

УДК 624.012.2:539.4

**Погрібний Володимир**, к.т.н., с.н.с.,  
ORCID: 0000-0001-7531-2912, e-mail: v.v.pogrebnoy1960@gmail.com  
**Довженко Оксана**, к.т.н., професор,  
ORCID: 0000-0002-2266-2588, e-mail: o.o.dovzhenko@gmail.com  
**Усенко Дмитро**, аспірант,  
ORCID: 0000-0001-7133-0638, e-mail: dcc\_nl\_ne@ukr.net  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

## МІЦНІСТЬ КАМ'ЯНОЇ КЛАДКИ ПРИ ОСЬОВОМУ СТИСНЕННІ

**Анотація.** Одним із першочергових питань при розробленні методики розрахунку кам'яної кладки, котра базується на загальній теоретичній основі, є визначення міцності кладки при стискові. Проаналізовано характер руйнування та величина граничного навантаження дослідних зразків, котрі використовуються для експериментального визначення міцності кладки на стиск. Запропоновані розв'язки задач міцності для характерних випадків руйнування кладки при стискові варіаційним методом у теорії пластичності.

**Ключові слова:** стиск, випробування, міцність, зріз, відрив.

**Pohribnyi Volodymyr**, Phd, Senior Researcher,  
ORCID: 0000-0001-7531-2912, e-mail: v.v.pogrebnoy1960@gmail.com  
**Dovzhenko Oksana**, Phd, Professor,  
ORCID: 0000-0002-2266-2588, e-mail: o.o.dovzhenko@gmail.com  
**Usenko Dmytro**, Phd student,  
ORCID: 0000-0002-0566-9999, e-mail: dcc\_nl\_ne@ukr.net  
National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»

## STRENGTH OF MASONRY UNDER AXIAL COMPRESSION

**Abstract.** One of the primary issues in the development of methods for design the masonry, which is based on a general theoretical basis, is to determine the compressive strength of masonry. The nature of destruction and value of ultimate load of experimental specimens used for experimental determination of compressive strength of masonry are analyzed. Solutions of strength problems for typical cases of destruction of masonry under compression by the variational method in the theory of plasticity are proposed.

**Keywords:** compression, testing, strength, shear, tearing-off.

Кам'яні конструкції мають давню історію, однак поглиблене вивчення їх поведінки відбувається лише останнім часом. Перспективним, із нашої точки зору, являється розроблення методики розрахунку кам'яної кладки, котра б базувалася на загальній теоретичній основі. Для цього необхідно розв'язати питання визначення міцності кладки при стискові. Це можливо зробити шляхом випробування дослідних зразків (стовпів з квадратним і прямокутним поперечним перерізом та пластин) на осьовий стиск. Однак, зараз відсутні єдині вимоги до розмірів контрольних зразків. Міцність при стискові також можна визначити за формулою Л.І. Оніщика, або формулами, котрі базуються на степеневому добутку міцності каменя та розчина, як основних компонентів кладки [1].

В процесі випробування в дослідних зразках першими утворюються вертикальні тріщини в середній за висотою їх частині при навантаженні 0,6 від руйнівного, котрі

перетинають як камінь, так і розчин. Зі збільшенням навантаження спостерігається розвиток перших тріщин, утворення і розповсюдження нових. Руйнування відбувається після появи похилих тріщин у цеглинах верхніх та нижніх рядів з подальшим їх роздробленням. Вигляд стовпчиків після випробування авторами представлений на рис.1, а. Схожа картина тріщоутворення зафіксована при випробуванні призм [1], рис. 1, б: спочатку з'являлися вертикальні тріщини в середині зразка за висотою, потім біля навантажувальних пристроїв – похилі.



Рис. 1 – Характер руйнування дослідних стовпів з поперечним перерізом 250x250 мм і 380x380 мм (а) та призм (б)

Рис. 2, а демонструє етапи випробування цегляних стовпів із керамічних каменів: утворення першої тріщини в середній за висотою зоні елемента, розділення стоппа вертикальними тріщинами, утворення «клина» під штампам, вдавлювання «клина» в тіло стовпчика [2].

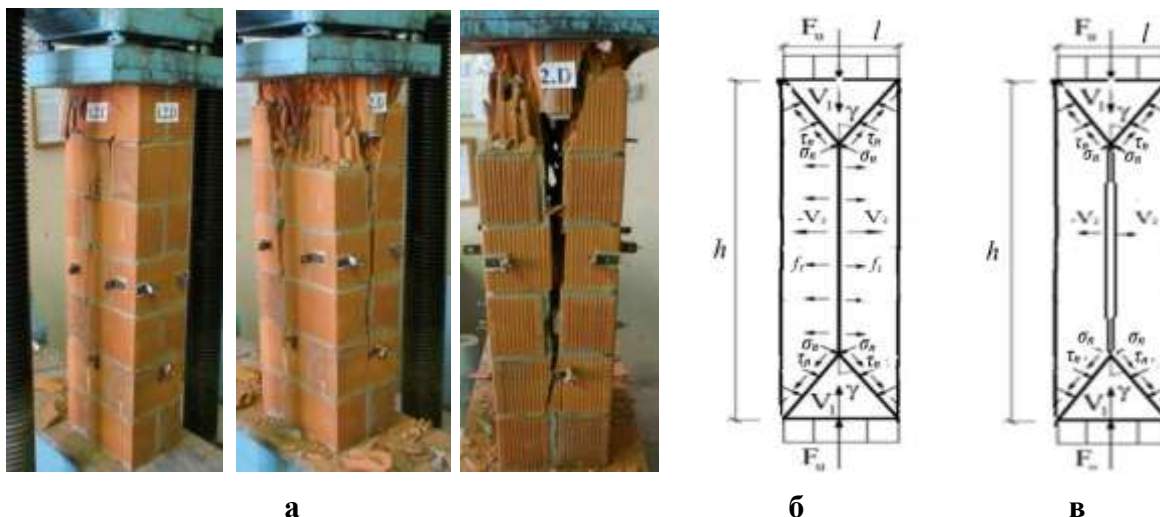


Рис. 2 – Характер руйнування дослідних стовпів при двосторонньому розколюванні (а), кінематично можливі схеми руйнування (б, в)

Часто руйнування крихких матеріалів при стисковій відбувається від зсуву. Зсувні тріщини розповсюджуються практично миттєво та процес носить лавиноподібний характер. Коли зсувна тріщина перетинає весь зразок, обидві його частини починають ковзати одна відносно іншої. На рис. 3, а представлений характер руйнування цегляних простінків при стисковій у вигляді зсуву за похилою площиною.

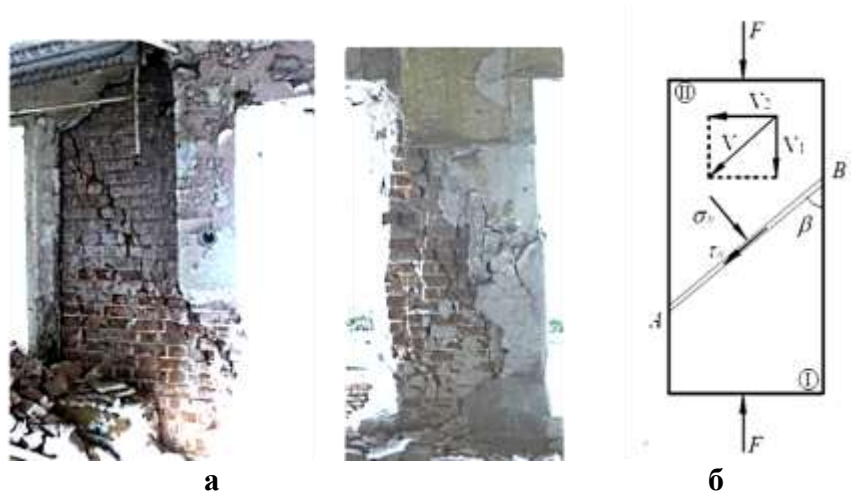


Рис. 3 – Характер руйнування цегляних простінків від зрізу за похилою площиною (а) та кінематично можлива схема (б)

Авторами на основі теорії пластичності розв'язана задача міцності цегляної призми при руйнуванні від зрізу в умовах плоского напруженого стану. Кінематична схема, котра лежить в основі розрахунку, представлена на рис. 3, б. Формула для визначення граничного навантаження має вигляд

$$F_u = m \left[ 2B \sqrt{(k - tg\beta)^2 + 0,25(ktg\beta + 1)^2} - (k - tg\beta) \right] A / tg\beta, \quad (1)$$

тут  $m = f_d - f_t$ ;  $B^2 = (1 + \chi / (1 - \chi)^2) / 3$ ;  $\chi = f_t / f_d$ ;  $k = V_2 / V_1$  – співвідношення швидкостей руху жорстких дисків на кінематичній схемі;  $A$  – площа поперечного перерізу.

У разі двостороннього розколювання стовпів кінематична схема руйнування наведена на рис. 2, б, а формула для визначення граничного навантаження має вигляд

$$\frac{F_u}{mA} = \left[ 2B \sqrt{(k - tg\gamma)^2 + 0,25(ktg\gamma + 1)^2} - (k - tg\gamma) \right] / tg\gamma + \frac{f_t k (atg\gamma - 1)}{tg\gamma m}, \quad (2)$$

де  $\alpha = h / 2l$ . У разі використання передумови про стадійність утворення тріщин схему рис. 2, б можна трансформувати в схему рис. 2, в. При цьому формула (2) перетвориться в (1).

**Висновки.** На основі аналізу характеру руйнування цегляних стовпів і призм, які використовуються для визначення міцності цегляної кладки при стисковій, варіаційним методом у теорії пластичності отримані рішення задач міцності призми при зсувові за однією площиною та за гранями клину ущільнення. Отримані результати співпадають за величиною граничного навантаження. На тепер відсутні вимоги щодо розмірів і форми контрольних зразків для визначення міцності кладки при стиску, що потребує подальших досліджень.

#### Література

1. Thaickavil N. N. Behavior and strength assessment of masonry prisms // N. N. Thaickavil, J. Thomas // Case Studies in Construction Materials. – 2018. – Vol. 8. – P. 23–38.
2. Соколов Б.С. Результаты исследований каменных и армокаменных кладок / Б.С.Соколов, А.Б. Антаков // Вестник МГСУ. – 2014. – № 3. – С. 99–106.