

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

ЗБІРНИК ПРАЦЬ

VI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІННОВАЦІЙНІ  
ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ»**



**ОДЕСА**

2017

Публікуються доповіді, представлені на VI Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні енерготехнології» (4 – 8 вересня 2017 р.) і присвячені актуальним проблемам підвищення енергоефективності в сфері АПК, харчових та хімічних виробництвах, розробки та впровадження ресурсо-та енергоефективних технологій та обладнання, альтернативних джерел енергії.

Редакційна колегія:

доктор техн. наук, професор

О.Г. Бурдо

Ю.О. Левтринська

Е.Ю. Ананійчук

О.В. Катасонов

## МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ОРГКОМІТЕТ

- Єгоров**  
*Богдан Вікторович* - голова, Одеська національна академія харчових технологій, ректор, д.т.н., професор
- Бурдо**  
*Олег Григорович* - вчений секретар, Одеська національна академія харчових технологій, д.т.н., професор
- Атаманюк**  
*Володимир Михайлович* – Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор
- Васильєв**  
*Леонард Леонідович* – Інститут тепло- і масообміну ім. А.В. Ликова, Республіка Білорусь, д.т.н, професор
- Гавва**  
*Олександр Миколайович* – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Гумницький**  
*Ярослав Михайлович* – Національний університет „Львівська політехніка”, д.т.н., професор
- Долинський**  
*Анатолій Андрійович* –Інститут технічної теплофізики, почесний директор, д.т.н., академік НАНУ
- Зав’ялов**  
*Владимир Леонідович* – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Керш**  
*Владимир Яковлевич* – Одеська державна академія будівництва та архітектури, д.т.н., професор
- Колтун**  
*Павло Семенович* – Technident Pty. Ltd., Australia, Dr.
- Корнієнко**  
*Ярослав Микитович* – Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
- Малежик**  
*Іван Федорович* – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Михайлов**  
*Валерій Михайлович* – Харківський державний університет харчування та торгівлі, д.т.н, професор
- Паламарчук**  
*Ігор Павлович* – Вінницький національний аграрний університет, д.т.н., професор
- Снежкін**  
*Юрій Федорович* –Інститут технічної теплофізики, директор, д.т.н., член-кор. НАНУ
- Сорока**  
*Петро Гнатович* – Український державний хіміко-технологічний університет, д.т.н., почесний професор
- Тасімов**  
*Юрій Миколайович* – Віце-президент союзу наукових та інженерних організацій України
- Товажнянський**  
*Леонід Леонідович* – Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
- Ткаченко**  
*Станіслав Йосифович* – Вінницький національний технічний університет, г. Вінниця, д.т.н., професор
- Ульєв**  
*Леонід Михайлович* – Національний технічний університет Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
- Черевко**  
*Олександр Іванович* – Харківський державний університет харчування та торгівлі, ректор, д.т.н, професор
- Шит**  
*Михаїл Львович* – Інститут енергетики Академії Наук Молдови, к.т.н., в.н.с.

**ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ  
ПРОЦЕСУ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛОНАСОСНОГО СУШІННЯ  
INCREASE OF ENERGY EFFICIENCY OF  
CONVECTIVE HEAT PUMP DRYING**

Дабіжа Н.О., канд. техн. наук

Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України, м. Київ

Dabizha N.O., PhD in engineering

Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine,  
Kyiv

***Анотація.** Підвищення ефективності, надійності і безпеки роботи сушильного обладнання можливо вирішити шляхом застосування теплогенеруючих агрегатів теплонасосного типу, в яких здійснюється утилізація теплоти відпрацьованого сушильного агента. Використання теплонасосного циклу дозволяє повернути утилізовану теплоту в технологічний процес на більш високому температурному рівні. Застосування теплових насосів в конвективних сушарках з замкненим контуром циркуляції теплоносія дозволяє створювати контрольовані процеси зневоднення незалежно від погодних умов, забезпечує високу екологічну чистоту та скорочує витрати первинної енергії на вилучення вологи в 1,5-2,5 рази в порівнянні з традиційними конвективними сушарками.*

*Дослідження спрямовані на оптимізацію температурних параметрів дійсного теплонасосного циклу з метою скорочення енерговитрат на процес підготовки сушильного агента. За результатами аналітичних досліджень теплонасосного циклу отримані енергетичні показники процесу теплонасосного сушіння в залежності від тепловологісних параметрів сушильного агента та визначені оптимальні з точки зору енерговитрат режимні параметри процесу зневоднення. Показано, що енерговитрати в процесі теплонасосного сушіння в значній мірі залежать від вологовмісту та температури теплоносія. Чим більше осушується теплоносій, тим вищі енерговитрати на видалення вологи. При осушенні глибше за  $d = 15$  г/кг с.п. енерговитрати різко зростають. Також величина енерговитрат на зневоднення зростає з підвищенням температури сушіння. Тому при застосуванні теплового насоса оптимальні температури сушіння становлять 50...55 °С. При раціональних режимах роботи теплового насоса може бути досягнуто зниження питомих енерговитрат на видалення вологи у 1,3-1,5 рази.*

*Запропоновані енергозберігаючі технологічні процеси тепловологісної обробки теплоносія з рекуперацією теплоти відпрацьованого сушильного агента. Розроблена схема включення теплонасосного агрегату у теплогенеруючу систему конвективної сушильної установки. Досліджений процес конвективного сушіння рослинних матеріалів в теплонасосній сушарці, запропонований енергозберігаючий режим зневоднення з перемінним ступенем осушення сушильного агента.*

**Abstract.** Improving the efficiency, reliability and safety of operation of drying units can be obtained by applying heat generating units of heat pump type, in which the waste heat drying agent is utilized. Using a heat pump cycle allows to return utilizable heat into the manufacturing process at the higher temperature level. The use of heat pumps in convective dryers with a closed-loop circulation of the heat carrier can create controlled processes of dehydration regardless of weather conditions. Also high environmental cleanliness is provided and costs of primary energy for moisture removal are reduced in 1,5-2,5 times in comparison with conventional convective dryers.

The research is focused on the optimization of temperature parameters of the actual heat pump cycle in order to reduce energy consumption in heat drying agent treatment. The results of analytical studies of the heat pump cycle energy performances of heat pump drying process based on thermal and humidity parameters of drying agent were received and the optimum regime parameters of dehydration were defined. It is shown that energy consumption in heat pump drying depends on the moisture content and the temperature of the heat drying agent. The more the heat drying agent is dehumidified, the more energy for moisture removal is consumed. The energy consumption increases dramatically when dehumidification is deeper than  $d = 15$  g/kg d.a. Also, the amount of energy consumption for dehydration increases with increasing drying temperature. Therefore, for heat pump dryers optimum drying temperatures are 50 ... 55 °C. At rational operation modes of the heat pump specific energy consumption for moisture removal can be reduced in 1,3-1,5 times.

Energy-saving technological processes of thermal and humidity treatment of the heat carrier with heat recovery of the waste drying agent are proposed. The scheme of inclusion of the heat pump unit in the heat generating system of the convection dryer is developed. The process of convective drying of plant materials in the heat pump dryer is studied. The energy-saving mode with drying agent humidity regulation is proposed.

Ключові слова: теплонасосні цикли, теплові насоси, сушіння, енергоефективність.

Key words: heat pump cycles, heat pump, drying, energy efficiency.

Сушіння є одним з найбільш інтенсивних та енергоємних технологічних процесів. Згідно із статистичними даними [1] на проведення процесів термічного зневоднення витрачається в середньому 12 % енергії, споживаної в промисловому секторі розвинених країн. Сушіння відіграє важливу роль в багатьох галузях промисловості, таких як деревообробна, текстильна, паперова, харчова та фармацевтична. Також сушіння широко використовується для збереження сільськогосподарської продукції, такої як фрукти, овочі, трави, зерно, насіння. В цих галузях на зневоднення витрачається 50-70 % від загальних енерговитрат на виробництво. Реалізуються ці процеси основному в конвективних сушильних установках тунельного, конвеєрного і стрічкового типів, завдяки простоті їхніх конструкцій і експлуатації, а також низькій вартості устаткування.

Необхідно зазначити, що традиційні конвективні сушильні установки вирізняються низькою енергетичною ефективністю, що пов'язана з великими (до 30 %) втратами теплоти. При цьому основна частина (до 70 %) теплоти втрачається з відпрацьованим сушильним агентом, що йде з сушарки. Виходячи з цього, стають очевидними принципові шляхи підвищення теплової економічності конвективних сушильних установок. Це – зниження втрат теплоти з сушильним агентом, що йде, або раціональне використання цього виду вторинних енергетичних ресурсів. В цьому випадку рекуперацію тепла відпрацьованого вологого теплоносія доцільно здійснювати за допомогою теплового насоса (ТН).

Традиційні конвективні сушарки за своїми конструктивними особливостям є найбільш пристосованими для інтеграції в сушильний цикл теплонасосного агрегату [2], а відпрацьований сушильний агент є тим видом вторинних енергетичних ресурсів, що слугує низькотемпературним джерелом енергії для теплового насоса. Застосування теплового насоса в замкнутому циклі конвективної сушарки дозволяє за рахунок конденсації вологи в випарнику ТН знижувати вологовміст сушильного агента, а також здійснювати утилізацію теплоти вологого повітря, що йде з сушарки, з наступним поверненням її в процес сушіння на більш високому температурному рівні.

Важливим чинником, на який в значній мірі впливають умови проведення процесу зневоднення, є якість готового продукту. Більшість матеріалів, що піддаються сушінню, є термолабільними. Особливістю таких матеріалів є залежність якості готового продукту від температурного рівня процесу та тривалості теплової дії. При перевищенні максимально допустимої температури відбуваються необоротні зміни фізичної та хімічної структури матеріалу, що у свою чергу призводить до погіршення якісних показників. Застосування теплового насоса дозволяє здійснити енергоефективний процес низькотемпературного сушіння (40-60 °C) термолабільних матеріалів.

Оскільки експлуатаційні характеристики теплонасосної сушарки визначаються тепло- і масообміном, який відбувається при взаємодії двох робочих тіл (повітря і холодоагенту), будь-яка зміна в одному з цих тіл неминуче впливатиме на всю систему. Так при конвективному сушінні інтенсивність видалення вологи з матеріалу залежить від виду продукту, температури і вологовмісту теплоносія. Проте, під час сушіння тепловологісні характеристики матеріалу змінюються, а температура охолодження сушильного агента і, відповідно, ступінь його зневоднення впродовж усього періоду сушіння матеріалу підтримуються незмінними. При такому режимі сушіння не забезпечується оптимальна швидкість процесу і мінімальні енерговитрати, тому що спочатку, коли матеріал має найбільшу вологість, з нього легко вилучається вільна волога, і не потрібно підтримувати високий ступінь осушення агента, а наприкінці процесу, коли в матеріалі залишається лише зв'язана волога, необхідно проводити більш глибоке осушення агента, тому що при невеликому ступені зневоднення агента тривалість останнього періоду сушіння значно збільшується. Це призводить до зайвих енерговитрат.

Тому метою дослідження є оптимізація температурних режимів роботи теплонасосного агрегату для скорочення енерговитрат в процесі конвективного сушіння.

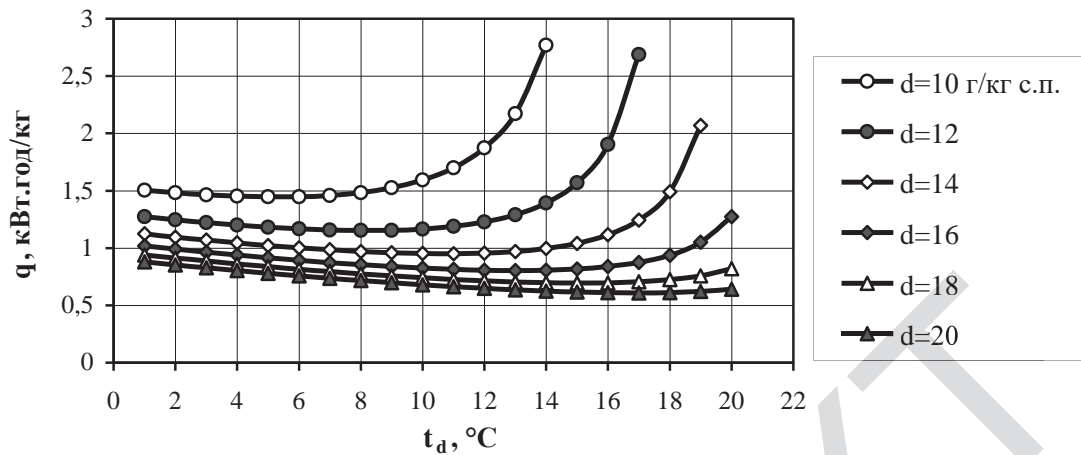
Дослідження проводились для камерних конвективних сушильних установок з замкненим контуром циркуляції теплоносія. При цьому теплоносій циркулює по колу, а волога, що вилучається з матеріалу, не виноситься сушильним агентом в оточуюче середовище, а конденсується на холодній поверхні випарника теплового насоса і вилучається в скрапленому вигляді. Така схема роботи сушарки дозволяє використовувати як теплоносій крім повітря інертні газу, а також підтримувати необхідні параметри сушіння незалежно від тепловологісного стану атмосферного повітря.

Цикл сушіння в теплонасосних сушарках (рис. 1) здійснюється таким чином: нагріте і осушене повітря (стан *a*) надходить до сушильної камери 1, де, проходячи над шаром висушуваного матеріалу, адіабатично зволожується і охолоджується (стан *b*). Зволожене повітря осушується у випарнику теплового насоса 2 за рахунок охолодження (процес *b-c-d*) до заданої температури точки роси (стан *d*), при цьому волога, що міститься в повітрі, конденсується, і в рідкому стані виводиться до збірника конденсату 3. Далі холодне осушене повітря нагрівається в конденсаторі теплового насоса 5 (процес *d-a*) і повертається до сушильної камери 1.

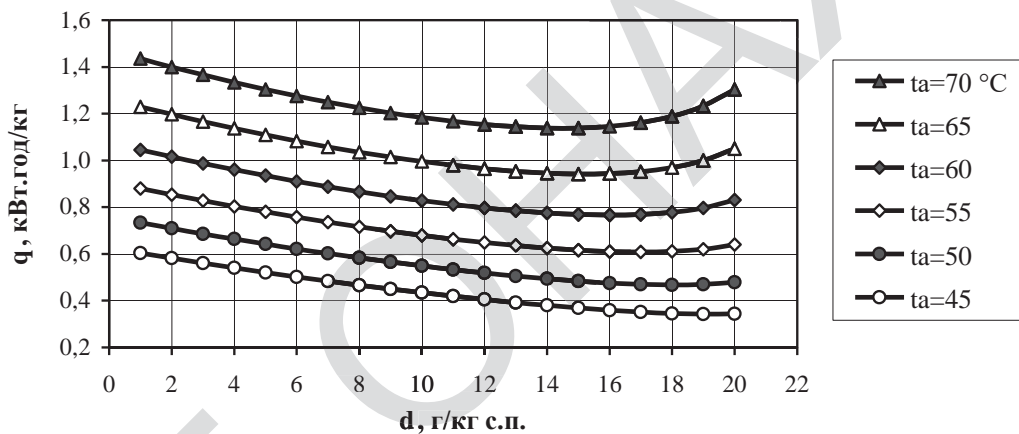
Проведений аналіз процесу низькотемпературного зневоднення з використанням теплонасосного циклу [3, 4] показав, що в процесі теплонасосного сушіння величина поточних енерговитрат значною мірою залежить від вологовмісту сушильного агента і температурного режиму його осушення: чим вищий



процесу сушіння має бути організовано таким чином, щоб мінімізувати енерговитрати в розрахунку на весь період сушіння.



**Рис. 2.** Вплив вологовмісту осушуваного теплоносія на енерговитрати процесу видалення вологи.



**Рис. 3.** Вплив температури сушіння на енерговитрати процесу видалення вологи (при ефективності рекуператора  $E = 0,7$ ).

На основі аналізу технологічних схем конвективних сушарок з тепловими насосами та за результатами аналітичних досліджень процесів теплонасосного сушіння розроблена схема включення теплонасосного агрегату в систему конвективної сушильної установки для зневоднення ККП матеріалів. Конвективна сушарка з теплонасосною системою підготовки теплоносія та процес сушіння в Н-d діаграмі показані на рис. 4. Сушарка (рис. 4, а) являє собою шафу, в верхній частині якої знаходиться сушильна камера 2 з піддонами 4 для зневоднюваного матеріалу, а в нижній – агрегатний відсік 3, де розташований теплонасосний агрегат. Теплонасосний агрегат включає холодильний компресор, випарник із системою відводу конденсату до конденсатозбірника і двосекційний повітряний конденсатор. Сушильна камера і агрегатний відсік пов'язані між собою повітропроводами. Сушарка обладнана рекуперативним теплообмінником 7, зовнішній вигляд якого надано на рис. 4, б. Теплообмінник виконаний з полікарбонатного листа.

Сушіння відбувається в замкненому контурі. Зневоднюваний матеріал розміщується на піддонах і завантажується в технологічний відсік сушарки. При запуску циркуляційних вентиляторів потік сушильного агента прямує в технологічний відсік сушарки і проходить над зневоднюваним матеріалом (рис 4, в, процес а-б). При контакті з матеріалом сушильний агент зволожується та охолоджується. Відпрацьований сушильний агент прямує до агрегатного відсіку сушарки, де розподіляється на два потоки, один із яких повертається на рециркуляцію, а другий подається в тепловий насос на осушення. Осушене повітря спочатку частково охолоджується в рекуперативному теплообміннику «повітря-повітря» (процес b-c'), після чого доохолоджується у випарнику теплового насоса (процес c-c'-d). При цьому частина вологи, що міститься в повітрі, конденсується, і вода виводиться з об'єму сушильної камери. Після проходження через випарник охоложене й осушене повітря підігрівається в рекуператорі (процес d-e) і змішується з вологим

рециркулюючим повітрям (процеси e-f і b-f). Змішане повітря (точка f) підігрівається в конденсаторі (процес f-a), і подається знову в контур циркуляції сушильного агенту.

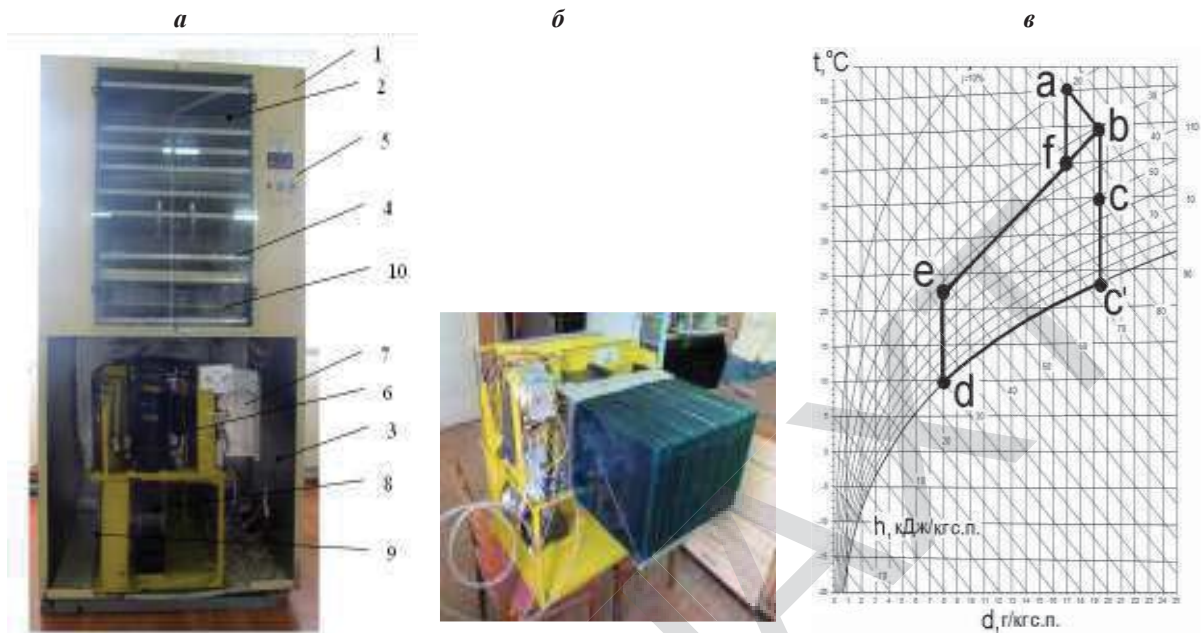


Рис. 4 – Експериментальна теплонасосна сушильна установка (а), рекуперативний теплообмінник (б) та процес теплонасосного сушіння в Н-d діаграмі (в): 1 – корпус сушарки; 2 – сушильна камера (технологічний відсік); 3 – агрегатний відсік; 4 – піддон; 5 – пульт керування сушарки; 6 – теплонасосний агрегат; 7 – рекуператор; 8 – циркуляційні вентилятори; 9 – стартовий електронагрівач; 10 – ІЧ-нагрівач

Підчас випробувань теплонасосної сушарки проводилось автоматичне вимірювання температури теплоносія в основних точках процесу (рис. 6): після випарника та конденсатора ТН, на вході в рекуперативний теплообмінник та на виході з нього. Контроль вологості сушильного агента здійснювався за допомогою «сухого» та «мокрого» термометрів. Фіксувалося енергоспоживання компресора в продовж всього процесу сушіння.

Як видно з рис. 6, після виходу на стаціонарний режим у випарнику ТН підтримувалась температура на рівні 10 °С.

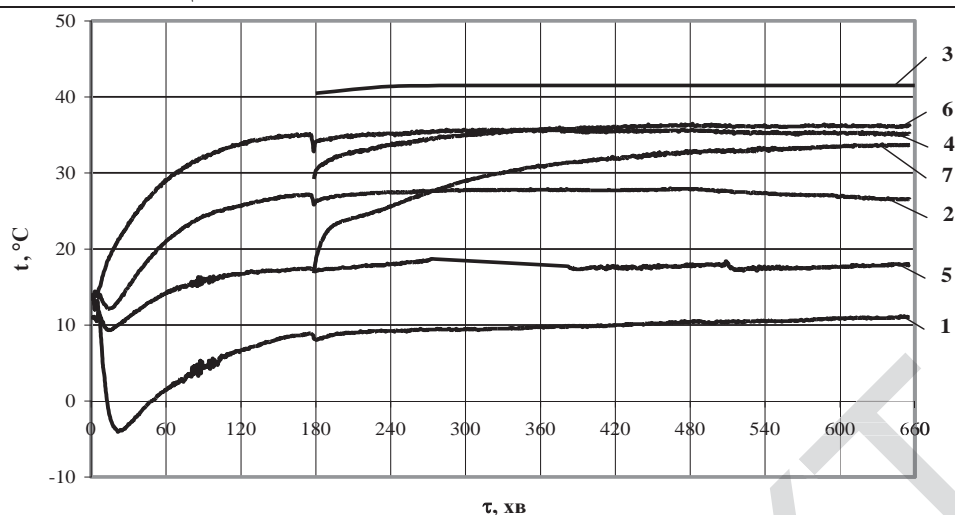


Рис. 6 – Температурні криві процесу теплонасосного сушіння: 1 – температура теплоносія після випарника ТН; 2 – температура теплоносія після рекуператора; 3 – температура теплоносія після конденсатора ТН; 4 – температура «сухого» термометра; 5 – температура «мокрого» термометра; 6 – температура матеріалу на поверхні зразка; 7 – температура матеріалу в центрі зразка

За рахунок теплообміну холодного і гарячого потоків теплоносія, що подається на охолодження до випарника, попередньо охолоджується у рекуперативному теплообміннику з 35 °С до 18 °С. Таким чином, знімається теплове навантаження на випарник ТН. Ефективність рекуперативного теплообмінника становить 0,65.

#### Висновки

1. Використання теплових насосів як теплогенераторів в конвективних сушильних установках дозволяє утилізувати теплоту відпрацьованого теплоносія і повернути її в процес сушіння на більш високому температурному рівні. Це дозволяє знизити енерговитрати на процес конвективного сушіння в 1,5-2,5 рази.
2. Для кожного заданого тепловологісного стану сушильного агента відповідно існує оптимальний температурний режим роботи теплового насоса, який забезпечує мінімальні енерговитрати на сушіння.
3. Енерговитрати в процесі теплонасосного сушіння в значній мірі залежать від вологовмісту та температури теплоносія. Чим більше осушується теплоносія, тим вищі енерговитрати на видалення вологи. При осушенні глибше за  $d = 15$  г/кг с.п. енерговитрати різко зростають. Також величина енерговитрат на зневоднення зростає з підвищенням температури сушіння. Тому при застосуванні теплового насоса оптимальні температури сушіння становлять 50...55 °С.
4. Застосування рекуперативного теплообмінника дозволяє в залежності від його ефективності в 1,5-2 рази зменшити енерговитрати на процес сушіння.

Дослідження проводяться в рамках цільової програми наукових досліджень НАН України «Надійність і довговічність матеріалів, конструкцій, обладнання та споруд» (Ресурс-2) (проект Р 5.8).

#### Література

1. Kudra T. Energy Aspects in Food Dehydration. *Advances in Food Dehydration* / Ed. Cristina Ratti. CRC Press, 2009. P. 423-445.
2. Снежкін Ю.Ф., Чалаєв Д.М., Шаврін В.С., Шапар Р.О., Хавін О.О., Дабіжа Н.О. Використання теплових насосів в процесах сушіння. *Промышленная теплотехника*. 2006. Т. 28, № 2. С. 106-110.
3. Чалаєв Д.М., Дабіжа Н.А., Шаврін В.С., Хавін А.А. Оптимизация режимов работы теплонасосной конденсационной сушильной установки. *Современные энергосберегающие тепловые технологии (сушка и термовлажностная обработка материалов)*: труды 1-й Междунар. научно-практич. конф. – Москва, 2002. Т. 4. С.234-236
4. Снежкін Ю.Ф., Чалаєв Д.М., Шаврін В.С., Дабіжа Н.А., Гатилів К.А. Эффективность применения тепловых насосов в процессах конвективной сушки. *Наукові праці ОНАХТ*. Вип.30, Т.1. С. 185-189.
5. Снежкін Ю.Ф., Чалаєв Д.М., Дабіжа Н.О. Аналіз енергетичних показників процесу теплонасосного сушіння. *Промышленная теплотехника*. 2017. Т. 39, № 3. С. 39-44.
6. Дабіжа Н.А. Энергоэффективная технология сушки термочувствительных материалов с использованием тепловых насосов. *Наукові праці ОНАХТ*. Вип. 39, Т. 2. С. 341-345.

УДК 536.27

КИНЕТИКА КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ГРАНАТОВОГО СОКА В УСТАНОВКЕ БЛОЧНОГО ВЫМОРАЖИВАНИЯ	101
<b>Стоянова А.М., Драгни Е.И., Терземан Е.Ф.</b> .....	
РЕКОНСТРУКЦИЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ СИСТЕМ С УТИЛИТНЫМИ ПУТЯМИ	
<b>Ульев Л.М., Маатук А.</b> .....	106
ПРОЕКТ ТЕРМОМОДЕРНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО КОРПУСА ОНАПТ	
<b>Перетяка С. Н., Козинец А. Ю., Бандура Д. А.</b> .....	111
ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛОНАСОСНОГО СУШІННЯ	
<b>Дабіжа Н.О.</b> .....	115
РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ КОЖУХОТРУБНИХ ТЕПЛОБМІННИКІВ ДЛЯ ВИСОКОМІНЕРАЛІЗОВАНИХ СЕРЕДОВИЩ	
<b>Чаласєв Д.М., Шматок О.І., Грабова Т.Л., Сильнягіна Н.Б.</b> .....	121

### ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ ХІМІЧНИХ ТА ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

ПОГЛИНАННЯ ДВООКИСУ ВУГЛЕЦЮ ІЗ СУМІШІ ПОВІТРЯ З ДІОКСИДОМ СУЛЬФУРУ	
<b>Дячок В. В., Гуглич С. І., Катишева В. В., Мандрик С. Т.</b> .....	126
ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА МОНТМОРИЛОНІТУ, МОДИФІКОВАНОГО ПОЛІОНЕНАМИ	
<b>Суха І.В., Томіло В.І., Белянєвська О.А., Сухий К.М.</b> .....	131
ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОМАСООБМІНУ ПІД ЧАС ВЗАЄМОДІЇ ТВЕРДОГО ТІЛА З РІДКИМ РЕАГЕНТОМ	
<b>Гумницький Я.М., Атаманюк В.М., Симак Д.М., Данилюк О.М.</b> .....	138
АДСОРБЦІЙНО-ДИФУЗІЙНІ ПРОЦЕСИ У СТАТИЧНОМУ ШАРІ ДИСПЕРСНОГО МАТЕРІАЛУ В СТАЦІОНАРНИХ ТА ДИНАМІЧНИХ УМОВАХ	
<b>Сабадаш В.В., Гумницький Я.М.</b> .....	143
ПРОЦЕСИ ВИРОБНИЦТВА НЕЕНЕРГОСМНИХ КОНЦЕНТРАТИВ ФІТОПРЕПАРАТИВ	
<b>Бурдо А.К., Альхурі Юсеф, Ананійчук Е.Ю., Велічко В.П.</b> .....	148
РОЛЬ НАДЛИШКОВОГО МАРГАНЦЮ В ФОРМУВАННІ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАНОСТРУКТУРНОГО КОМПЗИТУ НА ОСНОВІ МАНГАНІТУ І СТАБІЛІЗОВАНОГО ДІОКСИДУ ЦИРКОНІУ	
<b>Акимов Г.Я., Новохацька А.О.</b> .....	153
ЗАХИСНІ ПОЛІЕТИЛЕНОВІ ТРУБИ ДЛЯ ОПТОВОЛОКОННИХ КАБЕЛІВ ЗВ'ЯЗКУ З АНТИФРИКЦІЙНИМ ВНУТРІШНІМ ШАРОМ	
<b>Гоцький Я. Г., Двойнос Я. Г.</b> .....	157
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЛУЧЕНИЯ КРЕМНИЯ ИЗ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ	
<b>Рябик П.В., Опарин С.А., Гриднева Т.В.</b> .....	161
ИССЛЕДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭКСТРУДИРОВАННОГО ЯДРА ПОДСОЛНЕЧНИКА	
<b>Евлаш В.В., Потапов В.А. Никитин С.В.</b> .....	164
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ БЛОКА ЛЬДА В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ	
<b>Тришин Ф.А., Трач А.Р., Орловская Ю. В.</b> .....	168
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА ДЕМИНЕРАЛИЗАЦИИ МОРСКОЙ ВОДЫ В АППАРАТАХ БЛОЧНОГО ВЫМОРАЖИВАНИЯ	
<b>Тришин Ф.А., Масельская Я.А.</b> .....	174
ОЦІНЮВАННЯ БЕЗРЕАГЕНТНОЇ ОБРОБКИ ВОДИ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ	
<b>Журавська Н. Е.</b> .....	179