

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ЧЕРВОНОЇ ЦЕГЛИ-СИРЦЮ

Вінницький національний технічний університет

Анотація. Виконано експериментальні дослідження кінетики конвективного сушіння цегли-сирцю в камерній сушарці. Встановлено залежності зміни вологості сировини, швидкості та інтенсивності сушіння, а також зміну теплофізичних характеристик теплоносія в процесі сушіння цегли.

Ключові слова: сушіння, цегла-сирець, конвекція, вологість сировини, вологовміст теплоносія.

Abstract. Experimental investigation of the kinetic of raw bricks convectional drying was performed. Dependencies of humidity of raw materials, velocity and intensity of drying and thermos physical characteristic of heat carrier in the drying process were established.

Keywords: dry, raw brick, convection, moisture raw, moisture content of the coolant.

Актуальність теми, постановка задачі

Цегла-сирець, виготовлена пластичним пресуванням, містить вологу, яка повинна бути видалена, щоб надати цеглинам механічну міцність і підготувати до випалювання.

Сушіння цегли-сирцю в даний час виконують тільки конвективним способом, тобто способом, при якому волога випаровується внаслідок тепломасообміну між виробом і гарячим теплоносієм.

Як теплоносії використовують нагріте відхідне повітря або димові гази, які отримують від спалювання палива. Ці теплоносії є одночасно і вологопоглиначами, оскільки передають цеглі-сирцю теплоту і поглинають випаровану вологу.

При сушінні виробів прагнуть створити оптимальний режим при якому отримують якісні пористі вироби без тріщин в мінімальні терміни і при якнайменших витратах теплоти.

Відпрацювання технологій конвективного сушіння цегли проводять переважно шляхом натурних випробувань, коли з декількох режимів вибирають найбільш ефективний, що є дорогим, трудомістким і, головне, не завжди гарантує оптимальний результат.

Заміщення натурального експерименту обчислювальним стримується відсутністю надійних математичних моделей для прогнозування вихідних показників процесу сушіння в залежності від технологічних параметрів і відсутністю відповідних проблемно-орієнтованих програмно-інформаційних комплексів [1].

Тому застосовують розрахунково-експериментальні методи. Одним з них є метод визначення критичного градієнта вологості. По його величині можна орієнтовно встановлювати оптимальний режим сушіння. Але і такі методи неможливо ефективно застосовувати без надійної бази експериментальних даних, а вони, саме для сушіння цегли-сирцю, занадто застарілі. Сучасні ж експериментальні дані для сушіння цегли носять поодинокий неупорядкований характер [2,3].

Таким чином, експериментальні дослідження процесу сушіння цегли з врахуванням таких параметрів як температура і вологовміст теплоносія, кінетика зміни вологості і швидкості випаровування в процесі сушіння, є актуальною задачею.

Формулювання мети досліджень

Метою даної роботи є експериментальне дослідження процесу сушіння цегли-сирцю для вироблення рекомендацій із забезпечення вибору оптимального режиму термообробки.

Опис експериментальної установки

Експериментальна установка зібрана на базі камерної сушарки «Садочок-1М» і містить теплоізольовану робочу камеру, закриту дверима з ущільнювачем, що запобігає неконтрольованому викиду повітря. В середині робочої камери на підвісці розташовано стелаж з піддонами, на які насипається сировина. Через теплоізолюючі втулки підвіска зв'язана з електронними цифровими вагами кантерного типу KL-238. Над стележем розташована камера підготовки теплоносія. Свіже повітря всмокту-

ється вентилятором через вхідний клапан, змішується з рециркульованим теплоносієм і підігрівається нагрівником. Температура підігріву повітря обмежується електронною схемою сушарки "С-1М". Відбійник і стелаж утворюють повітряний клин, який дозволяє розподіляти гарячий теплоносій по піддонах для рівномірного висушування сировини. Теплоносій, проходячи через сировину, відбирає з неї вологу, збирається в тракті рециркуляції і частково викидається назовні через випускний клапан, а частково засмоктується вентилятором в камеру підготовки теплоносія, де змішується зі свіжим повітрям. Кількість викинутого теплоносія регулюється заслінкою, встановленою на випускному клапані.

Температурне поле в робочій камері вимірювалось хромель-копелевими термопарами, з індивідуальним градуванням відносно платинородій-платинової термопари II розряду, яка використовувався при градуванні як зразкова. Холодні спаї термопар термостатувались при потрібній точці води в термостаті ТЛ1.

Вимірювання термо-е.р.с термопар здійснювалось цифровим вольтметром Щ-300. Для визначення температури мокрого термометра теплоносія і часу адиабатного випаровування вологи з поверхні сировини одна з термопар виконана у вигляді голки, яку можна вставити в шматочок сировини. Витрата відпрацьованого теплоносія, що викидається через випускний клапан контролювалась чашковим анемометром. Детально експериментальна установка і методика проведення експериментів описана в [4].

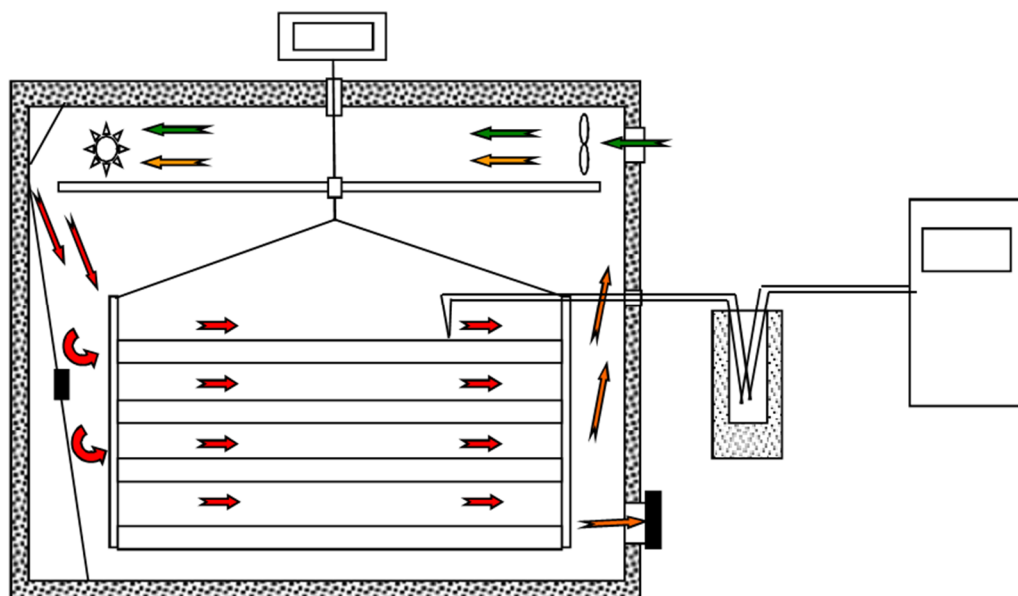


Рисунок1 – Схема експериментальної установки

Основна частина

Експерименти проводились за потужності нагрівника 650 Вт. Температура в сушильній камері не перевищувала 65 °С. Для зменшення закритої площі випаровування цегла-сирець встановлювалась ребром на перфоровані піддони на підставки, що не перешкоджають її обдуванню теплоносієм з усіх боків. В результаті експериментальних досліджень отримано криву, представлену на рис.2.

Результати експериментів оброблялися за методом найменших квадратів та виконувався їх регресійний аналіз. В результаті обробки отримано криву сушіння, подану на рис.3, яка описує зміну відносної вологості сировини в процесі сушіння. З рис. 3 видно, що на кривій сушіння є чітко виражені дві стадії сушіння. Перша стадія – стадія прогріву на кривій сушіння виражена нечітко. Друга – стадія сушіння з постійною швидкістю носить дещо нелінійний характер, що можна пояснити тим, що через масивність зразка стадія прогріву накладається на стадію сушіння. Це підтверджується і залежністю на рис.4, на якому подана швидкість сушіння, отримана в результаті графічного диференціювання кривої сушіння (рис.3).

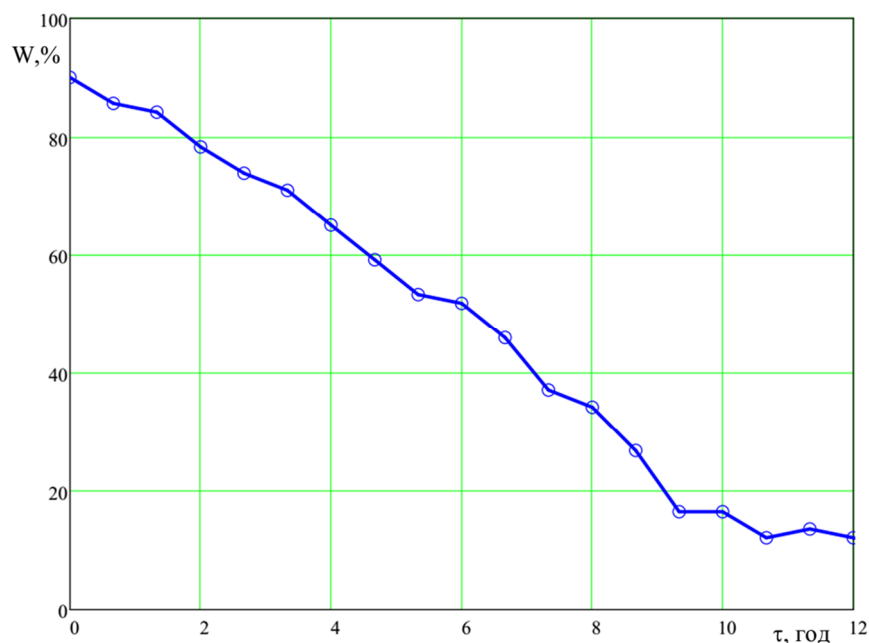


Рисунок 2 – Експериментальна крива сушіння

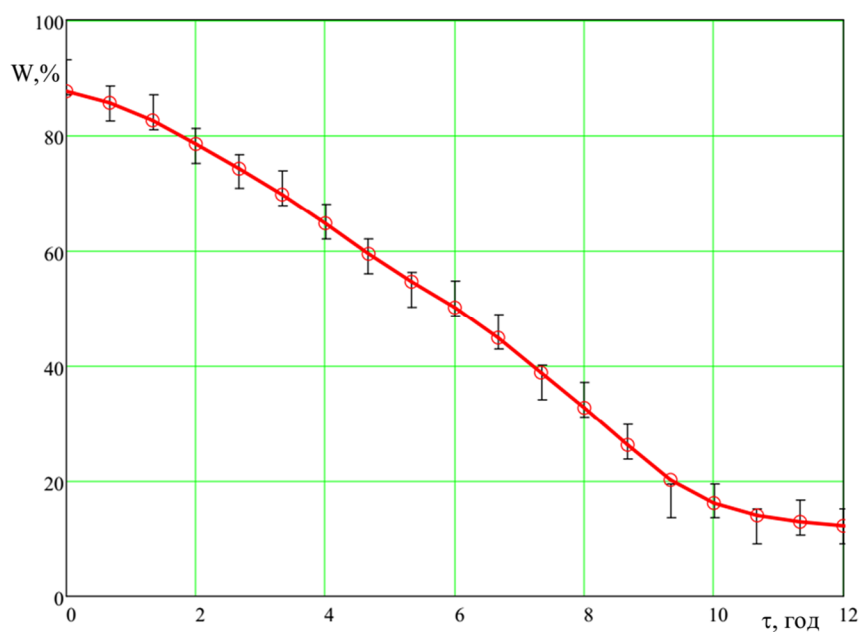


Рисунок 3 – Крива сушіння в результаті регресійного аналізу

На графіку зміни швидкості сушіння (рис.4) видно, що вже на початку процесу вона досить таки значна. Далі, по мірі прогріву сировини, швидкість сушіння зростає, досягаючи максимального значення через 6-7 годин від початку процесу, після чого монотонно зменшується. Досягти рівноважного значення вологості нам не вдалося – це пов'язано з конструкцією сушарки, в якій організовано рух теплоносія з частковою рециркуляцією, тож тривалість процесу сушіння визначалась за середньою масою висушеної цегли.

Інтенсивність процесу сушіння (рис.5) змінюється майже на порядок за 7-8 годин після прогріву, після чого процес стабілізується.

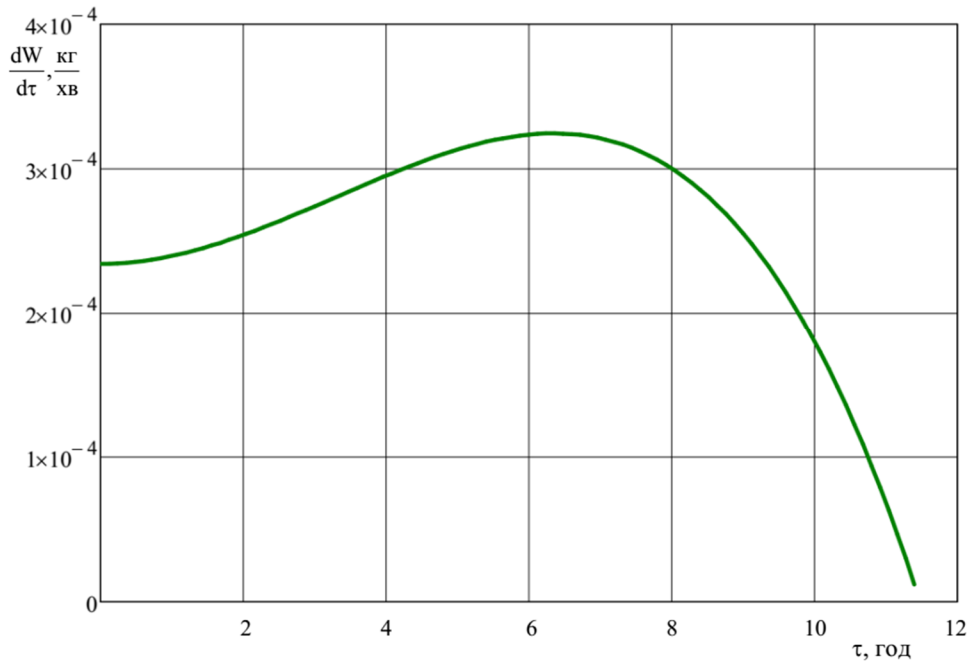


Рисунок 4 – Швидкість сушіння цегли-сирцю



Рисунок 5 – Інтенсивність сушіння цегли сирцю

Результати експериментальних досліджень процесу сушіння цегли-сирцю порівнювали з числовим експериментом, проведеним за розробленою математичною моделлю [5] і літературними даними [3]. Хоча всі три криві (рис.6) добре корелюють між собою, мат модель все ж дає занижені показання відносної вологості сировини.

Разом з дослідженням зміни відносної вологості цегли-сирцю в процесі сушіння досліджувались також теплофізичні параметри теплоносія (зміна відносної вологості і вологовміст) та їх вплив на швидкість сушіння. Результати подані на рис.7. Максимальної швидкості сушіння набуває за стабілізації параметрів теплоносія.

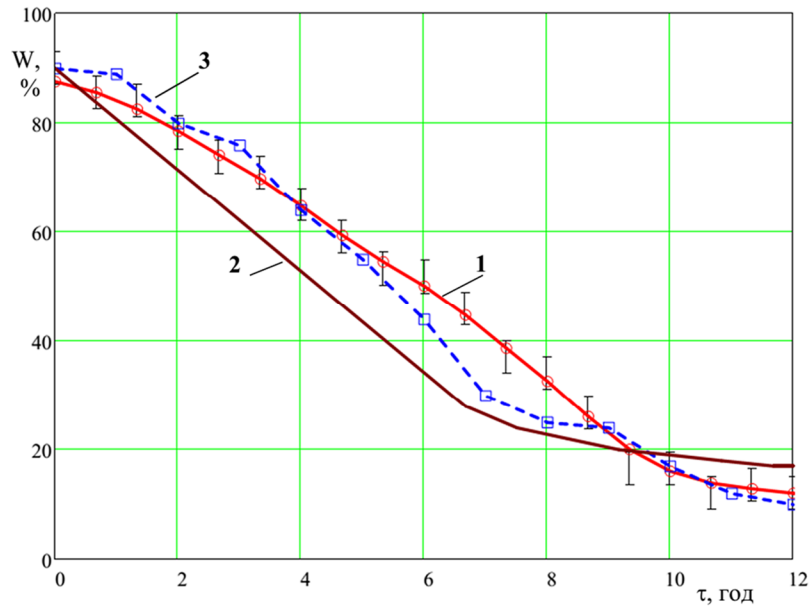


Рисунок 6 – Порівняння результатів фізичного експерименту з числовим і літературними даними
 1 – фізичний експеримент, 2 – числовий експеримент, 3 – літературні дані [4]

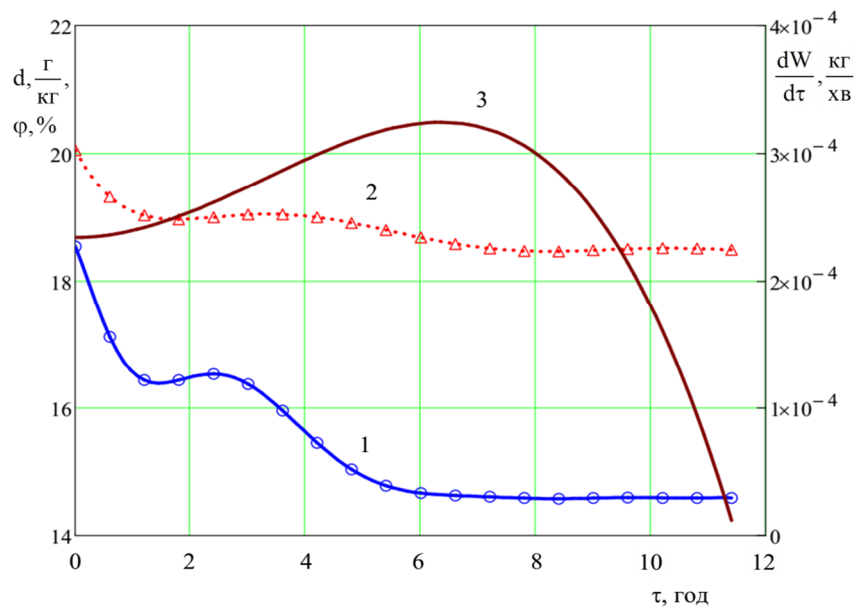


Рисунок 7 – Зміна вологовмісту і відносної вологості теплоносія та їх вплив на швидкість сушіння
 1 – відносна вологість теплоносія; 2 – вологовміст теплоносія; 3 – швидкість сушіння

Висновки

Параметри процесу сушіння суттєво впливають на якість і експлуатаційні властивості керамічної цегли, сам процес відрізняється тривалістю і енергоємністю, вносячи істотний внесок в собівартість виробів.

У капілярно-пористих тілах процес тепло масообміну значною мірою ускладнюється в умовах зміни вмісту води в просторі пористої структури. Тому при моделюванні тепловологісного стану капілярно-пористого тіла необхідно врахувати особливості матеріалу, такі як розмір пор, їх форма, і щільність розташування.

З метою прогнозування якості виробів і запобігання технологічного браку при сушінні цегли бажано визначати також градієнти температури і вмісту води у виробі та швидкості об'ємної усадки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ковальногов Н. Н. Моделирование тепловлажностного состояния кирпича в процессе его сушки / Н. Н. Ковальногов, Т. В. Павловичева // Известия вузов. Проблемы энергетики, 2011. №7-8. С.12 – 20.
2. Уразбахтин Ф. А. Экспериментальное определение параметров сушки керамического кирпича-сырца / Ф. А. Уразбахтин, А. Р. Хабилов, М. А. Святский // Строительные материалы. – 2008. – №4, С. 42-45.
3. Патент РФ 2469292. Способ определения коэффициента диффузии жидкости в капиллярно-пористом теле / Ковальногов В. Н., Ковальногов Н. Н., Павловичева Т. В. №2011114023/28. Заявл.08.04.2011. Опубл. 10.12.2012. Бюл. № 34.
4. Співак О. Ю. Установка для дослідження кінетики сушіння сировини / О. Ю. Співак, В. І. Музичук, К. О. Іщенко // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2012. – №2. – С. 88–90.
5. Співак О. Ю. Математичне моделювання процесу сушіння цегли / О. Ю. Співак, І. В. Фіник, П. С. Коба // Інноваційні технології в будівництві 2016 : матеріали Міжнар. конф., 5–7 лист. 2016 р., Вінниця, Україна / Вінницький нац. техн. ун-т. – режим доступу <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2016/paper/viewfile/1570/1278>.

Співак Олександр Юрійович – к. т. н., доцент кафедри теплоенергетики. Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, E-mail: spivak000@gmail.com.

Olexandr Y. Spivak – Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Department of Thermal Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : spivak000@gmail.com.