

А.М. Павліков, д.т.н., професор, О.Г. Лаврінець, аспірант, Р.Є. Сальний,  
А.Г. Черненко, П.М. Литвиненко, студенти

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЦЕГЛЯНИХ СТОВПІВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА КОСИЙ СТИСК

*Викладено результати випробування цегляних стовпів на косий стиск. Запропоновано застосування діаграм стану цегляної кладки в їх розрахунках на міцність.*

*Ключові слова: цегляний стовп, косий стиск, діаграма стану цегляної кладки.*

**Постановка проблеми.** Упровадження нормативного документа [1] націлює проєктантів у розрахунках міцності кам'яних та армокам'яних конструкцій елементів будівель і споруд застосовувати нелінійну деформаційну модель, котра повинна базуватися на діаграмах фізичного стану цегляної кладки. Разом з тим нові норми [1] пропонують залежності напружень від деформацій для цегляної кладки при стиску використовувати не тільки нелінійні, але й лінійні, параболічні, параболічно-прямокутні, прямокутні. При цьому необхідних експериментальних даних, котрі б однозначно обґрунтовували можливість реалізувати ту чи іншу пропозицію в інженерних розрахунках, недостатньо, що є проблемою в теорії розрахунків кам'яних та армокам'яних конструкцій. Особливо це відчувається, коли існує необхідність виконати розрахунки складнодеформованих цегляних конструкцій. Норми [1] із цього приводу не наводять конкретних рекомендацій, а ті, що викладені в джерелах [2, 3, 4] та в інших, суперечать даним експериментів.

**Аналіз останніх досліджень і виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, котрим присвячена стаття.** Окремі напрями з подолання зазначеної проблеми щодо створення методів розрахунків міцності кам'яних та армокам'яних елементів будівельних конструкцій при експлуатації їх в умовах складного деформування викладені в роботах [2, 3, 4]. Але зазначені напрями не ґрунтуються на сучасній методиці застосування нелінійної деформаційної моделі. Конкретні пропозиції, деталізовані до рівня застосування в інженерній практиці розрахунків міцності складнодеформованих елементів із залізобетону з використанням нелінійної деформаційної моделі, наведені в працях [5, 6] та ін. Аналіз цих пропозицій показує, що їх з успіхом можна використовувати в розрахунках міцності й складнодеформованих кам'яних та армокам'яних конструкцій за умови, що значення критичних деформацій кам'яної кладки  $\epsilon_{cr}$  на діаграмі її фізичного стану при стиску повинні бути відомі. А це означає, що їх слід отримати з експериментів [7, 8]. У свою чергу наявність діаграми зробить можливим розрахунок граничних значень деформацій  $\epsilon_{cu}$  з використанням математично обґрунтованого критерію міцності, що є актуальною задачею [7].

**Формулювання цілей статті.** Отримати експериментальні критичні значення деформацій  $\epsilon_{cr}$  кам'яної кладки з метою розроблення надалі методу розрахунку міцності косостиснутих кам'яних та армокам'яних конструкцій на основі нелінійної деформаційної моделі.

**Виклад основного матеріалу.** Для розв'язання поставленої задачі були проведені експериментальні дослідження зразків цегляних стовпів з поперечним розміром 380×380 мм та висотою 14 рядів цегли на косе стискання. Випробування стовпів здійснювалось за допомогою преса ПММ–500 (рисунок 1). Для вимірювання деформацій цегляної кладки стовпів застосовувались індикатори годинникового типу

T1 – T8 із ціною поділки 0,01 мм, розташовані як уздовж кожного ребра зразків стовпчиків, так і посередині кожної їх грані (рисунок 3).



Рисунок 1 – Зразок С.3-1 цегляного стовпа в пресі ПММ–500 для випробування та його вигляд при руйнуванні вздовж ребра в місці розташування індикатора И-2

Завантаження цегляного стовпа здійснювалося з постійною швидкістю прикладання навантаження з кроком 20 кН. У процесі завантаження за показаннями кожного з індикаторів до журналу випробувань заносилися значення деформацій (таблиці 1, 2) і фіксувалося положення нейтральної лінії (рисунок 2). Показання кожного з індикаторів заносилися до журналу для кожного ступеня навантаження в момент його прикладання та після витримування цегляного стовпа під навантаженням протягом 10 хвилин.

Найбільш напруженим у зразкові С.3-1, як свідчать дані таблиць 1 і 2 та побудовані графіки  $N-\epsilon$  деформування цегляної кладки під час випробувань (рисунок 2, 3), було ребро стовпа в місці встановленого індикатора Т2. А на ділянках, де були установлені індикатори И4 та И7, приросту деформацій не спостерігалось, що дало можливість зафіксувати положення нейтральної лінії та визначити форму стиснутої частини перерізу стовпа у вигляді прямокутної трапеції. Аналогічна картина спостерігалась у процесі випробування зразка С.4-1.

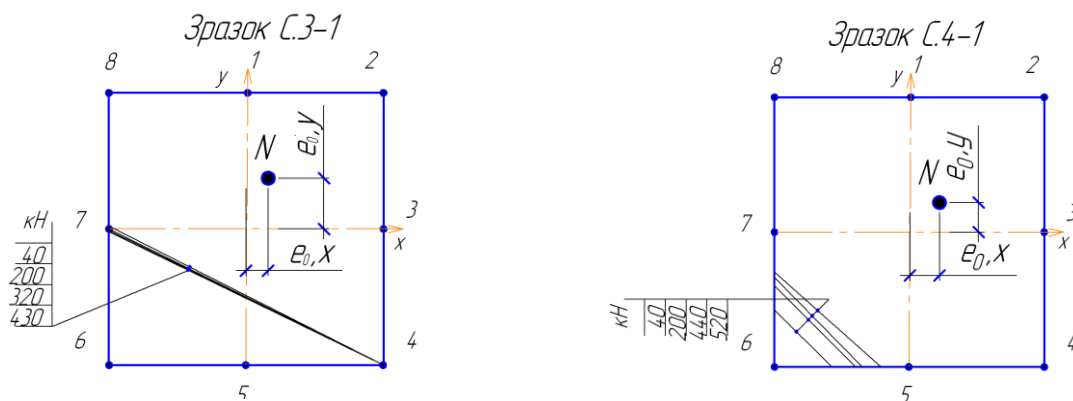
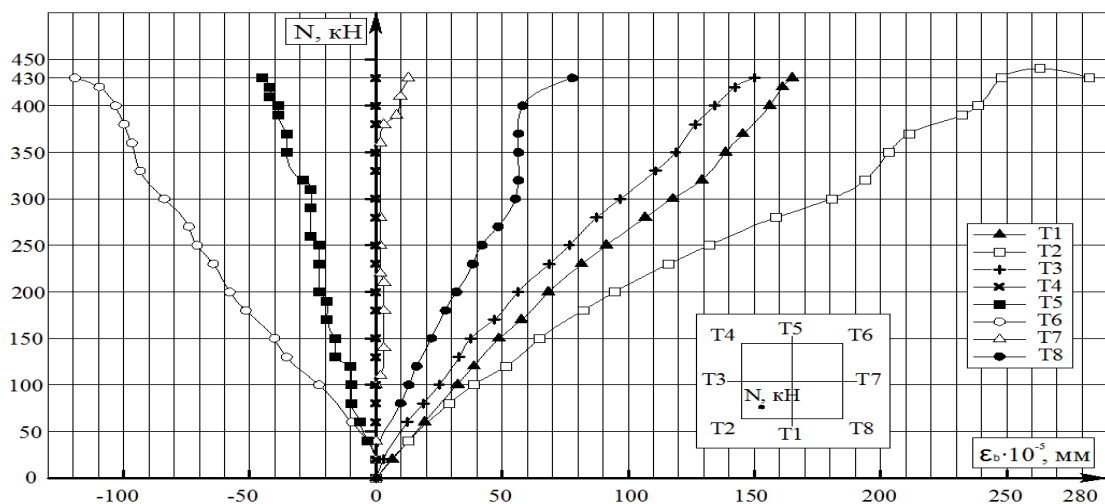


Рисунок 2 – Зміна положення нейтральної лінії в поперечних перерізах зразків С.3-1 та С.4-1 цегляних стовпів у процесі завантаження

**Таблиця 1 – Значення відносних деформацій цегляної кладки в поперечному перерізі зразка цегляного стовпчика С.3-1**

№ з/П	Навантаження, кН	Номери індикаторів на перерізі стовпчика							
		1	2	3	4	5	6	7	8
		Відносні деформації $\varepsilon_b \times 10^{-3}$ цегляної кладки в місцях розташування індикаторів Т1 – Т8							
1	40	0,097	0,129	0,063	0,000	-0,032	-0,032	0,000	0,032
2	80	0,258	0,323	1,281	0,000	-0,097	-0,161	0,000	0,097
3	120	0,387	0,516	0,297	0,000	-0,103	-0,323	0,194	0,161
4	160	0,532	0,710	0,422	0,000	-0,177	-0,452	0,032	0,229
5	200	0,684	0,945	0,563	0,000	-0,226	-0,581	0,032	0,319
6	240	0,871	1,255	0,719	0,000	-0,226	-0,677	0,016	0,403
7	280	1,068	1,584	0,875	0,000	-0,258	-0,774	0,016	0,519
8	320	1,290	1,939	1,063	0,000	-0,290	-0,903	-0,065	0,565
9	360	1,426	2,065	1,203	0,000	-0,355	-0,968	0,016	0,565
10	400	1,561	2,387	1,344	0,000	-0,387	-1,032	0,097	0,581
11	410	1,584	2,448	1,375	0,000	-0,419	-1,065	0,097	0,681
12	420	1,610	2,513	1,422	0,000	-0,419	-1,097	0,129	0,713
13	430	1,648	2,545	1,500	0,000	-0,452	-1,194	-0,194	0,777
14	440	1,745	2,632	1,617	0,000	-0,513	-1,240	-0,240	0,895
15	430	1,931	2,828	1,720	0,000	-0,568	-1,298	-0,265	0,945



*Рисунок 3 – Графіки відносних деформацій цегляної кладки в поперечному перерізі стовпа С.3-1*

**Таблиця 2 – Значення відносних деформацій цегляної кладки в поперечному перерізі зразка цегляного стовпчика С.4-1**

№ з/п	Навантаження, кН	Номери індикаторів на перерізі стовпчика							
		1	2	3	4	5	6	7	8
		Відносні деформації $\varepsilon_b \times 10^{-3}$ цегляної кладки в місцях розташування індикаторів Т1 – Т8							
1	40	0,023	0,045	0,097	0,061	0,035	-0,026	0,039	0,000
2	80	0,106	0,142	0,200	0,297	0,065	-0,052	0,061	0,048
3	120	0,203	0,258	0,323	0,394	0,084	-0,077	0,071	0,097
4	160	0,313	0,416	0,474	0,503	0,100	-0,116	0,097	0,158
5	200	0,452	0,590	0,613	0,606	0,129	-0,145	0,106	0,229
6	240	0,600	0,761	0,774	0,713	0,132	-0,177	0,132	0,319
7	280	0,752	0,945	0,919	0,826	0,158	-0,203	0,158	0,410
8	320	0,923	1,161	1,087	0,939	0,165	-0,213	0,190	0,503
9	360	1,087	1,387	1,226	1,065	0,181	-0,239	0,219	0,606
10	400	1,277	1,574	1,352	1,158	0,194	-0,271	0,229	0,735
11	420	1,390	1,684	1,413	1,255	0,197	-0,284	0,235	0,735
12	440	1,487	1,784	1,477	1,319	0,200	-0,306	0,258	0,771
13	460	1,635	1,910	1,574	1,452	0,197	-0,310	0,274	0,803
14	480	1,739	2,019	1,626	1,552	0,174	-0,342	0,290	0,800
15	500	1,829	2,081	1,616	1,632	0,100	-0,465	0,258	0,839
16	510	1,961	2,184	1,703	1,677	0,118	-0,629	0,271	0,881
17	520	2,103	2,269	1,854	1,712	0,132	-0,643	0,314	0,931
18	490	2,314	2,421	1,913	1,803	0,153	-0,674	0,352	1,122

Руйнівне значення навантаження для прийнятої схеми випробування цегляних стовпчиків на косе стискання складо: в зразкові С.4-1 – 520 кН при відносних деформаціях кладки  $\varepsilon_{cu} = 2,269\%$ , а в зразкові С.3-1 – 440 кН при відносних деформаціях кладки  $\varepsilon_{cu} = 2,639\%$ . Руйнування супроводжувалося відколюванням пластиноподібних частин кладки в найбільш напруженому ребрі (рисунок 1).

**Висновки.** Використана методика експериментальних досліджень цегляних зразків стовпчиків на косе стискання дозволяє отримувати граничні значення  $\varepsilon_{cu}$  деформацій кам'яної кладки при її руйнуванні. Результати експериментальних досліджень свідчать, що для розрахунків косостиснутих елементів із цегляної кладки слід розробити таку методику, яка б урахувала дійсну форму стиснутої зони, а не приймалась би прямокутною, як це рекомендується на сьогодні.

#### Література

1. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-162:2010. – [Чинні від 2011-09-01]. – К.: ДП Укрархбудінформ, 2011. – 97 с.
2. Каменные и армокаменные конструкции. Нормы проектирования: СНиП II-22-81. – [Чинні від 1983-01-01, відмінні від 2011-09-01]. – М.: Госстрой СССР, Стройиздат, 1983. – 40 с.
3. Вахненко, П.Ф. Каменные и армокаменные конструкции / П.Ф. Вахненко. – К.: Будівельник, 1990. – 184 с.
4. Еременок, П.Л. Каменные и армокаменные конструкции / П.Л. Еременок. – К.: Вища школа, 1981. – 224 с.
5. Павліков, А.М. Нелінійна модель напружено-деформованого стану косо завантажених залізобетонних елементів у закритичній стадії : монографія / А.М. Павліков. – Полтава: ПолтНТУ, 2007. – 259 с.

6. Митрофанов, В.П. Экстремальный критерий прочности железобетонных элементов у деформационной модели / В.П. Митрофанов, А.М. Павликов // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – К.: НДІБК, 2005. – Вип. 62. – Т.1. – С. 205 – 213.

7. Бамбура, А.М. К построению деформационной теории железобетона стержневых систем на экспериментальной основе / А.М. Бамбура, А.Б. Гурковкий // Будівельні конструкції. – К.: Будівельник, 2003. Вип. 59. – С. 121–130.

8. Роговой, С.И. О некоторых особенностях оценки предельных деформаций каменной кладки / С.И. Роговой, В.В. Пипенко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: збірник наукових праць. – Вип. 14. – Рівне: НУВГП, 2006. – С. 302 – 309.

Надійшла до редакції 02.12. 2011

© А.М. Павликов, О.Г. Лаврінець, Р.С. Сальний,  
А.Г. Черненко, П.М. Литвиненко

**А.Н. Павликов, д.т.н., профессор, О.Г. Лавринец, аспирант, Р.Е. Сальний,  
А.Г. Черненко, П.М. Литвиненко, студенты**

*Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка*

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ КИРПИЧНЫХ СТОЛБОВ, РАБОТАЮЩИХ НА КОСОЕ СЖАТИЕ**

*Изложены результаты испытания кирпичных столбов на косое сжатие. Предложено применение диаграмм состояния кирпичной кладки в их расчетах на прочность.*

**Ключевые слова:** кирпичный столб, косое сжатие, диаграмма состояния кирпичной кладки.

**A.M. Pavlikov, D.Sc. in engineering, O.G. Lavrinets, post graduate student,  
R.Y. Salnyi, A.G. Chernenko, P.M. Lytvynenko, students**

*Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk*

## **THE RESULTS OF EXPERIMENTS OF BRICK COLUMNS THAT WORK ON SLANTING COMPRESSION**

*There are results of slanting compressive test of brick columns. It has been proposed to use of the diagram of condition of a bricklaying in their calculations for strength.*

**Key words:** brick column, slanting compression, the diagram of a condition of a bricklaying.