

Європейські норми [3] передбачають наступні стратегії проектування будівель на опір прогресуючому руйнуванню залежно від класу наслідків відповідальності:

а) для будівель класу наслідків «СС1» (окремі будинки не більше 4 поверхів, сільськогосподарські будівлі, будинки, рідко зайняті людьми тощо): немає конкретної необхідної процедури проектування, крім тих, що стосуються проектування та будівництва будинків відповідно до правил всіх пов'язаних Єврокодів;

б) для будівель класу наслідків «СС2а» (будинки до 5-ти поверхів, готелі, квартири, апартаменти, будинки, інші житлові будинки, приміщення, що за висотою не перевищують чотири поверхи тощо): додаткова процедура включає застосування ефективних горизонтальних в'язей або ефективні кріплення підвісних стін;

в) для будівель класу наслідків «СС2b» (готелі, квартири, квартири та інші житлові будинки вище 4 поверхів, але менше 15 поверхів і т. д.):

- повинні бути передбачені горизонтальні та вертикальні в'язі;
- будівля повинна бути проаналізована, щоб перевірити, чи видалення кожної колони і кожної балки, що примикає до колони, або будь-який номінальний розділ несучої стіни – не призведе до локального пошкодження, більшого за обмежене, і не викличе повного руйнування. У місцях, де умовне видалення таких колон та секцій стін призведуть до перевищення встановлених лімітів для місцевого пошкодження, ці елементи повинні бути перероблені або запроектовані як "ключові";

г) для будівель класу наслідків «СС3» (всі будівлі, визначені для класів «СС2а» та «СС2b», які перевищують ліміти площі або кількості поверхів, всі будинки, займані людьми у значних кількостях, стадіони для більш ніж 5000 глядачів, будівлі, що містять небезпечні речовини і процеси тощо): повинна бути виконана системна оцінка ризиків з урахуванням прогнозованих і непрогнозованих загроз відповідно до Додатка В EN 1991-1-7 [3].

За EN 1991-1-7 [3] для врахування *непрогнозованих загроз* (помилки в проекті або при зведенні, непередбачений знос тощо) мають бути розроблені стратегії проектування з допустимим рівнем пошкоджень, наприклад врахування вимог до забезпечення необхідної піддатливості та влаштування в'язей. Спеціальний підхід полягає в розгляді ситуації, коли конструктивний елемент (балка, колона) незалежно від причини і обсягу пошкодження, розглядається як такий, що вийшов із ладу. У такому разі до решти частини конструкції висувається вимога, щоби вона протягом відносно короткого проміжку часу (визначеного як період відновлення «Т») могла витримувати звичайні навантаження з деяким заданим цільовим рівнем надійності.

Цільова надійність залежить від стандартного рівня безпеки будівлі, періоду часу «Т» (години, дні або місяці) і вірогідності, що даний елемент буде видалений (через причини, не враховані в проекті).

Вірогідність і ефекти від усіх особливих і екстремальних дій (наприклад, навантаження від пожежі, землетрусу, удару, вибуху, екстремальні кліматичні навантаження – прогнозовані загрози) слід розглядати відносно відповідного набору можливих сценаріїв небезпеки. Наслідки руйнування в цьому випадку оцінюють кількістю жертв і економічними втратами.

Для будівель класу наслідків «СС3» Eurocode EN 1991-1-7 [3] вимагає оцінку ризику для будівлі. Аналіз ризиків будівель, що піддіються випадковим діям, передбачає наступні кроки:

1. Оцінка ймовірності виникнення різних небезпек з їх інтенсивністю.
2. Оцінка ймовірності різних станів пошкодження та відповідних наслідків для даної небезпеки.
3. Оцінка ймовірності невідповідної вимогам роботи пошкодженої будівлі разом із відповідними наслідками.

Також в EN 1991-1-7 [3] наведені методики розрахунку будівель на дію удару (додаток С) та внутрішнього вибуху (додаток D).

Стандарт США ASCE 7-16 [5] визначає прямі та непрямі підходи проектування для зменшення можливості прогресуючого руйнування.

Прямі підходи проектування розглядають опір прогресуючому руйнуванню впродовж етапу проектування та включають такі методи:

- метод альтернативного шляху (Alternate Path), який допускає виникнення місцевого руйнування, але вимагає забезпечити альтернативні шляхи розподілу навантаження таким чином, щоб нівелювати пошкодження та відвернути повне обвалення;
- метод особливого місцевого опору (Specific Local Resistance), який вимагає забезпечити достатню міцність, щоб чинити опір руйнуванню внаслідок аварії.

Непрямі підходи проектування розглядають стійкість до прогресуючого руйнування через забезпечення мінімальних рівнів міцності, неперервності та пластичності. Основним є застосування ланцюгового ефекту (Tie Forces), який розглядає будівлю механічно зв'язаною воедино, збільшуючи таким чином неперервність, пластичність та розвиток альтернативних шляхів навантаження. В'язеві зусилля зазвичай забезпечують існуючі конструкції та з'єднання, які запроектовані згідно з чинними нормами розрахунку для сприйняття навантажень, що діють на будівлю за нормальних умов експлуатації.

При проектуванні висотних будівель слід розглядати систему в'язевих елементів, яка включає:

- горизонтальні в'язі (периметральні, внутрішні елементи; елементи, що зв'язують крайні і кутові колони або стіни - з іншими елементами конструктивної системи);

- вертикальні в'язі, створювані колонами і несучими стінами;

- периметральні в'язі повинні забезпечувати замкнутий контур навколо плану будівлі.

Основні положення щодо розрахунку на прогресуюче руйнування і методів захисту від нього, а також особливості і приклади окремо щодо металевих, залізобетонних, кам'яних, дерев'яних конструкцій, а також ЛСТК - наведені в стандарті США UFC 4-023-03 [4].

Загальна інформація про те, як проектувати конструкції з метою запобігання прогресуючому руйнуванню за нормативними документами Великої Британії, наведена в стандарті BS 6399 [6], а специфічні положення для сталевих, бетонних і кам'яних конструкцій - наведені в стандартах BS 5950, BS 8110 та BS 5628 відповідно. У стандарті BS 5950 [7] регламентуються наступні способи забезпечення живучості сталевих каркасів багатопверхових будівель:

Застосування горизонтальних в'язей. Сталеві елементи розробляються як горизонтальні в'язі, і їх з'єднання повинні мати несучу здатність на розтяг за зусиллями, визначеними із розрахунку каркасу в цілому, або регламентованими мінімальними зусиллями.

Застосування вертикальних в'язей. Вертикальні в'язі повинні забезпечувати безперервне зв'язування конструкції від найнижчого до найвищого рівня. Колона або стіна, як вертикальні елементи, повинні мати несучу здатність на розтяг за зусиллями, які визначаються за сполученням максимальних граничних постійних та тимчасових навантажень.

Проектування «мостових» елементів (альтернативний шлях завантаження) для сталевих конструкцій. Якщо умови для зв'язуючих зусиль не можуть бути виконані, будівля повинна бути перевірена на здатність протистояти непропорційному руйнуванню після видалення колони (на кожному поверсі окремо).

Ключові елементи в сталевих конструкціях. Якщо умови для зв'язуючих зусиль не виконуються і після видалення колони будинок руйнується в повному обсязі або площа руйнування є більше 15% або 70 м², тоді ця колона повинна бути запроектована, як ключовий елемент. Колона вважається ключовим елементом, якщо вона може протистояти навантаженню, прикладеному в кожному можливому напрямку, характеристичне значення якого дорівнює 34 кН/м². Також наведено еквівалентні значення цього навантаження у вигляді розподіленого навантаження на стержень та зосередженого навантаження в

залежності від призначення будівлі в [6]. Дане навантаження прикладається тільки до несучих конструкцій, без урахування площі огороження та ін.

Живучість при пожежі. Вітчизняний ДБН В.1.1-7-2016 [8] із 2017 року регламентує необхідність розраховувати будинки класів наслідків «СС3» на стійкість до прогресуючого обвалення внаслідок пожежі, як конкретного фактору: «Будинки, що мають клас наслідків (відповідальності) «СС3» відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.2-16, слід розраховувати на стійкість до прогресуючого обвалення внаслідок пожежі». Проте у жодному вітчизняному чи закордонному нормативному документі не виявлено ані методик, ані рекомендацій щодо розрахунку будинків на стійкість до прогресуючого обвалення внаслідок пожежі, як конкретного фактору. Вогонь діє більше на горизонтальні конструкції – балки і плити (зазвичай перпендикулярно знизу), ніж на колони і стіни (зазвичай дотично збоку). Тому моделювати вплив дії вогню видаленням колони каркасу не буде відповідати реальній фізиці процесів.

Для моделювання пожежі необхідно визначити режим пожежі - температурно-параметричні залежності, що обумовлені планувальними рішеннями, матеріалами огорожувальних конструкцій, наявністю та кількістю дверних та віконних прорізів в межах протипожежного відсіку. Вітчизняний ДСТУ-Н Б EN 1991-1-2:2010 [9] надає вираз (А.1) температурного режиму у фазі нагрівання:

$$\theta_g = 20 + 1325(1 - 0,324e^{-0,2t^*} - 0,204e^{-1,7t^*} - 0,472e^{-19t^*})$$

та вирази для охолоджувальної стадії (А.11а – А.11с) [9]:

$$\begin{aligned} \theta_g &= \theta_{max} - 625 \cdot (t^* - t_{max}^* X) \text{ для } t_{max}^* \leq 0,5; \\ \theta_g &= \theta_{max} - 250 \cdot (3 - t_{max}^* X) \cdot (t^* - t_{max}^* X) \text{ для } 0,5 \leq t_{max}^* < 2; \\ \theta_g &= \theta_{max} - 250 \cdot (t^* - t_{max}^* X) \text{ для } t_{max}^* \geq 2. \end{aligned}$$

Також необхідно врахувати тип, властивості та товщину вогнезахисного матеріалу сталевих конструкцій. Вітчизняний ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2010 [10] надає вираз (4.27), що визначає приріст температури $\Delta\theta_{a,t}$ за проміжок часу Δt для рівномірного розподілу температури в поперечному перерізі захищеної сталеві конструкції:

$$\Delta\theta_{a,t} = \frac{\lambda_p \frac{A_p}{V} (\theta_{g,t} - \theta_{a,t})}{d_p c_a \rho_a (1 + \Phi/3)} \Delta t - (e^{\Phi/10} - 1) \Delta\theta_{g,t}$$

Враховуючи велику кількість змінних та схильність пожежі до поширення, необхідно враховувати специфіку фактору пожежі, як прогнозованого фактору. З огляду на вимоги чинних норм забезпечувати каркасам будівлі класів наслідків «СС3» стійкість до прогресуючого обвалення внаслідок пожежі, необхідно розробити відповідні заходи із забезпечення живучості сталевих каркасів багатоповерхових будівель. Якщо моделювання дії пожежі шляхом «видалення» колони із розрахункової схеми не є правильним, однією із актуальних наукових задач є аналіз механізму руйнування сталевих каркасів багатоповерхових будівель із метою визначення альтернативи «видалення» колони для випадку пожежі - таке «локальне руйнування», яке можна допускати при розрахунку на прогресуюче руйнування при пожежі.

Порівняння вимог вітчизняних нормативних документів щодо розрахунку конструкцій багатоповерхових будівель на живучість до і після введення нових вимог, наведене у табл.1.

Таблиця 1

Порівняння основних вимог вітчизняних
нормативних документів

Вимоги	Попередні	Сучасні
Вимоги із забезпечення «одиночної» живучості	Для будівель класу СС3	Для будівель класів СС3 та СС2
Вимоги із забезпечення живучості при пожежі	Відсутні	Для будівель класу СС3
Моделювання локального руйнування	Вилучення колони з розрахункової схеми	Вилучення колони з розрахункової схеми для розрахунку на «одиночну» живучість, відсутнє для розрахунку на живучість при пожежі
Методики по розрахунку на живучість багатоповерхових будівель	Є для залізобетонних каркасів	Є для залізобетонних каркасів
Методики по розрахунку на живучість сталевих каркасів багатоповерхових будівель	Відсутні	Відсутні

Порівняння вимог сучасних вітчизняних нормативних документів із закордонними наведене в табл.2.

Таблиця 2

Порівняння основних вимог вітчизняних
нормативних документів із закордонними

Норми	Моделювання локального руйнування	Основні заходи забезпечення живучості	Заходи із забезпечення «одиночної» живучості для різних конструкцій	Заходи із забезпечення живучості при пожежі
Європейські норми	Виключення однієї балки або колони, удар, вибух	В'язі, метод мосту, проектування ключових елементів	Окремого розподілу немає	Відсутні
Американські норми	Виключення вертикального елемента (колони, стіни)	В'язі, метод мосту, проектування ключових елементів	Для сталевих, залізобетонних, кам'яних, дерев'яних, ЛСТК	Відсутні
Британські норми	Виключення горизонтального чи вертикального елемента	В'язі, метод мосту, проектування ключових елементів	Для сталевих, залізобетонних, кам'яних	Відсутні
Українські норми	Виключення горизонтального чи вертикального елемента	Розрахувати з'єднання на зусилля, яке в 1,5 рази перевищує несучу здатність елементів	Для залізобетонних	Відсутні

Висновки. Вимоги вітчизняних нормативних документів щодо розрахунку багатоповерхових будівель зі сталевим каркасом на стійкість від прогресуючого руйнування віднедавна змінилися. Раніше розрахунок на стійкість від прогресуючого руйнування чітко вимагався лише для висотних будівель понад 73,5м, а методика розрахунку була наведена лише для залізобетонних каркасів. Із 2019 року вітчизняні норми вбачають можливим розрахунок на прогресуюче руйнування для всіх будівель з класом наслідків «СС3» та навіть «СС2» проте його неоднозначно можна уникнути «іншими заходами». На нашу думку і згідно аналізу закордонного досвіду вимоги щодо

розрахунку на прогресуюче руйнування для «СС2» є надлишковими. Також із 2017 року обов'язковим є розрахунок на стійкість будівель класу наслідків «СС3» до прогресуючого обвалення внаслідок пожежі. Втім, жоден вітчизняний чи закордонний нормативний документ не надає ані точних методик розрахунку, ані рекомендацій щодо убезпечення прогресуючого обвалення внаслідок пожежі для сталевих каркасів. За розрахунком на одиничну живучість локальне руйнування моделюється «видаленням» колони із розрахункової схеми, але пожежа таким чином змодельована бути не може. Вбачається, що вітчизняні норми мають містити конкретні вимоги і методики із забезпечення стійкості до прогресуючого руйнування будівель, в тому числі зі сталевим каркасом, що дозволить уникнути невизначеності і покращити проектну галузь, надійність об'єктів і безпеку громадян нашої країни.

Список використаних джерел

1. Державні будівельні норми. Будинки і споруди. Проектування висотних житлових і громадських будинків: ДБН В.2.2-24:2009. – [Чинні від 2009-09-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 133 с. – (Державні будівельні норми).
2. ДБН В.1.2-14:2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К.: Мінрегіонбуд України, 2017. – 81 с. – (Державні будівельні норми).
3. EN 1991-1-7. Eurocode 1: Actions on structures - Part 4: Part 1-7: General actions - Accidental actions: EN 1991-1. - Brussels: Management Centre, 2006. - 69 с. - (European Standard).
4. UFC 4-023-03. United Facilities Criteria (UFC). «Design of Buildings to Resist Progressive Collapse». Department of Defense USA, 2009.
5. ASCE7-16 (2017). Minimum design for buildings and other structures. American Society of Civil Engineers, Reston, VA.
6. BSI (1996). BS6399: loading for buildings-Part 1: code of practice for dead and imposed loads. British Standard Institute, London, UK.
7. BSI (2000). BS5950: structural use of steelwork in building – Part1: code of practice design – rolled and welded sections. British Standard Institute, London, UK.
8. ДБН В.1.1-7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. – [Чинні від 2017-06-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2017. – 39 с. – (Державні будівельні норми).
9. ДСТУ-Н Б EN 1991-1-2:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-2. Загальні дії. Дії на конструкції під час пожежі (EN 1991-1-2:2002, IDT). - [Чинні від 2010-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 80 с.

10. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2010. Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1993-1-2:2005, IDT). - [Чинні від 2013-07-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 106 с.

Дауров М.К., к.т.н., доцент Билык А.С.,
Киевский национальный университет строительства и архитектуры

ОБЗОР ТРЕБОВАНИЙ СОВРЕМЕННЫХ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ ПО РАСЧЕТУ СТАЛЬНЫХ КАРКАСОВ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ПРОГРЕССИРУЮЩЕМУ РАЗРУШЕНИЮ

В статье проанализированы требования современных нормативных документов по расчету на устойчивость против прогрессирующего разрушения многоэтажных зданий со стальным каркасом. Выполнено сравнение с предыдущими нормами. Проанализирован пожар как конкретный фактор, который может вызвать прогрессирующее разрушение. Определены задачи будущих исследований для расчета многоэтажных зданий со стальным каркасом на живучесть при пожаре.

Ключевые слова: прогрессирующее разрушение, стальной каркас, многоэтажное здание, пожар, живучесть.

Daurov M.K., Ph.D, Associate Professor Bilyk A.S.,
Kyiv National University of Construction and Architecture

REVIEW OF THE MODERN REGULATIONS AND METHODS FOR THE PROGRESSIVE COLLAPSE RESISTANCE OF A MULTI-STOREY STEEL FRAMES

In a article the requirements of modern normative documents for the calculation of stability against the progressive collapse of multistory steel frames are analyzed. Measures to ensure the multi-storey buildings survivability with a steel frame are considered. A comparison has been made with previous Ukrainian norms. The requirements for calculations for the survivability of different consequences classes in the new Ukrainian norms are analyzed. The comparison of the Ukrainian and foreign standards requirements shows the differences in measures to ensure a single survivability for multi-storey steel frames in Ukrainian and foreign normative documents. The design strategies for multi-storey buildings according to European

norms are analyzed, depending on the building consequences class. The direct and indirect designs of multi-storey buildings are considered for the reduction of the progressive collapse possibility according to US norms. The analysis of measures to ensure the survivability of multi-storey buildings with a steel frames with UK normative documents has been carried out. The new Ukrainian normative documents requirements for of the CC3 consequences class buildings design for a progressive collapse caused by fire as a concrete factor is analyzed. Requirements and measures to ensure the survivability of multi-storey steel frames during a fire are analyzed. The fire is analyzed as a specific factor, which can lead to a progressive collapse. The factors for the simulation of the fire in the multi-storey steel frames design for survivability during a fire are: parametric-temperature dependencies, thickness, type of fire protection and elements that can be exposed to fire. The future researches tasks for calculation of multistory buildings with a steel frame for vitality at a fire are determined.

Keywords: progressive collapse, steel frame, multistory building, fire, vitality.

References

1. Derzhavni budivelni normy. Budynky i sporudy. Proektuvannya vysotnykh zhytlovykh ta hromadskykh budynkiv: DBN V.2.2-24: 2009. - [Chynni vid 2009-09-01]. - K .: Minrehionbud Ukrayiny, 2009. - 133 s. - (Derzhavni budivelni normy).
2. DBN V.1.2-14: 2018. Zahalni pryntsypy zabezpechennya nadiynosti ta konstruktyvnoyi bezpeky budivel, sporud, budivelnykh konstruktsiy ta osnov. - K .: Minrehionbud Ukrayiny, 2017. - 81 s. - (Derzhavni budivelni normy).
3. EN 1991-1-7. Eurocode 1: Actions on structures - Part 4: Part 1-7: General actions - Accidental actions: EN 1991-1. - Brussels: Management Centre, 2006. - 69 c. - (European Standard).
4. UFC 4-023-03. United Facilities Criteria (UFC). «Design of Buildings to Resist Progressive Collapse». Department of Defense USA, 2009.
5. ASCE7-16 (2017). Minimum design for buildings and other structures. American Society of Civil Engineers, Reston, VA.
6. BSI (1996). BS6399: loading for buildings-Part 1: code of practice for dead and imposed loads. British Standard Institute, London, UK.
7. BSI (2000). BS5950: structural use of steelwork in building – Part1: code of practice design – rolled and welded sections. British Standard Institute, London, UK.
8. DBN V.1.1-7-2016. Pozhezhna bezpeka ob'yektiv budivnytstva. Zahalni vymohy. - [Chynni vid 2017-06-01]. - K .: Minrehionbud Ukrayiny, 2017. - 39 s. - (Derzhavni budivel'ni normy).
9. DSTU-N B EN 1991-1-2: 2010 Yevrokod 1. Diyi na konstruktsiyi. Chastyna 1-2. Zahalni diyi. Diyi na konstruktsiyi pid chas pozhezhi (EN 1991-1-2: 2002, IDT). - [Chynni vid 2010-07-01]. - K .: Minrehionbud Ukrayiny, 2010. - 80 s.
10. DSTU-N B EN 1993-1-2: 2010. Yevrokod 3. Proektuvannya stalevykh konstruktsiy. Chastyna 1-2. Zahal'ni polozhennya. Rozrakhunok konstruktsiy vohnestiykosti (EN 1993-1-2: 2005, IDT). - [Chynni vid 2013-07-01]. - K .: Minrehionbud Ukrayiny, 2010. - 106 s.