

УДК 69.059.

ОЦІНКА З ПІДВИЩЕННЯ СЕЙСМОСТІЙКОСТІ ЦЕГЛЯНОЇ КЛАДКИ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД З ПОШКОДЖЕННЯМИ ТА ДЕФЕКТАМИ

Канд. техн. наук С. Л. Андрух, старш. викл. О. І. Теліченко

DETERMINATION OF THE ASSESSMENT ON INCREASING THE SEISMOSTICITY OF BRICK LAYING OF BUILDINGS AND STRUCTURES WITH DAMAGES AND DEFECTS

PhD (Tech.) S. Andrukh, Sr. lecturer A. Telichenko

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.195.2021.241055>

Анотація. У статті застосовується метод дослідження та визначення оцінки пошкодження та дефектів кам'яних конструкцій. Цей метод забезпечує усунення тріщин, їх довжину і ширину розкриття, дефектів цегляної кладки, ерозії в цегляній кладці, зміщення арочних і лучкових перемичок.

Розроблявся метод насамперед для старих житлових і громадських будівель (пам'яток архітектури) з метою збереження первісного вигляду конструкцій і архітектурного ансамблю будівель.

Ключові слова: сейсмічні впливи, статистичне і динамічне навантаження, діафрагма жорсткості, деформованість конструкції, модернізація конструкцій.

Abstract. The article uses a method of research and determination of damage and defects of stone structures. This method provides elimination: the presence of cracks, their length, and width of the opening, the presence of defects in the brickwork, the presence of erosion in the brickwork, the displacement of arched and arched bridges.

To assess the strength of bricks and mortar in masonry, the proposed method was as follows. Places for drilling in brickwork were chosen arbitrarily along with the entire height of the masonry. Drilling was performed perpendicular to the brickwork. The number of places required for drilling corresponded to the number of samples tested for compression, according to the normative document.

To determine the performance properties of brickwork, by following per under regulations in a complete inspection of buildings, sampling methods used a large number of studies. This problem is especially relevant for brick buildings to the defects and damages of constructive character established during the inspection which accounting by standard methods does not provide necessary reliability.

The task is complicated if the structure, under the influence of certain operational factors, there was a change in its stress state, which cannot be estimated by calculation. The structural element selected for inspection is responsible, which in turn will lead to the destruction of the redistribution of forces and will be dangerous, which can lead to the destruction of other elements and the collapse of the entire system of structures. In this situation, it is recommended to adopt a method that allows you to experimentally determine the actual level of stress of the whole element or its individual part.

The method was developed primarily for old residential and public buildings (architectural monuments) and helps to preserve the original appearance of structures, which does not violate the architectural ensemble of the whole house.

Keywords: seismic influences, statistical and dynamic loading, diaphragm of rigidity, deformation of a design, modernization of designs.

Вступ. Потреба оцінки цегляних будівель та споруд з підвищенням їх несучої здатності в умовах сейсмонестійких районів України і на території Автономної Республіки Крим стає дуже актуальною. В Україні зведено велику кількість будівель та споруд, які частково або повністю складаються з кам'яних конструкцій, значна частина яких має дефекти та пошкодження.

За останніми спостереженнями, значна частина будівель та споруд, що були побудовані 50–100 років тому, мають фізичний та моральний знос і потребують модернізації або підсилення конструкцій.

Більшість цих будівель та споруд було побудовано без урахування сейсмостійкості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню проблем пошкоджень та оцінки міцності цегляних конструкцій присвячено роботи [1, 2].

Визначення мети та завдання досліджень. Основною метою і завданням статті є застосування методики з оцінки працездатності цегляної кладки в складних експлуатаційних умовах. Для досягнення поставленої мети вирішувались такі завдання досліджень: визначення міцнісних характеристик цегли та розчину за допомогою неруйнівного методу свердління; експериментально досліджувався рівень напруження у кладці

за кінетикою швидкоплинних деформацій повзучості.

Основна частина дослідження. Різні типи походження і види пошкоджень обумовлюють потребу визначення міцності цегляних конструкцій.

Сучасні методи визначення міцності кам'яних конструкцій – це методи пластичної деформації: молоток Фізделя, молоток Кашкарова, прилад типу ХПС стандарт «ДИН-4240», прилад ПМ-2, прилади системи ЛИСИ.

При розрахунку будівельних конструкцій та споруд пошкодження та дефекти враховують у разі їх суттєвого впливу на розподіл зусиль у розрахунковій схемі та несучу здатність конструкцій, беручи до уваги також клас наслідків споруди та категорії відповідальності конструкцій.

Найбільш поширені способи, а також етапи врахування пошкоджень і дефектів у розрахунках наведено на рис. 1.

На практиці розрахунку різних типів будівельних конструкцій на сейсмічні впливи було розроблено певну кількість методик урахування пошкоджень та дефектів. Наприклад, визначення жорсткості плоско-напружених стінових і стержневих залізобетонних конструкцій з урахуванням наявних тріщин досліджено автором М. Г. Мар'єнковим.



Рис. 1. Етапи та способи врахування пошкоджень у розрахунках

Пошкодження та дефекти кам'яної кладки можуть також враховуватись на етапі перевірки несучої здатності елементів. Окремі методики урахування пошкоджень у розрахунку відображено у чинних нормативах. Наприклад, у нормативних докумен-

тах з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації будівель та споруд (табл. 1) містяться дані щодо зменшення несучої здатності цегляної кладки на стиск залежно від інтенсивності силового тріщиноутворення.

Таблиця 1

Коефіцієнт зниження несучої здатності при утворенні силових тріщин від стискальних зусиль

№ з/п	Характер пошкодження	Коефіцієнт γ_t	
		Неармовані конструкції	Армовані конструкції
1	Тріщини в окремих цеглинах, що не перетинають розчинні шви	1,00	1,00
2	Волосяні тріщини в окремих цеглинах, що не перетинають розчинні шви	0,90	1,00
3	Те саме, при перетині не більше чотирьох рядів кладки при кількості тріщин не більше чотирьох на 1 м ширини (товщини) стіни, стовпа або простінка	0,75	0,90
4	Тріщини з розкриттям до 2 мм, що перетинають не більше восьми рядів кладки, при кількості тріщин не більш чотирьох на 1 м ширини (товщини) стіни, стовпа або простінка	0,50	0,70
5	Те саме, при перетині більше восьми рядів	0,00	0,50
6	Місцеве (крайове) пошкодження кладки на глибину до 20 мм (дрібні тріщини, відшарування у вигляді лещадок та утворення вертикальних тріщин на кінцях опор або опорних подушок, балок, ферм або перемичок, що перетинають не більше двох рядів кладки)	0,75	0,90
7	Те саме, при перетині тріщинами не більше чотирьох рядів кладки	0,50	0,75
8	Крайове пошкодження кладки на глибину більше 20 мм та утворення вертикальних та косих тріщин по кінцях і під опорами (опорними подушками) балок та ферм, що перетинають більше чотирьох рядів кладки	0,00	0,50

Під терміном «працездатність» розуміють стан об'єкта, при якому значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати задані функції, відповідають вимогам нормативно-технічної та конструкторської документації.

Під час реконструкції старих будівель і надання їм рівня комфортабельності відповідно до сучасних вимог необхідно

оцінити дійсний стан будівельних конструкцій, їх працездатність і тільки після цього вирішувати питання про можливість їх подальшої експлуатації або реконструкції.

Для оцінки визначення працездатності цегляної кладки проводиться обстеження будівлі та конструкцій і виконуються поетапно такі види робіт:

- попереднє ознайомлення з проектною документацією, робочими і виконавчими кресленнями, актами на приховані роботи (за їх наявності);

- візуальний огляд об'єкта, виявлення видимих дефектів і їх фіксація, складання схем дефектів споруди, проведення комплексу дослідження неруйнівними методами;

- відбір зразків цегли і розчину для визначення характеристик міцності матеріалів цегляної кладки;

- перевірні розрахунки (визначення міцності конструкцій і деформацій).

За результатами обстеження, як правило, приймається рішення про працездатність цегляної кладки. Нами в стандартну схему (рис. 2) пропонується внести два доповнення:

1) застосувати новий неруйнівний метод визначення міцності цегли і розчину в цегляній кладці;

2) використовувати дослідження кінетики швидкоплинної деформації повзучості цегляної кладки для оцінки її фактичного рівня навантаження як додатковий фактор для оцінки працездатності.



Рис. 2. Схема оцінювання працездатності старої цегляної кладки

Часто проектна документація відсутня, і візуальне обстеження є першим етапом виконуваних робіт.

Воно дає насамперед вихідну інформацію, дає змогу робити висновок про ступінь зношеності елементів конструкцій і конкретизувати подальші випробування.

Інструментальне обстеження пов'язане з використанням неруйнівних методів, які не порушують експлуатаційних якостей конструкцій у цілому. Таке обстеження можна проводити під статичним і динамічним навантаженням. Комплекс заходів містить уточнення значень геометричних параметрів споруди (прогонів, товщини, висоти і т. д.), структурних властивостей

матеріалів, розміщення арматури в цегляній кладці і т. д.

Для оцінки міцності цегли і розчину в цегляній кладці запропоновано такий метод. Місця для свердління в цегляній кладці вибиралися довільно по всій висоті кладки. Свердління виконувалося перпендикулярно до цегляної кладки. Кількість місць, необхідних для свердління, відповідала кількості зразків, випробовуваних на стиск, згідно з державним стандартом [3].

Метою натурних обстежень кам'яної кладки є визначення загального стану будівлі, що відповідає проекту, і наявності дефектів.

Для визначення експлуатаційних властивостей цегляної кладки, відповідно до нормативних документів [4, 5], при повному обстеженні будівель використання методів відбору проб є достатньо трудомістким. Актуальність проблеми пов'язана зі станом цегляних будівель під час обстеження, які мають пошкодження в конструкціях характерного типу.

Зважаючи на досвід проведення оцінки міцності повнотілої глиняної цегли (рис. 3) та вапняного розчину, в більшості випадків встановлена несуча здатність [6] істотно вища за фактичну міцність старої цегляної кладки.



Рис. 3. Загальний вигляд досліджуваної цегли

Необхідно брати до уваги фактори, що знижують несучу здатність кам'яних конструкцій:

- наявність тріщин, їх довжину і ширину розкриття (з появою тріщин у цегляній кладці відбувається дроблення на окремі елементи конструкцій, що

призводить до зниження несучої здатності кладки в цілому);

- наявність дефектів цегляної кладки (можна розділити на зовнішні і внутрішні дефекти, які у свою чергу легко піддаються виправленню, і такі, за яких необхідно виконати спеціальні роботи для їх усунення);

- наявність ерозії в цегляній кладці (призводить до зміни передчасного старіння, а так само зміни геометричних розмірів і ослаблення окремих конструкцій);

- роботи штрабування і виконання отворів (отвори під електропроводку в будинку);

- ексцентриситети, пов'язані з відхиленням стін, стовпів від вертикалі і випинанням з площини, а так само і з неоднорідністю кладки по перетину;

- порушення конструктивного зв'язку між стінами, кам'яними стовпами і перекриттями при утворенні тріщин;

- зміщення арочних і лучкових перемичок.

Розроблявся метод насамперед для старих житлових і громадських будівель (пам'яток архітектури) з метою збереження первісного вигляду конструкцій і архітектурного ансамблю будівель.

Запропонованим неруйнівним методом було визначено характеристики міцності цегли і вапняного розчину.

У табл. 2 наведено характеристики міцності старої повнотілої глиняної цегли та вапняного розчину, а також і відповідна їй міцність кладки.

Таблиця 2

Середньостатистичне значення міцності кладки

№ з/п	Розміри зразка, мм	Міцність стовпа, МПа	Міцність цегли на стиск, МПа	Міцність розчину на стиск, МПа
1	265x265x400	1,65	2,14	0,8
2	265x265x400	1,62	2,1	0,785
3	265x265x400	1,62	2,1	0,78

Працездатність цегляної кладки в експлуатації пов'язана з наявністю таких елементів, їх окремих ділянок, де, з одного боку, зосереджені несприятливі дефекти або є негативні відхилення міцності матеріалу, а з іншого – створюється несприятливий напружений стан. Завдання ускладнюється, якщо в конструкції, під дією певних експлуатаційних факторів, відбулася зміна її напруженого стану, яку неможливо оцінити розрахунковим шляхом.

Обраний для обстеження елемент конструкції є відповідальним, що у свою чергу призведе до руйнування перерозподілу зусиль і виявиться небезпечним, що може призвести до руйнування інших елементів і обвалення всієї системи конструкцій. У цій ситуації рекомендується застосувати метод, що дає змогу експериментально визначити фактичний рівень напруженого стану всього елемента або його окремої ділянки.

При реалізації методу необхідно враховувати:

1. Після фіксації дефектів випробуваної конструкції, визначення міцності цегляної кладки неруйнівним методом і

розрахунковим шляхом оцінюється несуча здатність цегляної кладки і виявляються найбільш небезпечні зони.

2. Аналізується взаємодія випробуваної конструкції з іншими частинами будівлі, з'ясовується, чи не буде це небезпечним для інших конструкцій зі зміною рівня напружень у випробуваній конструкції.

3. Встановлюється домкрат і підключається до насосної станції.

4. Встановлюються прилади для фіксації деформацій і підключаються до СПТ-3.

5. За допомогою насосної станції створюється тиск у домкраті, що забезпечує повне розвантаження простінка.

6. Навантаження з домкрата знімається шляхом зливання масла з гідросистеми домкрата. Одночасно з розвантаженням проводиться запис процесу деформування протягом 10–20 секунд від початку навантаження (момент скидання масла).

За характером залежностей швидкоплинної деформації повзучості визначається фактичний рівень завантаження конструкцій.

Розміри простінка (рис. 4) з неармованої повнотілої глиняної цегли склали 560 x 700 x 2800 мм.

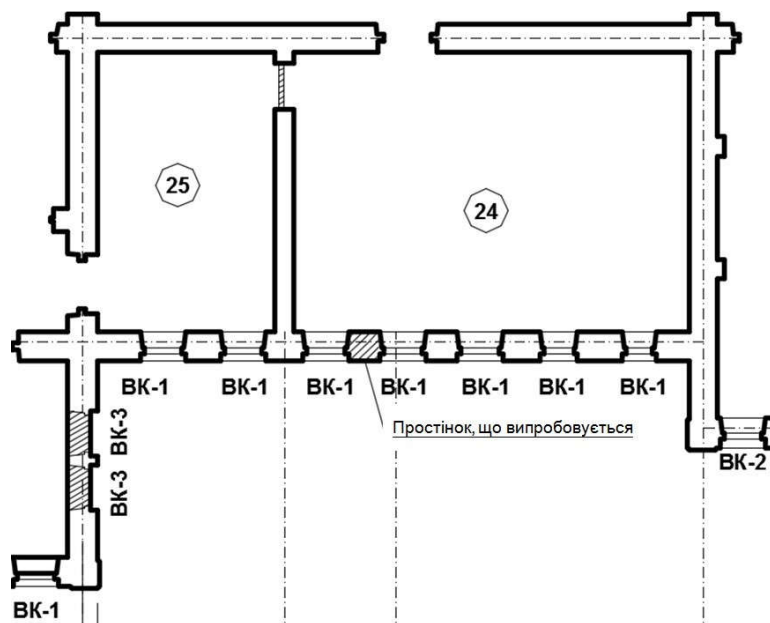


Рис. 4. Випробування простінка на першому поверсі

Зроблено підрахунок навантаження на простінок. Розрахункове постійне навантаження складо $N = 17,64$ т. Несуча здатність Φ простінка визначалася за формулою з урахуванням дефектів у цегляній кладці і складала:

$$\Phi = 22,52 \text{ т} \left(\eta = \frac{N}{\Phi} = \frac{17,64}{22,52} = 0,78 \right). \quad (1)$$

Для визначення фактичного рівня напружень у простінку проведено випробування з кінетики швидкоплинної деформації повзучості. Фактичний рівень напружень від постійного навантаження в цегляному простінку складала $\eta = 0,78$. При такому рівні навантаження в простінку утворювалися численні вертикальні тріщини, які призвели до розшарування простінка і передували його руйнуванню.

Аналізуючи дані, отримані в процесі експерименту, можна сказати, що характер завантаження простінка свідчить про небезпеку руйнування конструкцій, тому що запас несучої міцності простінка склав 20 %, що недостатньо для сприйняття повного розрахункового навантаження з урахуванням тимчасових навантажень. При оцінці сейсмостійкості експлуатованих споруд Уздіним А. М. у [8] запропоновано принцип їх класифікації, який базується на визначенні класів сейсмостійкості споруди та її елементів. Під класом сейсмостійкості елемента споруди при цьому розуміємо максимальну силу землетрусу в балах, яку може витримати елемент без переходу в граничний стан. Під класом сейсмостійкості споруди – мінімальний клас його елементів. При цьому клас сейсмостійкості елемента K_s має визначатися з рівняння

$$\Phi(K_s^*) = \Phi_{gr}(K_s^*), \quad (2)$$

де $\Phi(K_s^*)$ – сумарне значення фактора, що перевіряється в елементах споруди, від сейсмічного навантаження, викликаного землетрусом силою K_s^* балів, і від несейсмічного навантаження;

$\Phi_{gr}(K_s^*)$ – гранично допустиме значення фактора.

Для несейсмостійких споруд необхідно вирішити питання про доцільність їх підсилення. При цьому в роботі [9] Уздіним А. М. запропоновано можливість врахування передбачуваного терміну служби споруди, повторюваності землетрусів на майданчику розташування споруд для вирішення питання про доцільність їх підсилення.

Найпростіший підхід до поставленої задачі виходить з впливу класу сейсмостійкості на ресурс довговічності споруди. При цьому передбачається, що за відсутності землетрусів споруда буде виведена з ладу через T_c років. За наявності землетрусів відмова споруди може статися від звичайного або сейсмічного навантаження. Імовірність такої відмови визначається за формулою

$$P = P_1 + P_2 - (P_1 * P_2), \quad (3)$$

де P_1 – імовірність відмови за відсутності землетрусу;

P_2 – імовірність відмови від землетрусу.

З цієї залежності можна отримати залежність зниження ресурсу довговічності споруди від її очікуваного терміну служби і повторюваності землетрусів силою K_s балів. Графіки цих залежностей наведено на рис. 5.

Беручи з інженерних міркувань те чи інше допустиме значення зниження ресурсу довговічності, отримуємо критерій доцільності антисейсмічного підсилення споруд. При нормуванні критеріїв необхідності антисейсмічного підсилення допустиме зниження ресурсу довговічності прийнято рівним 20 %.

Проте недоліком такого способу є відсутність урахування умов експлуатації та зовнішніх сейсмічних факторів.

Для оцінки рівня безпеки залізобетонних будівель при землетрусах в роботі [7] М. Г. Мар'єнковим розроблена інженерна методика розрахунку нелінійних переміщень

і перекосів їх поверхів з урахуванням пластичних деформацій та тріщин на основі методу спектра несучої здатності. Виконувався кроковий розрахунок просторової моделі будівлі на статичні вертикальні і горизонтальні сейсмичні навантаження. За значеннями сейсмичних навантажень, мас і нелінійних переміщень поверхів будівлі, обчисленими на кожному кроці, розраховувалися параметри еквівалентної одномасової системи: період і модальна маса власних коливань за і-ю формою, нелінійна жорсткість, межа плинності і відповідне їй прискорення.

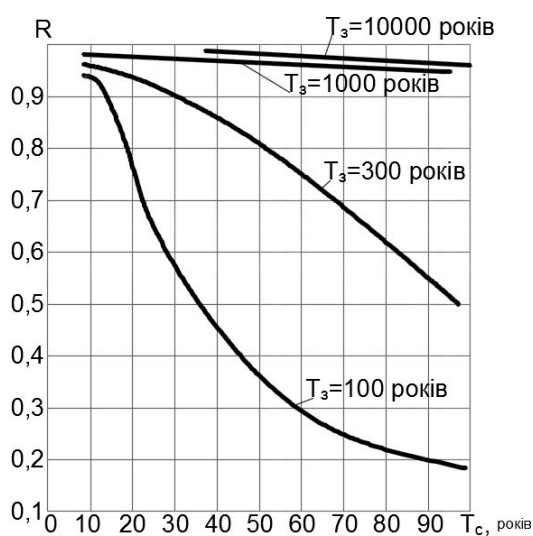


Рис. 5. Графік зниження ресурсу довговічності R залежно від терміну служби споруди T_c і повторюваності землетрусів T_3

Ця методика реалізована для розрахунку залізобетонних діафрагм жорсткості у програмних комплексах. В даному випадку вона призначена для розрахунку граничної зсувної міцності діафрагм жорсткості при сейсмичних знакозмінних навантаженнях і дає змогу визначити коефіцієнт запасу міцності стінової конструкції, горизонтальне граничне переміщення і кут зсуву залежно від інтенсивності сейсмичних дій.

За допомогою цієї методики було проведено експериментальні динамічні дослідження будівель і їх фрагментів з метою оцінки сейсмостійкості конструкцій [7]. Отримано фактичні значення періодів власних поперечних і поздовжніх коливань обстежених будівель. За результатами випробувань натурального фрагмента великопанельної будівлі авторами запропонована залежність відносної зсувної жорсткості стінових панелей $K_r(\xi)$ (відношення нелінійної жорсткості до лінійної) від відношення пластичних переміщень до пружних при знакозмінних небагатократних повторних сейсмичних навантаженнях: $K_r(\xi) = 1,6\xi^{-0,6}$. У роботі враховані наявні тріщини в конструкціях протягом динамічних досліджень для віднайдення жорсткісних характеристик. Проте для повної оцінки сейсмичності споруди з урахуванням пошкоджень потрібно на підставі отриманих результатів оцінити її технічний стан.

У нормах державного стандарту [9] наведено ступені пошкоджень і класифікація пошкоджень будівель з несучими кам'яними стінами залежно від спостережуваних ефектів, що дає змогу оцінити стан будівлі. Згідно з цими нормами пошкоджуваність будівель при землетрусі підрозділяється на шість ступенів d (від 0 до 5) у порядку зростання шкоди та зменшення залишкового ресурсу несучої здатності.

Проте лише на підставі відомостей про ступінь пошкодження будівлі неможливо дати оцінку про конкретний ступінь впливу пошкоджень та дефектів на її несучу здатність.

У [10] для визначення залишкової несучої здатності конструкції запропоновано використання граничних значень її деформованості Z . Величина Z становить відношення періодів вільних коливань однієї й тієї самої будівлі у різний час:

$$Z_{кр} = \frac{T_{кр}}{T_0}, \quad (4)$$

де T_0 і $T_{кр}$ – періоди коливань, виміряні при введенні об'єкта і в той момент, коли він через значний ступінь пошкоджень вже не придатний до експлуатації.

За допомогою цієї методики спостерігається врахування лише загального стану конструкції після отриманих пошкоджень. До того ж значення деформованості конструкції не є основним показником її сейсмостійкості.

В [11, 12] наведено ряд конструктивних рішень підсилення кам'яних конструкцій та будівель для підвищення їх сейсмостійкості, таких як:

1) підсилення простінка з наскрізною похилою, хрестоподібною, горизонтальною та хаотично спрямованою тріщиною установленням металевих сіток з обох сторін простінка з подальшим покриттям їх торкрет-бетоном;

2) підсилення стовпів, що окремо стоять, сталевими, залізобетонними й армованими штукатурними обоями;

3) улаштування в місцях перетину зовнішніх стін (у кутах) двосторонніх торкрет-сорочок;

4) монтаж металоконструкцій для зміцнення стін будівлі при їх відриві;

5) горизонтальне армування раніше закладених прорізів та ін.

Наведені конструкції підсилення кам'яних будівель запропоновані у випадках їх руйнування від зазнаваних землетрусів. Але для більш об'єктивного вибору рішень підсилення конструкцій необхідно чітко враховувати отримані пошкодження різного характеру та визначені внаслідок них категорії технічного стану будівель, а також техніко-економічну ефективність обраного способу.

Висновки:

1. Запропоновано методику оцінки працездатності цегляної кладки, особливістю якої є використання нового методу свердління для визначення міцності цегли і розчину, методу оцінки фактичного рівня напружень за характером кінетики швидкоплинної деформації повзучості.

2. Показником працездатності є один зі складових: визначення міцності цегли і розчину в цегляній кладці методом свердління, а також рівня напружень в існуючій цегляній кладці, де запропонована методика дає більше даних порівняно з існуючою.

3. Методика апробована на семи існуючих об'єктах, відхилення від руйнівних методів склало 10 %.

4. Значні поверхневі пошкодження кладки старих будівель роблять неможливим застосування існуючих неруйнівних методів визначення міцності матеріалів цегляної кладки. Запропонований метод дав достовірні результати завдяки глибинному зондуванню.

5. Дослідження кінетики швидкоплинної повзучості дає змогу отримати додатково інформацію про фактичний рівень навантаження конструкції і більш точно оцінити працездатність простінка, рівень якого склав $\eta = 0,79$, що свідчить про критичну роботу і вимагає прийняття рішення про посилення конструкції.

6. Очікувана наукова новизна досліджень:

- розроблено класифікацію пошкоджень і дефектів кам'яних будівель широкого спектра властивостей і факторів з точки зору їх впливу на сейсмостійкість;

- отримано чітку методику врахування тріщиноутворення різного типу та походження при розрахунку кам'яних конструкцій на сейсмічні впливи;

- визначено ефективну універсальну методику перевірки кам'яних конструкцій за напруженнями, отриманими в скінченно-елементній моделі;

- визначено та обґрунтовано залишкову несучу здатність кам'яних конструкцій з пошкодженнями при розрахунку на сейсмічні впливи;

- визначено чіткі натурні фактори і категорії технічного стану кам'яних будівель з точки зору їх сейсмостійкості;

- розроблено узагальнену систему вибору найбільш ефективних рішень з підвищення сейсмостійкості будівель.

Результати мають практичне значення і можуть бути використані для підвищення ефективності обстеження, розрахунку та

підсилення кам'яних будівель, що експлуатуються в умовах сейсмонебезпечних територій.

Список використаних джерел

1. Андрух С. Л. Методи визначення фізико-механічних властивостей кладки. *DYNAMICS OF THE DEVELOPMENT OF WORLD SCIENCE*: X Междунар. науч.-практ. конф. 10–12 июня, Ванкувер, Канада. 2020.
2. Андрух С. Л. Визначення несучої здатності цегляної кладки на прикладі 8-ї школи в м. Суми. *Сучасний рух науки*: VII Міжнар. науч.-практ. конф. Київ, 2019. 254 с.
3. ДСТУ Б В.2.7-42-97. Будівельні матеріали. Методи визначення водопоглинання, густини і морозостійкості будівельних матеріалів і виробів. Чинний від 1997-07-01. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=4067 (дата звернення: 24.11.2020).
4. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. Чинний від 2017-04-01. URL: http://pdf.sop.zp.ua/standart_dstu-n_b_v_1_2-18_2016.pdf (дата звернення: 20.12.2020).
5. ДБН В.3.2-2-2009. Реконструкція, ремонт, реставрація об'єктів будівництва. Чинний від 2010-01-01. URL: <https://kga.gov.ua/files/doc/normy-derjavy/dbn/DBN-V23-2-2009-Zhytlovi-budynky-Rekonstrukcija-ta-kapitalnyj-remont.pdf> (дата звернення: 26.12.2020).
6. Теоретические и экспериментальные исследования каменных конструкций. *Сборник трудов Т. А. Горькова*. Москва: Стройиздат, 1978. 210 с.
7. Хохлін Д. О. Конструктивний захист житлових будинків масових серій, що експлуатуються в умовах просідаючих ґрунтів сейсмонебезпечних територій: дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.23.01 – Будівельні конструкції, будівлі та споруди. Київ, 2009. 155 с.
8. Уздин А. М., Усачева Н. М. Оценка влияния класса сейсмостойкости моста на ресурс его долговечности. *Экспресс-информ. ВНИИИС*. Сер. 14. Сейсмостойкое строительство. 1985. № 2. С. 1–5.
9. ДСТУ Б В. 1.1-28:2010. Шкала сейсмічної інтенсивності. Чинний від 2011-10-01. URL: http://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSTY4/dsty_b_v.1.1-28-2010.pdf (дата звернення: 28.12.2020).
10. Мартемьянов А. И. Инженерный анализ последствий землетрясений 1946 и 1966 гг. в Ташкенте. Ташкент: Издательство «ФАН», 1969. 200 с.
11. Мартемьянов А. И., Ширин В. В. Способы восстановления зданий и сооружений, поврежденных землетрясением. Москва: Стройиздат, 1978. 204 с.
12. Рекомендации по восстановлению и усилению зданий массовой застройки / ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко. Москва, 1990. 193 с.

Андрух Сергій Леонідович, канд. техн. наук, старший викладач кафедри архітектури та інженерних вишукувань Сумського національного аграрного університету. ORCIDiD: 0000-0001-5041-885X. Тел.: (050)9972758.

E-mail: sl_a@ukr.net.

Теліченко Олександр Іванович, старший викладач кафедри будівельного виробництва Сумського національного аграрного університету. ORCIDiD: 0000-0001-6018-6976. Тел.: (050)73-33-616. E-mail: telichenko.natali@ukr.net.

Andruk Serhii, PhD (Tech.), Senior Lecturer, Department of Engineering Research, Sumy National Agrarian University. ORCID iD: 0000-0001-5041-885X. E-mail: sl_a@ukr.net.

Telichenko Alexander, Senior Lecturer, Department of Construction Production, Sumy National Agrarian University. ORCID iD: 0000-0001-6018-6976. E-mail: telichenko.natali@ukr.net.

Статтю прийнято 21.01.2021 р.