

**Мурашко О. В., д.т.н., доцент, Волощук В. В., аспірант,**  
(Одеська державна академія будівництва та архітектури м. Одеса,  
[alexeymurashko@gmail.com](mailto:alexeymurashko@gmail.com), [vadims9292@gmail.com](mailto:vadims9292@gmail.com))

### **ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТІН З ЦЕГЛЯНОГО МУРУВАННЯ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ВЕРТИКАЛЬНОЇ СКЛАДОВОЇ СЕЙСМІЧНОГО ВПЛИВУ**

У статті наведено результати аналізу методів випробувань стін з кам'яного мурування на дію сейсмічних впливів. За результатами аналізу, визначено що існуючі методики випробувань фрагментів кладки стін дозволяють досить точно визначити вплив сейсмічної складової, але не всі з них мають можливість врахувати вертикальну складову сейсмічного навантаження. З усього різноманіття виконаних раніше досліджень обрані оптимальні способи випробування фрагментів стін з кам'яного мурування, а на їхній базі дороблена методика, що описана в даній статті.

Запропонована методика дає можливість перевірити фрагменти стін на сейсмічні впливи з урахуванням впливу вертикальної складової. Випробування проводяться в 2 етапи: застосування вертикальних статичних навантажень і поетапне застосування навантажень, що виникають від сейсмічних впливів. Особливістю є те, що поетапно додаватиметься не лише горизонтальне навантаження, а й відповідна вертикальна складова сейсмічного впливу.

**Ключові слова:** дослідження, зразки, цегляна кладка, сейсмічні впливи, горизонтальні навантаження.

**Вступ.** Проблема лабораторного дослідження будівель з цегли та їх фрагментів при сейсмічних впливах ускладнена труднощами моделювання впливів. Поряд з випробуваннями з застосуванням динамічних машин проводяться експериментальні дослідження на дію статичних навантажень, створюваних потужними домкратами, які прикладають горизонтальні впливи за заданою схемою. В деяких випадках динамічний ефект досягається скиданням навантаження, що приводить будівлю в рух. Швидкості навантаження конструкцій

будівлі відносно невеликі. Невисокі швидкості навантаження мало впливають на властивості матеріалу, тому для обґрунтування розрахункових схем цілком прийнятними є результати статичного експерименту [1-5].

Детальний розгляд поведінки цегляної будівлі при руйнуванні полегшується, якщо розглядати роботу її моделей. Достатньо повну інформацію про роботу цегляних конструкцій можна отримати при дослідженні фрагментів будівлі або її моделей.

**Аналіз досліджень і публікацій.** В ході літературного аналізу було розглянуто методи та типи натурних випробувань зразків з цегляного мурування.

Велика різноманітність умов, що впливають на характер деформування кладки простінків, викликало необхідність досліджень експериментальних зразків, що відображають тією чи іншою мірою реальні умови роботи простінків в будівлі.

Наведено схеми основних типів зразків та обладнання (рис.1), використаних при випробуваннях цегляних простінків у дослідженнях інших авторів.

Недоліки:

рис 1, а лише горизонтальна складова без вертикального навантаження – підходить лише для моделювання поведінки не несучого стінового заповнення

рис 1,б надає можливість випробувати один варіант навантаження при якому сейсмічне навантаження дорівнює вертикальному навантаженню, також не можливо врахувати те, що з початку додається вертикальне навантаження і лише потім горизонтальне – сейсмічне.

рис 1,в, г, д – найкращі бо позбавлені усіх недоліків які є в усіх раніше перерахованих варіантах, бо дають можливість центрально, або позацентрово завантажувати вертикальним навантаженням та прикладати вертикальне навантаження незалежно від горизонтального.

Схема наведена на (рис. 1, а) вперше була використана в американських дослідах довоєнного періоду. Схема на (рис. 1 б) вперше була застосована в роботі , а потім використовувалася в низці зарубіжних досліджень.

Випробування показали, що всі зразки мали однакову послідовність тріщиноутворення та руйнування з появою першої тріщини в центрі зразка вздовж стиснутої діагоналі з подальшим розкриттям аж до повного руйнування. розрахункових схем цілком прийнятними є результати статичного експерименту [6].

При випробуванні зразків встановлено, що при статичній дії сили вздовж діагоналі після появи першої тріщини відбувалося крихке руйнування цегляної кладки (рис. 2). Діаграма на рис. 3 показує розвиток переміщень, починаючи з моменту докладання сили до руйнування зразка.

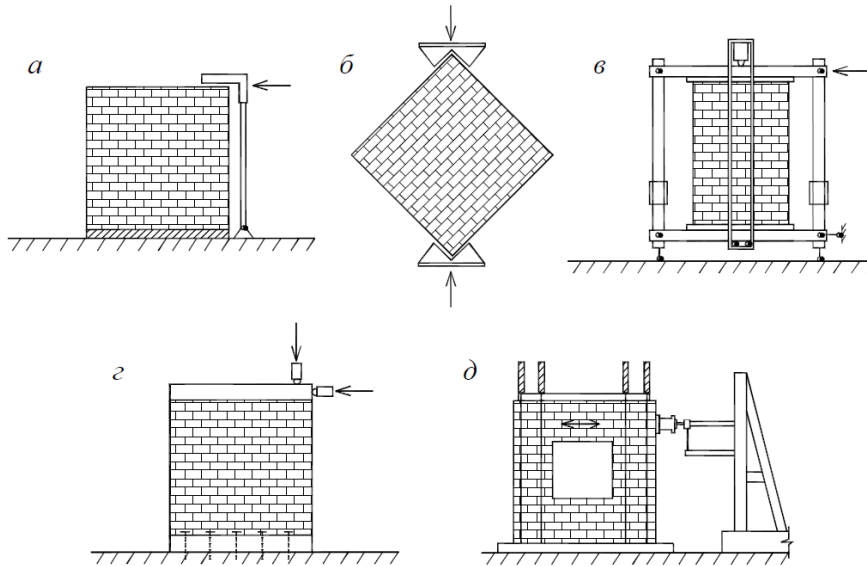


Рис. 1. Схеми випробувань зразків на дію горизонтального та вертикального навантажень



Рис. 2 - Руйнування зразків від дії статичної сили

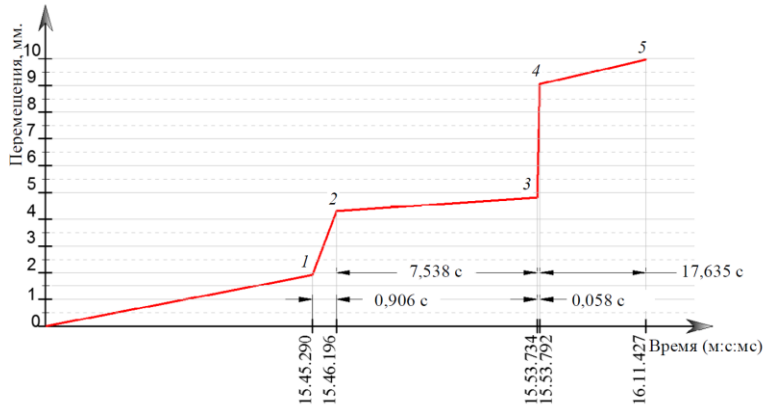


Рис. 3 - Діаграма деформування зразка

Як видно з діаграми (рис. 4), руйнування цегляної кладки супроводжується вивільненням накопиченої енергії у вигляді прискорень різної інтенсивності.

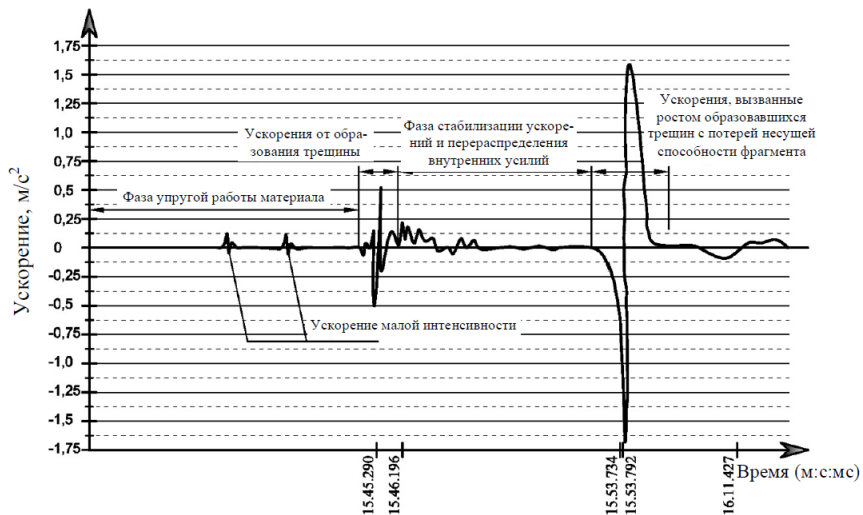


Рис. 4. Діаграма прискорень при руйнуванні цегляної кладки під дією статичного навантаження

Отже, експериментальні дослідження показали, що руйнація фрагмента кладки при дії статичної сили умовно можна поділити на 2 етапи. На першому етапі утворилася поздовжня тріщина вздовж стиснутої діагоналі з 4-кратним зниженням частоти власних коливань за основним тоном. На другому етапі при незначному зростанні навантаження стався розвиток тріщин та руйнування зразка. [7].

Тому необхідним є визначення оптимального методу

дослідження зразків з цегляного мурування, та методу їх випробування.

**Мета дослідження** – розробка методики випробування фрагментів стін з кам'яного мурування на сейсмічні впливи з урахуванням вертикальної складової.

**Матеріали та методика дослідження.** Було проведено лабораторне випробування фрагменту простінку з кам'яного мурування на сейсмічні впливи з урахуванням вертикальної складової. Дослід проводився в 2 етапи (рис. 5). Фрагмент, розмірами 1440 на 1420 мм, виконаний з цегляної кладки марки М100 та розчину марки М50.

Першим етапом було прикладання статичних розрахункових вертикальних навантажень що фрагменту. Згідно розрахунку вертикальні статичні навантаження склали 211.5 кН. Навантаження прикладались за допомогою гідравлічних домкратів, з кроком у 20 кН, до досягнення розрахункових значень. Після кожного кроку прикладання фіксувались значення ,які були вказані на індикаторах годинникового типу.

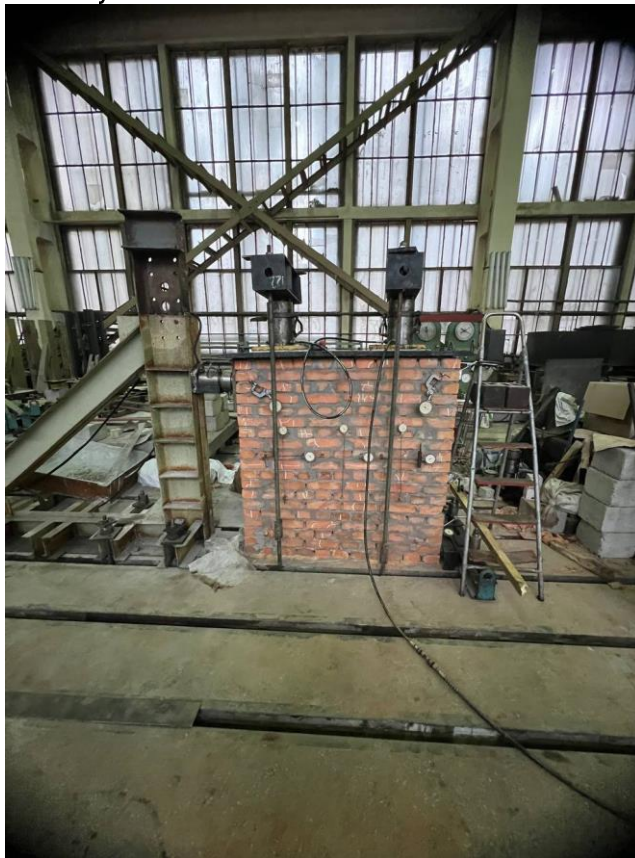


Рис. 5 - Фрагмент досліджуваної стіни

Другим етапом було прикладання навантажень які виникають при сейсмічних впливах. У даному випадку це 20,75 кН вертикальні, та 78 кН горизонтальні. Особливістю даного дослідження є те, що навантаження прикладались ступенями з одночасним прикладанням вертикальних та горизонтальних навантажень до простінку. Це дало змогу визначити несучу здатність, деформації та характер розвитку тріщин, які виникають при сейсмічних впливах.

Після прикладання всіх розрахункових статичних та сейсмічних навантажень, було проведено ультразвуковий аналіз виникнення глибинних тріщин. Після цього було продовжено поступове, ступеневе прикладання навантажень для визначення граничної міцності даного фрагмента. За результатами дослідження зразок було доведено до втрати несучої здатності від горизонтальних навантажень, і після доведено до руйнування від дії вертикальних навантажень.[8-9].

**Результати дослідження.** Під час дослідження фрагменту стіни з кам'яного мурування, на сейсмічні впливи з урахуванням вертикальної складової було вдосконалено методику проведення досліду. Використовувався спосіб поступового прикладання вертикальних та горизонтальних навантажень, після завантаження статичним вертикальним навантаженням. Даний спосіб дає у повній мірі визначити на яких стадіях відбуваються деформації, де саме починається розкриття тріщин та при яких навантаженнях. Окрім цього було встановлено індикатори годинникового типу, в торцях стіни які дали змогу зафіксувати перекид стіни від першопочаткового положення від дії вертикальних та горизонтальних впливів.

**Висновки.** Результати досліджень показали, що:

1. Аналіз методів випробувань фрагментів стін з кам'яного мурування показав наявні недоліки методів та способів дослідження фрагментів стін з кам'яного мурування, що у значній частині не дають незалежно прикладати вертикальне та горизонтальне навантаження.

2. Існуючі методи випробувань фрагментів стін з кам'яного мурування дозволяють доволі точно визначати вплив від сейсмічної складової, проте не у всіх є можливість врахування вертикальної складової сейсмічного навантаження.

3. Запропонований метод дозволяє випробовувати фрагменти стін на дію сейсмічних впливів з урахуванням дії вертикальної складової. Випробування відбуваються у 2 етапи, прикладання вертикальних статичних навантажень, та ступеневе прикладання

навантажень які виникають при сейсмічних впливах .Особливість полягає у тому що ступенями додаватиметься не лише горизонтальне навантаження але й відповідна їй вертикальна складова сейсмічного впливу.

4. За результатами проведення дослідів, встановлено деформації стін, виявлено характер розкриття тріщин, визначено граничний перекис фрагменту.

1. Мурашко А.В., Кобский В.Н., Арсирий А.Н. Сравнительный анализ методов испытаний динамическими нагрузками Вісник ОДАБА. Одеса : ОДАБА, 2014. № 53. С. 258–268. 2. Мурашко А.В. Оперативная методика расчета зданий на опрокидывание от сейсмических воздействий. Вісник ОДАБА. Одеса : ОДАБА, 2010. № 38. С. 464–467. 3. Мурашко А.В. Расчетное сопровождение жизненного цикла объектов строительства. Вісник ОДАБА. Одеса : ОДАБА, 2013. № 49. Ч. 1. С. 252–256. 4. ДБН В 1.1-12:2014. Будівництво в сейсмічних районах України - К.: Мінрегіон України, 2014. – 118 с. 5. Волощук, В., Мурашко, О., & Крючков, К. (2024). Комплексне урахування впливу отворів у стінах та типу перекриттів при візуальному оцінюванні сейсмостійкості будівель з цегляного мурування. Наука та будівництво, 38(4) URL: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-4-2023-8> 6. Experimental investigations of the masonry fragments to the action of static and dynamic loads URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/eksperimentalnye-issledovaniya-fragmentov-kirpichnoy-kladki-na-deystvie-staticheskoy-i-dinamicheskoy-nagruzki/viewer> 7. Deformation and fracture of masonry under compressive load URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/deformatsii-i-razrushenie-fragmenta-kamennoy-kladki-pri-kratkovremennom-deystvii-szhimayushey-staticheskoy-nagruzki/viewer> 8. ДСТУ Б В.2.7-61:2008 Будівельні матеріали. Цегла та камені керамічні рядові і лицьові. Технічні умови. 9. ДСТУ Б В.2.7-105-2000 Будівельні матеріали. Матеріали і виробли будівельні. Метод визначення теплопровідності і термічного опору при стаціонарному тепловому режимі

## REFERENCES

1. Murashko A.V., Kobskyi V.N., Arsyryi A.N. Sravnytelnyi analiz metodov yspitanyi dynamicheskymy zahruzkamuy Visnyk ODABA. Odesa : ODABA, 2014. № 53. S. 258–268. 2. Murashko A.V. Operatyvnaia metodyka rascheta zdanyi na oprokydyvanye ot seismycheskykh vozdeistvyi. Visnyk ODABA. Odesa : ODABA, 2010. № 38. S. 464–467. 3. Murashko A.V. Raschetnoe



soprovozhdenye zhyznennoho tsykla obyektov stroytelstva. Visnyk ODABA. Odesa : ODABA, 2013. № 49. Ch. 1. S. 252–256. **4.** DBN V 1.1–12:2014. Budivnytstvo v seismichnykh raionakh Ukrainy - K.: Minrehion Ukrainy, 2014. – 118 s. **5.** Voloshchuk, V., Murashko, O., & Kriuchkov, K. (2024). Kompleksne urakhuvannya vplyvu otvoriv u stinakh ta typu perekryttiv pry vizualnomu otsiniuvanni seismostiikosti budivel z tsehlianoho muruvannya. Nauka ta budivnytstvo, 38(4) URL: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-4-2023-8> . **6.** Experimental investigations of the masonry fragments to the action of static and dynamic loads URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/eksperimentalnye-issledovaniya-fragmentov-kirpichnoy-kladki-na-deystvie-sticheskoj-i-dinamicheskoy-nagruzki/viewer> **7.** Deformation and fracture of masonry under compressive load URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/deformatsii-i-razrushenie-fragmenta-kamennoy-kladki-pri-kratkovremennom-deystvii-szhimayushey-sticheskoj-nagruzki/viewer> **8.** DSTU B V.2.7-61:2008 Budivelni materialy. Tsehla ta kameni keramichni riadovi i lytsovi. Tekhnichni umovy. **9.** DSTU B V.2.7-105-2000 Budivelni materialy. Materialy i vyroby budivelni. Metod vyznachennia teploprovodnosti i termichnoho oporu pry statsionarnomu teplovomu rezhymi

---

**Murashko O.V.**, Doctor of Engineering Science., Associate Professor,  
**Voloshchuk V.V.**, graduate student, (Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odesa, [alexeymurashko@gmail.com](mailto:alexeymurashko@gmail.com), [vadims9292@gmail.com](mailto:vadims9292@gmail.com))

## **LABORATORY STUDIES OF BRICKWORK WALLS TAKING INTO ACCOUNT THE INFLUENCE OF THE VERTICAL COMPONENT OF SEISMIC IMPACT**

**The article presents the results of the analysis of methods for testing masonry walls for seismic effects. According to the results of the analysis, it is determined that the existing methods of testing masonry wall fragments allow for a fairly accurate determination of the effect of the seismic component, but not all of them have the ability to take into account the vertical component of the seismic load. From all the variety of previously performed studies, the optimal methods for testing masonry wall fragments were selected, and on their basis, the method described in this article was finalized.**

**The work is part of a comprehensive study that includes numerical, laboratory, and research aimed at creating a methodology for certification and visual assessment of seismic resistance (1st and 2nd levels of the methodology for assessing seismic resistance on the example of buildings with load-bearing masonry walls).**



**The purpose of this work was to develop a methodology for testing masonry walls for seismic effects, taking into account not only the horizontal component but also the vertical one.**

**During the study of a masonry wall fragment for seismic effects with regard to the vertical component, the methodology for conducting the experiment was improved. The method of gradual application of the vertical and horizontal parts of the seismic load after loading with a static vertical load was used. This technique allows us to fully determine at what stages deformations occur, where exactly the crack opening begins, and at what degrees of loading. In addition, clock-type indicators were installed at the ends of the wall, which allowed recording the wall's skew from its initial position due to vertical and horizontal impacts.**

**The proposed methodology makes it possible to test wall fragments for seismic effects, taking into account the influence of the vertical component. Tests are carried out in 2 stages: application of vertical static loads and stepwise application of loads arising from seismic impacts. The peculiarity is that not only the horizontal load, but also the corresponding vertical component of the seismic impact will be added in stages**

***Key words:* research, samples, masonry, seismic effects, horizontal load.**

---