**УДК 69.059**

*Пічугін С.Ф., д.т.н., проф.,*

*ORSID 0000-0001-8505-2130 pichugin.sf@gmail.com*

*Клочко Л.А., аспірантка, lina,dmitrenko@gmail.com*

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка,*

*м.Полтава, Україна*

**Питанняпрогресуючого руйнування будівель і споруд**

***Анотація.*** *Дана стаття представляє розгляд нововведених за кордоном нормативних документів у сфері будівництва із питання прогнозування виникнення імовірної аварії на будівельному об’єкті. Нормування та створення методології такого розрахунку на наш час не має аналогів і було створено вперше. Стаття розкриває найбільш важливі питання збірки правил: «Захист будівель і споруд від прогресуючого обвалення. Правила проектування», акцентується увага на типах екстремальних навантажень, які підлягають розгляду при проектуванні будівель та споруд в залежності від їх типів та призначення.*

***Ключові слова:*** *аварія, прогресуюче руйнування, аварійна ситуація, методологія розрахунку, збірка правил, будівельні норми*

**Вступ.** Питання причин виникнення аварій будинків і споруд є досить актуальним в сучасних умовах. Варто зазначити, що все більша увага в наш час починає приділятися саме питанням створення статистики виникнення аварійних ситуацій та їх ретельного аналізу. За мету ставиться визначення класифікації виникнення аварій у будівництві та створення методології розрахунку сценарію імовірного виникнення аварійної ситуації на об’єкті, який споруджується.

При цьому виникають такі поняття, як економічні та неекономічні наслідки під час аварій будівель і споруд для відповідного об’єкта. Якщо перше поняття досить поширене, мова про економічні наслідки ведеться досить давно і їх розрахунок затверджений державними будівельними норами, то неекономічні наслідки ще не мають чіткого алгоритму розрахунку.

Виходячи із всього вище перерахованого, важливо зазначити той факт, що головна мета при введенні всіх цих понять і тверджень, – створення у процесі проектування будівельного об’єкту чіткої методології проведення аналізу імовірного виникнення аварії. Цілі такого розрахунку – аналіз найбільш вразливих ділянок конструкцій під час руйнування та усунення недоліків на етапі зведення будівлі, за необхідності їх підсилення. Результатом проведених вишукувань слугуватиме міцність та живучість будівлі при різних типах навантажень. Варто зазначити, що такі розрахунки включатимуть різноманітні впливи на конструкцію, навіть імовірність виникнення терористичного акту.

Необхідність створення методології розрахунку аварійної ситуації виявляється не тільки в Україні, а і по всьому світу. Закордонні колеги уже не тільки пропонують варіанти вирішення цього питання, але і створюють та затверджують на державному рівні будівельні норми з приводу питання захисту будівель та споруд від прогресуючого обвалення.

**Закордонні приклади законодавчої бази для розрахунку прогресуючого руйнування будівель і споруд.** Яскравим прикладом створення законодавчої бази для розрахунку прогресуючого обрушення є перша редакція збірки правил, під назвою «Захист будівель і споруд від прогресуючого обвалення. Правила проектування» [1].

Даний документ викликає велику зацікавленість в наш час, так як він один із перших презентує методологію проведення моделювання та аналізу імовірності виникнення аварійної ситуації на будівельному об’єкті.

Розглянемо більш детально його структуру та зміст. Збірка правил була розроблена вперше і вміщує в собі пояснення щодо області застосування даного документа, нормативні посилання та загальні вимоги використання. Також зазначається, що використання даного документа дасть змогу оптимізувати витрати при проектуванні, будівництві та експлуатації об’єктів промислового та нормального рівнів відповідальності та підвищити їх механічну безпечність.

Для будівель і споруд, в тому числі підвищеного рівня відповідальності, відповідно необхідно забезпечити таку міцність і стійкість, щоб в процесі будівництва і експлуатації не виникало загрози заподіяння шкоди життю або здоров'ю людей, майну та ін.. в результаті: руйнування окремих несучих будівельних конструкцій або їх частин; руйнування всієї будівлі, споруди або їх частин; неприпустимі деформації будівельних конструкцій, основ будівлі або споруди і геологічних масивів прилеглої території; пошкодження частини будівлі або споруди, мереж інженерно-технічного забезпечення або систем інженерно-технічного забезпечення в результаті деформації, переміщень або втрати стійкості несучих будівельних конструкцій, в тому числі відхилень від вертикальності. Введення зводу правил в практику проектування відповідальних об'єктів відкривають можливість перетворити загальні вимоги технічного регламенту «Про безпеку будівель і споруд» в конкретні технічні вимоги, виконання яких забезпечить безпеку проектованих, споруджуваних і експлуатованих об'єктів при аварійних впливах. Розробка стандарту, який встановлює захист будівель і споруд від прогресуючого обвалення і безпеку людей, що знаходяться в них, має найважливіше соціальне значення [1].

У документі зазначається, що при розрахунку будівель та споруд на особливі впливи розрахункові міцнісні та деформаційні характеристики матеріалів приймають рівними їх нормативним значенням згідно діючим нормам.

При дії проектних та аварійних особливих впливів максимально допустиму площу локального руйнування несучих конструкцій визначають наступним чином:

* для будівель висотою менше 75 м – до 40 м2;
* для будівель висотою від 75 до 200 м – до 80 м2;
* для будівель висотою більше 200 м – до 100 м2;
* для інших споруд – згідно завданняі на проектування в залежності від типу споруди.

При розрахунках на прогресуюче обвалення площа локального руйнування (площа, з якої видаляються несучі конструктивні елементи) не повинна перевищувати допустиму площу, яка вказана вище.

**Дія особливих навантажень та екстремальні кліматичні впливи.** Дію аварійних особливих навантажень допускається не враховувати, якщо виконані всі наступні вимоги:

* проведений розрахунок на дію проектних (нормованих) особливих впливів, вказаних в дійсній збірці правил, завданні на проектування та діючих нормативних документах;
* введені додаткові коефіцієнти умови роботи, які знижують розрахунковий опір цих елементів та вузлів їх кріплення;
* проведені організаційні заходи, згідно із збіркою правил, а також інші заходи, узгоджені із замовником.

У документі також приділяється увага екстремальним кліматичним впливам, до яких віднесені екстремальні снігові навантаження, впливи вітру, ожеледні навантаження та екстремальні температурні кліматичні впливи. Розглядаються вибухові впливи та ударні навантаження [2].

При розрахунку будівельних конструкцій на особливі сполучення навантажень необхідно враховувати наступні кліматичні впливи:

* розрахункові екстремальні снігові, ожеледні навантаження та температурні кліматичні впливи:
* особливі впливи, пов’язанні зі сповзанням снігу;
* вітрові впливи, котрі можуть створювати аеродинамічні нестійкі коливання.

Для врахування екстремальних впливів, розрахункові значення котрих для окремих населених пунктів значно перевищують звичайні розрахункові значення, вводять додатковий коефіцієнт надійності для екстремальних впливів .



**Ударні навантаження.** З приводу цих навантажень зазначено, що при проектуванні будівель необхідно враховувати їх дію у комбінації із іншими особливими впливами, наприклад, зіткнення паливозаправочного транспортного засобу із опорною конструкцією моста та наступна за цим пожежа.

Розрахунок на ударні впливи від автотранспортних засобів необхідно проводити для пролітних споруд мостів із підмостовим габаритом менш ніж 6 м, а також для поміжних стоїчних опор.

Для випадків, коли можливий співудар автотранспортного засобу із опорними конструкціями або фасадами будівель, розрахункові значення еквівалентних квазістатичних навантажень необхідно приймати за таблицею 1 [2].

Таблиця 1

Розрахункові значення еквівалентних квазістатичних навантажень, при можливості співудару автотранспортних засобів з опорними конструкціями або фасадами будівель

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Категорія дороги за ГОСТ Р 52398 | Зосереджене навантаження *Fvx*, кН (в напрямку руху) | Зосереджене навантаження *Fvy*, кН (перпендикулярно напрямку руху) |
| Автомагістралі та швидкісні автомобільні дороги категорій ІА та ІБ | 1000 | 500 |
| Звичайні автомобільні дороги категорій ІВ, ІІ | 750 | 375 |
| Звичайні автомобільні дороги категорій ІІІ-V | 500 | 250 |
| Дворові території та гаражі з рухом: |  |  |
| Легкових автомобілів | 50 | 25 |
| Вантажних автомобілів (із загальною масою більше 3,5 т) | 150 | 75 |

У правилах проектування також зазначається, що при локальному руйнуванні необхідно забезпечити несучу здатність як конструктивної системи споруди в цілому, так і прилеглих до локального руйнування конструктивних елементів. На вимогу замовника в завданні на проектування (на додаток до необхідних вимог по несучої здатності) можуть бути встановлені додаткові вимоги щодо забезпечення тріщиностійкості і деформативності конструкцій споруди при локальному руйнуванні [3].

**Розрахунок споруди на стійкість проти прогресуючого руйнування.** Зусилля в конструктивних елементах і їх з'єднаннях отримані на підставі проведеного розрахунку при локальному руйнуванні, необхідно порівняти з їх несучу здатність.

Захист споруди від прогресуючого обвалення забезпечено, якщо для будь-яких елементів і їх з'єднань виконується умова:



де *F* – зусилля в конструктивних елементах або в їхніх з'єднаннях, знайдені з виконаного розрахунку, *S* – несуча здатність конструктивних елементів та їхніх з'єднань.

При розрахунку споруд на стійкість проти прогресуючого обвалення розрахункові характеристики міцності і деформаційні характеристики матеріалів приймаються рівними їх нормативним значенням, що визначаються відповідно до чинних нормативних документів.

При розрахунку споруд на стійкість проти прогресуючого обвалення коефіцієнти надійності за навантаженням слід приймати .

Розрахунок споруд на стійкість проти прогресуючого обвалення слід виконувати на поєднання навантажень , що складається з постійних  і тривалих  навантажень, з урахуванням зміни розрахункової схеми, викликаної локальним руйнуванням.



Коефіцієнт надійності по відповідальності при розрахунку споруд на стійкість проти прогресуючого обвалення слід приймати . У завданні на проектування замовником може бути встановлений коефіцієнт надійності по відповідальності .

Для розрахунку споруд на стійкість проти прогресуючого обвалення слід використовувати просторову розрахункову модель, в якій враховується взаємодія з ґрунтовою основою. У розрахункової моделі слід враховувати можливе включення в роботу елементів, які за нормальних умов експлуатації споруди є ненесучими (наприклад, навісні зовнішні стінові панелі, парапети, залізобетонні огорожі балконів, перегородки і т.п.), а при локальному руйнуванні активно беруть участь в перерозподілі зусиль в елементах конструктивної системи.

При розрахунку споруд на стійкість проти прогресуючого обвалення слід передбачати можливість стадійного розрахунку. На початковій стадії необхідно визначити напружено-деформований стан конструкцій за умов нормальної експлуатації. На наступних стадіях слід визначати напружено-деформований стан конструкцій, що виникає при локальному руйнуванні, за умови врахування деформацій конструкцій, що виникли в результаті нормальної експлуатації.

У розрахунковій моделі споруди слід враховувати реальну діаграму роботи матеріалу конструкцій і їхніх стиків (розшарування цегляної кладки при роботі конструкції на розтяг; несприйняття в платформеному стику напружень розтягу, крихке руйнування конструкцій і вузлів їх сполучення і т.п.).

Основними конструктивними заходами щодо захисту споруд від прогресуючого обвалення є:

* забезпечення необхідної несучої здатності конструктивних елементів і з'єднань між ними при аварійному впливі, що призводить до локального руйнування;
* забезпечення необхідних пластичних деформацій у з'єднаннях конструктивних елементів.
* забезпечення в шпонкових з'єднаннях міцності окремих шпонок на зріз в 1,5 рази вище їх міцності на зминання;
* забезпечення в болтових з'єднаннях міцності окремих болтів на зріз в 1,1 рази вище їх міцності на зминання;
* забезпечення у зварних з'єднаннях запобігання крихкому руйнуванню у граничному стані відповідно до СП 16.13330;
* забезпечення достатності довжини анкерування арматури при її роботі як зв'язку зсуву;
* забезпечення в перетинах надпроемних перемичок, балок, ригелів, плит, в граничному стані руйнування по вигину, а не по зрізу.

**Висновки**. Беручи до уваги все вищенаведене, не виникає сумнівів у необхідності впровадження до державних будівельних норм подібної збірки правил і в Україні. У зв’язку з введенням такого документу вперше і відсутністю практики у нормуванні прогресивного руйнування раніше, залишається необхідним доопрацювання даної теми також у прийнятих закордонних нормативних документах. Але при цьому, на сьогодення, для української будівельної галузі невід’ємною частиною етапу проектування будівель і споруд постає саме моделювання та аналіз можливого виникнення імовірної аварійної ситуації на об’єкті, а отже й створення нормативної методології його проведення [3].

***Література***

1. [*СП 385.1325800.2018 Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. Правила проектирования. Основные положения*](http://www.minstroyrf.ru/docs/17452/)*. [Текст]. –Москва : Минстрой России, 2018. – 30 с*
2. *СП 296.1325800.2017 Свод правил. Здания и сооружения. Особые воздействия [Текст]. – Москва : Минстрой России, 2017. – 27 с*
3. *СП 132.13330.2011 Обеспечение антитеррористической защищенности зданий и сооружений. Общие требования проектирования. [Текст]. –Москва : Минстрой России, 2011. – 18 с*