

Секція проблем будівництва і архітектури

УРАЗЛИВІСТЬ І СТУПІНЬ ПОШКОДЖЕННЯ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Гетун Г. В.¹, Баліна О. І.², Безклубенко І. С.³, Буценко Ю. П.⁴, Соломін А. В.⁵
¹⁻³Київський національний університет будівництва і архітектури
03680, Київ, Повітрофлотський пр-т, 31
^{4,5}м. Київ, НТУ України «Київський політехнічний інститут» ім. І. Сікорського
E-mail: ¹galinagetun@ukr.net, ²elena.i.balina@gmail.com,
³i.bezklubenko@gmail.com, ⁴armchairdoc@ukr.net, ⁵andr-so@i.ua

Проектування, будівництво і експлуатація будівель в Україні пов'язані з необхідністю врахування додаткових особливих навантажень і впливів, а саме: сейсмічних, у складних інженерно-геологічних умовах, на слабких ґрунтах, підроблених територіях і просідаючих ґрунтах, а в умовах війни з Росією під час ракетних і артилерійських обстрілів і бомбардувань населених пунктів – впливів від вибухів, вибухових хвиль, розповсюдження пожеж тощо [1].

Територія України розташована на окраїні потужного Азорсько-Середземноморсько-Альпійсько-Трансазійського сейсмогенного поясу планети. Україна загалом не належить до особливо сейсмічно небезпечних регіонів планети. Лише в межах трьох її районів відмічені мало- і середньомagnitude (3–6 балів) землетруси: Українські Карпати та Кримські гори, Приазов'я.

В Україні для класифікації сейсмічної інтенсивності вико ристовується 12-бальна шкала за ДСТУ Б В.1.1-28:2010 «Шкала сейсмічної інтенсивності» [4], яка розроблена для адаптації з Європейською макросейсмічною шкалою EMS-98.

Шкала призначена для сейсмологів та інженерів-будівельників при проектуванні будівель у сейсмонебезпечних регіонах і аналізі наслідків землетрусів, а також обстежені макросейсмічних ефектів землетрусів, відновлення параметрів джерел сейсмічних хвиль і розробки карт сейсмічного районування території України.

Основні положення ДСТУ Б В.1.1-28:2010, які торкаються обстеження будівель і споруд, визначення їх класів уразливості та ступенів пошкоджень, доцільно використовувати при обстеженнях об'єктів будівництва, що зазнали пошкоджень і руйнувань під час агресивних дій російських військ на території України та артилерійських і ракетних обстрілів українських населених пунктів у ході війни з Росією у 2022 р.

Будівельний об'єкт – будівля, споруда разом з ґрунтовою основою та інженерним устаткуванням, інженерні мережі та комунікації, а також їх комплекси з певними будівельними та виробничими показниками і призначенням. **Пошкодження** – подія, яка полягає в порушенні справності конструктивних елементів технологічних параметрів будівельного об'єкта.

Клас уразливості об'єкта при землетрусах – класи уразливості А (підкласи А1, А2), В, С, D, Е, F (підкласи F1, F2) характеризують здатність будівель чинити опір сейсмічним впливам залежно від матеріалів конструкцій, проектного рівня сейсмостійкості, конструктивного рішення, якості будівництва тощо. Найбільшій уразливості відповідають об'єкти підкласу А1, найменшій – підкласу F2.

Ступені пошкоджень – ступені пошкоджень 0, 1, 2, 3, 4 і 5 класифікують деформації конструкцій при землетрусах залежно від типу будівлі (кам'яна, залізобетонна, сталева, дерев'яна тощо). Ступінь 0 відповідає відсутності пошкоджень; ступінь відповідає легким пошкодженням; ступінь 5 – руйнуванню/обваленню.

Лінгвістичні (кількісні) характеристики пошкоджень: більшість – відповідає діапазону 56–100 % (медіальне значення 75 %); багато – відповідає діапазону 16–55 % (медіальне значення 40 %); деякі – відповідає діапазону 0–15 % (медіальне значення 10 %).

Уразливість – здатність об'єкта отримувати необоротний збиток, вимірюваний втратою його властивостей (якостей) в порівнянні зі станом до землетрусу (відносна пошкодженість будівель різних конструктивних схем при однаковій інтенсивності сейсмічних впливів).

Обстеження об'єкта – процес отримання якісних і кількісних показників експлуатаційної придатності об'єкта, його елементів і конструкцій, які характеризують технічний стан об'єкта [6].

Технічний стан об'єкта – рівень відповідності конструктивних елементів та технологічних параметрів об'єкта вимогам нормативної або проектної документації [5]. **Діагностування технічного стану об'єкта** – процес визначення та прогнозування технічного стану об'єкта. **Моніторинг** – нагляд за технічним станом будівельного об'єкта, його частин, окремих конструкцій або основ з оцінюванням їх деформацій та несучої здатності, стійкості і придатності до експлуатації.

Пошкодження елементів будівлі – крен, осідання, тріщини і залишкові деформації несучих конструкцій, які відповідають за загальну стійкість будівлі або споруди при землетрусі [6].

Пошкодження неконструктивних елементів будівлі – тріщини, залишкові деформації огорожувальних конструкцій, перегородок, що не відповідають за загальну стійкість будівлі при землетрусі, але руйнування яких можуть бути причиною травм та загибелі людей і виходу з ладу устаткування, комунікацій тощо [6].

У стандарті ДСТУ Б В.1.1-28:2010 [4] наведені таблиці з класами уразливості А, В, С, D, E, F і ступенями пошкоджень будівель 1, 2, 3, 4 і 5, а також сейсмічна інтенсивність (від першого до двадцятого балу), які в основному, відповідають шкалі EMS-98.

Сейсмічна уразливість будівель і споруд різних конструктивних типів і рівнів сейсмостійкості поділяють на 6 основних класів, складених у порядку зменшення уразливості та позначених відповідно А, В, С, D, E, F. Класи А та F, які відповідають максимальному і мінімальному рівням уразливості, поділяються на 2 підкласи і позначають А1, А2, F1, F2. При аналізі уразливості будівель і визначенні класу їх конструктивної уразливості враховують правильність форми (в т. ч. просторову симетрію), розподіл мас і жорсткостей, регулярність, поверховість, якість проектування і будівництва, зв'язність, еластичність, нездатність до прогресуючого обвалення та інші характеристики фізичного стану, а також експлуатаційний стан об'єкта. Клас уразливості є узагальненою характеристикою об'єкта, що визначається експертами шляхом всебічного аналізу наслідків землетрусів. Сейсмічна уразливість будівель, які експлуатуються у період, передуючий землетрусам, визначається в процесі паспортизації (включаючи і динамічну паспортизацію) забудови або на підставі інших спеціалізованих досліджень. Для оцінки інтенсивності землетрусів, які відбулися нещодавно, оцінка класу уразливості пошкоджених і зруйнованих будівель виконується при обстеженні цих будівель безпосередньо після землетрусу.

Проектування сучасних будівель і споруд в сейсмічних районах розвивається за двома напрямками, які відповідають **основним принципам сейсмосахисту**, – **традиційними** (пасивними) і **спеціальними** (активними) [1–3]. За **традиційного** (пасивного) сейсмосахисту будівель для сприйняття додаткових зусиль, викликаних сейсмічними впливами, здійснюється збільшення несучої здатності основних конструкцій будівлі (поперечні перерізи, армування, вузли стикувань тощо). Характер роботи будівлі при цьому не змінюється.

Спеціальні заходи покращення сейсмостійкості будівель (активні) полягають у зниженні навантажень на конструкції за рахунок

модифікації динамічних схем їх роботи. **Активний сейсмозахист будівель** – це новий напрямок, який полягає в проведенні додаткових конструктивних заходів для запобігання небезпечних резонансних коливань і тим самим зниження сейсмічних впливів. Він досягається шляхом влаштування спеціальних зв'язків, які включаються або виключаються, встановленням демпферів і динамічних гасителів коливань тощо [1].

Будівлі з високим рівнем сейсмостійкості С, D, E – це будівлі, запроектовані відповідно до вимог ДБН В.1.1-12-2014 «Будівництво в сейсмічних районах України» [3] з традиційними (пасивними) принципами сейсмозахисту їх конструкцій.

На найвищому рівні F розташовуються будівлі із спеціальними (активними) антисейсмічними заходами. Вони поводяться особливо при сейсмічних навантаженнях і, як правило, не руйнуються доти, поки не виходять з ладу пристрої активного сейсмозахисту. **Будівлі конструктивного типу F не можуть** бути використані для оцінки інтенсивності землетрусу.

Класифікація пошкоджень будівель. Пошкоджуваність будівель поділяють на 6 ступенів d (від 0 до 5) в порядку зростання шкоди та зменшення залишкового ресурсу несучої здатності. Ступені пошкоджень і класифікація пошкоджень будівель залежно від спостережуваних ефектів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Ступені пошкоджень

Ступінь пошкодження d	Класифікація пошкоджень	
	Несучі конструкції	Ненесучі (другорядні) конструкції
0	Пошкодження відсутні	Пошкодження відсутні
1	Пошкодження відсутні	Легкі пошкодження, якими можна нехтувати
2	Легкі пошкодження, що знижують несучу здатність будівлі	Помірні пошкодження
3	Помірні пошкодження, що помітно зменшують несучу здатність будівлі	Важкі пошкодження; виникає вірогідність спричинення збитку життю і/або здоров'ю людей
4	Важкі пошкодження, стан будівлі близький до надграничного; несуча здатність вичерпана; часткові обвалення. Висока вірогідність поранень і загибелі людей	Дуже важкі пошкодження. Відмова, вихід з ладу
5	Обвалення будівель	Обвалення будівель

Приклади, що ілюструють пошкоджуваність різних конструктивних типів будівель за наслідками інженерного аналізу минулих землетрусів, представлені в додатку Б ДСТУ Б В.1.1-28:2010 «Шкала сейсмічної інтенсивності» [4]. Якісний і кількісний описи пошкоджень, які відповідають різним ступеням і характерні для різноманітних конструктивних типів будівель, здійснюються на основі аналізу сейсмічних ефектів на будівельних об'єктах при їх достатньо великому числі для забезпечення достовірності та надійності.

Призначення та корегування інтенсивності землетрусів в Україні проводиться на підставі показників: класу конструктивної уразливості об'єктів будівельного оточення; ступеня пошкоджень будівельних споруд; кількісних характеристик, прийнятих у шкалі.

Висновки. Таким чином, існуючі в Україні нормативи сейсмозахисту будівель, доцільно використовувати та удосконалювати при обстеженнях будівель і споруд, які зазнали пошкоджень і руйнувань під час агресивних військових дій російських військ на території України у 2022 р. для оцінки собівартості майбутніх репарацій від Росії по відбудові пошкоджених будівельних об'єктів.

Література

1. Гетун Г. В., Куліков П. М., Плоский В. О., Чернишев Д. О. Конструкції будівель і споруд. Кн. 2. Нежитлові будівлі : підручник / Г. В. Гетун, П. М. Куліков, В. О. Плоский та ін. – Київ : Видавництво Ліра-К, 2023. – 900 с.
2. Особливості об'ємно-планувальних рішень сейсмостійких будівель / Г. В. Гетун, О. І. Баліна, І. С. Безклубенко та ін. // Збірник праць XVI Міжнар. наук.-практ. конф. – Хмельницький : ХНУ, 2021. – С. 80–85.
3. ДБН В.1.1-12:2014. Технічні норми, правила і стандарти. Загальнотехнічні вимоги до життєвого середовища та продукції будівельного призначення. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівництво у сейсмічних районах України. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2014. – 110 с.
4. ДСТУ-Н Б В.1.1-28:2010. Технічні норми, правила і стандарти. Загальнотехнічні вимоги до життєвого середовища та продукції будівельного призначення. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Шкала сейсмічної інтенсивності. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 79 с.
5. Куліков П. М. Конструкції будівель і споруд. Кн. 1 : підруч. / П. М. Куліков, В. О. Плоский, Г. В. Гетун ; за ред. Г. В. Гетун. – Київ : Видавництво Ліра-К, 2021. – 880 с.

6. Архітектура будівель та споруд. Кн. 4. Технічна експлуатація та реконструкція будівель : підручник / В. О. Плоский, Г. В. Гетун, В. Л. Мартинов та ін. ; за ред. Г. В. Гетун. – Кам'янець-Подільський : Рута, 2018. – 750 с.: іл.

ЩОДО ПРОДАВЛЮВАННЯ ПЛОСКИХ ПЛИТ ПЕРЕКРИТТЯ КАРКАСНО-МОНОЛІТНИХ БУДИНКІВ

Афанасьєва Л. В.

*Київський національний університет будівництва і архітектури
03680, Київ, Повітрофлотський проспект, 31, e-mail: afanasieva2709@gmail.com*

Переваги каркасно-монолітних будинків обумовлені різноманітністю їх об'ємно-планувальних рішень і конфігурацій в плані. Досвід експлуатації свідчить, що жорсткість перекриття таких будинків відповідає вимогам діючих нормативних документів [1]. При цьому слід зазначити, що опорні зони плити перекриття в місцях спирання на вертикальні елементи потребують підсилення з метою запобігання продавлюванню внаслідок дії поперечних сил. Можливі технологічні ускладнення при армуванні стикових з'єднань «плита–колона» потребують досліджень напруженого стану в зоні стику, а також визначення оптимального співвідношення товщини плити і додаткового армування її опорної зони.

Аналіз проведених чисельних досліджень свідчить, що зменшення товщини плити перекриття на 6,0 см викликає збільшення зони концентрації стискаючих напружень до 44,0 % [2]. Зазначені результати чисельних досліджень дають підстави враховувати особливості напруженого стану в зоні стику і визначити додаткове поперечне армування з метою унеможливлення продавлювання, внаслідок зсуву при дії зосередженого зусилля на плиту.

Відповідно до вимог Єврокоду EN1992-1-1 [3] продавлювання розглядають як зсув плити відносно зони, що завантажена. При цьому зона ушкодження «критичний переріз» має форму конуса, що наведений на рис. 1.

Чисельні експериментальні дослідження свідчать, що розподіл сили зсуву нерівномірний по всій площі «критичного перерізу» внаслідок того, що зсув супроводжується крутними моментами. Вплив зазначених факторів при визначенні величини зсуву враховується коефіцієнтом β , який є функцією форми «критичного перерізу» і моменту від зовнішнього навантаження. Таким чином, розрахункове напруження зсуву визначається за формулою: