

АНАЛІЗ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ СУШИЛЬНОГО ПРОЦЕСУ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІБРОЦИРКУЛЯЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У статті розглянуто сучасні математичні моделі сушіння сипучих будівельних матеріалів у віброциркуляційних апаратах. Проведено аналіз основних підходів до моделювання, зокрема феноменологічних, детерміністичних і стохастичних методів. Визначено основні переваги та недоліки кожного підходу, а також окреслено основні невирішені питання у цій сфері. Запропоновано порівняльний аналіз моделей за ключовими критеріями.

Ключові слова: сушіння, сипучі матеріали, віброциркуляційні апарати, математичне моделювання, тепломасообмін, оптимізація

Abstract

The article examines modern mathematical models of drying bulk building materials in vibrocirculatory apparatuses. The main approaches to modeling, including phenomenological, deterministic, and stochastic methods, are analyzed. The key advantages and disadvantages of each approach are identified, along with the main unresolved issues in this field. A comparative analysis of models based on key criteria is proposed.

Keywords: drying, bulk materials, vibrocirculatory apparatuses, mathematical modeling, heat and mass transfer, optimization..

Вступ

Сучасні виробничі процеси потребують використання ефективних та енергозберігаючих технологій сушіння сипучих будівельних матеріалів. Використання сушильного устаткування спрямоване на забезпечення: підвищення ефективності сушіння; зниження енергоспоживання; зменшення впливу на навколишнє середовище; забезпечення стабільної якості продукції; адаптації до різних типів сипучих матеріалів з урахуванням їх специфіки [1]. Традиційні методи сушіння, такі як конвективне, інфрачервоне та вакуумне, мають ряд недоліків: високі енерговитрати; нерівномірний розподіл температури та вологості в матеріалі; довготривалість процесу сушіння.

Одним із перспективних методів інтенсифікації сушильного процесу є застосування віброциркуляційного апарату, який забезпечує рівномірне нагрівання матеріалу, прискорення масообміну та зменшення енергетичних витрат. Віброциркуляційні апарати поєднують механічну обробку сипучих матеріалів із сушінням за рахунок теплового впливу [2 - 4]. Оптимізація процесів сушіння сипучих будівельних матеріалів є складною задачею.

Метою роботи є аналіз математичних моделей сушильного процесу, який отримує інтенсифікацію завдяки віброциркуляційній технології, а також експериментальне підтвердження ефективності такого методу у порівнянні з традиційними способами сушіння.

Результати дослідження

Математичні моделі сушіння сипучих будівельних матеріалів у віброциркуляційних апаратах є важливим напрямом досліджень. Ці моделі дозволяють оптимізувати процеси сушіння, підвищуючи ефективність виробництва та якість кінцевого продукту. Дослідженнями в галузі математичного моделювання сушіння сипучих матеріалів у віброциркуляційних апаратах займаються вчені України [2- 6] та інженери з країн з Польщі, Німеччини та Китаю.

Сучасні математичні моделі сушіння сипучих матеріалів у віброциркуляційних апаратах можна розділити на такі категорії:

1. Феноменологічні моделі: Ці моделі базуються на емпіричних залежностях та експериментальних даних. Вони описують процеси сушіння без глибокого врахування фізичних явищ, що відбуваються під час сушіння.

2. Детерміністичні моделі: Враховують фізичні та хімічні процеси, що відбуваються під час сушіння, такі як теплоперенос, масоперенос та кінетика сушіння. Ці моделі базуються на рівняннях теплопровідності, дифузії та кінетичних рівняннях.

3. Стохастичні моделі: Враховують випадковий характер процесів сушіння та використовують ймовірнісні підходи для опису змінних параметрів.

Порівняльний аналіз математичних моделі сушіння сипучих матеріалів представлено в таблиці 1.

Таблиця 1- Порівняльна таблиця математичних моделей

Критерій	Феноменологічні моделі	Детерміністичні моделі	Стохастичні моделі
Врахування фізичних процесів	Низьке	Високе	Середнє
Точність прогнозування	Середня	Висока	Залежить від моделі
Складність реалізації	Низька	Висока	Середня
Потреба в експериментальних даних	Висока	Середня	Висока
Гнучкість щодо різних матеріалів	Низька	Висока	Середня

Незважаючи на значний прогрес у розробці математичних моделей, існують невирішені питання:

- врахування складної геометрії частинок: більшість моделей спрощують форму частинок до сферичної, що може не відображати реальної ситуації.
- моделювання взаємодії між частинками: взаємодія між частинками під час сушіння впливає на ефективність процесу, але її врахування у моделях є складним завданням.
- врахування нерівномірності розподілу температури та вологості: реальні процеси сушіння супроводжуються нерівномірним розподілом температури та вологості, що потребує більш точного моделювання.

Висновки

Математичне моделювання сушіння сипучих будівельних матеріалів у віброциркуляційних апаратах є актуальним напрямом досліджень, що сприяє підвищенню ефективності будівельних технологій. Різні підходи до моделювання мають свої переваги та недоліки, і вибір конкретної моделі залежить від поставлених завдань та доступних ресурсів. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на вирішення існуючих проблем, таких як врахування складної геометрії частинок та взаємодії між ними, для підвищення точності та надійності математичних моделей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сушильні процеси та установки. Навчальний посібник. - Вінниця: ВНТУ, 2007. 76 с URL: https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2024/LAN/Tkachenko_2009_76.pdf

2. Коц І. В., Колісник О. П. Тепловолісна обробка бетонних виробів з використанням аеродинамічного нагрівання : монографія / Вінниця : ВНТУ, 2013. 114 с

3. Коц І. В., Дацюк В.І, Процес сушіння сипучих будівельних матеріалів із використанням віброциркуляційних апаратів // Матеріали міжнародної н.-т. конференції «Енергоефективність в галузях економіки України». URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egcu/egcu2023/paper/view/19423>

4. Дацюк В.І., Панкевич О.Д. Напрямки підвищення енергозбереження в процесі сушіння будівельних матеріалів: Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції "Інноваційні технології в будівництві 2024" URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2024/paper/viewFile/22538/18719>

5. Соколовський Я., Бакалець А. Моделювання та оптимізація технологічних режимів сушіння деревини Вісник Національного університету «Львівська політехніка» «Комп'ютерні науки та інформаційні технології» Випуск 629, 2008.

6. Скриннік І.О., Федотова М.О., Дарієнко В.В. Теоретичні дослідження процесу руху сипучих будівельних матеріалів при сушінні в киплячому шарі каскадної сушарки в будівництві// Центральнотуркменський науковий вісник. Технічні науки. 2022. Вип. 6(37), ч.ІІ URL: [https://mapiea.kntu.kr.ua/pdf/6\(37\)_II/14.pdf](https://mapiea.kntu.kr.ua/pdf/6(37)_II/14.pdf)

7. Патент 24535 UA, МПК F26B 17/10. Пристрій для вібраційного сушіння / А.Б. Насіковський, І.В.

Коц, М.Ф. Друкований, В.В. Петрусь, О.Ю. Дец (Україна).– № u200613070; заявл. 11.12.2006; опубл. 10.07.2007, Бюл. 10.07.2007, Бюл. № 10, – 3 с.: кресл.

Дацюк Вячеслав Ігорович – аспірант кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, e-mail: sergford90@gmail.com

Гуменчук Анастасія Євгеніївна – студент групи СМ-23б факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії e-mail: flora.butterfly68954@gmail.com

Панкевич Ольга Дмитрівна – к.т.н., доцент кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, e-mail: pankevich@vntu.edu.ua

Datsiuk Viacheslav - Postgraduate student of the Department of Engineering Systems in Construction, Vinnytsia National Technical University, e-mail: sergford90@gmail.com

Anastasiya Humenchuk - student of the Sm-23b group of the Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering e-mail: flora.butterfly68954@gmail.com

Olga Pankevych – Cand. Sc. (Eng.), Ass. Prof. of the Department of Engineering Systems in Construction. Vinnytsia National Technical University e-mail: pankevich@vntu.edu.u