

**Міністерство освіти і науки України**  
**Національний університет**  
**«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»**

**А.М. Павліков**  
**О.В. Гарькава**

**КАМ'ЯНІ**  
**ТА АРМОКАМ'ЯНІ**  
**КОНСТРУКЦІЇ.**  
**ПРАКТИЧНІ ЗАДАЧІ**

**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК**

ПОЛТАВА

2022

УДК 693.827(075)

П12

**Рецензенти:**

**Кочкаръов Д.В.** – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри міського будівництва та господарства Національного університету водного господарства та природокористування.

**Микитенко С.М.** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри будівельних конструкцій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

**Відповідальний за випуск** – А.М. Павліков, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри будівельних конструкцій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

*Затверджено науково-методичною радою навчально-наукового інституту архітектури, будівництва та землеустрою Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» до видання як посібник для студентів закладів вищої освіти, протокол № 3 від 27 червня 2022 р.*

**Павліков А.М., Гарькава О.В.**

**П12 Кам'яні та армокам'яні конструкції. Практичні задачі:** Навчальний посібник / А.М. Павліков, О.В. Гарькава. – Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2022. – 277 с.

**ISBN 978-966-616-187-4**

Посібник присвячено сучасним методам розрахунку та конструювання кам'яних та армокам'яних конструкцій. Принципи проектування кам'яних та армокам'яних конструкцій подано відповідно до вимог нормативних документів станом на 01.01.2022 р. Посібник призначений для студентів, які навчаються за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» для здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр» за всіма формами навчання. Також посібник буде корисним викладачам, інженерно-технічним працівникам, науковцям, аспірантам.

Матеріал посібника викладено в авторській редакції.

**УДК 693.827(075)**

**П12**

**ISBN 978-966-616-187-4**

©Павліков А.М., 2022

©Гарькава О.В., 2022

©Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2022

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| ПЕРЕДМОВА .....  | 7  |
| УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ.....   | 13 |
| ЗАСТОСОВАНІ ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ .....  | 20 |
| 1 КАМ'ЯНА КЛАДКА ТА ЇЇ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ.....   | 28 |
| 1.1    Загальні поняття, матеріали для кам'яної кладки.....  | 28 |
| 1.1.1    Основні характеристики та вимоги до елементів кам'яної<br>кладки.....                         | 31 |
| 1.1.2    Основні характеристики та вимоги до будівельного<br>розчину.....                              | 32 |
| 1.2    Міцнісні характеристики кам'яної кладки.....  | 33 |
| 1.2.1    Вплив на міцність кам'яної кладки технологічних<br>чинників.....                              | 35 |
| 1.2.2    Залежність міцності кладки від міцності каменів та<br>розчину.....                            | 37 |
| 1.2.3    Міцність кладки при стисканні.....  | 38 |
| 1.2.4    Міцність кладки при розтягові та зсувові.....   | 43 |
| 1.3    Деформаційні властивості кам'яної кладки.....   | 47 |
| 1.4    Повзучість, усадка і температурні деформації кладки.....  | 52 |
| 2 РОЗРАХУНОК І КОНСТРУЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КАМ'ЯНИХ<br>КОНСТРУКЦІЙ ЗА ГРАНИЧНИМИ СТАНАМИ ПЕРШОЇ ГРУПИ..... | 54 |
| 2.1    Центрально стиснуті елементи.....   | 54 |
| 2.2    Позацентрово стиснуті елементи.....   | 60 |
| 2.2.1    Передумови розрахунку.....  | 60 |
| 2.2.2    Розрахункові перерізи.....  | 62 |
| 2.2.3    Розрахункова висота конструкції.....  | 65 |
| 2.2.4    Ефективна товщина стін.....   | 70 |
| 2.3    Елементи, що зазнають місцевого стискання .....   | 80 |

|  |   |     |
|--|---|-----|
| 2.4  | Елементи, що зазнають згинання, зрізування та розтягу.....  | 86  |
| <b>3 ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ АРМОКАМ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ</b>   |   |     |
| <b>ЗА ГРАНИЧНИМИ СТАНАМИ ПЕРШОЇ ГРУПИ .....</b>  |   |     |
|  |   | 92  |
| 3.1  | Загальні положення розрахунку .....   | 92  |
| 3.2  | Елементи із сітчастим армуванням.....   | 93  |
| 3.2.1  | Конструктивні особливості елементів із сітчастим армуванням   | 93  |
| 3.2.2  | Розрахунок несучої здатності елементів із сітчастим армуванням при центральному стиску.....                                   | 96  |
| 3.2.3  | Розрахунок несучої здатності елементів із сітчастим армуванням при позацентровому стиску.....                                 | 102 |
| 3.3  | Елементи із поздовжнім армуванням.....  | 113 |
| 3.3.1  | Конструктивні особливості елементів із поздовжньою арматурою.....   | 113 |
| 3.3.2  | Розрахунок несучої здатності елементів із поздовжнім армуванням при центральному стиску.....                                  | 116 |
| 3.3.3  | Розрахунок несучої здатності елементів із поздовжнім армуванням при позацентровому стиску.....                                | 118 |
| 3.3.4  | Розрахунок несучої здатності елементів із поздовжнім армуванням при згинанні.....   | 126 |
| 3.4  | Розрахунок несучої здатності елементів, підсилених обоймою.....   | 129 |
| <b>4 РОЗРАХУНОК КАМ'ЯНИХ ТА АРМОКАМ'ЯНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗА ГРАНИЧНИМИ СТАНАМИ ДРУГОЇ ГРУПИ (ЗА ПРИДАТНІСТЮ ДО НОРМАЛЬНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ).....</b> |   |     |
|  |   | 135 |
| 4.1  | Розрахунок неармованих кам'яних елементів за граничними станами другої групи (за придатністю до нормальної експлуатації)..... | 136 |

|  |   |     |
|--|---|-----|
| 4.2  | Розрахунок армованих кам'яних елементів за граничними станами другої групи (за придатністю до нормальної експлуатації)..... | 139 |
| 5 КОНСТРУКТИВНІ СИСТЕМИ БУДІВЕЛЬ З КАМЕНЮ.....                     |   | 144 |
| 5.1  | Загальні поняття про конструктивні системи будівель з каменю .....  | 144 |
| 5.2  | Правила попереднього призначення товщини стін.....  | 145 |
| 5.3  | Будівлі із жорсткою конструктивною системою .....   | 146 |
| 5.3.1  | Розрахунок стін будівель із жорсткою конструктивною системою.....   | 147 |
| 5.4  | Будівлі із пружною конструктивною системою .....  | 177 |
| 5.4.1  | Розрахунок поперечних рам будівель із пружною конструктивною системою.....  | 179 |
| 6 РОЗРАХУНОК І КОНСТРУЮВАННЯ ОКРЕМИХ ЧАСТИН КАМ'ЯНИХ БУДІВЕЛЬ..... |   | 189 |
| 6.1  | Фундаменти та стіни підвалів.....   | 189 |
| 6.1.1  | Розрахунок міцності стін підвалів.....  | 192 |
| 6.2  | Висячі стіни та конструкції, що їх підтримують.....   | 198 |
| 6.3  | Вузли обпирання будівельних конструкцій на стіни.....   | 204 |
| 6.4  | Перемички.....  | 215 |
| 6.5  | Карнизи.....  | 221 |
| 6.6  | Деформаційні шви.....   | 226 |
| 7 ОСОБЛИВОСТІ ЗВЕДЕННЯ КАМ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ ВЗИМКУ... ..           |   | 234 |
| 7.1  | Загальні положення .....  | 234 |
| 7.2  | Кладка стін на розчинах з хімічними добавками.....  | 237 |
| 7.3  | Кладка кам'яних конструкцій методом заморожування.....  | 243 |
| 7.4  | Кладка кам'яних конструкцій методом заморожування із прогріванням.....  | 254 |

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....             | 266 |
| ДОДАТОК А                          |     |
| РОЗРАХУНКОВІ ЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИН..... | 269 |

## ПЕРЕДМОВА

Кам'яні та армокам'яні конструкції широко та ефективно застосовуються в практиці будівництва при зведенні будівель, споруд та їх частин.

Будівельні об'єкти з каменю почали зводити понад декілька тисячоліть тому. Ще в кам'яному віці в простих спорудах – дольменах – застосувались великі природні кам'яні брили та плити. Пізніше з каменю почали будувати оборонні стіни, фортифікаційні та інші споруди. За свідченнями грецького історика Геродота при першому єгипетському цареві Менесі із застосуванням каменю на річці Ніл, з метою зміни напрямку її русла, було побудовано іригаційну споруду – греблю (3890 рр. до н. е.). Також були побудовані гробниці єгипетських знатних вельмож та царів – піраміди, викладених з обтесаних каменів великого розміру. Пізніше (2720 – 2560 рр. до н. е.) на території Мемфісу було зведено три значних за розмірами піраміди Хеопса: їх висота сягала 140 м, довжина сторони основи становила 215 м, а загальний об'єм кам'яної кладки складав 2,6 млн. м<sup>3</sup>. У той час за будівельний матеріал у будівництві споруд та будівель переважно слугували кам'яні плити та блоки, а в окремих випадках – піщаник та сирцева цегла (наприклад, у піраміді в Дашурі).

Згадка про застосування будівельного матеріалу у вигляді цегли близько 2000 р. до нашої ери наведена в Старому Заповіті (Буття 11.3) в оповіді про зведення Вавилонської вежі «І сказали вони один одному: „Ану, наробімо цегли, і добре її випалімо!“ І сталася цегла для них замість каменю, а смола земляна була їм за вапно». Про давніше застосування цегли також свідчить біблійна Книга пророка Єзекіїля у вірші 4.1: «А ти, сину людський, візьми собі цеглину, і поклади перед собою, і накреслиш на ній місто – Єрусалим.

У Вавілонії майже 2900 років тому назад було споруджено башти (зіккурати) висотою до 90 м в поселеннях народів Шумера та Аккади. Ці башти викладені із застосуванням сирцевої цегли (блоків). Розчином для кладки слугували зола, асфальт (гірська смола) та рідка глина. У цей історичний період, особливо в період царювання Хаммурапі (1792 – 1750 рр. до н. е.), з каменю та цегли було зведено багато монументальних палаців, храмів, а також оборонних споруд та іригаційних систем. Пізніше, за правління царя Навуходоносора II (604 – 551 рр. до н. е.), обпалена цегла була застосована при зведенні храму бога Мардука, палацу Навуходоносора, древнього зіккурату Етеменанки, воріт богині Іштар та інших будівель і споруд.

У Єгипті, Південній Америці, на Близькому Сході, в Китаї і в Європі камінь, як будівельний матеріал, почали використовувати близько 3000 років до н. е. Спочатку він мав вигляд необробленого каменю, а потім, з вдосконаленням знарядь праці, почали витесувати з кам'яних порід великі прямокутної форми блоки, котрі вкладали один на одного. Будували з каменю будинки, храми, акведуки, мости, гробниці. Багато які з тих кам'яних будівель та споруд збереглися до тепер.

У країнах з жарким сухим кліматом широко застосовували штучні отесані до необхідних розмірів блоки із глини-сирцю, що пізніше призвело до створення сирцевої та обпаленої цегли. Будівлі та споруди із таких матеріалів у Вавилоні та Єгипті почали зводити понад 4 тисячі років тому назад.

Природний камінь, цегла-сирець та обпалена цегла були основним матеріалом для будівництва житла і окремих споруд у Древньому Римі, Древній Греції і в Західній Європі в середні віки.

Прикладами широкого застосування цегляної кладки можуть служити багато унікальних конструкцій. Серед них зведений за проектом архітектора Філіппо Брунеллескі легкий 8-гранний купол з цегли над кафедральним



собором міста Флоренції (1420—1436 рр.) Також привертає до себе увагу шатро базиліки Святого Петра у Ватикані (Рим), яке є найбільшою цегляною надбудовою у світі і складається зі зв'язаних між собою двох склепінь. Прохід між двома стінами-склепіннями є непротим і має сходини, рухаючись по яких можна добре спостерігати всю складність цієї конструкції. Внутрішня висота шатра становить 119 м, а внутрішній його діаметр – 42 м. Цегляна кладка також застосована і в Соборі Святого Павла (1708 р.) – однієї із самих значних пам'яток Лондона. Купол цього Собору багато в чому повторює купол базиліки Святого Петра в Римі.

Армокам'яні конструкції вперше застосували в Грузії в XI столітті при спорудженні в Мцхеті собору Свети-Цховелі. А в XVI столітті армокам'яні конструкції застосували в пологих склепіннях при будівництві храму Василя Блаженного в Москві на Червоній площі. В той час за арматуру для сприймання зусиль розтягу в армокам'яних конструкціях слугували сталеві стержні.

На початку XIX століття армовану цегляну кладку почали застосовувати в Англії для спорудження двох шахт Лондонського метрополітену під Темзою та димової заводської труби.

Природний камінь та цегла були найбільш розповсюдженим будівельним матеріалом для всіх видів будівництва в роки перших п'ятирічок у СРСР та в роки Великої Вітчизняної війни. Пізніше тут почали застосовувати ефективніші за теплотехнічними властивостями і економічними показниками штучно створені порожнисті бетонні камені, керамічні камені, керамічна цегла, крупні цегляні, бетонні та природного походження блоки.

До XIX століття об'єми зведення будівель та споруд з цегли зростали але технологія її виробництва залишалася примітивною і трудомісткою: цеглу формували вручну, сушили влітку, а потім випалювали в тимчасових черневих печах, влаштованих з висушеної цегли-сирцю. В середині XIX

століття було створено кільцеву випалювальну піч, а також стрічковий прес. У кінці XIX століття для прискорення виготовлення цегли почали застосовувати сушарки і механізми з обробними пристроями: глином'ялками, бігунами, вальцями. Тепер понад 80 % всієї цегли виробляється підприємства безперервно протягом усього року. Серед них є високо механізовані заводи продуктивністю понад 200 млн. шт. цегли на рік.

Досвід світової практики зведення будівельних об'єктів свідчить, що застосування в будівництві кам'яної та армокам'яної кладки має ще значний потенціал, обумовлений високими технічними та економічними її перевагами: значна довговічність, достатньо висока міцність; високий рівень вогнестійкості; можливість використовувати місцеві матеріали та надавати конструкціям різноманітних архітектурних форм; помірність експлуатаційних витрат. Разом з тим зведенню кам'яних конструкцій притаманні певні недоліки: висока трудомісткість робіт при виконанні кладки; недостатній рівень теплостійкості; деякі труднощі виконання кладки в зимовий час; поки що низький рівень запровадження індустріальних методів виконання кам'яних конструкцій.

Кам'яна та армокам'яна кладка часто застосовується при виконанні робіт з перепрофілювання, реконструкції і капітального ремонту будівель і споруд. Сучасний етап будівництва будівель характеризується розширенням застосування кам'яної кладки в індивідуальних проектах, застосування кам'яних та армокам'яних конструкцій набуває нового розвитку.

Накопичений досвід реконструювання будівельних об'єктів, а також їх проектування і нове будівництво показали, що і тепер важливим залишається науковий напрям з удосконалення методів розрахунків кам'яної та армокам'яної кладки, які б дозволяли точніше на практиці оцінювати вагомість впливу різних факторів на експлуатаційні якості кам'яних та армокам'яних конструкцій. У цьому аспекті багато чого

зроблено: накопичено значний об'єм результатів експериментально-теоретичних досліджень; впроваджується в розрахунки міцності кам'яних конструкцій метод на основі діаграм деформування кладки « $\sigma_k - \varepsilon_k$ »; вітчизняна нормативна база з проектування будівельних конструкцій, будівель і споруд з кам'яної кладки адаптована вимог Єврокодів.

Значний вклад у розвиток кам'яних та армокам'яних конструкцій внесли такі відомі вчені як М.А. Белелюбський, М.К. Лахтін, Л.Д. Проскуряков, Ф.С. Ясинський, М.М. Аістов, М.М. Попов, Н.М. Орлякін та інші. Вагомий внесок в дослідженнях кам'яних та армокам'яних конструкцій належить і українським ученим, серед яких П.Л. Єременок, І.П. Єременок, П.Ф. Вахненко, С.В. Макаров, М.М. Губій, Є.В. Клименко, Л.І. Оніщик та інші. Значні за обсягом роботи експериментально-теоретичного характеру кам'яних та армокам'яних конструкцій проведені в Державному науково-дослідному інституті будівельних конструкцій (м. Київ).

У цьому посібнику викладені питання щодо фізико-механічних характеристик кам'яної та армокам'яної кладки з урахуванням основних положень Єврокодів, наведені приклади розв'язання найбільш розповсюджених задач у галузі зведення конструкцій з цього будівельного матеріалу.

У написанні посібника відображено вимоги нормативних документів [1 – 10] та пропозиції закордонного досвіду [11 – 16] з проектування кам'яних та армокам'яних конструкцій, показано, яким чином в конкретних ситуаціях (на прикладах) слід застосовувати положення сучасних державних будівельних норм, а також відображено їх схожість і відмінність з відміненими нормами [17], особливо – в розв'язанні задач. Такий підхід викладення матеріалів у посібнику суттєво сприяє засвоєнню до використання державних будівельних норм у практиці сучасного будівництва.

У посібнику наведено багато прикладів застосування методів розрахунку будівельних конструкцій із кам'яної кладки в практиці їх проектування та експлуатації.

При складанні посібника використані матеріали, які містяться в чинних нормативних документах, а також у інших опублікованих роботах: підручниках, посібниках, монографіях, статтях [1 – 17].

Передмова, розділи 1 – 7 та приклади 1.1 – 2.3, 7.1 – 7.3 підготовані Павліковим А.М., практичні приклади 2.4 – 6.1 розроблені Гарькавою О.В.

## УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

| Умовне позначення | Тлумачення умовного позначення |
|-------------------|--------------------------------|
|-------------------|--------------------------------|

### Силові характеристики

|             |  |
|-------------|--|
| $F_{Ed}$    | — Розрахункове значення зовнішньої сили  |
| $M$         | — Згинальний момент  |
| $M_{Ed}$    | — Розрахункове значення згинального моменту  |
| $M_{Rd}$    | — Розрахункове значення згинального моменту, який сприймає елемент кладки при руйнуванні                   |
| $M_{w,ult}$ | — Розрахункове значення згинального моменту, який сприймає елемент кладки при утворенні нормальної тріщини |
| $M_{id}$    | — Розрахункове значення згинального моменту, який діє на рівні низу або верху стіни                        |
| $M_{md}$    | — Розрахункове значення згинального моменту, який діє на рівні середини стіни                              |
| $M_{Edf}$   | — Розрахункове значення згинального моменту, який діє під перекриттям                                      |
| $M_{Edu}$   | — Розрахункове значення згинального моменту, який діє над перекриттям                                      |
| $N$         | — Поздовжня сила, зовнішня сила  |
| $N_{Edc}$   | — Розрахункове значення вертикального зосередженого навантаження   |
| $N_{Ed}$    | — Розрахункове значення поздовжньої сили   |

- $N_{Rd}$  — Розрахункове значення поздовжньої сили, яку сприймає елемент кладки при руйнуванні
- $N_{Edf}$  — Розрахункове значення поздовжньої сили під перекриттям
- $N_{Edu}$  — Розрахункове значення поздовжньої сили над перекриттям
- $N_{ad}$  — Максимальне розрахункове значення розпору арки на одиницю висоти стіни
- $N_b$  — Поздовжня сила, прикладена з ексцентриситетом у площині меншої жорсткості
- $N_h$  — Поздовжня сила, прикладена з ексцентриситетом у площині більшої жорсткості
- $N_{id}$  — Поздовжня сила, прикладена на рівні низу або верху стіни (колони)
- $N_{md}$  — Поздовжня сила, прикладена на рівні середини стіни (колони)
- $V$  — Поперечна сила
- $V_{Ed}$  — Розрахункове значення поперечної сили
- $V_{Rd}$  — Розрахункове значення поперечної сили при руйнуванні елемента кладки
- $\omega_i$  — Розрахункове значення інтенсивності рівномірно розподіленого навантаження
- $W_{Ed}$  — Розрахункове значення поперечного навантаження на одиницю площі

### **Характеристики опору матеріалів**

- $f_{ck,cube}$  — Характеристичне значення міцності бетону на стиск за результатами випробування еталонних кубів у віці 28 діб

- $f_{cm,cube}$  — Середнє значення міцності бетону на стиск за результатами випробування еталонних кубів у віці 28 діб
- $f_{ck,prism}$  — Характеристичне значення міцності бетону на стиск за результатами випробування еталонних призм у віці 28 діб
- $f_{cd}$  — Розрахункове значення міцності бетону на стиск
- $f_{ck}$  — Характеристичне значення міцності бетону на стиск
- $f_{ctk}$  — Характеристичне значення міцності бетону на осьовий розтяг
- $f_{ctd}$  — Розрахункове значення міцності бетону на осьовий розтяг
- $f_{ctm}$  — Середнє значення міцності бетону на осьовий розтяг
- $f_{cvk}$  — Характеристичне значення міцності бетону на зсув
- $f_{yk}$  — Характеристичне значення міцності арматури на межі текучості
- $f_{yd}$  — Розрахункове значення міцності арматури на межі текучості
- $f_y$  — Значення міцності арматури на межі текучості
- $f_{ywd}$  — Розрахункове значення міцності поперечної арматури
- $f_b$  — Характеристичне значення міцності каменю кладки на стиск
- $f_m$  — Характеристичне значення міцності розчину кладки на стиск
- $f_k$  — Характеристичне значення міцності кладки на стиск
- $f_d$  — Розрахункове значення міцності кладки на стиск
- $f_{vk}$  — Характеристичне значення міцності кладки на зсув
- $f_{vk0}$  — Характеристичне значення початкової міцності кладки на зсув при відсутності навантаження стиску
- $f_{vd}$  — Розрахункове значення міцності кладки на зсув

## Напруження у матеріалах

- $\sigma_d$  — Розрахункове значення напруження стиску в кладці
- $\sigma_k$  — Напруження стиску в кладці
- $\sigma_s$  — Напруження розтягу в арматурі
- $\sigma_{sc}$  — Напруження стиску в арматурі

## Деформаційні характеристики

- $E$  — Короткочасний січний модуль пружності кладки
- $E_{long\ term}$  — Довготривалий модуль пружності кладки
- $E_n$  — Модуль пружності елемента кладки  $n$
- $E_s$  — Розрахункове значення модуля пружності арматурної сталі
- $\varepsilon_m$  — Відносні деформації стиснутої фібри кладки
- $\varepsilon_{m1}$  — Значення відносних деформацій стиснутої кладки, які відповідають міцності  $f$  кладки на діаграмі стану кладки
- $\varepsilon_{mu}$  — Значення граничних відносних деформацій стиснутої фібри кладки
- $G$  — Модуль зсуву кам'яної кладки

## Геометричні параметри

- $A$  — Площа бруто завантаженого горизонтального перерізу стіни
- $A_{ef}$  — Ефективна площа опори
- $A_s$  — Площа поперечного перерізу розтягнутої арматури



|            |   |  |
|------------|---|--|
| $A_{sc}$   | — | Площа поперечного перерізу стиснутої арматури  |
| $A_{sw}$   | — | Площа поперечного перерізу поперечної арматури   |
| $a_l$      | — | Відстань від навантаженої ділянки до найближчого краю стіни                                |
| $b, t$     | — | Ширина поперечного перерізу  |
| $b_{eff}$  | — | Ефективна ширина   |
| $b_f$      | — | Ширина полицки елемента таврового профілю  |
| $c_{nom}$  | — | Номінальне значення товщини захисного шару з бетону  |
| $d$        | — | Робоча висота перерізу, ефективна висота балки   |
| $e_c$      | — | Додатковий ексцентриситет  |
| $e_{he}$   | — | Ексцентриситет на рівні верхньої і нижньої частин стіни при дії горизонтальних навантажень |
| $e_{hm}$   | — | Ексцентриситет на рівні середньої частини стіни при дії горизонтальних навантажень         |
| $e_i$      | — | Значення початкового ексцентриситету на рівні верхньої і нижньої частин стіни              |
| $e_{init}$ | — | Значення початкового ексцентриситету   |
| $e_m$      | — | Ексцентриситет прикладання навантаження  |
| $e_{mk}$   | — | Ексцентриситет прикладання навантаження посередині стіни                                   |
| $e$        | — | Ексцентриситет прикладання поздовжньої сили  |
| $f$        | — | Прогин елемента  |
| $g$        | — | Загальна ширина всіх швів будівельного розчину   |
| $h$        | — | Висота поперечного перерізу елемента, габаритна висота цегляної кладки                     |
| $h_f$      | — | Висота полицки елемента таврового профілю  |

|               |   |  |
|---------------|---|--|
| $h_{ef}$      | – | Ефективна висота конструкції   |
| $h_c$         | – | Висота стіни до рівня прикладання навантаження                       |
| $h_{tot}$     | – | Загальна висота конструкції(стіни, ядра тощо)                        |
| $l$           | – | Довжина стіни (відстань між стінами, стіною і отвором або отворами)  |
| $l_c$         | – | Довжина стиснутої частини перерізу кладки                            |
| $l_{cl}$      | – | Довжина провітру між опорами   |
| $l_{ef}$      | – | Значення ефективної довжини ділянки опори будівельної конструкції    |
| $l_r$         | – | Відстань між опорами (провіт)  |
| $l_a$         | – | Висота або довжина стіни між опорами, на які передається розпір арки |
| $R$           | – | Підйом арки  |
| $s$           | – | Крок розташування (укладання) арматури                               |
| $t$           | – | Товщина кам'яної кладки (стіни)                                      |
| $t_{min}$     | – | Мінімальна товщини кам'яної кладки (стіни)                           |
| $t_{ef}$      | – | Ефективна товщина кам'яної кладки (стіни)                            |
| $t_f$         | – | Товщина полицки перерізу   |
| $w_k$         | – | Значення ширини розкриття тріщин                                     |
| $w_{max}$     | – | Максимальне значення ширини розкриття тріщин                         |
| $X$           | – | Висота стиснутої зони кладки   |
| $X_t$         | – | Висота розтягнутої зони кладки                                       |
| $Z$           | – | Плече пари сил   |
| $\varnothing$ | – | Діаметр стержнів повздовжньої арматури                               |

## Коефіцієнти

|                          |   |  |
|--------------------------|---|--|
| $\chi$                   | — | Коефіцієнт збільшення несучої здатності стіни                              |
| $K$                      | — | Константа в розрахунках міцності кладки на стиск                           |
| $\lambda$                | — | Гнучкість елемента   |
| $\rho_l$                 | — | Коефіцієнт (процент) армування перерізу розтягнутою поздовжньою арматурою  |
| $\rho_{fc}$              | — | Коефіцієнт (процент) армування перерізу стиснутою арматурою                |
| $\rho_n$                 | — | Коефіцієнт приведення висоти стіни в прорізі до її розрахункового значення |
| $\rho_t$                 | — | Коефіцієнт жорсткості при визначенні значення дійсної товщини стіни        |
| $\varphi_k(\infty, t_0)$ | — | Граничний коефіцієнт повзучості бетону                                     |
| $\Phi$                   | — | Коефіцієнт зменшення значення обчислюваної величини                        |
| $\gamma_M$               | — | Коефіцієнт надійності за матеріалами                                       |