

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНІ СХЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОУТИЛІЗАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ В КОНВЕКТИВНИХ КАМЕРНИХ СУШАРКАХ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто способи організації руху теплоносія в сушарках з використанням теплоутилізаційного обладнання для збереження енергії на сушіння сільськогосподарської сировини. В якості предмета дослідження вибрано конвективну камерну сушарку. Вибрано 3 найперспективніші способи. Визначено переваги та недоліки для кожного з них.

Ключові слова: сушіння; камерна сушарка; енергозбереження в сушарках; рекуперація теплоти

Abstract

Methods of organizing the movement of the coolant in dryers using heat recovery equipment to save energy for drying agricultural raw materials are considered. A convective chamber dryer is selected as the subject of the study. The 3 most promising methods are selected. The advantages and disadvantages of each of them are determined.

Keywords: drying; chamber dryer; energy saving in dryers; heat recovery

Вступ

Найбільші втрати теплоти в конвективних сушильних установках відбуваються з викиданням відпрацьованого сушильного агента, який має досить значний тепловий потенціал в навколишнє середовище. Тому досить актуальним є розроблення методів і способів рекуперації теплоти відпрацьованого сушильного агента.

Найбільш поширеним шляхом зменшення теплових втрат з відпрацьованим теплоносієм є зниження його температури на виході, витрати, застосування рециркуляції сушильного агента, але всі ці способи призводять до зменшення сушильного потенціалу теплоносія, оскільки зростає його вологовміст.

Другий шлях – раціональне використання теплоти відпрацьованого теплоносія в різних типах утилізаційних установок та теплових насосів [1].

Основна частина

Якщо застосовувати різні типи утилізаторів і регенераторів теплоти можна значно підвищити економічність роботи та ефективність використання палива в промислових сушильних установках. Особливо ефективно цей спосіб діє в камерних конвективних сушарках, оскільки в них найпростіше добитися герметичності робочої камери. Утилізатори теплоти (теплообмінники), придатні для рекуперації теплоти в сушарках можна розділити на такі групи:

- рекуперативні (газоповітряні, повітряноповітряні);
- регенеративні (з проміжним теплоносієм);
- змішувальні.

Основні принципові схеми сушильних установок з утилізаторами теплоти представлені на Рис.1.

Найпростішою схемою з рекуператором є застосування теплообмінника типу повітря-повітря, в якому вхідне повітря для сушіння підігрівається відпрацьованим теплоносієм (Рис.1,а). Хоча коефіцієнт теплопередачі в таких рекуператорах невеликий, і рідко перевищує $60-70 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, в них можна передавати досить значну потужність за рахунок збільшення площі теплообміну. Недоліком такого способу є те, що за досягнення відпрацьованим теплоносієм в рекуператорі точки роси з нього починає виділятися конденсат, який погіршує гідродинамічні характеристики теплообмінника і вимагає встановлення системи відведення конденсату.

Якість утилізації теплоти, як і якість готового висушеного продукту можна покращити, застосувавши схему з двома теплообмінниками: газоповітряним і газоводяним (Рис.1, б). В цьому випадку теплоносії не викидається в навколишнє середовище, а осушений знову підігрівається в рекуператорі 1 і направляється в калорифер для підігрівання. Висушений продукт (особливо з сільськогосподарської сировини) при цьому отримується значно вищої якості, оскільки не окислюється киснем теплоносія внаслідок його зниженої концентрації.

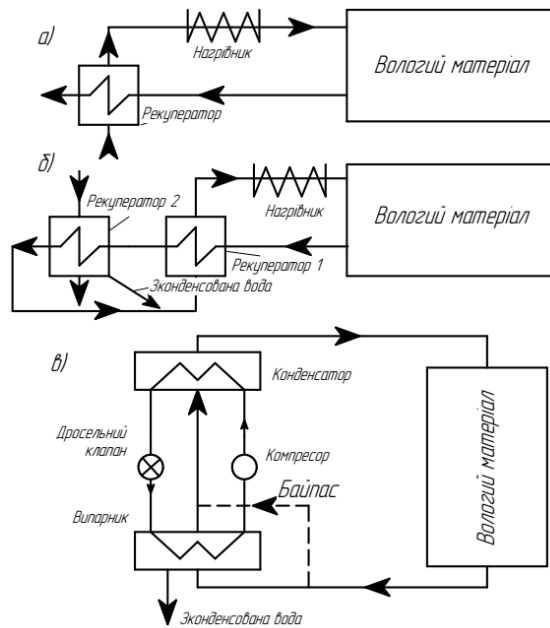


Рисунок 1 – Принципові схеми сушильних установок з утилізацією теплоти:
а) – з рекуператором; б) – з рекуператором і осушувачем
в) – з теплонасосним осушувачем

За високої відносної вологості відпрацьованого теплоносія найбільш ефективним буде застосування теплонасосного осушувача з байпасуванням повітря. Застосування байпасу і проходження частини повітря повз випарник збільшує температуру повітря перед конденсатором і тим самим знижуватиме кількість теплоти необхідну для нагрівання.

На Рис.2 представлено питоме енергоспоживання в сушильних установках з різними типами утилізаційних пристроїв [2-4].

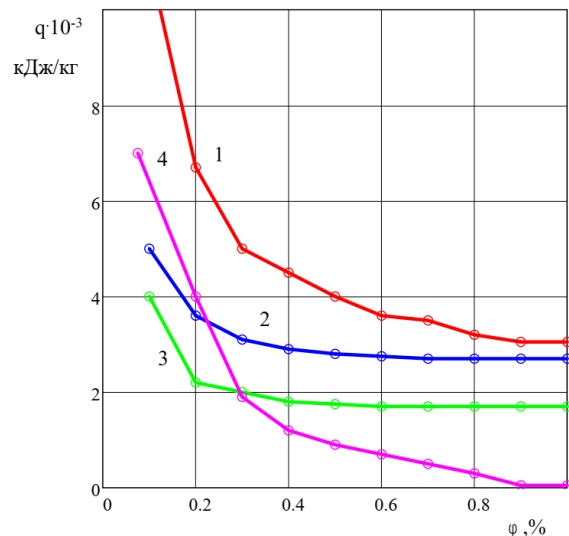


Рисунок 2 – Енергоспоживання сушильних установок з утилізацією теплоти
1 – відсутність утилізатора; 2 – рекуператор; 3 – рекуператор з осушувачем;
4 – теплонасосний осушувач з байпасуванням повітря

Однак, зі зменшенням вологовмісту відпрацьованого повітря ефективність використання теплового насоса зменшується, і за її значення менше 30% застосування схеми з тепловим насосом стає невигідним. Зумовлено це тим, що зі зменшенням вмісту водяної пари в повітрі зменшується теплота

пароутворення, що призведе до зниження температури кипіння у випарнику. Відповідно, при сталій температурі конденсації зменшиться коефіцієнт перетворення теплоти.

З рисунка видно, що за температури вхідного повітря $t_1 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ і його відносній вологості 100%, температури відпрацьованого сушильного агента $t_2 = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ і відносній вологості 80% питома витрата енергії для схем з теплонасосним осушувачем становить близько 800 кДж/кг, тоді як для звичайної сушильної установки без утилізатора – близько 3500–4000 кДж/кг.

Висновки

Підвищити коефіцієнт корисної дії сушильного комплексу можна, застосувавши схеми руху теплоносія з теплоутилізаційним обладнанням, це сприяє збереженню паливних ресурсів і збереженню енергії

Використання теплових насосів для утилізації теплоти відпрацьованого теплоносія в сушарках є доцільним лише за вологості теплоносія не менше 30%.

Для ефективного вибору способу утилізації теплоти в камерних сушарках потрібно враховувати такі фактори, як: вартість утилізаційного обладнання, можливість його надійної роботи, простоту експлуатації і ремонту та зміну собівартості висушеної продукції при забезпеченні її необхідної якості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ткаченко С. Й. Співак О. Ю. Сушильні процеси та установки : навч. посіб. Вінниця, ВНТУ. 2008. 98с.
2. Kumar, P., & Singh, R. (2025). Digital twins for energy management in food processing: A case study approach. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 65, 103245. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2024.103245>.
3. Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика : збірник наукових праць. Випуск 4. Дніпропетровськ : Нова ідеологія, 2012. 236 с.
4. Савченко М. Ю. Енергоменеджмент та енергоаудит переробних та харчових підприємств: навч. посіб. Суми, 2024. 213 с.

Рекомендована до опублікування кафедрою теплоенергетики ВНТУ

Олександр Юрійович Співак – канд. техн. наук, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Назарій Сергійович Педченко – магістрант кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: nazarpedchenko2003@gmail.com.

Артур Станіславович П'ятак – магістрант кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: artur.piatak@gmail.com.

Oleksandr Spivak – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: spivak@vntu.edu.ua.

Nazar Pedchenko – undergraduate of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: nazarpedchenko2003@gmail.com.

Artur Piatak – undergraduate of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: artur.piatak@gmail.com.