

## ТЕПЛОВИЙ НАСОС В КОНТУРІ ПІДГРІВУ ТЕПЛОНОСІЯ КАМЕРНОЇ СУШАРКИ

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

*В роботі виконано аналіз існуючих літературних джерел із застосуванням теплового насосу в камерних сушарках, виділено недоліки, запропоновано шляхи вирішення проблеми. Визначено оптимальний варіант організації руху теплоносія в теплових схемах камерних сушарок. Складено математичну модель по розрахунку ексергетичного балансу та ексергетичного ККД, проведено числовий експеримент.*

*Досліджено вплив параметрів на енергоефективність сушарки. Визначено номінальну потужність та ККД сушарки. Створено рекомендації щодо автоматизації процесу сушіння. Проведено оцінку ефективності інноваційного проекту.*

**Ключові слова:** тепловий насос, сушарка, математична модель, ексергетичний ККД сушарки

### Abstract

*The analysis of the existing literature sources with the use of a heat pump in chamber dryers is performed, the shortcomings are highlighted, the ways of solving the problem are suggested. The optimal variant of organization of heat carrier movement in thermal schemes of chamber dryers is determined. A mathematical model for calculating exergetic balance and exergetic efficiency was compiled, and a numerical experiment was performed.*

*The influence of parameters on the energy efficiency of the dryer is investigated. The nominal power and efficiency of the dryer are determined. Recommendations for automation of the drying process are created. The efficiency of the innovation project was evaluated.*

**Keywords:** heat pump, dryer, mathematical model, exergetic efficiency of the dryer

### Вступ. Постановка задачі

Враховуючи проблеми у сушильній галузі України та взявши до уваги фактори впливу на енергозбереження в Україні, сформовано такі аргументи.

Відомі різні способи сушіння рослинної сировини: сонячно-повітряне (природне), штучне в сушарках, сублімацією, інфрачервоним випромінюванням тощо. Кожне з них має свої переваги та недоліки. У масовій переробці використовують штучний спосіб сушіння за допомогою сушарок. Так, наприклад, вакуум-сушильна шафа має просту будову, можливість сушіння одночасно різних матеріалів, недоліком її є мала продуктивність, можливий перегрів матеріалу, періодичність дії. Одновальцеві сушарки із зануреним вальцем придатні лише для розведених розчинів або екстрактів, а одновальцеві з незануреним вальцем використовуються для сушіння пастоподібних продуктів. У сушарках двовальцевих можливо проводити інтенсивне сушіння при низьких температурах, у них є можливість уловлювати пари цінних розчинників шляхом конденсації. Поряд з цим висушені продукти мають велику залишкову вологість, сушарка є енергозатратною. Камерна (шафна) сушарка має просту будову, але недоліком є великі втрати тепла через її періодичність і нерівномірність висушування продукту, тривалість процесу. Камерні сушарки найчастіше працюють без повернення теплоносія у сушильну камеру, що також призводить до значних енергозатрат [1].

Для покращення показників роботи зернопереробної промисловості необхідна розробка нових і вдосконалення існуючих технологій та обладнання. Недосконалість сушильної техніки впливає на якість готової продукції, що отримується в результаті сушіння, створює додаткові технологічні труднощі при дотриманні режимів сушіння і призводить до збільшення собівартості продукту [2].

Метою роботи є дослідження тепловолігнісних процесів, що відбуваються при сушінні харчових продуктів. Розробка енергоефективного утилізаційного обладнання для камерної сушарки з тепловим насосом в контурі підгріву теплоносія.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі завдання:

– виконати аналіз існуючих літературних та патентних джерел, використовуючи порівняння із су-

часним існуючим обладнанням;

- дослідити роботу сушарки числовим методом;
- розрахувати процес сушіння та параметри процесу;
- провести розрахунок утилізаційного обладнання;
- обрахувати економічну частину інноваційного проекту.

Об'єктом дослідження є тепломасообмінні процеси в технологічному обладнанні камерної сушарки.

Предмет дослідження – теплотехнологічне обладнання камерної сушарки.

Наукова новизна

В результаті роботи отримала подальший розвиток теорія сушіння капілярно-пористої колоїдної сировини в конвективних сушарках; вперше використано утилізаційне обладнання змінної потужності та автоматизовано відповідно до періоду сушіння.

Практична цінність роботи полягає у представленні методу рішення реальних проблем шляхом застосування простого обладнання.

Під час досліджень використовувались числові методи та аналітичний аналіз літературних джерел, спираючись на велику кількість існуючого матеріалу в даній сфері. Методом математичного моделювання було досліджено реальні процеси без використання експериментальних даних.

### Висновки

В роботі виконано аналіз існуючих літературних джерел із застосуванням теплового насосу в камерних сушарках, виділено недоліки, запропоновано шляхи вирішення проблеми. Проведено багато-варіантний аналіз організації руху теплоносія в теплових схемах камерних сушарок. Визначено оптимальний.

Складено математичну модель по розрахунку ексергетичного балансу та ексергетичного ККД, проведено числовий експеримент та визначено вплив параметрів на енергоефективність сушарки.

Проведено тепловий та перевірений розрахунок сушарки. Визначено номінальну потужність, яка склала 517,96 кВт, при цьому ККД дорівнює 52%.

Створено рекомендації щодо автоматизації процесу сушіння. Створено функціональну схему.

Проведено оцінку ефективності інноваційного проекту.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Акулич, П. В. Расчеты сушильных и теплообменных установок / П. В. Акулич. - Минск : Беларус. навука, 2010. – 443 с.
2. Ганжа В. Л. Об эффективности использования газопоршневых когенерационных установок / В. Л. Ганжа, С. Г. Горошевич // Тепло и массоперенос–2005: Сб. науч. тр. ИТМО НАН Беларуси. – Минск, 2005. – С. 12–19.
3. Данилов О. Л. Экономия энергии при тепловой сушке / О. Л. Данилов, Б. И. Леончик. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 136 с.
4. Гинзбург А. С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов / А. С. Гинзбург. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 528с.
5. Янговский Е. И. Промышленные тепловые насосы / Е. И. Янговский, Л. А. Левин. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 128 с.
6. Долинский А. А. Оптимизация процессов распылительной сушки / А. А. Долинский, Г. К. Иваницкий. – К. : Наук. думка, 1984. – 240 с.
7. Ткаченко С. Й. Сушильні процеси та установки / С. Й. Ткаченко, О. Ю. Співак. – Вінниця.; ВНТУ. 2008.– 98с.

**Співак Олександр Юрійович**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, [spivak000@gmail.com](mailto:spivak000@gmail.com)

**Дзюбанчук Максим Сергійович**, студент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет

**Spivak Oleksandr**, candidate of technical Sciences, associate Professor, Department of power engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [spivak000@gmail.com](mailto:spivak000@gmail.com)

**Dziubanchuk Maksym**, student on Department of power engineering, Vinnytsia National Technical University