

УДК 69.059

Хохлін Д.О., к.т.н.; Попок К.В., КНУБА, м. Київ

## ОБСТЕЖЕННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ СИСТЕМИ КАМ'ЯНИХ БУДІВЕЛЬ В СКЛАДНИХ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

### АНОТАЦІЯ

Наведена загальна сутність категорій технічного стану для окремих елементів та будівель в цілому. Розглянуті особливості категорій технічного стану при оцінці сейсмостійкості конструктивної системи будівлі. Запропоновані прикладні інженерні способи оцінки залишкової сейсмостійкості конструктивних систем. Наведена деталізація щодо визначення категорії технічного стану конструктивної системи на основі запропонованих способів оцінки залишкової сейсмостійкості з врахуванням пошкоджень для кам'яних будівель.

Ключові слова: обстеження, конструкції, кам'яні будівлі, пошкодження, сейсмостійкість.

**Актуальність.** Поширення в Україні таких складних інженерно-геологічних умов, як сейсмонезбезпека, просідаючі ґрунти, карст, підробка тощо призводять до підвищених деформацій і пошкоджень будівель і споруд, які, в свою чергу, є чинником зменшення стійкості до сприйняття інших

навантажень і впливів. Наприклад, пошкодження від значних нерівномірних деформацій основи (ЗНДО) можуть стати причиною суттєвого зниження сейсмостійкості. Отже, актуальним є питання обстеження й оцінки технічного стану будівель і споруд, пошкоджених під впливами складних інженерно-геологічних умов.

Складною проблемою є конкретна й обґрунтована оцінка стану кам'яних будівель з наявними пошкодженнями за потенціальної дії складного напружено-деформованого стану в несучих конструкціях. Особливо це стосується оцінки залишкової сейсмостійкості пошкоджених конструктивних систем, наголос на якій зроблений у даній статті.

**Аналіз публікацій та досліджень.** Проведений одним з авторів у роботі [1] аналіз наявних джерел показує обмеженість та фрагментарність даних і пропозицій щодо оцінки технічного стану, особливо в сейсмонезбезпечних умовах, кам'яних будівель і конструкцій з пошкодженнями. Зокрема, визначено, що необхідною є розробка класифікації пошкоджень і дефектів кам'яних будівель широкого спектру властивостей і чинників з точки зору їх впливу на сейсмостійкість, на основі якої створено чіткі та послідовні методики врахування різних видів пошкоджень у розрахунках.

**Мета статті.** Метою статті є формулювання та обґрунтування особливостей та положень обстеження конструктивних систем кам'яних будівель з пошкодженнями з наголосом на їх сейсмостійкість.

Таблиця 1. Сутність категорій технічного стану окремих елементів будівель і споруд

Категорія	Ознаки технічного стану
"1" нормальний	Елемент не має дефектів і пошкоджень та повністю відповідає вимогам нормативних документів і проекту.
"2" задовільний	Присутні окремі незначні дефекти, пошкодження, відхилення від вимог проекту і, навіть, нормативних документів, але які не викликають потреби в обмеженнях режиму експлуатації елемента, а також не потребують виправлення або можуть бути видалені в рамках поточного ремонту (технічного обслуговування).
"3" непридатний до нормальної експлуатації	Наявні суттєві дефекти, пошкодження, відхилення від вимог нормативних документів і проекту, які вимагають обмежень в експлуатації елемента (він може продовжувати експлуатуватися в обмеженому режимі), при цьому можливо гарантувати безпеку для життя та здоров'я людей, а також екологічну безпеку та збереженість цінного майна до проведення заходів з ремонту, відновлення, підсилення або заміни елемента.
"4" аварійний	Наявні критичні дефекти, пошкодження, відхилення від вимог нормативних документів і проекту, які вимагають припинення експлуатації елемента з причини неможливості гарантувати безпеку для життя та здоров'я людей, екологічну безпеку та збереженість цінного майна до проведення заходів з відновлення, підсилення або заміни елемента. Можливе присвоєння при повній неприцездатності елемента або за умови, коли його відновлення (підсилення) є повністю техніко-економічно недоцільним.

Таблиця 2. Сутність категорій технічного стану будівель і споруд в цілому

Категорія	Ознаки технічного стану
"1" нормальний	Всі елементи та конструкції віднесено до категорії технічного стану "1". Повна відповідність вимогам діючих нормативних документів і проекту. Допускається необхідність незначного поточного ремонту окремих конструкцій та елементів.
"2" задовільний	Є конструкції з технічним станом категорії "2" і відсутні конструкції категорії відповідальності А1, А або Б з технічним станом категорії "3" або "4" (допускається наявність окремих конструкцій категорії відповідальності В з технічним станом категорії "3"). Допускаються окремі незначні відхилення від вимог проекту та нормативних документів, які не викликають потреби в обмеженнях режиму експлуатації об'єкту, а також не потребують виправлення або можуть бути видалені в рамках поточного ремонту (технічного обслуговування).
"3" непридатний до нормальної експлуатації	Є конструкції категорії відповідальності А1, А або Б з технічним станом категорії "3" і відсутні конструкції цих категорій відповідальності з технічним станом категорії "4" (див. примітку); допускається наявність окремих конструкцій категорії відповідальності В з технічним станом категорії "4" за умови відсутності (забезпеченні) небезпеки від них для життя і здоров'я людей, цінного майна та довкілля. Є необхідність у капітальному ремонті об'єкту або обмеженнях в режимі його експлуатації, але при цьому можливо гарантувати або забезпечити безпеку для життя та здоров'я людей, а також екологічну безпеку та відсутність надвеликих матеріальних збитків до проведення заходів з приведення у задовільний або нормальний стан.
"4" аварійний	Є конструкції категорії відповідальності А1, А або Б з технічним станом категорії "4" (див. примітку). Неможливо гарантувати або забезпечити безпеку для життя та здоров'я людей, екологічну безпеку та відсутність надвеликих матеріальних збитків до проведення заходів з приведення у задовільний або нормальний стан об'єкту. Можливе присвоєння за умови повного вичерпання експлуатаційної придатності (відновлення або реконструкція є повністю техніко-економічно недоцільними).

Примітка: для КТС "3" та "4" достатньо однієї з наведених ознак (розділені точками на окремі речення). Обстеження та оцінка технічного стану можуть бути проведені для окремих частин об'єкта, при цьому окрема частина об'єкта може бути віднесена до гіршої категорії технічного стану, ніж об'єкт в цілому. Ця категорія може не розповсюджуватись на інші частини об'єкта за умови, що небезпека від дефектів і пошкоджень виділеної ділянки, які стали підставою погіршеної КТС, має локальний характер.

**Виклад основного матеріалу.** Одним з основних завдань обстеження є формалізоване присвоєння якісної характеристики технічного стану: категорії технічного стану (КТС). Згідно переважної більшості діючих в Україні нормативних документів та остаточної редакції нових комплексних [2-4] передбачено 4 категорії технічного стану: "1" – нормальний (справний, добрий); "2" – задовільний (працездатний, роботоспроможний); "3" – непридатний до нормальної експлуатації (обмежено працездатний, незадовільний); "4" – аварійний (непрацездатний). Аналіз показав, що вони мають єдину сутність, яка відображена для окремих елементів і об'єкта в цілому в табл. 1 та 2 (іншу деталізацію з роз'ясненнями можна знайти в [2], загальний алгоритм обстеження кам'яних будівель за наявності сейсмонебезпеки та такого характерного випадку чинника ЗНДО, як просідаючі ґрунти – у [5]).

Оцінка сейсмостійкості об'єкта має певні особливості, які відображаються у необхідності аналізу роботи конструктивної системи в цілому, а також аварійному характері впливу. З врахуванням того, що при сейсмічних коливаннях просторова система будівлі працює як суцільна, не завжди суттєве зниження несучої здатності окремих несучих конструкцій є ознакою відповідного стану системи. Горизонтальні сейсмічні навантаження здатні перерозподілятися з ослаблених конструкцій на ті, що мають більшу несучу здатність. І в такому випадку актуальною стає оцінка втрати несучої здатності на сприйняття сейсмічних навантажень системою в цілому. При цьому слід контролювати ризики обрушення ослаблених несучих конструкцій при дії вертикальних навантажень, оцінюючи ступінь зниження відповідної несучої здатності при утворенні пошкоджень.

Отже необхідно визначити способи інтегральної оцінки зниження загальної несучої здатності конструктивних систем будівель при сприйнятті сейсмічних навантажень. При цьому найбільш об'єктивним є визначення та порівняння фактичної несучої здатності (в граничних балах інтенсивності землетрусу) та необхідної для відповідного майданчика. Але для попередніх оцінок може бути використана шкала допустимого ступеня зниження несучої здатності для різних КТС. Наприклад, вважається допустимим зниження несучої здатності будівельних конструкцій до 5%, 15% та 25%, відповідно для КТС "1", "2" та "3" [4]. Враховуючи, що проектні землетруси відбуваються рідко та відносяться до аварійних впливів, межа переходу до КТС "4" за результатами розрахункової оцінки зниження сейсмостійкості може бути суттєво більшою за 25%.

На даний момент можна запропонувати 3 прикладних інженерних способи оцінки залишкової сейсмостійкості конструктивних систем: використання методу спектру несучої здатності (СНЗ) [6,7 та ін.]; безпосереднє визначення втрати несучої здатності в окремих несучих елементах та її впливу на загальну сумарну несучу здатність (сейсмостійкість) системи; інструментальне вимірювання періодів власних коливань будівлі, підвищення яких є непрямою ознакою загального ослаблення несучої здатності та сейсмостійкості конструктивної системи (при цьому слід оцінювати вплив можливої зміни жорсткості основи) [4,8 та ін.].

При застосуванні методу СНЗ для деформованої та пошкодженої конструктивної системи найбільш точним бачиться нелінійне моделювання послідовності прикладення впливів, в т.ч. тих, які призвели до пошкоджень. Наприклад, прикладення в моделі впливу ЗНДО, які стали причиною пошкоджень будівлі (необхідні параметри деформованої схеми можна оцінити, аналізуючи викривлення та зміщення положення конструкцій з врахуванням нелінійної роботи матеріалів), дає можливість безпосередньо змодельовати механізм утворення пошкоджень та врахувати відповідне переднапруження системи. У подальшому виконується розрахунок на сейсмостійкість за методом СНЗ. Загальні пропонування положення такого розрахунку на сумісний послідовний вплив ЗНДО та сейсміки наведено у [7]. При цьому, враховуючи аварійний характер поєднання впливів та відповідний значний ступінь сумарних напружень і деформацій в конструктивній системі, а також те, що метою розрахунку є

недопущення загального руйнування системи або її значної частини (за принципом недопущення прогресуючого руйнування), рекомендується використання характеристичних значень фізико-механічних характеристик матеріалів несучих конструкцій, що допускається нормами проектування будівельних конструкцій (наприклад, ДБН В.2.6-98:2009 "Бетонні та залізобетонні конструкції" [9], ДБН В.2.2-24:2009 "Проектування висотних житлових і громадських будинків" [10]).

Інший варіант застосування методу СНЗ передбачає моделювання пошкоджень та фактичного положення конструкцій у просторі. В даному випадку можуть бути застосовані такі підходи: розширення вузлів елементів вздовж тріщин з введенням односторонніх зв'язків для врахування можливості змикання тріщин; корекція нелінійних графіків деформування матеріалів на ділянках пошкоджень для непрямого врахування ослаблення тіла конструкцій; зменшення розмірів перерізів конструкцій тощо. Недоліком даного варіанту та всіх далі розглядуваних розрахункових методів є неврахування переднапруженого стану при загальних деформаціях конструктивної системи, наприклад, від ЗНДО, що може завищити несучу здатність системи на дію сейсмічних сил (сейсмостійкість). Узагальнений перелік способів врахування пошкоджень і дефектів при розрахунках розглянуті у [2,4,8].

При порівнянні фактичної та необхідної сейсмостійкості має бути остаточно визначена відповідна КТС. Для цього можуть бути запропоновані наступні підходи. Перетин графіків СНЗ та сейсмічного впливу на ділянці умовно пружної роботи конструктивної системи відповідає "1" КТС. Відповідний перетин на ділянці пластичної роботи конструктивної системи в межах допустимих значень коефіцієнту пластичності  $\mu$ , визначеного на основі коефіцієнту допустимих пошкоджень  $k_1$  та допустимих значень перекосів поверхів  $\Delta_{k,u}$  з [6] — "2" КТС. Відсутність перетину відповідних графіків (або перетин за межами допустимих  $\mu$  та  $\Delta_{k,u}$  [6]) — "3" КТС за умови розробки посиленних заходів термінового оповіщення та евакуації перебуваючих у будівлі на час можливого землетрусу. При ознаках "3" КТС при неможливості гарантувати необрушення ділянок будівлі навіть без сейсмічного впливу; низькому запасі несучої здатності простіноків на позacentровий стиск; при занадто великому дефіциті сейсмостійкості, наприклад, при неперетині графіків впливу та СНЗ для найбільш

ших можливих значень  $\mu$  та  $\Delta_{k,u}$  для даної конструктивної системи (для  $\mu$  для  $k_1$  з останнього рядка в табл. 6.3 [6],  $\Delta_{k,u}$  для МРЗ в табл. 6.8 [6]) та ін. випадках за яких є ризик швидкого руйнування при проектному землетрусі або руйнування навіть при незначних коливаннях — "4" КТС.

Складним та невирішеним питанням залишається оцінка ступеня впливу на несучу здатність кам'яних конструкцій такого характерного пошкодження, як тріщини. На даний момент авторами проводяться теоретичні дослідження, метою яких є визначення залишкової несучої здатності ділянок кам'яних стін (простінків) за наявності горизонтальних, похилих (по штрабі) та вертикальних тріщин. Аналіз відбувається щодо базових умов міцності кладки в СНиП [11] та ДБН [12] на дію вертикальних і поперечних сил, а також згинального моменту. Якщо більшість висновків щодо ступеня втрати несучої здатності можливо зробити на основі розгляду зміни складових формул умов міцності за наявності тієї чи іншої тріщини, то однозначної експериментальної перевірки потребує оцінка впливу горизонтальної тріщини (або горизонтальної складової похилої тріщини по штрабі) на міцність кладки на стиск (відповідні експерименти на даний момент виконуються). Визначення залишкової несучої здатності кожного несучого елемента кам'яної стіни (простінки або ділянки стін) на дію зусиль від горизонтальних сейсмічних сил в долях від початкової з врахуванням пошкоджень (в межах поверху) дозволяє порівняти їх суму з початковою при непошкоджених конструкціях. За орієнтир допустимого зменшення може бути прийнята наведена вище шкала (5; 15;  $\geq 25\%$ ).

Ефективне використання вимірювань динамічних характеристик будівель для визначення ступеня зниження сейсмостійкості може бути реалізоване при отриманні обґрунтованих закономірностей (функцій) зв'язку між відповідною несучою здатністю конструктивних систем та їх жорсткістю з врахуванням піддатливості основи. Наявність такого зв'язку є закономірною, враховуючи розвиток пластичних деформацій перевантажених і пошкоджених конструктивних систем, та неодноразово виявлялася при дослідженнях [8,13 та ін.].

**Висновки.** 1. Системи категорій технічного стану є в різний ступінь розроблені для будівельних конструкцій і будівель і сформульовані в різноманітних нормативних документах і рекомендаціях. На їх основі розроблено узагальнені формулювання, наведені в даній статті.

2. При обстеженнях пошкоджених конструктивних систем необхідно враховувати вплив наявних пошкоджень і дефектів, які суттєво впливають на несучу здатність. В той же час методи такого врахування, особливо для кам'яних конструкцій, є недостатньо розвинутими, що й викликало проведення авторами відповідних досліджень.

3. Оцінка сейсмостійкості будівель потребує врахування ряду особливостей, пов'язаних з загальною просторовою роботою конструктивних систем при землетрусі, а також аварійним характером впливу, нормативна періодичність якого складає (проектні землетруси) 500 та більше років, які й розглянуті в статті.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Попок К.В. проблеми оцінки та підвищення сейсмостійкості кам'яних конструкцій і будівель з пошкодженнями та дефектами / К.В. Попок // Вісник Сумського національного аграрного університету. — Суми: СНАУ, 2014. — Серія "Будівництво", вип. 10 (18). — С. 118-122.
2. Загальні рекомендації до виконання обстежень технічного стану будівель і споруд / уклад.: Д.О. Хохлін. — К.: ВГО "Асоціація експертів будівельної галузі", 2015. — 43 с.
3. Експлуатаційна придатність будівель та споруд. Основні положення: ДБН В.3.1-XX:201X. — К.: НДІБВ.
4. Обстеження технічного стану будівель та споруд: прДСТУ-Н Б В.3.1-XX:201X. — К.: НДІБВ.
5. Хохлін Д.О. Уточнення методики обстеження технічного стану конструкцій житлових будинків масових серій, що експлуатуються в умовах просідаючих ґрунтів сейсмонезбезпечних територій / Д. О. Хохлін // Будівництво України. — К., 2007. — Вип. 10. — С. 19-22.
6. Будівництво у сейсмічних районах України: ДБН В.1.1-12:2014. — Офіц. вид. — [На заміну ДБН В.1.1-12:2006; Чинні від 2014-10-01]. — К.: Укрархбудінформ: Мінрегіон України, 2014. — 110 с.
7. Хохлін Д.О. Розрахунок будівель на сейсмічні навантаження з врахуванням значних нерівномірних деформацій основи / Д. О. Хохлін // Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. — Рівне: НУВГП, 2015. — Вип. 31. — С. 524-530.
8. Хохлін Д.О. Оцінка технічного стану будівельних конструкцій та споруд згідно з проектом ДСТУ Б В.1.2-№:201X "Обстеження і паспортизація технічного стану будівель та інженерних споруд" /

Д. О. Хохлін // *Комунальне господарство міст.* — Харків: ХНАГХ, 2012. — Вип.105. — С. 140-146.

9. *Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення:* ДБН В.2.6-98:2009. — Офіц. вид. — [На заміну СНиП 2.03.01-84\*; Чинні від 2011-07-01]. — К.: Мінрегіонбуд України, 2011. — 71 с.

10. *Проектування висотних житлових і громадських будинків:* ДБН В.2.2-24:2009. — Офіц. вид. — [Введено вперше; Чинні від 2009-09-01]. — К.: Мінрегіонбуд України, 2009. — 103 с.

11. *Каменные и армокаменные конструкции:* СНиП II-22-81. — [Взамен главы СНиП II-В.12-71; Введ. 01.01.83]. — М.: Стройиздат, 1983. — 40 с.

12. *Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення:* ДБН В.2.6-162:2010. — Офіц. вид. — [На заміну СНиП II-22-81; Чинні від 2011-09-01]. — К.: Мінрегіонбуд України, 2011. — 94 с.

13. *Абдурашидов К.С. Натурные исследования колебаний зданий и сооружений и методы их восстановления / К.С. Абдурашидов.* — Ташкент: Фан, 1974. — 216 с.

#### АННОТАЦИЯ

Приведен общий смысл категорий технического состояния для отдельных элементов и зданий в целом. Рассмотрены особенности категорий технического состояния при оценке сейсмостойкости конструктивной системы здания. Предложены прикладные инженерные способы оценки остаточной сейсмостойкости конструктивных систем. Приведена детализация по определению категорий технического состояния конструктивной системы на основании предложенных способов оценки остаточной сейсмостойкости с учетом повреждений для каменных зданий.

Ключевые слова: обследование, конструкции, каменные здания, повреждения, сейсмостойкость.

#### ANNOTATION

General meaning of technical state categories for separate elements and buildings generically is given. Features of technical state categories at the structural systems earthquake resistance analysis are considered. Applied engineering methods of residual earthquake resistance of structural systems are proposed. Detailing for the determination of technical state categories of structural system based on the introduced methods of residual earthquake resistance analysis with damage accounting for masonry buildings is considered.

Keywords: inspection, constructions, masonry building, damages, earthquake resistance.

УДК 621.807.212.7

*Гаврюков А.В., к.т.н., ДНАСА, г. Краматорск*

## ЛЕНТОЧНЫЕ КОНВЕЙЕРЫ С ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ДЛИНОЙ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ, ИХ СТАТИЧЕСКАЯ НАГРУЖЕННОСТЬ ПРИ УДЛИНЕНИИ

#### АННОТАЦИЯ

Представлены исследования по определению теоретических зависимостей возникающего статического увеличения натяжения ленты при работающем и остановленном приводе конвейера при неравноускоренном изменении длины транспортирования. Установлено, что изменения статического увеличения натяжения на барабане передвижной станции при удлинении конвейера зависят от режима работы конвейера и сил сопротивления движению ленты и не зависят от скорости перемещения передвижной станции в режиме разгона ленты удлиняющегося конвейера с остановленным приводом. При удлинении остановленного конвейера возникающее статическое натяжение на барабане передвижной станции в 2 и более раз больше возникающего натяжения ленты на барабане передвижной станции удлиняющегося конвейера с работающим приводом.

Ключевые слова: конвейер, скорость, лента, изменение длины транспортирования, изменение статического натяжения, работающий привод, остановленный привод, фаза троганья, фаза изменения длины.

#### Актуальность проблемы и связь с важными научными и практическими заданиями.

В существующих конструкциях и технологических схемах используемых в строительстве, ленточный конвейер рассматривается как установка с неизменной длиной транспортирования.

Разработка новых технологических схем на основе рабочих процессов, учитывающих использование ленточных конвейеров, способных изменять длину транспортирования во время работы, в том числе и трубчатых, позволит повысить производительность и снизить энергоемкость производства [1], [2].

Создание ленточных конвейеров с изменяющейся длиной транспортирования требует разра-