



## **ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**



## **ЕНЕРГІЯ. БІЗНЕС. КОМФОРТ**



**Одеса  
2020**

УДК [620.9:628.87]:334.723  
ББК [620.9:628.87]:334.723  
Е 61

Е 61 Енергія. Бізнес. Комфорт: матеріали регіональної науково-практичної конференції (20 грудня 2019 р.). – Одеса: ОНАХТ, 2020. – 80 с.

У збірнику подано тези доповідей науково-практичної конференції. Збірник містить тези пленарних доповідей, доповідей по енергетичному та екологічному менеджменту (секція 1), енергоефективним технологіям та обладнанню (секція 2), моделюванню енерготехнологій (секція 3) та тези доповідей молодих вчених (секція 4).

УДК [620.9:628.87]:334.723  
ББК [620.9:628.87]:334.723

© Одеська національна академія  
харчових технологій, 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
ОДЕСЬКА ОРГАНІЗАЦІЯ СОЮЗ НАУКОВИХ ТА ІНЖЕНЕРНИХ  
ОБ'ЄДНАНЬ УКРАЇНИ  
КОНСАЛТИНГОВА ЛАБОРАТОРІЯ «ТЕРМА»

## **ЕНЕРГІЯ. БІЗНЕС. КОМФОРТ**

Матеріали регіональної науково-практичної конференції

20 грудня 2019 року

Одеса  
2020

**Безбах І. В.**, д-р техн. наук, доцент (ОНАХТ, м. Одеса)

**Шишов С. В.**, аспірант (ОНАХТ, м. Одеса)

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛООБМІНУ В ШНЕКОВОМУ АПАРАТІ НА БАЗІ РОТАЦІЙНОГО ТЕРМОСИФОНУ**

Відповідальними етапами технологічного процесу переробки рослинної сировини є процеси термообробки, сушіння. Ці процеси визначають якість готового продукту, збереження і витрати енергії на його виробництво. Проблема підвищення якості готового продукту, енергоємності, екології виробництва [1] є актуальною для виробників продуктів харчування.

Проведено дослідження роботи апарату з ротаційним термосифоном (РТС). Апарат з РТС може бути використаний в якості підігрівача фруктових та овочевих пюре, томатної маси, сушіння відходів виробництва (виноградні, яблучні вичавки). Унікальність розробленого обладнання полягає в тому, що використовуються принципи адресної доставки енергії до елементів сировини, забезпечується підвищення ефективності процесів і поліпшення якості продукції. Такі конструкції дозволяють зруйнувати прикордонний тепловий шар, що призводить до інтенсифікації процесу, зниження енерговитрат, а також знижує пригорання продукту до гріючої поверхні.

Експериментальні дослідження роторних теплообмінників [2] обмежені конструкціями для хімічної промисловості, також досліджені, в основному, процеси зовнішнього теплообміну. Крім того, в роторних теплообмінниках герметизація вузла з'єднання ротора з нерухомим паропроводом і конденсаторопроводом є технічно складним завданням. З точки зору надійності апарати з РТС більш ефективні, так як є автономними конструкціями.

Для апаратів з РТС характерна зовнішня і внутрішня задачі. Зовнішня задача враховує гідродинаміку і тепломасообмін при обтіканні конденсатора термосифона рідиною або повітряно-дисперсним потоком, внутрішня задача враховує гідродинаміку руху конденсату всередині конденсатора. В роботі [3] розглянуті питання використання РТС в апаратах харчових технологій. Проведено моделювання внутрішньої і зовнішньої задачі теплообміну для РТС. Вивчено кризу тепlopередачі в РТС. Отримано модель для визначення критичного числа Фруда. Але залишилися невирішеними питання, пов'язані з експериментальним підтвердженням отриманої моделі. Доцільним є проведення дослідження по візуалізації гідродинаміки руху конденсату в конденсаторах РТС різних конструкцій, експериментального підтвердження розробленої моделі [3].

Метою роботи є дослідження інноваційного обладнання на базі РТС,

яке дозволить реалізувати локальний енергетичний вплив безпосередньо на рідину, частки дисперсного матеріалу, прикордонний шар. Як результат очікується підвищення якості продуктів, енергоефективності виробництв.

На кафедрі ПО і ЕМ ОНАХТ розроблена конструкція шнекового апарату з РТС. Який складається з випарника 2, шнекового конденсатора 3. Продукт завантажується зверху через патрубок 4, нагрівається, сушиться або випаровується.

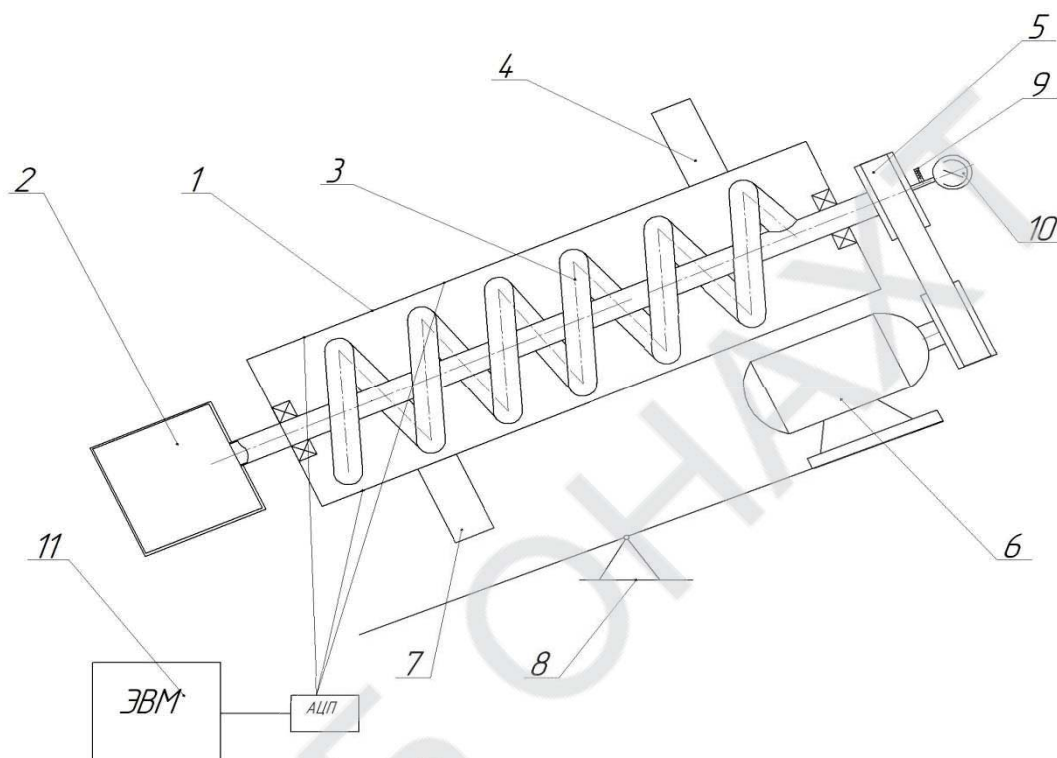


Рис. 1. Конструкція шнекового апарату з РТС: 1 – корпус, 2 – випарник, 3 – конденсатор, 4 – патрубок для завантаження продукту, 5 – привід, 6 – двигун, 7 – патрубок для вивантаження продукту, 8 – шарнір, 9 – клапан, 10 – манометр, 11 – комплекс для отримання експериментальних даних

Гідродинаміка течії конденсату всередині розгалуженого конденсатора РТС наведеного в [3] залежить від кута нахилу, частоти обертання конденсатора РТС. Аналітичними методами визначена функція критичного числа Фруда ( $Fr$ ) для розгалуженого конденсатора РТС. Ставиться завдання підтвердити отримані аналітичні дані експериментально. Для моделювання руху конденсату всередині конденсатора РТС різного конструктивного виконання, розроблений експериментальний стенд, який представляє собою модель апарату з РТС виконану зі скла. Як робоче тіло РТС використовували етиловий спирт (об'ємна частка 96%, обсяг 200 мл).

В експериментах варіювали кут нахилу РТС  $\gamma=20...90^\circ$ , частоту обертання РТС,  $n=0...2 \text{ с}^{-1}$ , тиск пари усередині РТС,  $P_{\text{абс}}=0,1 \text{ МПа}$ . Також замінювали конденсатор РТС з розгалуженого на шнековий.

Застосування шнекового конденсатора дає ряд переваг – стабільність роботи незалежно від частоти обертів, перемішування, змішування, транспортування. Кут нахилу і напрямок обертання РТС визначатимуть умови повернення конденсату в випарник. Для моделювання внутрішньої задачі проведено ряд експериментів.

Методика досліджень наступна. Повітря з РТС відкачували за допомогою вакуум насоса. Виставляли певний кут нахилу РТС, частоту обертання. На регуляторі термостата виставляли напругу, необхідну для підтримки стабільного кипіння робочого тіла при заданому тиску. Проводили фото- і відеозйомку.

При кутах нахилу РТС  $\gamma=0...20^\circ$  конденсат накопичується в нижніх відгалуженнях конденсатора, верхні не заповнюються. Причому більша кількість конденсату накопичується в трубках найближчих до випарника.

При частотах обертання  $n=0,1...0,3 \text{ c}^{-1}$  конденсат вільно повертається в випарник як при вертикальному розташуванні так і при нахилі РТС. При частоті обертання  $1,8 \text{ c}^{-1}$  і куті нахилу конденсатора  $\gamma=20^\circ$  настає замикання конденсату відцентровою силою в патрубках конденсатора.

При кутах нахилу шнекового конденсатора  $\gamma=37...45^\circ$  продуктивність порожнього шнека збільшується. При обертанні шнекового конденсатора спостерігається ефективно повернення конденсату в випарник як при правосторонньому так і при лівосторонньому напрямку обертання. При правосторонньому обертанні конденсат рухається в нижню частину конденсатора і викидається в центральну трубку. При лівосторонньому – конденсат піднімається у верхню частину конденсатора і також викидається в центральну трубку, яка з'єднана з випарником.

При частотах обертання  $n=0,1...0,3 \text{ c}^{-1}$  розрахункове число  $Fr < 1$  і конденсат вільно повертається в випарник, як при вертикальному розташуванні, так і при нахилі РТС. При частоті обертання  $1,8 \text{ c}^{-1}$  і куті нахилу конденсатора  $\gamma < 20^\circ$  розрахункове число  $Fr \geq 1$ , відбувається замикання конденсату відцентровою силою. Все це підтверджує достовірність розробленої моделі.

Проведені дослідження з моделювання гідродинаміки в РТС показали, що для шнекового РТС повернення конденсату в випарник, внутрішній теплообмін буде найбільш ефективний при кутах нахилу конденсатора  $37...45^\circ$ . Для розгалуженого конденсатора, при частоті обертання  $1,8 \text{ c}^{-1}$  і куті нахилу  $\gamma < 20^\circ$  настає замикання конденсату відцентровою силою в патрубках конденсатора. Отримані результати будуть використані для розробки методів розрахунку і оптимізації апаратів на базі РТС [4].

### Література

1. R.N. Pereira, A.A. Vicente, Environmental impact of novel thermal and non-thermal technologies in food processing // Food Research International, Volume 43, Issue 7, August 2010, Pages 1936–1943, ISSN 0963–9969

2. Luanfang Duan, Zhengyu Cao, Guihuan Yao, Xiang Ling, Hao Peng Visual experimental study on residence time of particle in plate rotary heat exchanger // Applied Thermal Engineering, Volume 111, 25 January 2017, Pages 213-222, <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.09.087>;

3. Bezbah, I.V., Burdo O. G. Rotating heat pipes in devices for heat treatment of the food-stuffs // Applied Thermal Engineering. Vol. 28, Issue 4, March 2008, P. 341–343, <http://dx.doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2006.02.021>;

4. Burdo O., Bezbah I., Kepin N., Zykov A., Yarovy I., Gavrilov A., Bandura V., Mazurenko I. Studying the operation of innovative equipment for thermomechanical treatment and dehydration of food raw materials // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies - Vol 5, No 11(101) (2019) DOI: 10.15587/1729-4061.2019.178937

**Бурдо О.Г.**, д-р техн. наук, професор (ОНАХТ, м. Одеса)  
**Сиротюк І.В.**, аспірант (ОНАХТ, м. Одеса)

## **СТЕНДОВІ ВИПРОБУВАННЯ ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНОГО МОДУЛЯ ВАКУУМ-ВИПАРНОЇ УСТАНОВКИ**

Модульний принцип виконання багатофункціональних установок є перспективним напрямком у розвитку тепломасообмінного обладнання на сьогоднішній день. В харчовій промисловості це дає змогу завантажувати промисловість у разі відсутності сезонної сировини та використовувати обладнання для переробки різної рослинної продукції. Головною вимогою стосовно модуля при зміні технологічного регламенту є зручність та простота керування.

На основі досліджень мікрохвильової вакуум-випарної установки періодичної дії було проаналізовано різноманітні схеми та виділено їх головні переваги та недоліки. Основою аналізу є кінетичні залежності, характерні для запропонованої конструкції модуля. Конструкція є надійною та з легкістю пристосовується до зміни режиму роботи, про що свідчить якісний характер кінетики процесу випарювання в електродинамічному модулі. Стала потужність мікрохвильового поля забезпечує підвищення значення концентрації сухих речовин у розчині зі швидкістю, що з часом збільшується. Це пояснюється постійною паропродуктивністю при сталій потужності, в той час коли кількість розчину на протязі всього процесу зменшується. Задля забезпечення постійної швидкості зміни концентрації є можливість зміни потужності електромагнітного генератора.

Модульний принцип достатньо гнучкий і дає змогу для реалізації різноманітних схем їх компонування. Прийнятними умовами роботи установок є:

– проводити випарювання половини об'єму розчину, що займає модуль;

### СЕКЦІЯ ІІІ МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЙ

<i>Бурдо О.Г., Гаврилов А.В., Щербач М.</i> Моделирование процессов гидравлики и тепломассопереноса в системах с нано- элементами .....	40
<i>Зыков А.В., Маренченко Е.И.</i> Инновационные технологии сушки маслосодержащих растительных культур .....	43
<i>Безбах І. В., Шишов С. В.</i> Моделювання процесів теплообміну в шнековому апараті на базі ротаційного термосифону.....	45
<i>Бурдо О.Г., Сиротюк І.В.</i> Стендові випробування електродинамічного модуля вакуум-випарної установки .....	48

### СЕКЦІЯ ІV ТРИБУНА МОЛОДИХ НАУКОВЦІВ

<i>Пашковський М.М.</i> Застосування піролізу в утилізації сміття .....	50
<i>Пономарьов К., Коробкіна О.В.</i> Позитивні тенденції у виробництві біогазу в харчовій промисловості України .....	52
<i>Трішин Ф.А., Трач О.Р., Гарібяр Ю.В.</i> Моделювання теплових режимів процесу формування блоку льоду .....	57
<i>Краснієнко Н.В., Суліма Ю.Є., Столяров В.В.</i> Апаратно-програмний комплекс моделі геліоустановки на сонячних колекторах .....	58
<i>Суліма Ю.Є., Краснієнко Н.В., Слюсаренко В.Ю.</i> Комп'ютерна модель геліосистеми для побутового теплопостачання у табличному процесорі EXCEL.....	61
<i>Черненко А.О., Беркань І.В.</i> Теоретичне створення енергоефективного приватного будинку .....	65
<i>Хоцяновский С.Ю., Беркань И.В.</i> Тепловой насос, как альтернатива традиционной системы обогрева помещения .....	68
<i>Ярмоленко О.С.</i> Інноваційні згущені молочні продукти .....	70

# ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ ПІДПРИЄМСТВА

Консалтингова лабораторія

**ТЕРМА**

(теплотехнології, енергоефективність, ресурсо-ефективність, менеджмент енергетичний, аудит енергетичний)

На ринку консалтингових послуг КЛ «ТЕРМА» з 1997р. Працівники КЛ «ТЕРМА» пройшли підготовку по програмі «TACIS» та отримали відповідні сертифікати. З 1999р. лабораторія має ліцензію (№026) на право проведення енергетичних обстежень підприємств та навчання енергетичному менеджменту.

Напрямок діяльності КЛ «ТЕРМА»: науково – методологічна в сфері енергетичної ефективності, консалтингові послуги з енергетичного аудиту та менеджменту, наукові розробки та принципово нові конструкції енергоефективного обладнання, пропагандистка робота по підвищенню культури споживання енергії при підготовці молодих спеціалістів та серед населення регіону.

Розробки КЛ «ТЕРМА»: концепція Енергетичних програм зернопереробної галузі та Одеського регіону; Програми підвищення енергетичної ефективності міст Одеси та Теплодара; енергетичні обстеження та обґрунтування норм споживання енергії на 91 об'єкті бюджетної сфери Одеського регіону та інш.

КЛ «ТЕРМА» приймала участь в організації та проведенні 6 Міжнародних конференцій «Інноваційні енерготехнології»; 5 регіональних симпозіумах «Енергія. Бізнес. Комфорт»; міського молодіжного форуму «Енергоманія».

КЛ «ТЕРМА» має значний досвід, професійних виконавців, сучасні мобільні прилади для проведення енергетичних досліджень та розробці обґрунтованих енергетичних програм різного рівня

Одеська національна  
академія харчових  
технологій

консалтингова  
лабораторія  
**ТЕРМА**

65039, м. Одеса, вул. Канатна. 112, тел. (048)712-41-75; 712-41-29; 724-86-72;  
факс (048)725-31-64; 725-32-84. E-mail [nauka@onaft.edu.ua](mailto:nauka@onaft.edu.ua)  
[terma\\_onaft@ukr.net](mailto:terma_onaft@ukr.net) [www.onaft.edu.ua](http://www.onaft.edu.ua)