

М.Г. Болотов, канд. техн. наук

Т.Р. Ганєєв, канд. техн. наук

І.О. Прибитько, канд. техн. наук

Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА СТРУКТУРНОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ ЦЕГЛИ

М.Г. Болотов, канд. техн. наук

Т.Р. Ганєєв, канд. техн. наук

І.А. Прибитько, канд. техн. наук

Черниговский национальный технологический университет, г. Чернигов, Украина

ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И СТРУКТУРНОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ КИРПИЧА

Maksym Bolotov, PhD in Technical Sciences

Tymur Hanieiev, PhD in Technical Sciences

Iryna Prybytko, PhD in Technical Sciences

Chemihiv National University of Technology, Chernihiv, Ukraine

RESEARCH OF MECHANICAL PROPERTIES AND STRUCTURAL HETEROGENEITY OF BRICK

Проведено оцінювання сучасного стану методів руйнівного та неруйнівного контролю міцнісних та фізико-хімічних властивостей різного виду цегли, зроблено спробу наукового обґрунтування доцільності застосування ультразвукового імпульсного методу контролю для вивчення неоднорідності внутрішньої структури цегли.

Ключові слова: міцність цегли, обстеження цегляних конструкцій, руйнівний та неруйнівний контроль.

Проведена оцінка сучасного стану методів руйнівного та неруйнівного контролю прочностних та фізико-хімічних властивостей різного виду кирпича, сделана попытка научного обоснования целесообразности применения ультразвукового импульсного метода контроля для изучения неоднородности внутренней структуры кирпича.

Ключевые слова: прочность кирпича, обследование кирпичных конструкций, разрушительный и неразрушительный контроль.

The evaluation of the current state of destructive and non-destructive methods of control strength, physical and chemical properties of various types of bricks, attempt a scientific rationale for the use of ultrasonic pulse control method for the study of heterogeneity of the internal structure of brick.

Key words: strength of brick, masonry structures inspection, destructive and non-destructive testing.

Вступ. Жодне сучасне будівництво не обходиться без такого матеріалу, як цегла. Цегляна кладка широко застосовується при будівництві котеджів, зведенні багатопверхових будівель та споруд як житлового, так і промислового призначення, при реставрації історичних пам'яток архітектури, вік яких може нараховувати декілька сотень років.

Для більшості людей вся цегла поділяється на білу та червону. З одного боку, так і є, але сучасний ринок пропонує досить широку номенклатуру цегли, що відрізняється одна від одної, передусім, способом виробництва, складом, властивостями, характером наповнення тощо.

На сьогодні найбільш поширеними видами цегли є силікатна, керамічна та вогнетривка (шамотна), кожна з яких має свої переваги та недоліки. Так, наприклад, силікатна цегла має досить високу міцність, шумоізоляцію, морозостійкість (у порівнянні з керамічною цеглою) та, що дуже важливо, екологічність, оскільки силікатна цегла виготовляється з екологічно чистої, натуральної сировини – вапняку та піску, але жаро- та водостійкі характеристики такої цегли залишають бажати кращого. Керамічна цегла також вважається екологічно чистою, основним продуктом її виготовлення є глина, що зазнала випалу. До переваг керамічної цегли слід віднести високу щільність (1950–2000 кг/м³ при ручному формуванні), що обумовлює всі інші її фізико-хімічні характеристики, такі як висока міцність та зносостійкість, звукоізоляція, низьке вологопоглинання тощо. Головними недоліками керамічної цегли вважають її високу вартість та

можливість появи висолів. Застосовують вогнетривку (шамотну) цеглу для внутрішнього облицювання печей, камінів, димоходів котельень, димових труб, що обумовлено її високою жаро- та термостійкістю, низькою теплопровідністю тощо.

Сучасна цегла може бути повнотілою або порожнистою, причому кількість і форма порожнеч та їх розташування дуже різноманітні: перпендикулярні або паралельні (горизонтальні) ліжку, наскрізні або ненаскрізні [1].

Поверхню граней цегли нерідко виготовляють рифленою. За середньої щільності в сухому стані цеглу поділяють на три групи:

а) ефективні, що покращують теплотехнічні властивості стін і дозволяють зменшити їх товщину: цегла за середньою густиною не більше 1400 кг/м^3 ;

б) умовно ефективні, що поліпшують теплотехнічні властивості: цегла із середньою щільністю $1450\text{--}1600 \text{ кг/м}^3$;

в) звичайна керамічна цегла з середньою щільністю більше 1600 кг/м^3 .

Маса цегли у висушеному стані не повинна бути більша $4,3 \text{ кг}$.

Розміри, фізико-механічні властивості та зовнішній вигляд цегли повинні задовольняти вимогам чинного стандарту. Розміри цегли залежно від її виду відповідно до *ГОСТ 530–2012* представлені у табл. 1.

Таблиця 1

Розміри цегли залежно від її виду

| Вид виробу | Номінальні розміри, мм | | |
|--|------------------------|--------|---------|
| | Довжина | Ширина | Товщина |
| Цегла одинарна | 250 | 120 | 65 |
| Цегла потовщена | 250 | 120 | 88 |
| Цегла модульних розмірів одинарна | 288 | 138 | 63 |
| Цегла модульних розмірів потовщена | 288 | 138 | 88 |
| Цегла потовщена, з горизонтальним розташуванням порожнин | 250 | 120 | 88 |

Зовнішній вигляд сучасної цегли наведено на рис. 1.

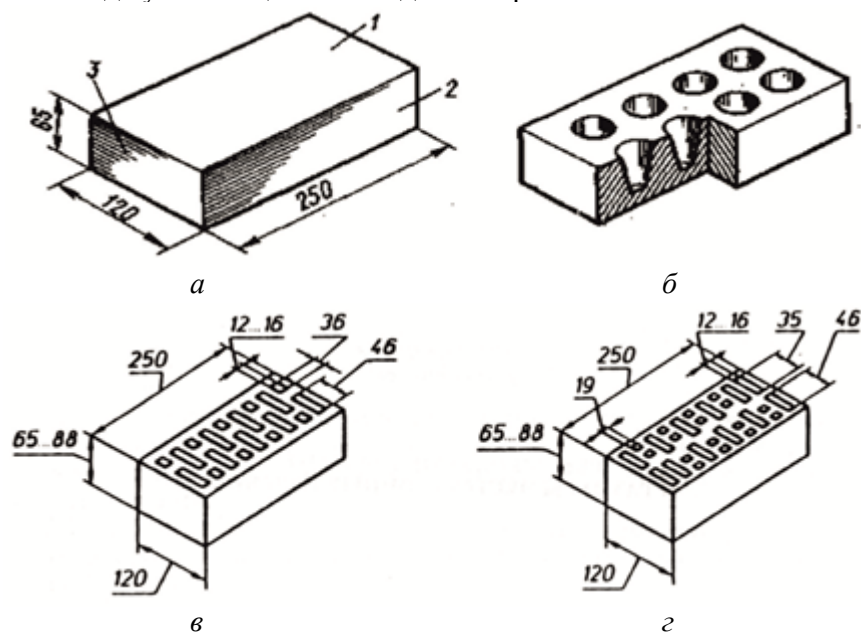


Рис. 1. Різновиди цегли: а – повнотіла пластичного формування; б – напівсухого пресування з технологічними порожнинами; в – одинарна і потовщена повнотіла з 19 технологічними порожнинами; г – одинарна і потовщена пустотіла з 18 круглими порожнинами; д – пустотіла з 18 квадратними порожнинами; е – пустотіла з 28 квадратними порожнинами; 1 – постіль; 2 – ложок; 3 – тичок

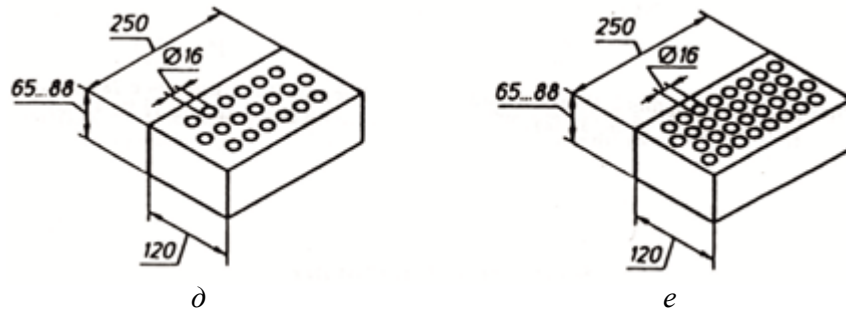


Рис. 1. Закінчення (див. також с. 14)

Постановка проблеми. Довговічність будівель та споруд різного призначення визначається сукупністю факторів, таких як низька якість робіт при зведенні, упущення та порушення правил експлуатації, але не останнім з них є низька якість будівельних матеріалів [2]. Від якості цегли та цегляної кладки, що використовується в несучих конструкціях будівлі, залежатиме не тільки строк її нормальної експлуатації, але, що набагато дорожче, – людське життя.

У зв'язку з цим головним завданням для забезпечення тривалої експлуатації будівель та споруд різного призначення є необхідність обстеження та своєчасного визначення стану матеріалів, з яких вони зведені, їх фізико-хімічних та механічних характеристик.

На сьогодні під час обстеження цегляних та кам'яних будівель у процесі збору вихідних даних для повіреного розрахунку широкого застосування набули методи руйнівного та неруйнівного контролю. Сучасні неруйнівні методи випробовування дозволяють диференційовано в будь-яких зонах та кількості отримувати інформацію про особливості структури цегли та цегляної кладки в досліджуваних спорудах. Вони найбільш прийнятні, передусім, з фінансового погляду, оскільки не потребують відбору досліджуваних зразків для подальших досліджень, що не призводить до погіршення зовнішнього вигляду будівлі та її послаблення, оскільки зони вичинки, що залишаються при відборі зразків для натурних досліджень, є концентраторами напружень. Однак є думка окремих фахівців, що застосування неруйнівних методів контролю на основі ультразвуку неприпустимо, оскільки вони дозволяють лише побічно (приблизно) оцінити міцність цегли і здебільшого характеризуються великою похибкою [3].

Механічне випробовування відноситься до руйнівних методів, вони найбільш трудомісткі та коштовні, оскільки потребують відбору певної кількості цегли або її фрагментів (так званих кернів) з тіла кладки.

Основоположником механічного випробовування, присвячених вивченню властивостей цегли та цегляної кладки під навантаженням у нашій країні, вважають академіка Оніщика Льва Івановича. Результати досліджень, виконаних ще у першій половині минулого століття (1939 р.) під його керівництвом, лягли в основу норм з розрахунку кладок СНІП II-22-81 «Кам'яні та армокам'яні конструкції». До основного механічного випробовування відносяться методи визначення міцності під час стискання та вигині, визначення водопоглинання, водостійкості цегли та визначення її щільності.

Мета роботи. Метою цієї дослідницької роботи є оцінювання сучасного стану методів дослідження механічних та фізико-хімічних властивостей цегли, а також спроба наукового обґрунтування доцільності застосування ультразвукового імпульсного методу контролю для вивчення неоднорідності внутрішньої структури цегли.

Виклад основного матеріалу. Для проведення досліджень були відібрані партії цегли по 5 штук, вік яких коливається від 20 до 120 років (рис. 2). Слід зазначити, що всі відібрані зразки являють собою частину кладки житлових будівель, що в різний час знаходилися на території міста Чернігова, тобто працювали в однакових кліматичних умовах, але з різних причин були демонтовані.

Особливий інтерес викликає найстарша цегла з клеймом «А. Денисовъ» (рис. 3). Буква «Ъ» на кінці дає нам підставу вважати, що ця цегла була зроблена ще до орфографічної реформи 1917–1918 років.



Рис. 2. Зразки відібраної цегли з кожної партії



Рис. 3. Старовинна глиняна цегла з клеймом «А. Денисовъ»

Згідно з отриманою інформацією з деяких інтернет-джерел ця цегла була виготовлена на заводі в с. Пирогов Хотовської волості Київського повіту, яким володів унтер-офіцер запасу Андрій Павлович Денисов. Заснований у 1896 році завод значився у списках до 1913 року. Оскільки нам відомо, що будинок, побудований з цієї цегли, знаходився на території колишньої садиби поміщика Григорія Глібова, заснованої в кінці XIX століття, нинішнього інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва. Це дає нам підставу вважати, що вік цієї цегли приблизно 120 років.

Для якісного визначення працездатності різних систем, виробів та конструкцій, обов'язковим є проведення як руйнівного, так і неруйнівного контролю якості із застосуванням різного виду обладнання, але первинним методом контролю залишається візуально-вимірний контроль (ВВК), оскільки він вважається найдоступнішим і оперативним (і тому є обов'язковим) попереднім методом обстеження.

До показників зовнішнього вигляду цегли відносяться:

1. Граничні відхилення від номінальних розмірів.
2. Дефекти зовнішнього вигляду (відколи кутів, відколи і притуплення ребер, наскрізні тріщини на ложкових і точкових гранях, що виходять на постіль).

3. Відхилення від перпендикулярності граней.

4. Вапнякові включення «дутики», що викликають після пропарювання виробів руйнування поверхонь і відколи.

5. Товщина зовнішніх стінок для порожнистого виробу.

6. Розміри наскрізних порожнин.

Практично вся досліджувана цегла має стандартні розміри за винятком старовинної цегли з клеймом, розміри якої становлять $250 \times 120 \times 70$ мм, що на п'ять міліметрів товще за сучасну одинарну цеглу. Вся цегла, без винятку, має явні поверхневі дефекти, що обумовлено тривалим терміном їх експлуатації. Так, на деяких зразках виявлено незначні відколи та притупленості бокових граней. Більшості зразків силікатної цегли притаманні одиничні щільні порожнини діаметром від 3 до 8 мм. Протяжні просторові тріщини характерні для червоної керамічної цегли. Довжина таких тріщин у межах одного зразка, що досліджується, коливається від декількох міліметрів до декількох сантиметрів. Наскрізних порожнин у жодному із зразків не виявлено.

Неруйнівне випробовування цегли здійснювалося із застосуванням ультразвукового імпульсного методу. Нині УЗ метод широко використовується при дослідженні зварних швів на предмет різних дефектів зварювання, визначення неоднорідності структури і фізико-механічних властивостей залізобетону та інших будівельних матеріалів.

Для визначення неоднорідності структури відібраної цегли застосовувався ультразвуковий імпульсний дефектоскоп ДУК-5В, що дозволяє виявляти дефекти і визначати їх координати в металевих і неметалевих заготовках і виробих нескладних форм, а також контролювати якість клейових з'єднань пластмас на металевих і неметалевих основах.

У ході випробувань було встановлено, що для всіх досліджуваних зразків характерна анізотропія швидкості розповсюдження механічних хвиль. Це вказує на складність структури цегли, обумовленої наявністю мікротріщин, пор та інших індивідуальних особливостей цегли. Виявлено, що структура старовинної цегли характеризується меншою щільністю по центру та більш щільною структурою по його краях.

Для подальшого проведення механічного випробовування на міцність усі досліджувані зразки за допомогою алмазного диска були розпилені на 8 окремих зразків розмірами $60 \times 60 \times 60$ мм, що максимально наближено до ГОСТ 8462–85. Розташування зразків один щодо іншого не порушувалося (рис. 4).



Рис. 4. Розташування фрагментів зразків перед механічним випробовуванням

Після розпилювання цегли отримані зразки кубиків піддавалися повторному візуальному контролю та УЗ випробуванням задля виключення можливої появи викривлень у структурі кубічних зразків. Так, зовнішнім оглядом були виявлені наявні внутрішні дефекти деяких окремих зразків старовинної цегли з відтиском, зокрема повздовжні ненаскрізні тріщини (у напрямку від тичка до тичка) та поперечні ненаскрізні тріщини (у напрямку від постелі до постелі), а також окремі порожнини та вибоїни (рис. 5). Поява останніх вірогідно пов'язана із механічним втручанням. У деяких зразках керамічної цегли були виявлені одиничні поперечні ненаскрізні тріщини (у напрямку від постелі до постелі) та місцями – посічення. Також встановлено, що цегла була відпалена на глибину до 10 мм, про це свідчить яскравий червоний ободок по всьому поперечному перерізі зразка. Суттєвих внутрішніх дефектів зразків силікатної цегли виявлено не було.

Повторні ультразвукові випробування не показали суттєвих змін у швидкості проходження механічних коливань після різання зразків.



Рис. 5. Дефекти внутрішньої структури старовинної цегли



Рис. 6. Механічне випробування цегляних зразків

Міцнісні характеристики досліджуваних зразків визначали за допомогою випробування кубиків на стиск укладених на постіль та ложок за допомогою пресового обладнання (рис. 6). Було проведено три серії випробувань по п'ять цеглин у кожній, тобто загалом 40 кубиків.

Аналіз експериментальних даних механічного випробування кубічних зразків на стиск показав наявність зв'язку між напрямком відбору зразків та їх міцнісними показниками. Так, встановлено, що міцність цегляних зразків, укладених на постіль, приблизно на 30 % більша за ті, що були укладені на ложок. На нашу думку, це пов'язано з тим, що цегла, яка у кладці знаходилася на постільній грані, з часом зазнає більшого ущільнюючого впливу, ніж та, що була укладена на ложок. Таким чином, напрямок навантаження у ході механічного випробування, зразків укладених на ложок, знаходився в ортогональному напрямку, тобто перпендикулярно до цієї ущільнюючої дії. У зв'язку з цим міцнісні показники ложкових граней цеглини дещо нижчі.

Визначити міцнісні властивості керамічної цегли нам не вдалося внаслідок недостатньої потужності пресового обладнання. Поява першої тріщини в усіх зразках керамічної цегли спостерігалася при навантаженнях, коли інші види цегли повністю руйнувалися. Середні значення результатів експерименту занесені до табл. 2.

Результати механічного випробовування

| Досліджувана цегла | Поява першої тріщини, R_{cp} , кН | | Повне руйнування, R_{cp} , кН | | $R_{cp \text{ ложок}}/R_{cp \text{ постіль}}$ Перша тріщина | $R_{cp \text{ ложок}}/R_{cp \text{ постіль}}$ Повне руйнування |
|--------------------|-------------------------------------|-------|---------------------------------|-------|--|---|
| | постіль | ложок | постіль | ложок | | |
| «А. Денисовъ» | 25 | 18 | 34 | 23 | 0,75 | 0,67 |
| Силкатна | 18 | 14 | 29 | 20 | 0,77 | 0,68 |
| Керамічна | 38 | 36 | – | – | 0,94 | – |

Також результати механічного випробовування кубічних зразків цілком підтвердили наявність структурної неоднорідності цегли, встановленої УЗ методом. Значення граничних стискаючих зусиль у різних досліджуваних зразках (кубиках) однієї цеглини коливаються у межах 15–25 %.

Висновки. Таким чином, встановлено зв'язок між міцністю досліджуваних цегляних зразків та напрямком їх розташування відносно прикладеного навантаження з коефіцієнтом, близьким до 0,7. З'ясовано, що міцність цегли, укладеної на постільну грань, приблизно на 30 % вища за ложкову. Також показано принципову можливість використання імпульсного ультразвукового методу для контролю структурної неоднорідності цегли.

Список використаних джерел

1. *Онищик Л. И.* Каменные конструкции промышленных и гражданских зданий / Л. И. Онищик. – Л. : Гос. издат. строит. лит., 1939. – 398 с.
2. *Болотов М. Г.* Аналітичний огляд основних причин та наслідки аварій будівель та споруд, що сталися на території України за останні п'ять років / М. Г. Болотов // Вісник Чернігівського національного технологічного університету. – 2013. – № 4. – С. 197–204.
3. *Жигушкин В. Г.* Определение прочности кладки кирпича в натуральных условиях / В. Г. Жигушкин, В. Н. Кучеров // Жилищное строительство. – 2001. – № 9. – С. 11–12.

УДК 621.923.42

Г.В. Пасов, канд. техн. наук

В.І. Венжега, канд. техн. наук

Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

**АНИМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КУЛЬКОВО-ГВИНТОВИХ ПЕРЕДАЧ
ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПРЯМОЛІНІЙНОГО ПОСТУПАЛЬНОГО РУХУ**

Г.В. Пасов, канд. техн. наук

В.И. Венжега, канд. техн. наук

Черниговский национальный технологический университет, г. Чернигов, Украина

**АНИМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ШАРИКОВИНТОВЫХ ПЕРЕДАЧ
ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРЯМОЛИНЕЙНОГО ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ**

Hennadii Pasov, PhD in Technical Sciences

Volodymyr Venzheha, PhD in Technical Sciences

Chernihiv National University of Technology, Chernihiv, Ukraine

**ANIMATION SIMULATION OF BALL-SCREW GEARS THAT ARE USED
TO CREATE RECTILINEAR TRANSLATIONAL MOTION**

Розглянуто анімаційне моделювання механізмів для створення прямолінійного поступального руху в різноманітних верстатах та промислових роботах за допомогою кульково-гвинтових передач. Описано складові цих механізмів та перспективи інтерактивного ними керування в подальшому.

Ключові слова: анімація, моделювання, гвинт, прямолінійний рух, кульково-гвинтова передача.

Рассмотрено анимационное моделирование механизмов для создания прямолинейного поступательного движения в разнообразных станках и промышленных работах с помощью шариковинтовых передач. Описаны составляющие этих механизмов и перспективы интерактивного управления ими в дальнейшем.

Ключевые слова: анимация, моделирование, винт, прямолинейное движение, шариковинтовая передача.