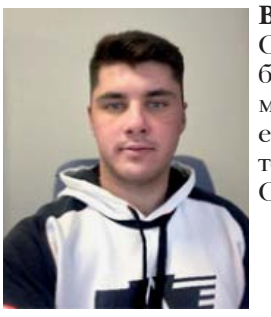
Doi: https://doi.org/10.33644/2313-6679-4-2023-8

УДК 624.042.7; 699.841

МУРАШКО О.В.
Доктор техн. наук, доцент,
Одеська державна академія будівництва та архітектури
м. Одеса, Україна;
e-mail:alexeymurashko@gmail.com,
тел.: +38 (077) 733503
ORCID: 0000-0002-2812-5951



ВОЛОЩУК В.В.
Одеська державна академія будівництва та архітектури
м. Одеса, Україна
e-mail: vadims9202@gmail.com
тел.: +38 (067) 1033370
ORCID: 0000-0001-6259-7090

КРЮЧКОВ К.А.
Аспірант,
Одеська державна академія будівництва та архітектури
м. Одеса, Україна
e-mail: Latand666@gmail.com
тел.: +38 (050) 0765028
ORCID: 0009-0007-4846-0259

КОМПЛЕКСНЕ УРАХУВАННЯ ВПЛИВУ ОТВОРІВ У СТІНАХ ТА ТИПУ ПЕРЕКРИТТІВ ПРИ ВІЗУАЛЬНОМУ ОЦІНЮВАННІ СЕЙСМОСТІЙКОСТІ БУДІВЕЛЬ З ЦЕГЛЯНОГО МУРУВАННЯ

АНОТАЦІЯ

В статті наведені результати аналізу існуючих систем візуального оцінювання сейсмостійкості будівель зі стінами з кам'яного мурування. Після аналізу наявних методів візуального оцінювання будівель з кам'яного мурування виявилось, що вони не дозволяють у повній мірі оцінити актуальний стан будівель. Метод візуального оцінювання, що розробляється, у свою чергу дозволяє врахувати такі важливі фактори, як конфігурація та розташування отворів у стінах, а також вплив виду та конструкції перекриттів.

Міцність та несуча здатність цегляних стін у площині зменшується зі збільшенням розміру отвору, але конкретне співвідношення між боковою міцністю стін і відсотком отвору залежить від використовуваного методу аналізу та розташування отвору. Розташування отворів у стінах з кам'яного мурування впливає на їхню несучу здатність в площині. Для стін із однаковою конфігурацією отвору неправильна форма або розташування може призвести до зниження бічної міцності та здатності до зсуву. Вплив виду та типу перекриття, особливо його жорсткості та симетричності, значно впливає на загальну стійкість будівлі під час сейсмічних впливів.

В ході літературного аналізу було розглянуто методики візуального оцінювання будівель у сейсмічних районах різних країн. Такі методики знайшли широке застосування в багатьох країнах світу: FEMA 154 (США), Швейцарська, Новозеландська, Індійська, Турецька системи [1-5]. Ця процедура вимагає попереднього обстеження будівель з метою оцінки наступних аспектів: наявність нерегулярностей, рік будівництва, кількість поверхів, наявність чи відсутність гнучких поверхів тощо. На основі аналізу прикład-

ного світового досвіду використання систем РВС з'ясувалося, що за американською Fema 154 та багатьма іншими зарубіжними методиками при візуальній оцінці не враховується вплив типу підлоги, а також отворів у несучих стінах та їх конфігурація. Тому було ухвалено рішення, що використання цих зарубіжних систем в Україні є недоцільним і необхідно розробити власну систему, яка може бути застосована як в Україні, так і в країнах зі схожими будівельними традиціями, де такі системи недоступні.

За результатами дослідження було зроблено висновки щодо необхідності врахування конфігурації отворів та їх розташування, а також типу перекриттів та запропоновано розробку методу оперативного візуального оцінювання сейсмостійкості будівель з кам'яного мурування.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: сейсміка, сейсмостійкість будівель, кам'яна кладка, метод візуального обстеження, отвір

COMPREHENSIVE CONSIDERATION OF THE INFLUENCE OF OPENINGS IN WALLS AND TYPE OF FLOORS IN THE VISUAL ASSESSMENT OF SEISMIC RESISTANCE OF BRICK MASONRY BUILDINGS

ABSTRACT

The article presents the results of the analysis of existing systems for visual assessment of seismic resistance of masonry buildings. Having analysed the existing methods of visual assessment of masonry buildings, it was found that they do not allow to fully assess the current state of buildings. The visual assessment method under development, allows to take into account such important factors as the configuration and location of openings in the walls, as well as the impact of the type and design of the floors.

Specifically, it is true that the strength and load-bearing capacity of brick walls decreases with increasing opening size, but the specific relationship between the lateral strength of walls and the percentage of opening depends on the analysis method used and the location of the opening. The location of openings in masonry walls affects their in-plane load-bearing capacity. For walls with the same opening configuration, improper shape or placement can result in reduced lateral strength and shear capacity. The impact of the type and type of floor, especially its stiffness and symmetry, has a significant impact on the overall stability of the building during seismic actions.

During the analysis, methods for visual assessment of buildings in seismic regions of different countries were considered. Such methods are widely used in many countries of the world: FEMA 154 (USA), Swiss, New Zealand, Indian, Turkish systems. This procedure requires a preliminary survey of buildings to assess the following aspects: presence of irregularities, year of construction, number of floors, presence or absence of flexible floors, etc. Based on the analysis of the applied global experience of using RVS systems, it turned out that according to the American Fema 154 and many other foreign methods, the visual assessment does not take into account the influence of the floor type, as well as openings in the load-bearing walls and their configuration. Therefore, it was decided that the use of these foreign systems in Ukraine is inappropriate and it is necessary to develop our own system that can be applied both in Ukraine and in countries with similar building traditions where such systems are not available.

Based on the results of the analysis, conclusions were drawn about the need to take into account the configuration of the openings and their location, as well as the type of floors, and the development of a method for rapid visual assessment of the seismic resistance of masonry buildings was proposed.

KEYWORDS: seismicity, seismic resistance of buildings, masonry, method of visual inspection, opening

ВСТУП

На сьогоднішній день в Україні не існує чіткого порядку та алгоритму визначення сейсмостійкості існуючих будівель з кам'яного мурування, тому назріла необхідність у створенні методики візуального оцінювання сейсмостійкості (ВОС) цих будівель, яка поєднувала б і можливість масового спрощеного оцінювання сейсмостійкості, і детальне дослідження окремих об'єктів з урахуванням сучасного рівня розвитку методів обстеження, вібродіагностики й чисельного моделювання.

Проаналізувавши світовий досвід у сфері оцінювання сейсмостійкості будівель та споруд, ми прийшли до висновку, що у цьому є гостра необхідність у багатьох країнах світу, зокрема: FEMA 154 (USA) [1], Новозеландська RVS [2], Турецька RVS [3], Швейцарська RVS [4].

Візуальне оцінювання сейсмостійкості – це система оцінювання будівель, в основі якої є висновок експерта, що виконується за результатами візуального обстеження будівлі чи споруди, що зводиться до заповнення на його основі спеціальної форми, при цьому на обстеження виділяється короткий проміжок часу (до 4 годин) [4].

До того ж, майбутня методика оцінювання сейсмостійкості будівель з кам'яними стінами має поєднувати можливість масового спрощеного візуального оцінювання сейсмостійкості (ВОС), паспортизації сейсмостійкості та детального дослідження в рамках розробленої методології оцінювання сейсмостійкості будівель [6-8].

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

В ході літературного аналізу було розглянуто методики візуального оцінювання будівель у сейсмічних районах різних країн. Такі методики знайшли широке застосування в багатьох країнах світу: FEMA 154 (США), Швейцарська, Новозеландська, Індійська, Турецька системи [1-5]. Ця процедура вимагає попереднього обстеження будівель з метою оцінки наступних аспектів: наявність нерегулярностей, рік будівництва, кількість поверхів, наявність чи відсутність гнучких поверхів тощо.

Проаналізувавши світовий досвід використання систем ВОС, ми виявили, що за американською «FEMA 154» та багатьма іншими закордонними методиками при візуальному оцінюванні не враховується вплив виду перекриттів, а також розташування отворів у несучих стінах та їхня конфігурація.

На етапі аналізу, який наданий у даній роботі, розглянуті показники, які дають найбільш сильний вплив на сейсмостійкість будівель з кам'яного мурування [1-3].

МЕТА ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета роботи – на основі аналітичного аналізу найбільш відомих систем візуального оцінювання сейсмостійкості будівель з несучими стінами з кам'яного мурування виявити фактори, які найбільше впливають на сейсмостійкість будівлі.

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ: системи візуального оцінювання сейсмостійкості будівель з кам'яного мурування.

ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ: основні фактори, що впливають на сейсмостійкість будівель з кам'яного мурування.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

В основу методики дослідження було покладено результати закордонних та вітчизняних вчених з урахуванням результатів власних розробок. Нижче наведено лише частковий аналіз факторів за «FEMA 154» та Новозеландською методикою ВОС, що впливають на сейсмостійкість будівлі з кам'яного мурування.

Так, за «FEMA 154» для визначення сейсмостійкості будівлі при зборі даних використовують 3 форми для кожної з областей сейсмостійкості: низьку (L), помірну (M) та високу (H), враховують тип ґрунту по сейсмічним властивостям, кількість поверхів, базовий рейтинг будівлі, імовірність руйнування будівлі, сейсмічність майданчика, нерегулярність в плані, наявність небезпечних неконструктивних елементів (неармовані димоходи, парапети тощо), призначення будівлі та кількість мешканців.

Всі данні, визначені при оцінюванні сейсмостійкості будівель, вносяться у спеціальну форму (рис.1), у якій надано висновок експерта щодо теперішнього стану будівлі. У свою чергу, при розробці вітчизняної системи оцінювання сейсмостійкості будівель пропонується розробити власний бланк, згідно з вимогами нормативної бази та враховуючи зручність та інформативність інформації, викладеної в ньому (форма бланку перебуває у стадії розробки).

Якщо аналізувати Новозеландську RVS, то тут пропонується двоетапний процес оцінювання. Перший процес оцінювання ISA (Initial Seismic Assessment) задуманий як загальна оцінка з використанням найменшого числа ресурсів і є рекомендуючим першим кроком в загальному процесі оцінювання. Процес, прийнятий для ISA, буде в значній мірі залежати від конкретних цілей оцінювання. Наприклад, ISA може бути використаний як виключно на основі зовнішнього огляду будівлі, так і може розповсюджуватись на детальний огляд креслень, що, в свою чергу, дозволить ретельно розглянути внутрішні деталі, вузли, тип перекриття та загальні прийняті рішення.

Другий етап процесу оцінювання DSA (Detail Seismic Assessment) призначений для забезпечення більш точної оцінки стану конструкцій, що дозволяє детально вивчити характеристики будівлі, її реакцію на землетруси та змогу задовольняти вимогам по сейсмостійкості, зберігаючи конструктивну цілісність. Основними цілями детального оцінювання є:

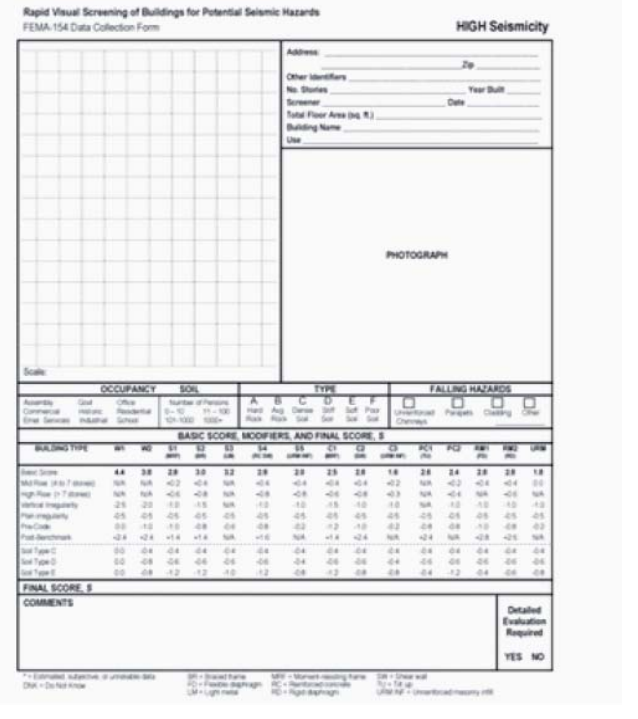

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards
FEMA-154 Data Collection Form
HIGH Seismicity
PHOTOGRAPH
OCCUPANCY
SOIL
TYPE
FALLING HAZARDS
BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL SCORE, S
FINAL SCORE, S
COMMENTS
Detailed Evaluation Required
YES NO

Рисунок 1 – Форма бланку для внесення давних при візуальному оцінюванні сейсмостійкості будівлі

- забезпечення засобів для оцінки рівня, при якому досягається граничний стан для існуючих будівель при сейсмічних впливах;
- визначення, чи досягає будівля свого максимального граничного стану або перевищує його при впливі сили землетрусу на третину більшою ніж та, що потрібна для проектування нової будівлі на даній ділянці;
- надання інформації та рекомендацій, які допоможуть в оцінці міцності та пластичності конструкцій, компонентів, елементів та систем.

Таким чином, другий етап відповідає вітчизняному підходу по повноцінному технічному обстеженню. Основними факторами, що впливають при оцінюванні сейсмостійкості будівель при Новозеландській RVS, є: базовий рейтинг, податливість конструкцій, категорія ґрунтів за сейсмічними властивостями, сейсмічність майданчика.

При цьому, при аналізі даних систем оцінювання сейсмостійкості будівель було виявлено, що у них не враховується як вплив від виду перекриття, так і наявність і конфігурація отворів у несучих стінах, що, в свою чергу, призводить до похибок при використанні цих систем.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ РОЗТАШУВАННЯ ОТВОРІВ ТА ЇХ КОНФІГУРАЦІЇ У БУДІВЛЯХ З ЦЕГЛЯНОЇ КЛАДКИ ПРИ СЕЙСМІЧНИХ ВПЛИВАХ

За результатами дослідів, проведених департаментом цивільного будівництва брістольського університету [9], було показано, що вплив від отворів, включаючи розмір і положення отвору, впливають на ступінь пошкодження та руйнування стін. Отвори зменшують жорсткість кладки стін і навіть можуть змінити механізми руйнування кладки стін. Крім того, асиметричне розташування отворів створює несуцільні стіни, а коли отвори мають великі габарити, тоді нерівномірний розподіл гравітаційних навантажень може розвинутися в стінах з кам'яної кладки, що призводить до концентрації напружень, які впливають на міцність та зсув в локальних частинах стін. Це може призвести до локального руйнування та збільшити сейсмічну вразливість усієї конструкції.

Для аналізу характеристик цегляних стін використовували як метод аналізу на основі горизонтального рівномірно розподіленого, так і горизонтального зосередженого навантаження. У першому випадку аналіз на основі навантаження виконувався шляхом прикладання поступово зростаючого горизонтального навантаження до всієї стіни, для створення ефекту поштовху, коли кожна цегла сприймає силу, пропорційну її масі. Спочатку прикладалось вертикальне гравітаційне навантаження, потім до кладки стіни прикладалось покрокове рівномірне горизонтальне навантаження, до тих пір, поки не відбулось її руйнування. Для визначення руйнівного навантаження необхідно було контролювати горизонтальні сили при кожному кроці навантаження. Цей метод навантаження імітує інерційні навантаження, які виникають при сейсмічних впливах. Аналіз зсуву на основі переміщення проводився шляхом прикладання постійної швидкості до блоку навантаження у верхній частині стіни після того, як до неї було прикладено вертикальні навантаження. При цьому методі аналізу важливо було перевірити, чи процес деформування та руйнування був плавним, чи не виникали штучні вібраційні рухи, щоб навантаження було фактично квазістатичним. Стіни з кам'яної кладки, проаналізовані за допомогою методу на основі зміщення (стандартний метод натискання), були чутливі до локальних руйнувань і, як правило, показали нижчу міцність у площині порівняно з ідентичними стінами, проаналізованими з використанням процедури на основі навантаження.

Використання аналізу на основі зміщення призводить до локалізованого розтріскування під отвором, тоді як для аналізу на основі навантаження тріщина проходить по одній діагоналі через стіну. Ці результати знову підкреслюють важливість урахування способу навантаження на стіни. Для аналізу на основі навантажень, де на кожну цеглину діє сила, пропорційна її масі, розподілене навантаження, прикладене до всієї стіни, призводить до більш розподіленого розтріскування. Однак, для методу аналізу на основі зміщення, де навантаження прикладається поперек стіни в цілому, це призводить до меншої кількості локальних тріщин. Ці відмінності підкреслюються, коли отвір переміщується ближче до країв стіни, оскільки будь-яка зміна локальної структури руйнування призводить до значної зміни несучої здатності стіни.

За результатами досліджень, наведеними у статті M. Shariq та H. Abbas [10], найбільш критичний напрямок впливу від сейсмічної сили для розвитку максимальних напружень у стінах з прорізами в приміщеннях будівлі знаходиться вздовж коротших сторін приміщення. Збільшення співвідношення сторін приміщення за рахунок збереження однієї стіни нерухомою призводить до збільшення максимальних головних напружень та максимальних напружень при зсуві.

У дослідженнях, проведених Індійським технологічним інститутом Дханбат [11], розглядалась спрощена скінченно-елементна модель для вивчення поведінки стін з кам'яного мурування під дією плоского бічного навантаження. Запропонована модель включає поверхневу поведінку для врахування пружної та пластичної роботи кладки, а також модель пластичності Друкера Прагера для аналізу руйнувань кладки під дією вертикальних навантажень. За резуль-

татами досліджень виявилось, що при пластичній роботі стін при розташуванні отвору у центрі, коли його площа становить менше 25 % від площі стіни, стіна може зберігати до 80 % несучої здатності при аналогічній роботі стіни без отвору. Коли розмір отвору становить 50 % від площі стіни, тоді залишається близько 20 % від залишкової несучої здатності стіни. Також за результатами досліджень було визначено, що положення отвору в нижньому куті стіни є найбільш вразливим, тоді як розташування отвору у верхньому куті не так суттєво впливає на її роботу. Отже, варіації кількості, форми та положення отворів суттєво впливають на механізм руйнування стіни, при цьому різко знижуючи її міцність.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВІД ВИДУ ПЕРЕКРИТТІВ НА БУДІВЛІ З ЦЕГЛЯНОЇ КЛАДКИ ПРИ СЕЙСМІЧНИХ ВПЛИВАХ

З'єднання між цегляними стінами та перекриттям є ще однією вразливою зоною в цегляних будівлях. Поштовхи під час землетрусу можуть спричинити відшарування або руйнування з'єднань між стінами та перекриттями. Це може призвести до того, що перекриття обвалиться на розташовані нижче поверхи або стіни втратять свою стійкість, збільшуючи ризик руйнування конструкції.

Пошкодження такого типу виникають в результаті сил, що передаються між стінами і перекриттям, в основному через позаплощинне горизонтальне коливання стін, а також через вертикальні прискорення ґрунту, які можуть бути дуже високими в місцях, розташованих дуже близько до епіцентру. Верхня частина стіни може вислизнути з-під перекриття та/або зруйнуватися під дією динамічного навантаження, особливо у випадку неякісної кладки (бутовий камінь) та відносно важких і жорстких перекриттів, які не з'єднані належним чином.

Також за результатами дослідження, наведеними у статті Kunnath S.K. та співавторів [12], виявилось, що дослідження впливу гнучкості перекриттів на сейсмічну поведінку будівель, зокрема будівель з кам'яного мурування, зосереджувались на малоповерхових будівлях (до 5 поверхів). В основі цих досліджень переважно розглядались загальні геометричні змінні, такі як кількість поверхів, співвідношення сторін, і в рамках досліджень дійшли висновку, що гнучкість системи перекриття має найбільший вплив на сейсмічну поведінку при найнижчій висоті та при найбільшому співвідношенні сторін будинку.

Аналіз досліджень, наведених у статті Juan Jiménez-Pacheco та співавторів [13], також підтвердив гіпотезу про необхідність врахування впливу виду перекриттів при сейсмічних впливах. В контексті роботи було підбито підсумки дослідження, основними завданнями якого була розробка моделі для нелінійного статичного аналізу поведінки будівель з кам'яного мурування з урахуванням гнучкості системи перекриттів і аналіз впливу жорсткості системи перекриттів на глобальну сейсмічну реакцію цих будівель. В якості об'єкту дослідження була прийнята шестиповерхова житлова будівля з складеним композитним перекриттям зі сталевих балок і цегляних склепінь (рис. 2).

Аналіз впливу жорсткості системи перекриття на глобальну сейсмічну реакцію ґрунтувався на застосуванні традиційних заходів з посилення жорсткості до перекриття. Дослідження було зосереджено на трьох основних випадках:

1) вихідний нежорсткий варіант (базовий варіант перекриття);
2) вибраний варіант з підвищеною жорсткістю (варіант, при якому відбувалось підвищення жорсткості перекриття за рахунок улаштування діагональних в'язів до сталевих балок шляхом приварювання);
3) варіант з повністю жорсткою підлогою (варіант улаштування, при якому перекриття додатково заливається шаром бетонного розчину для формування повної жорсткості підлоги).

Загальна сейсмічна реакція оцінювалася з точки зору модальних параметрів, характеристик кривих поштовхів і деформованої форми перекриттів.

За результатами дослідження можна зробити висновок, що для будівель з кам'яного мурування з високим ступенем симетрії в плані підвищення жорсткості гнучкої системи перекриття (до напівжорсткого стану) є доцільним для виправлення проблем міжповерхового зсуву, без створення при цьому проблем з крученням.

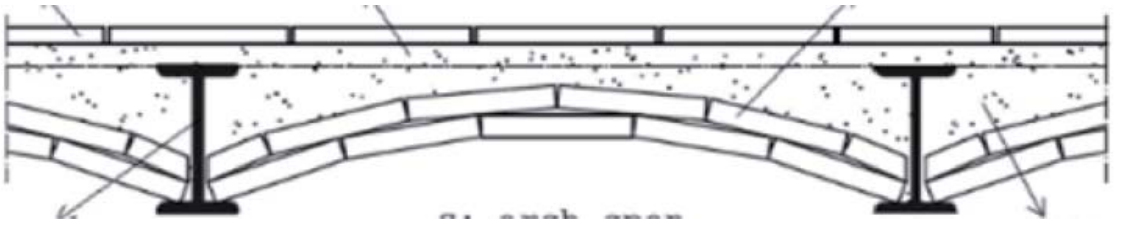


Рисунок 2 – Складене композитне перекриття

ВИСНОВКИ

За результатами аналізу застосовуваного світового досвіду використання систем ВОС виявилося, що за американською «FEMA 154», Новозеландською RVS та багатьма іншими закордонними методиками при візуальному оцінюванні не враховується вплив виду перекриттів, а також розташування отворів у несучих стінах та їхня конфігурація. Міцність та несуча здатність цегляних стін у площині зменшується зі збільшенням розміру отвору, але конкретне співвідношення між боковою міцністю стін і відсотком отвору залежить від використовуваного методу аналізу та розташування отвору. У свою чергу, розташування отворів у стінах з кам'яного мурування мають значний вплив на несучу здатність стіни в площині. Для стін з однаковою конфігурацією отвору неправильна форма або розташування отвору може призвести до зниження бічної міцності та здатності до зсуву. Вплив виду та типу перекриття, зокрема жорсткості, а також симетричності будівлі значним чином впливає на загальну стійкість будівлі при сейсмічних впливах.

Тому було вирішено, що використання цих іноземних систем в Україні недоцільне, й необхідно розробити власну систему візуального оцінювання сейсмостійкості з урахуванням сумісної дії отворів у муруванні та типу перекриттів, яка може бути застосована в Україні і в країнах зі схожими традиціями будівництва, де немає таких систем.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. FEMA. FEMA 154, A Hand Book on Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards. USA: Federal Emergency Management Agency, 2002.
2. NZS 1170.5-2004. Earthquake actions. New Zealand. Standards New Zealand, 2016. 86 p. URL: http://wenku.baidu.com/view/67b025681eb91a37f1115cf3.html
3. Yakut, A., Aydogan, V., Ozcebe, G., and Yucement, M. S. Preliminary seismic vulnerability assessment of existing reinforced concrete buildings in Turkey – Part II. Nato Science Series IV/29, 2005. P. 43-58.
4. Vérification de la sécurité parasismique des bâtiments existants Concept et directives pour l'étape 1 Richtlinien des BWG. Directives de l'OFEG. Dirretive dell'UFAEG Berne, 2005. 24 p.
5. O. Murashko, I. Benradi. Analysis of world experience in the field of rapid visual screen. Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury. 2015. № 58. С. 275–282.
6. Handbook on seismic retrofit of buildings central public works department Indian building congress in association with Indian Institute of technology. Madras. 2007. 617 p.
7. Дорофеев В. С., Мурашко А. В. Система оценки фактической сейсмостойкости зданий в свете действующей нормативной базы. Вісник ОДАБА. 2015. № 56. С. 245–248.
8. V.Dorofeev, K.Yegupov, A.Murashko, O.Adamov. A new approach to buildings seismic resistance assessment in Ukraine: proceedings of the 2-nd European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Istambul, Turkey, August 24-29, 2014. P. 138-143.
9. Дорофеев В. С., Мурашко А. В., Бенради И. Использование мирового опыта при определении факторов украинской системы визуальной оценки сейсмостойкости. Будівельні конструкції : міжвід. наук.-техн. зб. наук. пр. Київ: НДІБК, 2015. № 82. С. 118–124.
10. Liu Z., Crewe A. Effects of size and position of openings on in-plane capacity of unreinforced masonry walls. Bulletin of Earthquake Engineering.2020. № 21. P. 4783-4812.
11. M. Shariq, H. Abbas. Influence of openings on seismic performance of masonry building walls. Building and Environment. 2008. № 43, Issue 7. P. 1232-1240.
12. Kunnath, S.K., N. Panahshahi, and A. M. Reinhorn. Seismic response of RC buildings with inelastic floor diaphragms. Journal of Structural Engineering. 1991. № 117 (4). P. 1218–37.
13. Juan Jiménez-Pacheco, Ramón González-Drigo, Lluis G. Pujades Beneit, AlexH. Barbat & José Calderón-Brito. Traditional High-rise Unreinforced Masonry Buildings: Modeling and Influence of Floor System Stiffening on Their Overall Seismic Response. International Journal of Architectural Herita. 2021. № 15 (10). P.1547-1584

REFERENCES

1. FEMA (2002). FEMA 154, A Hand Book on Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards, Federal Emergency Management Agency, Washington DC, USA.
2. Standards New Zealand. (2016). NZS 1170.5-2004: Earthquake actions. Retrieved from http://wenku.baidu.com/view/67b025681eb91a37f1115cf3.html
3. Ozcebe, G., Yucemen, M. S., Aydogan, V., & Yakut, A. (2003). Preliminary Seismic Vulnerability Assessment of Existing RC Buildings in Turkey-Part 1: Statistical Model Based on Structural Characteristics. In Seismic Assessment and Rehabilitation of Existing

Buildings, NATO Science Series IV/29 (pp. 29-42).
4. Richtlinien des BWG. (2005). Vérification de la sécurité parasismique des bâtiments existants: Concept et directives pour l'étape 1. Berne: Directives de l'OFEG – Directive dell'UFAEG. 24 p.
5. Murashko, O., & Benradi, I. (2015). Analysis of world experience in the field of rapid visual screen. Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury, 58, 275–282.
7. Central Public Works Department, Indian Building Congress in association with Indian Institute of Technology. (2007). Handbook on Seismic Retrofit of Buildings. Madras.
8. Dorofeev, V., Yegupov, K., Murashko, A., & Adamov, O. (2014). A new approach to buildings seismic resistance assessment in Ukraine. In Proceedings of the 2nd European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Istanbul, Turkey, August 24-29, 2014 (pp. 138-143).
9. Dorofeev, V. S., Murashko, A. V., & Benradi, I. (2015). Use of world experience in determining the factors of the Ukrainian system of visual assessment of seismic resistance. In Building Constructions: Interdisciplinary Science and Technology Collection of Scientific Papers, 82, 118–124. Kyiv: NIISK.
10. Liu, Z., & Crewe, A. (2020). Effects of size and position of openings on in-plane capacity of unreinforced masonry walls. Bulletin of Earthquake Engineering, 21, 4783–4812.
11. Shariq, M., & Abbas, H. (2008). Influence of openings on seismic performance of masonry building walls. Building and Environment, 43(7), 1232-1240.
12. Kunnath, S.K., Panahshahi, N., & Reinhorn, A.M. (1991). Seismic response of RC buildings with inelastic floor diaphragms. Journal of Structural Engineering, 117(4), 1218–1237.
13. Jiménez-Pacheco, J., González-Drigo, R., Pujades Beneit, L.G., Barbat, A.H., & Calderón-Brito, J. (2021). Traditional High-rise Unreinforced Masonry Buildings: Modeling and Influence of Floor System Stiffening on Their Overall Seismic Response. International Journal of Architectural Heritage, 15(10), 1547-1584.

Стаття надійшла до редакції 28.11.2023