

УДК 69.059.

## ВИЗНАЧЕННЯ ОЦІНКИ ПО ПІДВИЩЕННЮ СЕЙСМОСТІЙКОСТІ ЦЕГЛЯНОЇ КЛАДКИ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД З ПОШКОДЖЕННЯМИ ТА ДЕФЕКТАМИ.

Канд. техн. наук, старш. викл. 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.) Sr. lecturer S. Andruk, Sr. lecturer A. Telichenko

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

Розроблявся метод в першу чергу для старих житлових і громадських будівель (пам'яток архітектури) і допомагає зберегти первісний вигляд конструкцій, що не порушує архітектурний ансамбль усього будинку.

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

*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.** Актуальність оцінки цегляних будівель та споруд з підвищенням їх несучої здатності в умовах сейсмонестійких районах України та на території автономної республіки Крим стає дуже актуальною. В Україні зведено велика кількість будівель та споруд, які частково або у повній мірі складаються з кам'яних конструкцій, значна частина яких має дефекти та пошкодження.

За останніми спостереженнями значна частина будівель та споруд яка була побудована 50 - 100 років тому, мають фізичний та моральний знос і потребують їхньої модернізації або підсилення конструкцій. Більшість цих будівель та споруд були побудовані без врахування сейсмостійкості.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій:** При аналізі пошкоджень та оцінки міцності цегляних конструкцій були написані публікації по темі дослідження [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 наступні завдання досліджень: визначення міцностних характеристик цегли та розчину за допомогою неруйнівного методу свердління; експериментально досліджувався рівень напруження у кладці по кінетиці швидкоплинних деформацій повзучості.

**Основна частина дослідження.** Різні походження і види пошкоджень викликають необхідність визначення міцності цегляних конструкцій.

Сучасні методи визначення міцності кам'яних конструкцій це методи пластичної деформації: молоток Физделя, молоток Кашкарова, прибор типа ХПС стандарт «ДИН - 4240», прибор ПМ – 2, прибори системи ЛИСИ.

При розрахунку будівельних конструкцій та споруд пошкодження та дефекти враховують у разі їх суттєвого впливу на розподіл зусиль в 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 наведені на рис.1.

На практиці розрахунку різних типів будівельних конструкцій на сейсмічні впливи було розроблено деяку кількість методик врахування пошкоджень та дефектів. Наприклад для визначення жорсткості плоско-напружених стінових і стержневих залізобетонних конструкцій з урахуванням наявних тріщин в результаті отриманих досліджень 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 знайшли своє відображення у діючих нормативах. Наприклад, в нормативних документах з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації будівель та споруд представлена в таблиці 1 зменшення несучої здатності цегляної кладки на стиск в залежності від інтенсивності силового тріщиноутворення.

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.

При реконструкції старих будівель і приведення їх рівня комфортабельності до сучасних умов, 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 як засіб використовується обстеження будівлі і конструкцій, яке включає в себе наступні етапи робіт:

- попереднє ознайомлення з проектною документацією, робочими і виконавчими кресленнями, актами на приховані роботи (при 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;
- перевірочні розрахунки (визначення міцності конструкцій і деформацій).

Таблиця 1

Коефіцієнт зниження несучої здатності при утворенні силових тріщин від стискаючих зусиль

№ п/п	Характер пошкодження	Коефіцієнт $\gamma_t$	
		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 числі 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 8 рядів кладки при числі 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 рфдів 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 20мм та утворення вертикальних та косих тріщин по кінцях та під опорами (опорними подушками) балок та ферм, що перетинають більше чотирьох рядів кладки	0,00	0,50

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 деформацій 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 в першу чергу вихідну інформацію, дозволяє судити про ступінь зношеності елементів конструкцій і конкретизувати подальші випробування.

Інструментальне обстеження пов'язано з використанням неруйнівних методів, які не порушують експлуатаційні якості конструкцій в цілому. Таке обстеження можна проводити під статичним і динамічним навантаженням. Комплекс заходів включає визначення значень геометричних параметрів споруди (прольоти, товщини, висоти і т.д.), структурних властивостей матеріалів, розміщення арматури в цегляній кладці і т.д.

Для оцінки міцності цегли і розчину в цегляній кладки запропонованим методом полягало в наступному. Місця для свердління в цегляній кладці вибиралися довільно по всій висоті кладки. Свердління виконувалося перпендикулярно до цегляної кладки. Кількість місць необхідних для свердління відповідало кількості зразків випробовуваних на стиск, згідно ДСТУ[3].

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

Для визначення експлуатаційних властивостей цегляної кладки, відповідно до нормативних документів [4, 5] при повному обстеженні будівель, методи відбору проб використовувати дуже занадто багато роботи. Особливо ця проблема актуальна для цегельних будівель до встановлених під час обстеження дефектами і пошкодженнями конструктивного характеру, облік яких стандартними методами не забезпечує необхідної достовірності.

Як показав досвід проведення оцінки міцності повнотілої глиняної цегли рис. 3 та вапняного розчину, в більшості випадків встановлена несуча здатність [6] істотно вище фактичної міцності стосовно старої цегляної кладки.



Рис.3. Загальний вигляд досліджуваного цегли

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

- наявність тріщин їх довжину і ширину розкриття (з появою тріщин у цегляній кладці відбувається дроблення на окремо стоять елементи конструкцій і призводить до зниження несучої здатності кладки в цілому);
- наявність дефектів цегляної кладки (можна розділити на зовнішні і внутрішні дефекти які в свою чергу легко піддаються виправленню і такі при 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);
- пристрій штраб і отворів (виконані отвори під електропроводку в будинку);
- ексцентриситети, пов'язані з відхиленням стін, стовпів від вертикалі і випинання з площини, а так само і з неоднорідністю кладки по перетину;
- порушення конструктивної зв'язку між стінами, кам'яними стовпами і перекриттями при утворенні тріщин;
- зміщення арочних і лучкових перемичок.

Розроблявся метод в першу чергу для старих житлових і громадських будівель (пам'яток архітектури) і допомагає зберегти первісний вигляд конструкцій, що не порушує архітектурний ансамбль усього будинку.

Запропонованим неруйнівним методом були визначені характеристики міцності цегли і вапняного розчину.

У таблиці 2 наведені характеристики міцності старого повнотілої глиняної цегли та вапняного розчину, а також і відповідна їй міцність кладки.

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

Середньо статистичне значення міцності кладки

№ п.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

Обраний для обстеження елемент конструкції є відповідальним, що в свою чергу призведе до руйнування перерозподілу зусиль і виявиться небезпечним, що може привести до руйнування інших елементів і обвалення всієї системи конструкцій. У даній ситуації рекомендується прийняти метод, що дозволяє експериментально визначити фактичний рівень напруженого стану всього елемента або його окремої ділянки.

При реалізації методу необхідно враховувати наступне:

1. Після фіксації дефектів випробуваної конструкції, визначення міцності цегляної кладки неруйнівним методом і розрахунковим шляхом оцінюється несуча здатність цегляної кладки і в свою чергу виявляються найбільш небезпечні зони.

2. Аналізується взаємодія випробуваної конструкції з іншими частинами будівлі, виявляється, чи не буде небезпечним для інших конструкцій зі зміною рівня напружень в випробуваної конструкції.

3. Встановлюється, домкрат підключається до насосної станції.

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

5. За допомогою насосної станції створювалося тиск в домкраті, забезпечує повне розвантаження простінка.

6. Навантаження з домкрата знімається шляхом зливу 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 деформацій повзучості визначається фактичний рівень завантаження конструкцій.

Розміри простінка (рис.3) з неармованої повнотілої глиняної цегли склали 560 x 700 x 2800 мм.

Зроблений підрахунок збору навантаження на простінок. Розрахункова постійне навантаження склали  $N = 17,64$  т. Несуча здатність  $\Phi$  простінка визначалася за формулою з урахуванням дефектів в цегляній кладці і склали:

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

Для визначення фактичного рівня напружень в простінку проведено випробування з кінетики швидкоплинної деформацій повзучості. Фактичний

рівень напружень від постійного навантаження в цегляному простінку склала  $\eta = 0,78$ . При даному рівні навантаження в простінку утворювалися численні вертикальні тріщини, які привели до розшарування простінка і передували його руйнування.

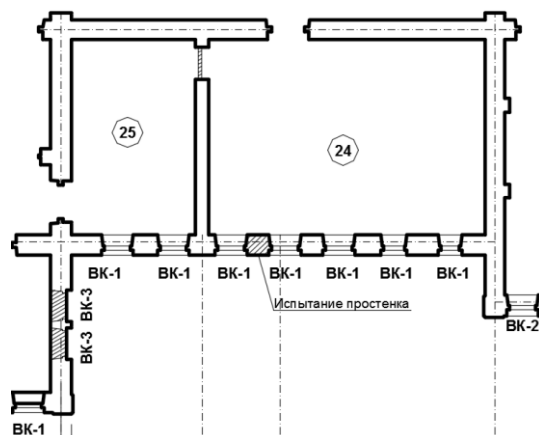


Рис. 3. Випробування простінка на першому поверсі

Аналізуючи дані, отримані в процесі експерименту можна сказати, що характер завантаження простінка свідчить про небезпеку руйнування конструкцій, тому що запас несучої міцності простінка склала 20%, що недостатньо для сприйняття повної 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 розуміється максимальна сила землетрусу в балах, яку може перенести елемент без переходу в граничний стан. Під класом сейсмостійкості споруди - мінімальний клас його елементів. При цьому клас сейсмостійкості елемента  $K_s$  повинен визначатися з рівняння:

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

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;

$\Phi_{гр}(K_s^*)$  - гранично допустиме значення фактора.

Для не сейсмостійких 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. При



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. 4.

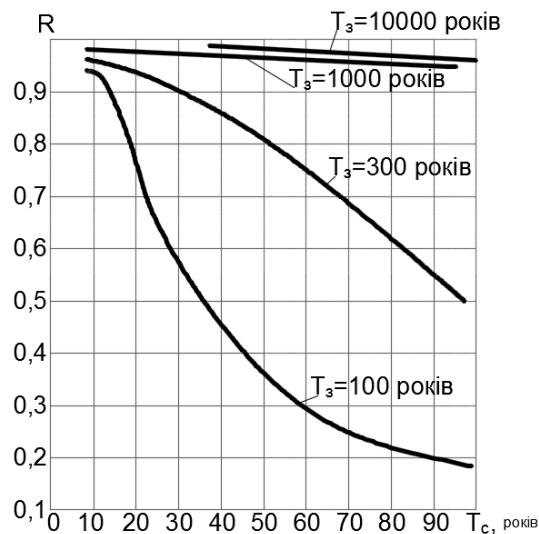


Рис. 4. Графік зниження ресурсу довговічності  $R$  залежно від терміну служби споруди  $T_c$  і повторюваності землетрусів  $T_3$

Беручи з інженерних міркувань те чи інше допустиме значення зниження ресурсу довговічності, отримаємо критерій доцільності антисейсмічних 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 чинників.

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 спектру несучої здатності. Виконувався кроковий розрахунок просторової моделі будівлі на статичні вертикальні і горизонтальні сейсмічні навантаження. По значеннях сейсмічних навантажень, мас і нелінійних переміщень поверхів будівлі, обчисленим на кожному кроці, розраховувалися параметри еквівалентної одно масової системи: період і модальна маса власних коливань по  $i$ -й формі, нелінійна жорсткість, межа текучості і відповідне їй прискорення.

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

За допомогою даної 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 сейсмічних навантаженнях:  $K_r(\xi) = 1,6\xi^{-0,6}$ . В роботі враховані наявні тріщини в конструкціях протягом динамічних досліджень для знаходження жорсткісних характеристик. Проте для повної оцінки сейсмічності споруди з урахуванням пошкоджень потрібно на основі отриманих результатів оцінити її технічний стан.

У нормах державного стандарту [9] наведені ступені пошкоджень і класифікація пошкоджень будівель з несучими кам'яними стінами в залежності від спостережуваних ефектів, що дозволяє оцінити стан будівлі. Згідно з даними нормами пошкоджуваність будівель при землетрусі підрозділяється на 6 ступенів  $d$  (від 0 до 5) в порядку зростання шкоди та зменшення залишкового ресурсу несучої здатності.

Проте лише на основі відомосте про ступінь пошкодження будівлі неможливо дати оцінку про конкретну міру впливу пошкоджень та дефектів на її несучу здатність.

У [10] для визначення залишкової несучої здатності конструкції запропоновано використання граничних значень її деформованості  $Z$ . Величина  $Z$  представляє 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'єкту 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.

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

- 1) підсилення простінку з наскрізною похилою, хрестоподібною, горизонтальною та хаотично спрямованою тріщиною установкою металевих сіток з обох сторін простінку з подальшим покриттям їх торкрет - бетон;
- 2) підсилення окремо стоячих стовпів 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 зазначених 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 одним 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 у порівнянні з існуючою.

3. Методика апробована на 7 існуючих об'єктах відхилення від руйнівних методів склало - 10%.

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

5. Дослідження кінетики швидкоплинної повзучості дозволяє 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 це:

- розробка класифікації пошкодження і дефектів кам'яних будівель широкого спектру властивостей і чинників з точки зору їх впливу на сейсмостійкість;
- отримавши чітку методику врахування тріщиноутворення різного типу та природи при розрахунку кам'яних конструкцій на сейсмічні впливи;
- визначенні ефективної універсальної методики перевірки кам'яних конструкцій за напруженнями, отриманими в скінчено-елементній моделі;
- визначення та обґрунтування залишкової несучої здатності кам'яних конструкцій з пошкодженнями при розрахунку на сейсмічні впливи;

- визначенні чіткі натурні ознаки категорій технічного стану кам'яних будівель з точки зору їх сейсмостійкості;
- розробці узагальненої системи вибору найбільших 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 // X Международной научно-практической конференции "DYNAMICS OF THE DEVELOPMENT OF WORLD SCIENCE" 10-12 июня Ванкувер, Канада. 2020.
2. Андрух С.Л. Визначення несучої здатності цегляної кладки на прикладі 8-ї школи в м. Суми // VII Міжнародна науково-практична конференція "Сучасний рух науки". 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](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](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 // Сбор. трудов Т.А. Горькова. М. : Стройиздат, 1978. 210 с.
7. Хохлін Д.О. Конструктивний захист житлових будинків масових серій, що експлуатуються в умовах просідаючих ґрунтів сейсмонебезпечних територій: дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.23.01 - Будівельні конструкції, будівлі та споруди // Д.О. Хохлін. 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](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. М. : Стройиздат, 1978. 204 с.

12. Рекомендации по восстановлению и усилению зданий массовой застройки/ ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. М. : 1990. 193 с.

Андрух Сергій Леонідович, канд. техн. наук, ст. викладач кафедри архітектури та інженерних вишукувань Сумського національного аграрного університету.

ORCIDiD: 0000-0001-5041-885X. Тел.: (050)9972758. E-mail: [sl\\_a@ukr.net](mailto:sl_a@ukr.net)

Теліченко Олександр Іванович, ст. викладач кафедри будівельного виробництва Сумського національного аграрного університету.

ORCIDiD: 0000-0001-6018-6976. Тел.: (050)73-33-616. E-mail: [telichenko.natali@ukr.net](mailto:telichenko.natali@ukr.net)

Andrukh 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](mailto: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](mailto:telichenko.natali@ukr.net)