

**ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**



*ІХ МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА  
КОНФЕРЕНЦІЯ*

**«ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ»**

*ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ*

**11-15 вересня 2023 р.**

**м. Одеса, Україна**

## Організатори конференції

Міністерство освіти і науки України  
Одеська державна обласна адміністрація  
Одеський Національний Технологічний Університет  
Консалтингова Лабораторія ТЕРМА  
Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій та  
екоенергетики ім. В.С. Мартиновського

## МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ОРГКОМІТЕТ

- Єгоров**  
*Богдан Вікторович* – голова, Одеський національний технологічний університет, президент університету, д.т.н., професор
- Бурдо**  
*Олег Григорович* – вчений секретар, Одеський національний технологічний університет, д.т.н., професор
- Атаманюк**  
*Володимир Михайлович* – Національний університет «Львівська політехніка», 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
- Долінський**  
*Анатолій Андрійович* – Інститут технічної теплофізики, почесний директор, д.т.н., академік НАН України
- Зав'ялов**  
*Володимир Леонідович* – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Сукманов**  
*Валерій Олександрович* – Полтавський державний аграрний університет, д.т.н., професор
- Колтун**  
*Павло Семенович* – Technident Pty. Ltd., Australia, Dr.
- Корнієнко**  
*Ярослав Микитович* – Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”, д.т.н., професор
- Малежик**  
*Іван Федорович* – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор

**Паламарчук**  
*Ігор Павлович*

– Національний університет біоресурсів та природокористування України, д.т.н., професор

**Снежкін**  
*Юрій Федорович*

– Інститут технічної теплофізики, директор, д.т.н., академік. НАН України

**Сухий**  
*Костянтин*  
*Михайлович*

– ректор ДВНЗ «Українського державного хіміко-технологічного університету», д. хім. н., професор

**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, член-кореспондент НАН України

**Ткаченко**  
*Станіслав Йосипович*

– Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, д.т.н., професор

**Шит**  
*Михайл Львович*

– Інститут енергетики Академії Наук Молдови, к.т.н., пр.н.с.

## ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова, президент університету д.е.н., проф.	Л.В. Іванченкова
Заст. голови, проректор з наукової роботи к.т.н., доцент	Н.М. Поварова
Заст. голови, директор Навчально-наукового інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. Мартиновського д.т.н., професор	Б.В. Косой
Заст. голови з організаційних питань, завідувач кафедри ПОтаЕМ, д.т.н., проф.	О.Г. Бурдо
Відповідальний секретар, к.т.н., асистент	Н.В. Ружицька
Секретар, PhD, доцент	І. В. Сиротюк
Секретар, к.т.н., асистент	Ю.О. Левтринська

### Члени оргкомітету:

д.т.н., доц. **О.В. Зиков**  
к.т.н., доц. **О.М. Всеволодов**  
к.т.н., доц. **І.І. Яровий**  
д.т.н., доц. **І.В. Безбах**

аспірант **Є.О. Пилипенко**  
зав. лаб. **В.В. Петровський**  
аспірант **Я.О. Фатєєва**  
інженер **В.О. Славинська**

інженер **О.Ф. Терземан**  
інженер **С.А. Малашевич**  
зав. лаб. **В.Ю. Юрлов**  
аспірант **М.Ю. Молчанов**

Одеський національний технологічний університет  
вул. Канатна, 112, г. Одеса, Україна, 65039  
Тел. 8(048) 712-41-29, 712-41-75  
Факс +724-86-88, +722-80-42, +725-47-83  
e-mail: [terma\\_onaft@ukr.net](mailto:terma_onaft@ukr.net)  
сайт: [www.ontu.edu.ua](http://www.ontu.edu.ua) , [www.nanofood.com.ua](http://www.nanofood.com.ua)

## Секція 1. ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ ХІМІЧНИХ ТА ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 66.047

### ВПЛИВ ЗОВНІШНІХ ТА ВНУТРІШНІХ ЧИННИКІВ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ МАСОПЕРЕНОСУ В КОЛОЇДНИХ І ГЕТЕРОГЕННИХ СИСТЕМАХ ПІД ЧАС ЇХ СУШІННЯ

**Турчина Т.Я.**, к.т.н., с.н.с., **Малецька К.Д.**, д.т.н, с.н.с.,  
**Авдєєва Л.Ю.**, д.т.н, с.н.с., **Макаренко А.А.**, к.т.н.  
*Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ*

Необхідність оновлення асортименту збагачених біоактивними речовинами харчових продуктів в порошковій формі, більшість з яких - колоїдні або гетерогенні системи низької дифузійної спроможності, що проявляють небажані при розпилювальному сушінні властивості: термопластичність, гігроскопічність порошку і т.д., вимагає оптимізації процесів та рентабельності їх виробництва.

Оптимізація теплотехнологічних процесів сушіння має базуватись на детальній інформації з кінетики тепломасообміну окремої краплинки під час зневоднення у потоці високотемпературного теплоносія та оцінки рівня інтенсивності внутрішнього тепломасопереносу за умов структуроутворення сухої кірочки.

Концепція продуктів оздоровчого і функціонального призначення, розроблена науковцями провідних країн світу у зв'язку з забрудненням навколишньої екосистеми, передбачає використання виключно натуральної сировини без будь-яких хімічних або синтетичних добавок.

В процесі переробки зернової або плодової сировини одержують колоїдні розчини (екстракти, соки, соєве молоко) або колоїдні гетерогенні системи (суспензії, пюре, пасти), властивості яких свідчать про належність їх до неньютонівських рідинних систем. Сушіння таких продуктів ускладнюється через аномальні реологічні властивості або таких фізико-хімічних факторів, як кислотність, полідисперсність нерозчинних фракцій, агрегування, термопластичність порошку.

До оздоровчих продуктів належать ячмінно-солодовий екстракт, плодово-ягідні, фруктові-овочеві пюре та пасти. Як біополімери з вище зазначеними властивостями, зокрема, малою дифузійною спроможністю у більш концентрованій формі, ці продукти є складними об'єктами сушіння, схильними до відкладень.

Організація виробництва даних продуктів у порошковій формі вимагає наукового обґрунтування теплотехнологічних режимів процесу розпилювального сушіння. Суттєві відмінності у фізико-хімічному складі цих двох видів рідинних продуктів вимагають більш глибокого вивчення механізмів тепломасопереносу при їх сушінні для інтенсифікації процесу і підвищення якості порошку.

**Мета роботи** полягала в проведенні аналітичних досліджень впливу температурного і концентраційного чинників на інтенсивність масопереносу під час сушіння крапель двох різних за фізико-хімічним складом видів

рідинних продуктів: колоїдних розчинів ячмінно-солодового екстракту та плодкових гетерогенних систем (томатних пюре та пасти) на основі експериментальних даних.

Аналітичні дослідження проводились за експериментальними даними з кінетики сушіння одиничних крапель різних за фізико-хімічним складом рідинних продуктів, одержаними в системі «крапля-парагазове середовище» на експериментальному стенді зневоднення у статичних умовах Інституту технічної теплофізики НАН України:

- I група продуктів - гетерогенні системи: №1 – томатного пюре з  $C_0=18,0\%$ , №2 – томатної пасти з  $C_0=27,0\%$  (далі по тексту ТП-18 і ТП-27);
- II група продуктів - колоїдні розчини ячмінно-солодового екстракту з  $C_0$ : №3 – 25%, №4 - 35% (далі по тексту ЯСЕ-25 і ЯСЕ-35).

В процесі розпилювального сушіння на мікрокраплинки рідинного матеріалу мають вплив, як відомо, як зовнішні, так внутрішні чинники. Серед зовнішніх чинників ключову роль відіграють *температурні режими*, а серед внутрішніх – одним з основних вважається *концентраційний фактор*, лімітований в'язкістю рідкого матеріалу. Саме за цими чинниками впливу були проведені аналітичні дослідження інтенсивності масопереносу при сушінні даних продуктів.

Процес сушіння крапель I та II групи рідинних продуктів при  $T_{\text{п}}=160^{\circ}\text{C}$  та  $180^{\circ}\text{C}$  протікав у два періоди:

- випарювальному - при температурі «вологого» термометру,
- і сушильному – за умов росту температури краплі, обумовленого структуроутворенням поверхневої кірочки з розчинних речовин.

Для I групи продуктів як колоїдних капілярно-пористих матеріалів значно менших, ніж в ЯСЕ, показників  $C_0$ , випарювальний період характеризувався значною тривалістю  $\tau_{\text{крп}}/\tau_{\text{зар}} \geq 0,5$ , в той час як для ЯСЕ -  $\tau_{\text{крп}}/\tau_{\text{зар}} \leq 0,25$ .

Таблиця 1

Тепломасообмінні характеристики зневоднення крапель I групи (гетерогенних систем) і II групи продуктів (колоїдних розчинів)

$T_{\text{п}}, ^{\circ}\text{C}$	<i>I група продуктів</i>				<i>II група продуктів</i>			
	№1	№2	№1	№2	№3	№4	№3	№4
	ТП-18	ТП-27	ТП-18	ТП-27	ЯСЕ-25	ЯСЕ-35	ЯСЕ-25	ЯСЕ-35
$(dm_{\text{к}}/dt) \cdot 10^{-6}, \text{кг/с}$	Випарювальний період		Сушильний період		Випарювальний період		Сушильний період	
160	1,40	1,28	1,05	0,83	1,45	1,43	1,04	1,09
180	1,62	1,50	1,22	0,97	1,78	1,75	1,25	1,35
	$(dm_{\text{к}}/dt)_{\text{суш}}/(dm_{\text{к}}/dt)_{\text{вип}}$							
160	-	-	0,75	0,65	-	-	0,71	0,76
180	-	-			-	-		
	$b = dT_{\text{к}}/du, ^{\circ}\text{C/кг/кг}$							
160	-	-	47,2	55,6	-	-	63	63
180	-	-			-	-	72	72

**Випарювальний період.** Вплив концентраційного та температурного чинників на інтенсивність масопереносу у цьому періоді проявляється для цих двох

видів продуктів по-різному. Якщо в I групі продуктів з підвищенням  $C_o$  від 18% до 27% інтенсивність масопереносу незалежно від  $T_{\text{п}}$  була дещо нижчою, то для II групи показники  $C_o$  взагалі не впливали на інтенсивність процесу. З підвищенням температури від  $T_{\text{п}}=160^{\circ}\text{C}$  до  $180^{\circ}\text{C}$  інтенсивність масопереносу  $(dm_{\text{к}}/dt)_{\text{вип}}$  в I групі продуктів збільшувалась на 15%, а в II групі незалежно від  $C_o$  - на 20%.

**Сушильний період.** За результатами цифрової обробки експериментальних даних (табл.) зниження інтенсивності масопереносу в сушильному періоді відносно інтенсивності випарювального періоду  $(dm_{\text{к}}/dt)_{\text{суш}}/(dm_{\text{к}}/dt)_{\text{вип}}$  для гетерогенної системи ТП-27 виявилось найбільшим (на 35%), що обумовлено більшим за ТП-18 показником  $C_o$  і меншим за II групу продуктів температурним коефіцієнтом сушіння  $b$  (табл.). Для обох груп продуктів ці величини характеризувались постійністю  $(dm_{\text{к}}/dt)_{\text{суш}}/(dm_{\text{к}}/dt)_{\text{вип}}=\text{const}$  незалежно від температури  $T_{\text{п}}$ .

З підвищенням  $C_o$  в I групі продуктів від 18%(№1, табл.) до 27%(№2) інтенсивність масопереносу  $(dm_{\text{к}}/dt)_{\text{суш}}$  знижується незалежно від  $T_{\text{п}}$  на 20% на відміну від II групи, де вплив  $C_o$ , як і у випарювальному періоді, все одно незначний.

З підвищенням температури від  $T_{\text{п}}=160^{\circ}\text{C}$  до  $180^{\circ}\text{C}$  інтенсивність масопереносу в I групі продуктів, як і в випарювальному періоді, збільшується в середньому на 15%, а в II групі - в середньому на 20%, що обумовлено більшим темпом нагрівання крапель II групи (№3, №4) і більшим коефіцієнтом  $b$  (табл.).

Співставлення значень  $(dm_{\text{к}}/dt)_{\text{суш}}$  (табл.) I та II груп продуктів близького вмісту сухих речовин (№2 - ТМ-27 та №3 - ЯСЕ-25) показав, що в сушильному періоді інтенсивність масопереносу в краплях ЯСЕ-25 на 20-22% в залежності від температури теплоносія  $T_{\text{п}}$  перевищує інтенсивність масопереносу в ТМ-27, що також можна пояснити більшим температурним коефіцієнтом  $b$  (табл.).

Аналітичними та розрахунковими дослідженнями встановлено, що для досягнення рівня інтенсивності масопереносу у випарювальному періоді  $\approx 1,45\text{--}1,5 \cdot 10^{-6}$  кг/с та в сушильному  $\approx 1 \cdot 10^{-6}$  кг/с колоїдному розчину ЯСЕ-25 достатньо було температури  $T_{\text{п}}=160^{\circ}\text{C}$ , а гетерогенній системі ТМ-27 - вже  $T_{\text{п}}=180^{\circ}\text{C}$ .

Таким чином, при організації виробництва порошкової форми даних продуктів слід враховувати той факт, що для забезпечення високої якості висушеного продукту температурні параметри сушіння для плодових гетерогенних систем можуть бути дещо вищі за температурні параметри колоїдних розчинів ЯСЕ.

**Висновки.** Проведені аналітичні дослідження тепломасообмінних характеристик при зневодненні крапель різних за фізико-хімічним складом рідинних систем, одержаних на експериментальному стенді в системі «крапля – парогазове середовище», показали, що при зневодненні крапель гетерогенних систем більший вплив на інтенсивність масопереносу чинить концентраційний фактор, а при зневодненні колоїдних розчинів - температурний.

Встановлено, що менша інтенсивність масопереносу при сушінні гетерогенної системи більшого вмісту сухих речовин - ТП-27 - обумовлена зниженням її дифузійної спроможності, а у порівнянні з колоїдним розчином ЯСЕ-25 – меншим значенням температурного коефіцієнту сушіння  $b$ .

За результатами розрахунків при підвищенні температури теплоносія від  $T_n=160^{\circ}\text{C}$  до  $180^{\circ}\text{C}$  інтенсивність масопереносу в I групі продуктів зростає на 15%, а в II групі - на 20%.

За порівняльним аналізом різних за фізико-хімічним складом рідинних систем I та II групи продуктів близького вмісту сухих речовин (№2 - ТП-27, №3 - ЯСЕ-25) встановлено, що для одержання високоякісного порошкового продукту температурні параметри розпилювального сушіння I групи продуктів (плодових гетерогенних систем) можуть бути дещо вищі за температурні параметри сушіння II групи продуктів (колоїдних розчинів ЯСЕ).

УДК 662.5

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ ТЕПЛООВОГО АГЕНТУ НА КІНЕТИКУ ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ СІРНИКОВОЇ СОЛОМКИ

Атаманюк В. М., д-р техн. наук, професор, Кузьмінчук Т. А., аспірант  
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

Сірники — це звичні побутові речі, необхідні практично в кожному домі. Вони є товаром першої необхідності[1]. Важливим етапом виробництва сірників є сушіння, оскільки пори, з яких попередньо видалили вологу наповнюються парафіном. Крім того сушіння запобігає гниттю, збільшує міцність сірникової соломки та зменшує вагу матеріалу.

Понад 8% енергії, яка використовується в світі, витрачається саме на видалення вологи. Важливим є факт, що розхід енергії на сушіння більший в 2,5-3 рази, ніж необхідно для зміни агрегатного стану води в пару. Отже, актуальною є оптимізація процесів сушіння для зменшення витрат енергії на одиницю матеріалу [2,3].

Рациональний режим сушіння повинен забезпечити мінімальну тривалість процесу при дотриманні якісних показників матеріалу, відповідно до його призначення.

Доведено, що одним з високоінтенсивних методів сушіння матеріалу є фільтраційне сушіння, під час якого тепловий агент профільтровується крізь вологий матеріал зверху вниз[4].

Для розроблення установки фільтраційного сушіння сірникової соломки необхідним є дослідження кінетичних особливостей сушіння матеріалу. Кінетика сушіння описує зміну вологовмісту матеріалу в часі.

Для дослідження використано сірникову соломку сірникової фабрики ТЗОВ "УКРАЇНСЬКА СІРНИКОВА ФАБРИКА". Середній розмір однієї заготовки сірника  $2 \times 2 \times 40$  мм. Вологовміст соломки складає приблизно 1,6 кг  $\text{H}_2\text{O}$ /кг сухої соломки. Для експериментів використано сірникову соломку з осики, уявна густина якої становить 480 кг/м<sup>3</sup>. Експериментальні дослідження проводили за однакової насипної густини сірникової соломки 200 кг/м<sup>3</sup>.

Шар сірникової соломки засипали в контейнер, який встановлювали на ресивері. Ресивер з'єднаний системою трубопроводів через запірний вентиль та регулюючий з водокільцевим вакуумним насосом. Повітря нагрівається до необхідної температури проходячи крізь калорифер за допомогою вентилятора. Над контейнером встановлено термопару, яка під'єднана до електронного терморегулятора SESTOS DIS, який контролює дотримання необхідної температури. Втрати тиску визначали за допомогою вакуумметра.

В процесі експерименту записували значення маси матеріалу через встановлені проміжки часу. Експеримент проводили до встановлення наперед заданого кінцевого вологовмісту. З отриманих під час експериментів значень маси розраховували вологовміст сірникової соломки протягом досліду.

Проведено п'ять серій дослідів за температур теплого агента 40, 50, 60, 70, 80°C, швидкість фільтрування 0,23 м/с, а висота шару 250 мм.

Результати подали у вигляді кінетичних кривих зміни вологовмісту в часі, які зображено на рис.1.

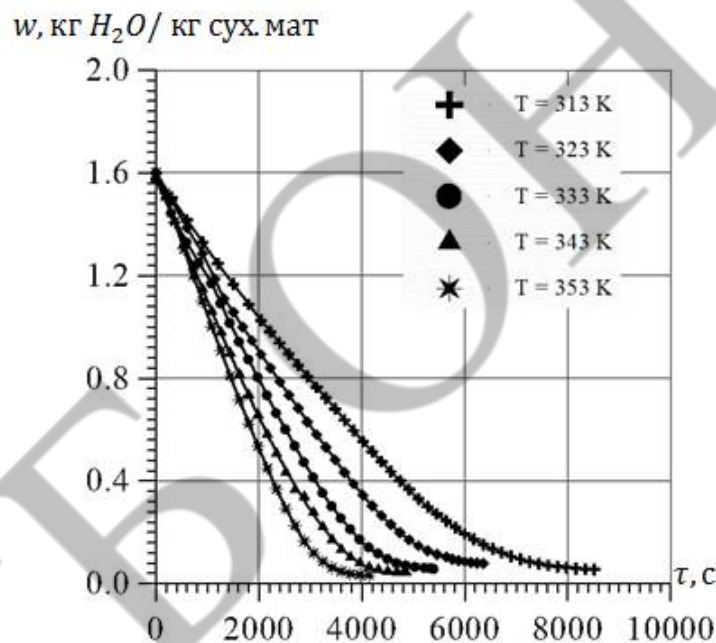


Рис. 1 – Вплив температури теплового агента на кінетику фільтраційного сушіння.

Збільшення температури від 313 до 353 К (за однакової висоти шару та швидкості руху теплового агента) призводить до зменшення тривалості сушіння від 8520 до 4140 с. Підвищення температури збільшує кількість тепла внесеного за одиницю часу та збільшує різницю температур між тепловим агентом та вологою в матеріалі. Це спричиняє збільшення коефіцієнтів тепло- та масообміну. Окрім того підвищення температури призводить до зростання коефіцієнту внутрішньої дифузії, що пришвидшує процес переміщення вологи з центру сірникової соломки до поверхні розділу фаз.

Проте з ростом температури збільшуються втрати тепла. Теплота виноситься разом з відпрацьованим тепловим агентом та висушеним матеріалом. Також зростання температури суттєво збільшує витрати на нагрівання теплового агента і

втрати тепла у навколишнє середовище. Тому це потребує суттєвішої теплоізоляції, що призводить до більших витрат на виготовлення обладнання.

Як видно із графічної залежності на рис. 1 криві характеризуються двома ділянками, які відповідають періодам сушіння. А саме періодам повного та часткового насичення теплового агенту вологою. Зміна періоду відбувається в момент досягнення фронтом масообміну перфорованої перегородки.

### **Висновки**

Досліджено кінетику фільтраційного сушіння сірникової соломки за різної температури теплового агенту. Побудовано кінетичні криві зміни вологовмісту в часі. Результати експериментальних досліджень показують, що процес протікає в періодах повного та часткового насичення теплового агенту вологою.

### **Список літератури**

1. Прокопович Б.В. З історії сірникового виробництва. Науковий вісник Українського державного лісотехнічного університету. 2002; 12(2). С 125-132
2. Sieniutycz S. (2015). Graphical Methods and Representation for Drying-Moistening Energy Conversion and Transfer. Drying Technology. DOI: 10.1080/07373937.2015.1040884
3. Gnativ Z.Y., Ivashchuk O.S., Hrynychuk Y.M., Reutskyi V.V., Koval I.Z., & Vashkurak Y.Z. (2020). Modeling of internal diffusion mass transfer during filtration drying of capillary-porous material. Mathematical Modeling and Computing, 7(1), DOI: 10.23939/mmc2020.01.022
4. Атаманюк, В.М. Наукові основи фільтраційного сушіння дисперсних матеріалів. / В.М. Атаманюк, Я.М. Гумницький.- Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2013.-276с.

УДК 66.02

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МАСООБМІНУ РОЗЧИНЕННЯ ГРАНУЛЬОВАНОЇ БОРНОЇ КИСЛОТИ ПІД ЧАС МЕХАНІЧНОГО ПЕРЕМІШУВАННЯ**

**Кузик О. О.**, аспірант, **Атаманюк В. М.**, д-р техн. наук, професор  
**Гумницький Я. М.**, д-р техн. наук, професор  
*Національний університет «Львівська Політехніка»*

Масообмінні процеси є основною складовою всіх хімічних процесів. Практично немає такого виробництва в хімічній промисловості де би не використовувались явища зовнішньої та внутрішньої дифузії під час виробництва певного компонента або зміни його властивостей [1]. Так, на прикладі розчинення борної кислоти у дистильованій воді, в даній роботі показано залежність коефіцієнта масообміну від швидкості обертання мішалки та зміни температури розчинника. За рахунок збільшення температури розчинника, а також використання перемішування є можливість інтенсифікації процесу, а саме збільшення дифузії в системі тверде тіло – рідина, а отже і самого процесу розчинення.

Для проведення досліджень була використана експериментальна установка, яка складалась з верхньопривідної лопатевої мішалки 1, штатива 3, бані з термостійким стаканом 2, регулюючого пристрою 4 та секундоміра.

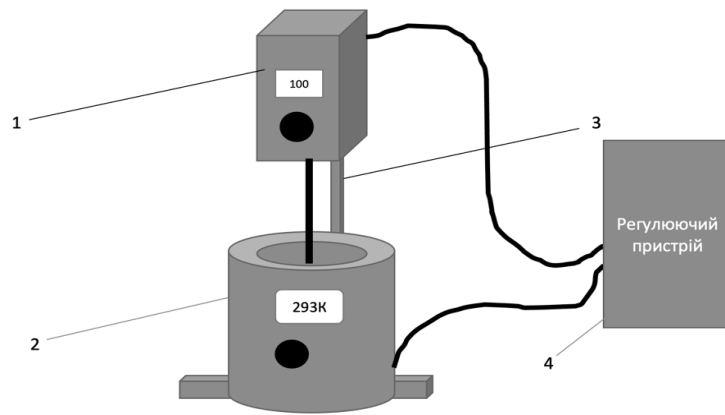


Рис.1 – Експериментальна установка

Порошок борної кислоти був завантажений у пресформу, де його пресували, отримуючи кульки діаметром 20 мм. Зусилля пресування складало 4 МПа. Перед експериментом кульки борної кислоти поміщали у стакан з насиченим розчином борної кислоти. Після певних інтервалів часу кульки виймали, очищали їх поверхню від зовнішньої вологи за допомогою фільтрувального паперу і заміряли їх діаметр і масу. Експеримент тривав до досягнення сталої маси. Для вивчення кінетики розчинення борної кислоти була використана баня, що підтримувала задану температуру розчину. Встановлювалася певна частота обертання трюхлопатевої мішалки, і одночасно завантажувалося 5 кульок борної кислоти в стакан. Кожні 180 секунд кульки виймали зі стакана, очищали їх поверхню від зовнішньої вологи фільтрувальним папером і заміряли їх діаметр та масу. Кожний експеримент повторювали принаймні тричі до отримання стабільних значень. Зміну концентрації борної кислоти розраховували за зміною маси кульок борної кислоти, а поверхню кульок визначали за зміною їх діаметра. Експеримент проводили за температур 293, 303, 313, 323 К та частоти обертання мішалки 1,67; 3,33; 5 та 6,67 с<sup>-1</sup>.

В основу розрахунку розчинення покладено кінетичне рівняння масообміну[2]:

$$\frac{dM}{d\tau} = \beta \cdot F \cdot (C_s - C_\tau), \quad (1)$$

де  $M_0$  – початкова маса кульки, кг;  $M$  – маса кульки на момент вимірювання, кг;

$C_\tau$  – концентрація борної кислоти в розчині на момент вимірювання, кг/м<sup>3</sup>;

$\tau$  – час перебування кульки борної кислоти в ємності, с;  $\beta$  – коефіцієнт масовіддачі під час розчинення, м/с;  $F$  – площа поверхні кульки, м<sup>2</sup>;

$C_s$  – концентрація насичення за поточної температури розчину, кг/м<sup>3</sup>.

Проінтегрувавши рівняння (1) в межах зміни часу від 0 до  $\tau$ , отримаємо наступну залежність коефіцієнту масообміну від часу

$$\beta = \frac{M_0 - M}{F \cdot (C_s - C_\tau) \cdot \tau} \quad (2)$$

Площа зовнішньої поверхні кульок, що беруть участь у масообміні, визначалась за формулою:

$$F = \frac{\pi \cdot (d_\tau^2 + d_0^2)}{2}, \quad (3)$$

де  $d_x$  – діаметр кульки, на момент часу  $t$ ,  $d_0$  – початковий діаметр кульки.

Для перевірки експериментально визначеного коефіцієнта  $\beta$  вибрано теоретичний метод, який ґрунтується на теорії локально-ізотропної турбулентності. В умовах механічного перемішування коефіцієнт масовіддачі  $\beta_p$  визначають із залежності [3]:

$$\beta_p = 0,267 \cdot \left( \varepsilon_0 \cdot \frac{\mu}{\rho} \right)^{\frac{1}{4}} \cdot Sc^{-\frac{3}{4}}, \quad (4)$$

де  $\varepsilon_0$  – питома енергія розсіювання;  $\rho$  – густина рідини кг/м<sup>3</sup>;  $\mu$  – динамічна в'язкість рідини, Па·с;  $Sc = \frac{\nu}{D}$  – число Шмідта;  $\nu$  – коефіцієнт кінематичної в'язкості води;  $D$  – коефіцієнт дифузії борної кислоти в розчині, м<sup>2</sup>/с.

Коефіцієнт дифузії визначали за методом Вільке і Ченга, із залежності [4]:

$$D = 7,4 \cdot 10^{-8} \frac{(\phi \cdot M_2)^{0,5} \cdot T}{\mu_2 \cdot V^{0,6}}, \quad (6)$$

де  $D$  – коефіцієнт взаємної дифузії речовини, що розчиняється 1 в розчиннику 2 за дуже малої концентрації речовини, що розчиняється, см<sup>2</sup>/с;  $M_2$  – молекулярна маса розчинника;  $T$  – температура, К;  $\mu_2$  – в'язкість розчинника, мПа·с;  $V$  – мольний об'єм розчину за нормальних умов, см<sup>3</sup>/моль (визначається за груповими складовим Ле Ба);  $\phi$  – «параметр асоціації» розчинника (для води =2,6);

Питому енергію розсіювання  $\varepsilon_0$ , визначали із відношення витрат потужності на перемішування до маси рідини, що перебувала в об'ємі апарата.

Потужність перемішування визначали згідно залежності [5]:

$$N = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d_M^5, \quad (7)$$

де  $K_N$  – критерій потужності;  $d_M$  – діаметр лопатей мішалки, м;  $n$  – частота обертання мішалки с<sup>-1</sup>.

Питоме значення енергії розсіювання енергії в одиниці маси рідини розраховували так:

$$\varepsilon_0 = \frac{N}{\rho \cdot V}, \quad (8)$$

де  $V$  – об'єм рідини, м<sup>3</sup>;  $N$  – потужність перемішування, Вт.

Експериментально встановлений коефіцієнт масовіддачі за частоти обертання мішалки 1,67 с<sup>-1</sup> досить сильно відрізняється від теоретично розрахованого. Це пов'язано з тим, що не досягається ізотропна турбулентність, кульки за такої частоти обертання, рухаються вздовж стінки реактора, відповідно не попадаючи в турбулентний потік мішалки. За збільшення частоти обертання мішалки, теоретично розраховані та експериментально визначені значення коефіцієнту масовіддачі відрізняються в межах 10%.

На основі отриманих результатів відзначається суттєва залежність коефіцієнта масовіддачі в системі тверде тіло – рідина, на прикладі борна кислота – вода, від частоти обертання мішалки, а також від температури в середині реактора.

### Список літератури

1. Effect of Suspension Pattern of Sedimentary Particles on Solid/ Liquid Mass Transfer in a Mechanically Stirred Vessel Yuichiro Tokura, Md. Azhar Uddin, and Yoshiei Kato\* Ind. Eng. Chem. Res. 2019, 58, 10172–10178

2. Sabadash, V.; Mylanyk, O.; Matsuska, O.; Gumnitsky J., Kinetic Regularities of Copper Ions Adsorption by Natural Zeolite. Chem. Chem. Technol. 2017, 11, 459-462. <https://doi.org/10.23939/chcht11.04.459>
3. Symak, D. M., Atamaniuk, V., & Gumnitsky, Ya. (2015). Analysis of dissolution kinetics based on the lokal isotropic turbulence theory. Chemistry & Chemical Technology, 9(4), 493–497.
4. Парнета О.З., Теплюх З.М., (2008) Вплив трансфузії газів на точність вимірювання витрати плівковим витратоміром. Вісник Національного університету ” Львівська політехніка ”. Теплоенергетика. Інженерія доквілля. автоматизація. — 2008. — №1. 179-182
5. T. N. Viten'ko, Ya. M. Gumnitskii: Mass Transfer during Dissolution of Solids Using Hydrodynamic Cavitation Devices , 2006, 40, 598. <https://doi.org/10.1134/S0040579506060078>

УДК 622.691.4:658.56

## ТЕНДЕНЦІЙНІ ЗМІНИ СТРУКТУРИ СТЕЙКХОЛДЕРІВ ГАЗОПОСТАЧАЛЬНОЇ ГАЛУЗІ

**Гораль Л. Т.**, д.е.н., професор, **Шийко В. І.**, к.е.н., доцент,  
**Чернова О. Т.**, к.е.н., доцент, **Шкварилюк М. В.**, аспірантка  
*Івано-Франківський національний технічний університет  
нафти і газу, м. Івано-Франківськ*

Взаємодія та управління стейкхолдерами є важливою частиною стратегічного управління організацій та проектів, оскільки задоволення їхніх інтересів може визначати успіх та стійкість діяльності. Кожен з них має власні інтереси та роль у розвитку та функціонуванні газопостачальної галузі.

Дослідження тенденційних змін структури стейкхолдерів газопостачальної галузі є важливим з кількох причин. По-перше зміна структури стейкхолдерів може нести нові ризики і виклики для газопостачальної галузі. По-друге розуміння, які стейкхолдери стають більш впливовими або активними, допомагає галузі адаптуватися до змін у своєму оточенні. Це може включати зміну бізнес-моделей, стратегій маркетингу та споживчих звичок. По-третє зміна структури може вимагати переоцінки та оптимізації відносин з їх ключовими групами. Газопостачальна галузь має важливе значення для енергетичного сектору та економіки загалом, то такі дослідження допомагають забезпечити сталість та конкурентоспроможність галузі в умовах динамічного оточення. Не останнім є вплив структури стейкхолдерів на політичну діяльність та регулювання у галузі. Проведення аналізу зміни їх структури допоможе галузі адаптуватися до змін у політичному середовищі та сприятиме розвитку ефективних регуляторних стратегій [1].

Дослідження тенденцій структурних змін стейкхолдерів газопостачальної галузі здійснювалося на основі аналізу та оцінки паливно-енергетичного балансу України. Постачання і споживання природного газу є взаємопов'язаними показниками. Тому наші дослідження будуть ґрунтуватися на принципі чим

більші обсяги споживання певної групи стейкхолдерів тим більшими вони є стейкхолдерами для газопостачальної галузі [2].

Загалом у ПЕБ України є виділено чотири основні групи споживачів природного газу: промисловість, транспорт, інші та неенергетичне використання природного газу (рисунок 1). Найбільша частка споживання природного газу припадає на групу «Інші». У 2007 році на цих споживачів припадало 40,74%, а у 2020 році частка їхнього споживання зросла до 56,54%, проте це не був максимум частки спожитого природного газу цією групою у загальному обсязі споживання. При цьому слід відмітити, що зростання частки споживання природного газу досліджуваної групи споживачів зростає, в той час коли обсяг споживання природного газу в натуральних одиницях має тенденцію до зниження.

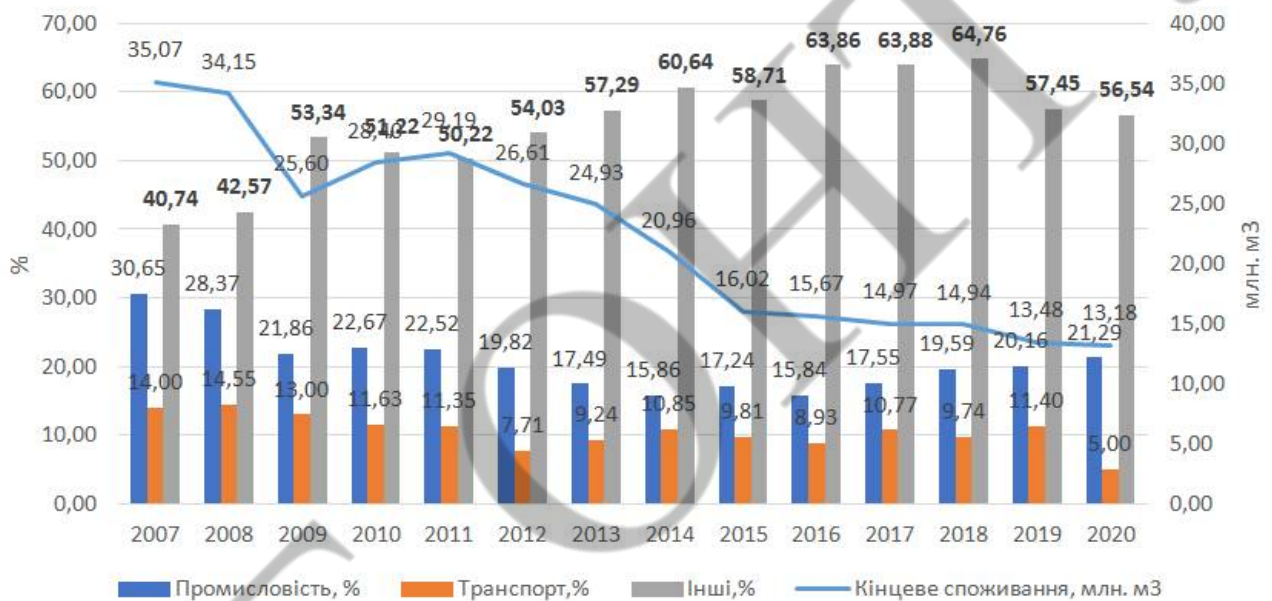


Рис. 1 – Зміна структури споживання природного газу протягом 2007-2020 рр., %

Розгорнутий структурний аналіз споживачів природного газу групи «Інші» показав, що найбільша частка споживання природного газу у групі «Інші» припадає на побутовий сектор і протягом досліджуваного періоду їхнє споживання природного газу коливається в межах від 87 % у кінці досліджуваного періоду до 97 % у 2015 році. Наступна група стейкхолдерів газопостачальних підприємств об'єднана під назвою «Промисловість», сюди відносяться підприємства з галузей чорної та кольорової металургії, хімічної та нафтохімічної галузі, галузі неметалічних мінеральних продуктів, галузі транспортного устаткування, машинобудування, гірничодобувної, харчової та тютюнової, целюлозно-паперової, деревообробної галузей, галузі будівництва, текстильної і шкіряної галузі та інших видів промисловості. Слід відмітити, що на групу «Промисловість» припадає від 30,65 % у 2007 році до 21,29 % у 2020 році від загального обсягу спожитого природного газу у ПЕБ України.

Отже, загалом обсяг споживання природного газу у групі «Промисловість» має тенденцію до спадання як у натуральних так і у відносних показниках.

Причому піковими залишаються 2008-2009 рр. та 2014-2015 рр. де спостерігається значне зниження обсягів споживання природного газу промисловими підприємствами саме через фінансову кризу в першому періоді та війну у 2014 році.

Щодо структурного аналізу споживання природного газу, то лідируючі позиції займає чорна металургія, за нею йде галузь неметалічних мінеральних продуктів, яка в загальній структурі споживання природного газу цієї групи стейкхолдерів займає від 23,32 % у 2007 році до 16,51% у 2020 році. Відносно стабільною щодо споживання природного газу протягом досліджуваного періоду є гірничодобувна галузь, на неї припадає 4,34 % загального обсягу спожитого природного газу на початку досліджуваного періоду і 7,78 % у кінці періоду. Зростання цієї частки відбувається завдяки незначному скороченню обсягів споживання природного газу в натуральних одиницях на фоні значного зниження обсягів споживання природного газу інших галузей промисловості.

Ще однією окремо виділеною групою споживачів природного газу в ПЕБ України виділено групу «Транспорт». Загалом як видно на слайді відбувається спад використання природного газу стейкхолдерами групи «Транспорт». Найбільша частка використання природного газу припадає на трубопровідний транспорт і становить майже 98 % протягом досліджуваного періоду.

Неенергетичне використання природного газу займає від 15 % всього спожитого природного газу у структурі ПЕБ України у 2007 році до 17 % - у 2020 році. В основному цей газ використовується як сировина для промисловості.

Отже, проведені дослідження структурних трансформацій стейкхолдерів у газопостачальній галузі, який ґрунтувався на ретроспективних даних кінцевого споживання природного газу наведених у ПЕБ України показав, що найбільша частка споживання природного газу припадає на побутових споживачів, наступними за обсягами спожитого газу є стейкхолдери групи промисловість, далі група неенергетичного використання і транспорт.

Отже, найбільшими споживачами природного газу у нашій країні є побутові споживачі на них припадало у 2020 році 56,54 % природного газу у загальному обсязі споживання. Зважаючи на це дані стейкхолдери залишаються найважливішими для газопостачальних підприємств, а також слід відмітити, що це є найбільш чисельна група стейкхолдерів з різноманітними вподобаннями, з різним ставленням до послуг які надаються, з різним розумінням якості наданих послуг, їх безпеки як у практичному так фінансовому планах. Тому ми вважаємо, що ця група стейкхолдерів як найвразливіша потребує роз'яснень щодо формувань тарифів на газопостачання задля інформаційно-соціальної безпеки. Хоча в жодному випадку не слід знецінювати потребу у проведенні ефективної співпраці в сфері інформаційної та соціальної безпеки для інших стейкхолдерів (торгівля, сільське господарство) у групі «Інші».

#### Список літератури

1. Гораль Л. Т., Метошоп І. М., Олійник А. П., Шийко В. І. Дослідження залежності макроекономічної стабільності від змін ринку природного газу Економічна безпека: держава, регіон, підприємство: зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. Конф., м. Полтава 17 травня 2023 р. Полтава, 2023. С. 102 - 106

2. Шекета В. І., Шийко В.І., Петришин Р.І. Аналіз ринку природного газу для прогнозування газопостачання. Соціально-економічні та енергетичні проблеми розвитку країн: зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф., м. Дніпро, 11-12 травня 2023р. Дніпро, 2023. С. 33-36

УДК 338.012

## ЦИФРОВІЗАЦІЯ ЯК ТРЕНД У СИСТЕМІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ

**Перезовова І.В.**, д.е.н., професор, завідувач кафедри підприємництва та маркетингу, **Олійник А.**, д.е.н., професор, **Даляк Н.А.**, к.е.н., доцент, **Орлова О.І.**, аспірантка **Науменко В.О.**, аспірант

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ*

Тривалий час проблема забезпечення енергетичної безпеки є значущою частиною національної безпеки України, а під час повномасштабної війни вона добирає все більшого значення і для безпеки Європи, зокрема в контексті енергетичного переходу та забезпечення умов сталого майбутнього. Її вирішення лежить не лише в військово-політичній площині, але й в застосуванні новітнього інструментарію цифровізації.

На сучасному етапі розвитку людства цифровізація, під якою прийнято розуміти комплексне застосування комп'ютерних інтерфейсів (API-технологій - Application Programming Interface), стає дедалі більше всеохоплюючим та різноманітним явищем у всіх сферах соціально-економічної системи. Такі терміни, як «цифрова екологія» та «цифрова екосистема», починають використовуватися повсюдно та поширюються на всі сфери сталого розвитку – економічну, соціальну та екологічну. Неухильно розвивається інфраструктура передачі даних, їх зберігання та обробки. З урахуванням розвитку цифрових технологій об'єктивно та неминуче формується інша дійсність, яку стало прийнято називати «хмарною». Саме цю «хмарну» реальність розглядають як черговий еволюційний етап розвитку раніше сформованої моделі соціально-економічного та техніко-технологічного устрою суспільства.

Розвиток цифрової економіки, що неухильно набирає свій темп і збільшує масштаби, стало багатим джерелом для пошуку нових можливостей та інноваційних шляхів оптимізації соціально-економічних та екологічних умов сучасного суспільства [1].

Інноваційні мережеві технології можуть впроваджуватись практично у всі сфери економічної діяльності, і паливо-енергетичний комплекс не є тут винятком.

Однією з необхідних умов цифровізації економіки є формування спеціальних платформ, що функціонують із застосуванням різноманітних комп'ютерних мереж. Ці платформи широко використовуються для отримання, обробки та надання інформації зацікавленим особам. Такими особами можуть

бути, наприклад, суб'єкти господарювання паливо-енергетичного комплексу, а також регулюючі та контролюючі їх інституційні структури. Сучасні мережеві платформи дають можливість економічним суб'єктам широко і ефективно взаємодіяти з різних напрямів. Саме з цієї причини вони цілком правомірно позиціонуються як посередники, що забезпечують їхню взаємодію.

Інноваційні мережеві платформи акумулюють, обробляють та розподіляють різного роду дані за допомогою використання технології BigData, що дає можливість працювати з великими масивами інформації. При цьому існує принципова відмінність між традиційними і бізнес-моделями, що знову формуються. Перші орієнтовані переважно на виробництво, розподіл та споживання продукції та послуг, другі - на отримання, зберігання, обробку та надання інформації.

Зокрема, важливим елементом цифровізації паливо-енергетичного сектора є об'єктний моніторинг стану надр, що дозволяє проводити всебічний аналіз та систематизацію щорічних звітів підприємств, а також обстеження свердловин, оцінку стану підземних та взаємопов'язаних з ними поверхневих вод [2] та створення відповідної спеціальної інформаційної платформи.

Незважаючи на значні здобутки у сфері розвитку цифрової економіки, говорити про радикальний вплив цифрових технологій на соціально-економічний розвиток взагалі та на ефективність паливо-енергетичного сектора зокрема, поки що передчасно.

Одна з причин полягає в тому, що цифровізація паливо-енергетики дозволяє не тільки вирішувати багато проблем, а й також ініціює нові. Так, наприклад, розвиток газової та відновлюваної енергетики призводить до того, що енергетика традиційна стає сектором з невеликою кількістю зайнятих та невеликою кількістю висококваліфікованих спеціалістів у галузі інформаційних технологій. Це, у свою чергу, стає причиною суттєвих змін як у структурі зайнятості, так і в рівні безробіття. Таким чином, потенціал відновлюваних джерел енергії створювати «зелені» робочі місця знижується завдяки автоматизації та роботизації [2].

Іншою проблемою є та обставина, що сфера ефективного застосування відновлюваної енергії сонця та вітру значно звужується через попит, що збільшується на рідкісноземельні метали, необхідні для виробництва сонячних та вітрових установок, а також необхідності їхньої утилізації. Принциповим недоліком сонячної енергетики є низька щільність потоку енергії, що зумовлює необхідність використання величезних площ для «збирання» сонячного випромінювання. Для інженерного оснащення таких площ у земній корі може просто не вистачити сировини для сонячних панелей [3]. Таким чином, перехід до енергетики, заснованої на використанні низьковуглецевого сировини, що здійснюється сьогодні в Україні, з великою ймовірністю може стати причиною виникнення різноманітних екологічних та економічних загроз. Ця обставина вимагає всебічного дослідження. Інакше, тобто за умови, що потенційні негативні ексерналиї (технічні, технологічні, економічні, соціальні, екологічні та ін.) не будуть братися до уваги, ефективність національного енергетичного

сектора взагалі та відновлюваної енергетики зокрема буде поставлена під великий сумнів.

Ще однією складною проблемою є серйозна загроза забруднення довкілля через розсіювання в ній різних елементів при виробництві та подальшій утилізації панелей для сонячної енергії [4].

Натомість, впровадження інноваційних цифрових рішень при розробці систем зв'язку в режимі реального часу, що дозволяють отримувати дані з різних датчиків безпеки, зміцнення кібербезпеки енергомереж, конфіденційність та захист споживачів, оптимізація мереж на рівні розподілу та інші, допоможуть скоротити подальші капітальні витрати та більш ефективно використовувати існуючу інфраструктуру паливо-енергетичних компаній, що сприятиме забезпеченню безперебійної роботи всього сектору загалом.

#### Список літератури

1. Оніпко О.Ф. Енергетична безпека України: ситуація ускладнюється. Що робити? / О. Ф. Оніпко, Б. П. Коробко, В. М. Миханюк // [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://ar25.org/article/energetychna-bezpeka-ukrayiny-sytuaciya-uskladnyuyetsya-shcho-robyty.html>
2. Поліщук О. В. Розвиток альтернативної енергетики в Україні: стан та перспективи розвитку / О. В. Поліщук // [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.er.energy.gov.ua/doc.php?f=2582>.
3. Rodionov D. Regional Foresight as a Technology for Development of The Regional Innovation System / D.Rodionov, I.Rudskaia, V.Degtereva // Proceedings of the 29th International Business Information Management Association (IBIMA), (3-4 May, 2017). - Vienna, Austria, 2017. – Pp.2699-2705.
4. Zaychenko I. Analysis of The Implementation of Digital Technologies in The Enterprises of The Fuel and Energy Complex of The Russian Federation / I.Zaychenko, A.Smirnova, D.Tikhonov, I.Bagaeva // Proceedings of the 35th International Business Information Management Association (IBIMA) (1-2 April, 2020). - Seville, Spain, 2020. – Pp.17287-17296.

УДК 54.062 + 543.24

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОПЕРЕДНЬОГО ПЛАВЛЕННЯ БУРШТИНУ НА ПРОЦЕС ЕКСТРАГУВАННЯ

**Чорний В.В.**, аспірант, **Мисюра Т.Г.**, к.т.н., доцент, **Попова Н.В.**, к.т.н., доцент, **Зав'ялов В.Л.**, д.т.н., професор

*Національний університет харчових технологій, м. Київ*

За допомогою мікроскопічного аналізу попередньо встановлено, що бурштин після свого плавлення піддавався структурним змінам, зокрема утворювалися додаткові мікро- та макротріщини, в результаті чого збільшувалася його пористість. Таким чином бурштин отримував збільшену площу контакту фаз, що дозволяє інтенсивніше проводити процес екстрагування компонентів із сировини.

Плавлений зразок має видиму систему макротріщин, які мають розміри від 1,5 мкм до  $18 \pm 1$  мкм. Варто зауважити, що не вся поверхня бурштину вкрита такими макротріщинами. Також встановлено, що зображені макротріщини не є

місцем сколу матеріалу, тому можна прийти до висновків, що така система утворюється в результаті плавлення та охолодження бурштину.

Для експерименту брався подрібнений бурштин отриманий проходом крізь сито з отворами діаметром 4 мм. Наважка (5 г) поміщалась у високотемпературний фарфоровий тигель, який поміщався на електронагрівну плитку, де відбувалося підведення тепла високої температури до матеріалу за рахунок чого він плавився досягнувши своєї точки фазового перетворення ( $120 \pm 5$  °C). Плавлення бурштину супроводжується виділенням газу бурштинової кислоти та ефірної олії. Тому для обмеження його розповсюдження, тигель щільно закривався гумовою пробкою з під'єднаним зворотнім холодильником для конденсації цих газів.

Для проведення досліджень впливу високотемпературної обробки сировини змінювали тривалість плавлення, яку розділили на три рівні значень для можливості подальшої статистичної обробки результатів. Мінімальна тривалість плавлення визначилась як час, за який весь об'єм досліджуваного матеріалу здійснив фазове перетворення в рідкий стан та склав 12 хв. Максимальний час плавлення обмежується 18 хв, оскільки подальше нагрівання бурштину викликає інтенсивне газоутворення та процес переходить в піроліз, який небажаний з огляду на значну втрату маси разом з цільовими компонентами бурштину.

По закінченню обробки тигель охолоджувався за різних умов, що дозволило врахувати фактор градієнту температури охолодження, який також мав три рівні варіювання (66, 96, 126 °C). Охолодження проводилось у повітрі за температур середовища -6, 24, 54 °C.

Охолоджений матеріал зважувався для фіксування масових втрат в процесі плавлення, подрібнювався для визначення зміни густини. Потім зразки підлягали екстрагуванню етанолом для встановлення впливу проведення попереднього плавлення бурштину перед його екстракційною переробкою.

Зміну пористості бурштину в результаті плавлення встановлювали за показником його густини, який визначали після кожного дослідження плавлення, що відрізнявся тривалістю плавлення та градієнтом температур охолодження матеріалу.

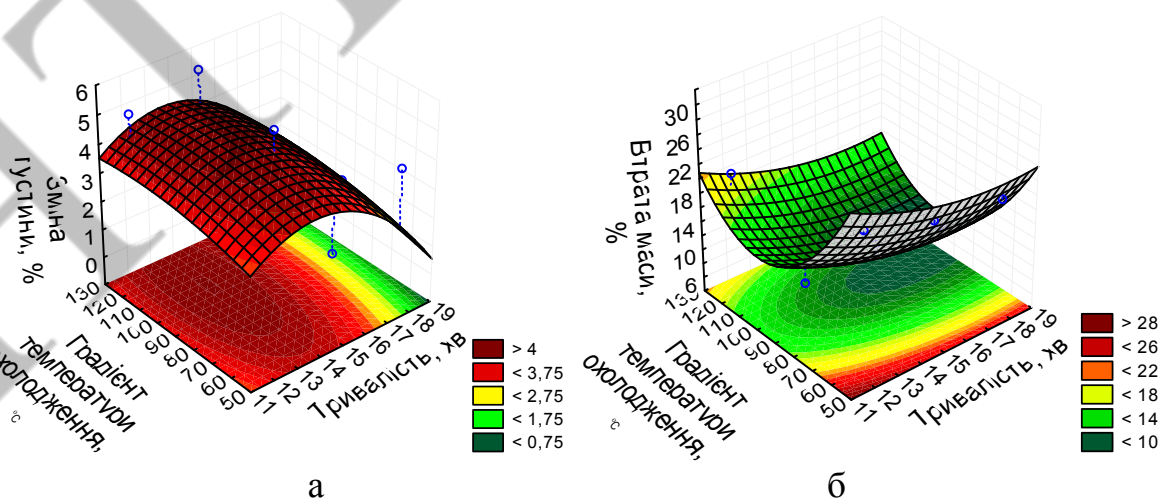


Рис 1 – Поверхня відгуку залежностей від тривалості плавлення та градієнту температури охолодження: а – зміни густини; б – втрати маси бурштину

Згідно результатів з Рис. 1.а видно, що впливовішим фактором на зміну густини матеріалу є тривалість його плавлення і в меншій мірі – градієнт температури охолодження. Вищі показники зміни густини фіксуються за меншої тривалості плавлення (12 – 15 хв), тоді як температурний градієнт при охолодженні матеріалу незначно впливає на цей показник, однак більший градієнт температур дещо сприяє зростанню пористості тіла. Забезпечення таких режимів плавлення та охолодження бурштину призведе до зміни його густини на 3 – 4 %.

В наслідок випаровування значної частини матеріалу під дією високих температур, відбувається втрата маси зразку. Тому після кожного дослідження фіксували масові втрати матеріалу.

Як можна спостерігати з Рис. 1.б, у випадку втрати маси матеріалу в результаті плавлення, вагомішим фактором є градієнт температур охолодження. Високі значення температурного градієнту дозволяли швидко охолодити матеріал та припинити подальше випаровування речовин бурштину, тоді як при градієнті охолодження в  $\leq 70$  °С, втрата маси зростає щонайменше в 2 рази в порівнянні з швидким охолодженням. При цьому, тривалість плавлення є менш впливовим фактором на втрату маси, але збільшення тривалості дозволяє зменшити втрати. Таким чином, кращими параметрами плавлення та охолодження бурштину для збереження маси матеріалу є тривалість плавлення 15 – 18 хв з градієнтом температур охолодження 80 – 120 °С.

Для дослідження впливу попереднього плавлення бурштину на процес екстрагування речовин з нього, проведено порівняльний експеримент екстрагування з бурштину-сирцю та бурштину, що піддавався попередній обробці плавленням. В результаті встановлено позитивний ефект обробки, що проявляється в швидкості та повноті вилучення речовин з сировини. На Рис. 2 представлена кінетика екстрагування з бурштину-сирцю та зразків бурштину, що плавилась протягом 12, 15, 18 хв з однаковим охолодженням в градієнті температур 86 °С. Екстрагування проводилося етанолом за однакових умов: температура – 72 °С (кипіння екстрагенту), гідромодуль – 15 : 1, крупність фракції – 4 мм.

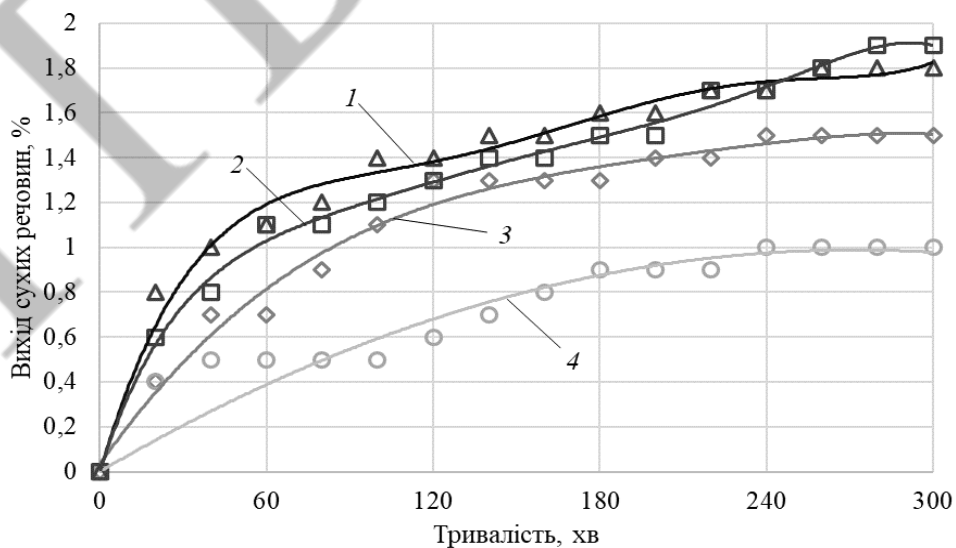


Рис. 2 – Кінетика екстрагування сухих речовин з бурштину: 1 – плавлений 18 хв; 2 – плавлений 15 хв; 3 – плавлений 12 хв; 4 – бурштин-сирець

Кінетичні криві екстрагування вказують на перевагу застосування попереднього плавлення бурштину перед екстрагування сухих речовин з нього. Концентрація сухих речовин в екстрактах на момент завершення екстрагування (300 хв) була найвищою в зразку, який було отримано з бурштину плавленого найдовше – 18 хв, і це значення поступово зменшувалося у зразках, що мали відповідно менший час плавлення. Контрольний зразок екстракту з необробленого бурштину-сирцю мав в 1,5-1,9 разів менший вміст сухих речовин в порівнянні з екстрактами з плавлених зразків.

В результаті плавлення бурштину, його екстракт набув відмінних від контрольного зразку смако-ароматичних змін з чітко вираженим запахом нафтопродуктів, що очевидно з'явилися в результаті розкладу полімерного ланцюга бурштину з виділенням вуглеводневих сполук, що перейшли в екстракт.

В результаті дослідження встановлено, що попереднє плавлення бурштину з метою вилучення компонентів етанолом дозволяє отримати в 1,5 – 2 разів більший вихід сухих речовин в порівнянні з екстрагуванням з бурштину-сирцю за однакових технологічних умов. Однак, в результаті плавлення бурштину, використання його екстрактів в харчовій галузі обмежується через наявність неприємного вуглеводневого запаху.

## **TOWARDS ENERGY EFFICIENT EXPERIMENTS TO QUANTIFY ANTIBIOTIC EFFECT**

**Kateryna Milinchuk**, pharmacy master student,

**Malin Andersson**, pharmacist, PhD student;

**Nicole Zimmermann**, Pharmacist and Diploma-Pharmacist, PhD student

### 1. Measuring bacteria concentration with a densitometer

1.1 Objective. Bacteria concentration is an important quantitative indicator in various microbiological studies. However counting bacteria with regular methods may take much time. This leads to the need of exploring new methods for the quantitative analysis of bacterial samples. One of those which shows good results is turbidimetry. Turbidity increases with increasing concentration. But it's not enough to get an accurate result. This leads to the aim of the experiment: to prove the linear relationship between bacterial concentration and turbidimeter readings. As turbidity measurement is not a direct determination of the amount of suspension in a liquid, but a measurement of the amount of light scattered by suspended particles it is important to consider the biodiversity of bacteria. One of important characteristic is morphology.

Advantages of the instrumental methods of analysis:

- Possibility of automatization
- Low detection limit
- High sensitivity
- High selectivity
- Short duration

The importance of studying various strains is explained by their morphological features. In the process of reflecting light differences in the shape of bacteria, as well as various structures such as flagella and villi, can affect the results of the measuring.

1.2 Methods. The series of bacteria dilutions is made in well plate. Then 10 drops of 4 selected dilutions are put on agar plate divided in quarters. After incubating dried plates at 37°C for 18-24 h we count the CFU per plate. Then we make a plot with turbidity on X axis and concentration on Y axis (figure 1).

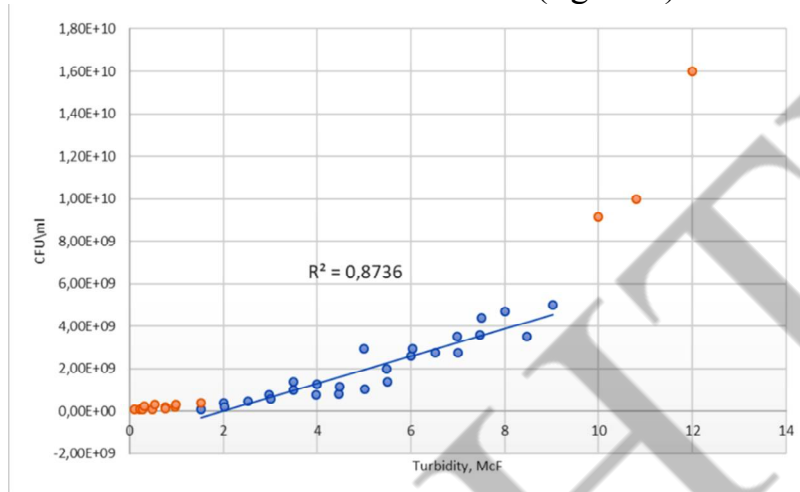


Fig. 1 – Relationship between bacterial concentration and turbidimeter readings.

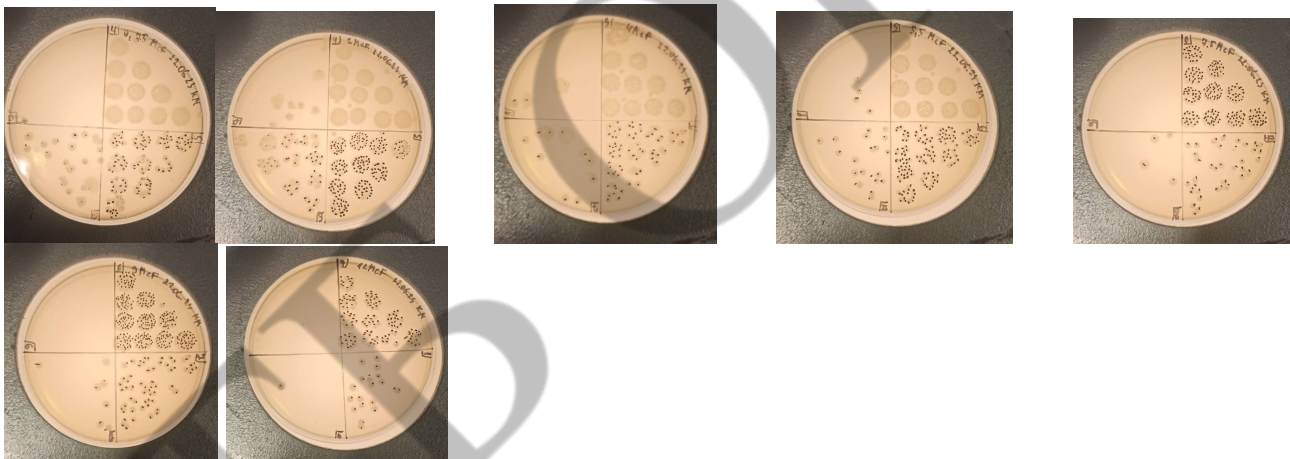


Fig. 2 – 7 COL agar plates with 4 selected dilutions for enumerating the bacteria

1.3 Results. As we see from the plot (figure 1), there is a clear linear relationship between bacterial concentration and turbidimeter readings in the 1,53 – 9,03 interval. The experiment shows that at high or very low concentrations we cannot see a linear trend.

2. Studying the heteroresistance phenomenon for Amikacin and Fosfomycin with the help of densitometer

2.1 Objective. Heteroresistance is very common for several different bacterial species and antibiotic classes. Antibiotic resistance is a global threat to human health. To tackle this problem, we need not only new treatment strategies but also a better understanding of the emergence and spread of drug-resistant bacteria as well as improved diagnostic tools that can guide clinicians in choosing optimal antimicrobial therapies. Heteroresistance is the presence of a heterogeneous population of bacteria

with one subpopulation or several subpopulations that exhibit increased levels of antibiotic resistance compared with the main population. Amikacin is a semi-synthetic bactericidal antibiotic of the aminoglycoside group. It is a third-generation aminoglycoside.

Fosfomicin is a broad-spectrum antibiotic. Phosphonic acid derivative. It has a strong and rapidly advancing bactericidal effect. The mechanism of action is associated with the suppression of the first stage of the bacterial cell wall synthesis.

2. 2. Methods. The principle of the PAP test: a defined number of cells are spread on agar plates with different concentrations of antibiotics, and the number of colonies formed are counted after 1 day to determine the frequency of resistant cells and their level of resistance. One frequently accepted definition of heteroresistance is growth of a resistant subpopulation at antibiotic concentrations at least eightfold above the highest antibiotic concentration that does not affect growth of the main sensitive population. These steps were done for both Amikacin and Fosfomicin antibiotics.

2.3. Results. To figure out the results we defined the MIC for certain antibiotic and then count 8 fold higher concentration.

FOS-heteroresistant subpopulation detected for E. coli ST95

No AMI-heteroresistant subpopulations detected for E. coli ST95

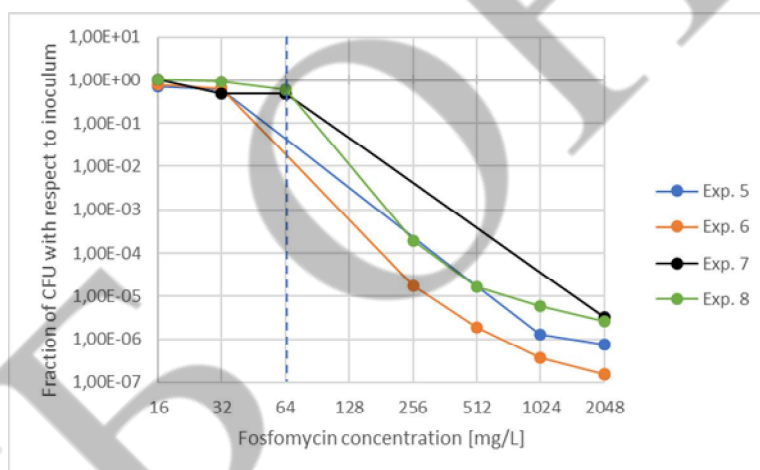


Fig. 3 – Frequency of antibiotic resistant bacteria with MIC. (FOS)

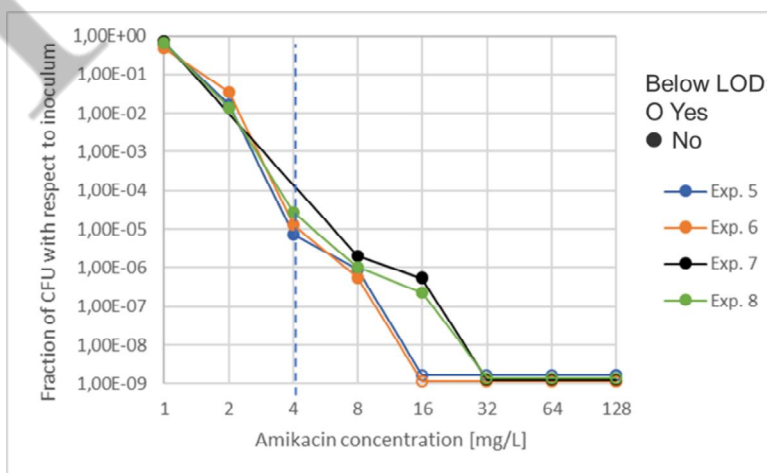


Fig. 4 – F frequency of antibiotic resistant bacteria with MIC. (AMI)

Abbreviations. AMI Amikacin, CFU Colony-forming unit, E. coli Escherichia coli, Exp. Experiment, FOS Fosfomycin, McF McFahrland,, MIC Minimal inhibitory concentration, PAP Population analysis profile.

### References

1. J.W. Mouton, A.E. Muller, R. Canton, C.G. Giske, G. Kahlmeter, J. Turnidge. MIC-based dose adjustment: Facts and fables. *J. Antimicrob. Chemother.* 73: 564–568 (2018)
2. D.I. Andersson, H. Nicoloff, K. Hjort. Mechanisms and clinical relevance of bacterial heteroresistance. *Nat. Rev. Microbiol.* 17: 479–496 (2019)
3. El-Halfawy, Omar M.; Valvano, Miguel A. (January 2015). "Antimicrobial Heteroresistance: an Emerging Field in Need of Clarity". *Clinical Microbiology Reviews.* 28 (1): 191–207
4. Nicoloff, Hervé; Hjort, Karin; Levin, Bruce R.; Andersson, Dan I. (March 2019). "The high prevalence of antibiotic heteroresistance in pathogenic bacteria is mainly caused by gene amplification". *Nature Microbiology.* 4 (3): 504–514
5. Giske C. Clinical breakpoints [Electronic resource] / Christian Giske // The European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing. – 2023. – Resource access mode: [https://www.eucast.org/fileadmin/src/media/PDFs/EUCAST\\_files/Breakpoint\\_tables/v\\_13.0\\_Breakpoint\\_Tables.xlsx](https://www.eucast.org/fileadmin/src/media/PDFs/EUCAST_files/Breakpoint_tables/v_13.0_Breakpoint_Tables.xlsx).

## Секція 2. ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 637.072

### ОСОБЛИВОСТІ ЖИРОВОГО СКЛАДУ ЕКСТРУДОВАНИХ КОРМОВИХ СУМІШЕЙ ПРИ ЇХ ЗБЕРІГАННІ

**Іваницький Г.К.**, д.т.н., с.н.с.,

*Інститут технічної теплофізики НАНУ, м. Київ, Україна*

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна*

**Радченко Н.Л.**, к.т.н., с.н.с., **Цельєв Б.Я.**, к.т.н., с.н.с.,

**Недбайло А.Є.**, к.т.н., н.с.

*Інститут технічної теплофізики НАНУ, м. Київ, Україна*

**Вступ.** Під час оцінки якості будь якого кормового продукту найбільша увага приділяється відсотковому співвідношенню білків, жирів і вуглеводів у складі корму та швидкості і ступеню їх засвоєння. Проте, не менш важливим є збереження цілісності даного складу в процесі зберігання. Останній параметр залежить від зростання мікробіологічного показника та зміни органолептичних властивостей (запаху, кольору, смаку) корму. Найчастіше причиною погіршення органолептичних показників стає окислення жирів, яке виникає через поєднання в рецептурах різних за якістю та консистенцією комбінацій рослинних і тваринних жирів, а також складнощами їх подальшого змішування з іншими компонентами. Вирішенням даної проблеми стала заміна їх на повножирову сою завдяки багатому вмісту у ній жирів. Проте, присутність у сої шкідливих ферментів потребує обов'язкової попередньої теплової обробки. Найбільш перспективним та затребуваним зараз є екструзійний спосіб. Однак при поєднанні в рецептурах екстрованої повножирової сої з іншими рідкими або ж порошковими компонентами виникає питання зберігання цілісності жирового складу таких сумішей. На основі проведеного аналізу існуючих теоретичних та експериментальних даних **сформульовано наступні задачі:**

- дослідження закономірності впливу теплоти, яка виділяється на виході з екструдера разом з частинками екструдату та використовується для знезараження компонентів пастоподібної суміші на якість жирів при зберіганні та мікробіологічний показник;

- дослідження закономірності впливу теплоти, яка виділяється на виході з екструдера разом з частинками екструдату та використовується для реалізації процесу напилення на якість жирів при зберіганні гранульованої суміші та на мікробіологічний показник.

**Результати.** В рамках поставлених задач спочатку проводився контроль якості обробки соєвих бобів в екструдері шляхом оцінки уреазної активності. Результати показали, що в зразках соєвого екструдату та суміші гранульованої на основі екстрованої сої рівень активності уреазы становив 0,05, а пастопо-

дібної суміші – 0,16 (при нормі до 0,3 од. рН). Отже, режими екструзійної обробки забезпечують достатню якість екструдату.

Другий етап передбачав дослідження можливості ефективного використання двох запропонованих способів утилізації теплоти для отримання пастоподібних та гранульованих сумішей. Оцінку проводили за величиною пероксидного та кислотного числа, які характеризують ступінь свіжості жирів, а також за мікробіологічним показником.

Результати досліджень кислотного числа для суміші гранульованої на основі екструдованої сої показали зростання з 2,00 мг КОН у перший день до 4,9 мг КОН через 90 діб. Для пастоподібної суміші на основі екструдованої сої в перший день показники склали 1,99 мг КОН та досягли 3,99 мг КОН через 90 діб. Для контролю було досліджено також зміну кислотного числа зразків соєвого екструдату. Результати показали зростання з 2,11 мг КОН до 2,5 мг КОН протягом 90 діб.

Результати досліджень пероксидного числа в зразках суміші гранульованої на основі екструдованої сої показали ріст з 1,50 1/2O ммоль/кг в перший день до 2,47 1/2O ммоль/кг через 90 діб. Дослідження зразків пастоподібної суміші показало збільшення з 1,59 1/2O ммоль/кг до 2,60 1/2O ммоль/кг через 90 діб. Дослідження контрольного зразку екструдату сої показало зростання з 1,50 1/2O ммоль/кг до 2,45 1/2O ммоль/кг через 90 діб.

У підсумку можна зробити висновок, що використання теплоти на виході з екструдера для отримання пастоподібних і гранульованих сумішей дозволяє зберегти цілісність жирового комплексу до 90 діб.

Дослідження закономірності впливу теплоти, яка виділяється на виході з екструдера разом з частинками екструдату на ступінь знешкодження шкідливої мікрофлори в зразках пастоподібної суміші показали незначне зростання мікробіологічного показника з 6 КУО через 1 добу до 24 КУО через 90 діб. Отже теплота, яка виділяється на виході з екструдера разом з частинками екструдату дозволяє знешкоджувати шкідливу мікрофлору при миттєвому змішуванні гарячого екструдату з іншими рідкими компонентами та забезпечує пастеризацію всієї суміші. Дослідження зразків суміші гранул на основі екструдованої сої та контрольних зразків екструдованої сої теж показали незначне зростання кількості мікроорганізмів <10 КУО протягом 90 діб. Вивчення кількісного та якісного складу мікрофлори показало відсутність ентеропатогенних штамів кишкової палички, токсин утворюючих анаеробів та сальмонел в усіх досліджуваних зразках. Отже отримані дані свідчать про ефективність застосування запропонованого способу і теплота, яка використовується для наплення порошкових компонентів дозволяє пригнітити розвиток шкідливої мікрофлори та забезпечує тривале зберігання суміші протягом 90 діб.

**Висновки.** Запропоновано два можливі шляхи підвищення ефективності екструзії. Перший передбачає використання теплоти, яка виділяється на виході з екструдера разом з частинками екструдату для знезараження компонентів пастоподібної суміші при їх миттєвому змішуванні. Ефективність підтверджено мікробіологічним показником, який показав зростання з 6 КУО до 24 КУО через 90 діб, що свідчить про пастеризацію пастоподібної суміші, а також динамі-

кою кислотного числа з 1,99 мг КОН до 3,99 мг КОН через 90 діб та пероксидного з 1,59 1/2О ммоль/кг до 2,60 1/2О ммоль/кг через 90 діб. Другий передбачає використання теплоти екструзії для інтенсифікації процесу напилення порошкових компонентів на гарячі частинки екструдату за рахунок адгезійних властивостей набутих внаслідок виділення жирів. Ефективність підтверджено мікробіологічним показником <10 КУО протягом 90 діб зберігання, динамікою кислотного числа з 2,00 мг КОН до 4,9 мг КОН через 90 діб та пероксидного числа 1,50 1/2О ммоль/кг до 2,47 1/2О ммоль/кг через 90 діб.

УДК 664.8.047

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ КОНВЕКТИВНЕ ЗНЕВОДНЕННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ СЕЛЕРИ КОРЕНЕВОЇ

Снєжкін Ю.Ф., академік НАН України

*Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ*

Гусарова О.В., к.т.н.

*НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», м. Київ*

*Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ*

Білі коренеплоди пастернаку, селери та петрушки можуть бути використані як нетрадиційна сировина для виробництва овочевих чипсів або як пряна приправа для приготування різноманітних страв. Такі сушені продукти мають підвищену харчову цінність, через наявність у їх складі ефірних олій [1]-[4].

Попередня теплова обробка сировини перед сушінням, необхідна в основному, для покращення кінетики процесу, ефективного вологоперенесення для досягнення необхідної вологості кінцевого продукту. Дослідженнями доведено, що попередня обробка зменшує число аромату білих коренеплодів на 30...65% залежно від способу [1]-[4]. Щоб уникнути втрат ефірних олій, що містяться у білих коренеплодах, обробку проводити недоцільно. У такому випадку, інтенсифікації процесу сушіння можна досягти за рахунок обґрунтованих низькотемпературних теплових режимів [4].

**Мета роботи:** розробити енергоефективні низькотемпературні режими сушіння коренеплодів селери для одержання овочевих чипсів.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні **завдання**, [4]:

- вивчити хімічний склад досліджуваних коренеплодів селери;
- встановити низькотемпературні кінетичні закономірності процесу зневоднення та розробити режими сушіння.

**Об'єкт та методи дослідження.** В якості об'єкту сушіння взято коренеплоди селери кореневої. Очищену сировину нарізали четвертинками завтовшки 2...3 мм та зневоднювали до низької залишкової вологості 6...8%.

Вивчення кінетики процесу сушіння коренеплодів селери проводили на експериментальному сушильному конвективному стенді, який обладнано автоматизованою системою збору й обробки інформації [4] за температур сушильного агента 55, 60...50 °С, швидкості його руху 1,5 м/с та вологовмісті 11 г/кг сухого

повітря.

**Результати.** На рисунку 1 зображено зміну температури сушильного агенту та сировини при двоступеневому режимі зневоднення 60...50 °С та стаціонарному 55 °С, а також кінетику процесу сушіння при зазначених режимах (крива 1 та 2 відповідно). Температура коренів селери при обох режимах не перевищує граничну температуру в 55 °С.

Як видно з графічного матеріалу, використання режиму зневоднення 60...50 °С (крива 1) порівняно з сушінням за температури 55 °С (крива 2) призводить до інтенсифікації процесу на 35...40 %.

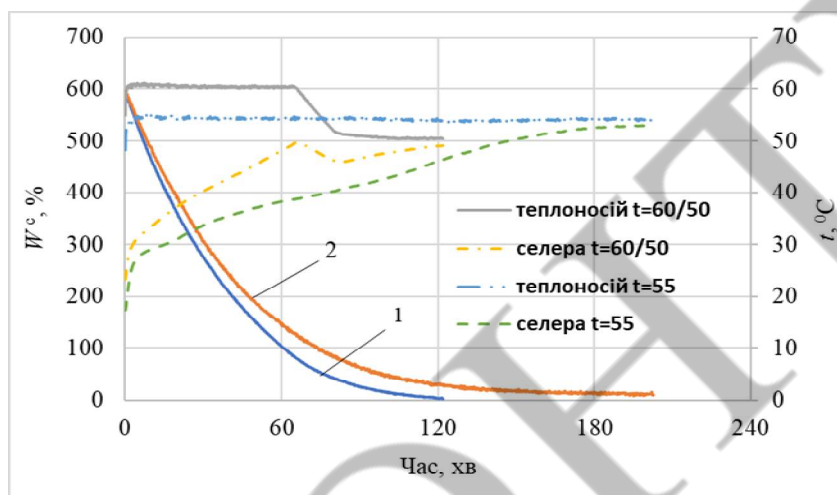


Рис. 1 – Криві кінетики процесу сушіння коренеплодів селери,  $\delta = 2...3$  мм,  $V = 1,5$  м/с,  $d = 11$  г/кг сухого повітря:  
1 –  $t = 60...50$  °C; 2 –  $t = 55$  °C

За рахунок вищої температури матеріалу при двоступеневому режимі сушіння спостерігається збільшення швидкості зневоднення в середньому на 10...15 % майже протягом усього процесу. Процес відбувається при спадній швидкості для обох досліджуваних режимів, криві є характерними для термолабільних колоїдних-капілярно пористих матеріалів рослинного походження (рис. 2).

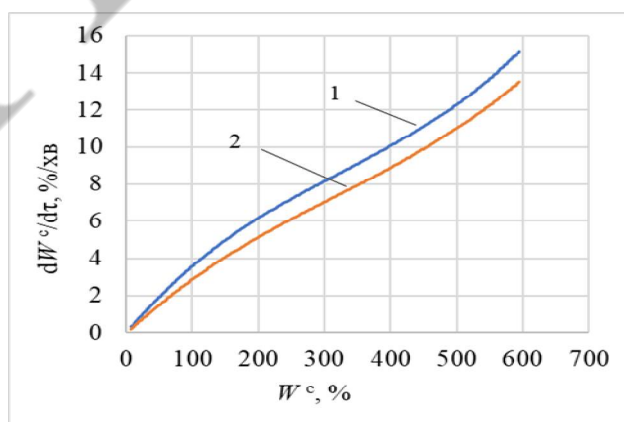


Рис. 2 – Криві швидкості процесу сушіння коренеплодів селери,  $\delta = 2...3$  мм,  $V = 1,5$  м/с,  $d = 11$  г/кг сухого повітря:  
1 –  $t = 60...50$  °C; 2 –  $t = 55$  °C

Чипси одержані при обох досліджуваних режимах мали високі органолептичні показники (смак, колір та запах) властивий вихідній сировині.

**Висновки.** Узагальнюючі результати досліджень, можна зробити висновки, що для одержання чипсів з селери можна використовувати низькотемпературні одно- та двоступеневі режими зневоднення.

Завдяки тому, що температура матеріалу не перевищує граничну, у ньому зберігаються цінні біологічно-активні речовини, зокрема ефірні олії.

Проте, більш доцільно використовувати режим 60...50 °С, який скорочує тривалість процесу до 35...40%, що дозволяє знизити енергоємність процесу сушіння, так як тривалість зневоднення тотожня енергетичним витратам.

#### Список літератури

1. Голінська Я.А. Розробка технології овочевих десертів на основі білих коренів: дис...к.т.н. за спец. 05.18.16. ОНАХТ МОНУ. Одеса, 2019. 217 с.
2. Мурашко К.С., Перець А.О., Шутюк В.В. Удосконалення технології сушіння кореню селери: матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій. Тернопіль, 17-18 листопада 2016. С. 248.
3. Сукманов В. О., Дубова Г. Є., Кодак Т. С., Зозуля К. С., Маметова Я. А. Спосіб отримання харчових ароматичних сполук з білих коренів: матеріали XXI Міжнародної науково-практичної конференції "Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв". Харків: ХНТУСГ, 2020. С. 58-60.
4. Гусарова О.В. Кінетичний аналіз конвективного низькотемпературного сушіння білих коренеплодів // Молодий вчений. – 2022. – № 7 (107). – С. 17-22. <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2022-7-107-5>.

УДК 613.22

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ДВОСТАДІЙНОГО ГІДРОЛІЗУ БІЛКІВ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ У ТЕХНОЛОГІЇ ДИТЯЧОГО ХАРЧУВАННЯ

**Авдєєва Л.Ю., Декуша Г.В., Макаренко А.А., Козак М.М.**

*Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України, Київ*

Гідроліз є одним з основних технологічних процесів при виробництві гіпоалергенних сумішей. Особливо суворі вимоги висуваються до сумішей з частково або повністю гідролізованими протеїнами, які рекомендуються для штучного або змішаного харчування дітей першого року життя. В результаті проведення процесу гідролізу білки повністю або частково втрачають алергенні властивості [1–3]. Дослідження ферментного гідролізу покращують розуміння особливостей проведення і дозволяють визначити раціональні режимні параметри проведення процесу при застосуванні певного ферментного препарату або комплексу ферментів, визначити можливі шляхи енергозбереження в процесі виробництва гідролізатів. Властивості утворених гідролізатів мають значний вплив на вибір режимів їх сушіння, а також економічну доцільність і енергоефективність технології в цілому [4–6].

Метою роботи було дослідження процесу двостадійного протеолізу сироват-

ково-соевих білків для удосконалення технології сумішей з гідролізованим білком в сухій формі для харчування дітей першого року життя.

Для виконання поставленої мети було проведено дослідження щодо визначення раціональних режимних параметрів двостадійного протеолізу сумішей концентрату білкового із молочної сироватки (КСБ) та ізольованого соєвого білка (ІСБ) для подальшого використання утворених гідролізатів в технології гіпоалергенних дитячих сумішей в сухій формі.

Першу стадію гідролізу сумішей КСБ та ІСБ вели комплексним ферментним препаратом Protamex впродовж  $\tau=60$  хв, другу стадію – трипсином  $\tau=30$  хв при оптимальних рН та температурі для кожного виду ферменту.

На першій стадії досліджено залежність ступеня гідролізу у двох зразках (суміші КСБ та ІСБ з масовими співвідношеннями 1:1 та 2:1 відповідно) з масовими концентраціями у водному розчині  $C_b=6\%$  та  $C_b=9\%$  та масовою концентрацією Protamex  $C_{Protamex}=2\%$  (маси білка) від часу. Встановлено, що в обох зразках при  $C_b=6\%$  та  $\tau=60$  хв ступінь гідролізу був вищим і знаходився в межах 40–63% порівняно із сумішами, отриманих при  $C_b=9\%$ , де ступінь гідролізу в середньому не перевищував 40–50%. Однак, хоча гідролізати, отримані при  $C_b=6\%$  мали вищий ступінь гідролізу, що обумовлено кращим доступом ферментного препарату до субстрату у водному середовищі, їх виробництво потребує підвищених енерговитрат на випарювання надлишкової вологи в послідовному процесі концентрування. Тому наступні дослідження було проведено при  $C_b=9\%$ .

Збільшивши масову концентрацію Protamex до  $C_{Protamex}=5\%$  та провівши гідроліз при  $C_b=9\%$ ,  $\tau=60$  хв, величина ступеня гідролізу зразків КСБ:ІСБ (2:1 відповідно) в середньому зросла з 38–41% до 57–60%, зразків КСБ:ІСБ (1:1 відповідно) – з 48–50% до 73–75%. Після 60 хв гідролізу зміна у величині ступеня гідролізу обох зразків була незначною, тому подальше ведення процесу є недоцільним. Зазначені умови склали першу стадію гідролізу.

Другу стадію розщеплення суміші протеїнів вели трипсином  $C_{трипсину}=1\%$  впродовж  $\tau=30$  хв. Визначено, що загальний ступінь гідролізу зразка КСБ:ІСБ (1:1 відповідно) через 90 хв процесу становив 80–82%, зразка КСБ:ІСБ (2:1 відповідно) – 73–75%. Після цього часу подальше наростання продуктів гідролізу було незначним.

**Висновки.** Проведені дослідження дозволили визначити раціональні тепло-технологічні режимні параметри процесу двостадійного протеолізу суміші КСБ та ІСБ ферментними препаратами Protamex та трипсином до ступеня гідролізу не менше 70–75%, знизити його тривалість та енерговитратність. На основі отриманих результатів нами було запропоновано удосконалення технології сухих адаптованих гіпоалергенних сумішей для харчування дітей першого року життя.

## References

1. Murphy, E.G., Roos, Y.H., Hogan, S.A., Maher, P.G., Flynn, C.G., Fenelon, M.A. (2015). Physical stability of infant milk formula made with selectively hydrolysed whey proteins. *International Dairy Journal*, 40, 39-46. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.08.012>

2. Islam, M., Huang, M., Islam, M.S., Fan, B. (2022). Influence of the Degree of Hydrolysis on Functional Properties and Antioxidant Activity of Enzymatic Soybean Protein Hydrolysates. *Molecules*, 27(18), 6110. <https://doi.org/10.3390/molecules27186110>
3. Seo, W.H., Lee, H.G., Baek, H.H. (2008). Evaluation of bitterness in enzymatic hydrolysates of soy protein isolate by taste dilution analysis. *Journal of Food Science*. 73(1), S41-6. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00610.x>.
4. Ma, J., Mao, X.-Y., Wang, Q., Yang, S., Zhang, D., Chen, S.-W., Li Y.-H. (2014). Effect of spray drying and freeze drying on the immunomodulatory activity, bitter taste and hygroscopicity of hydrolysate derived from whey protein concentrate. *LWT – Food Science and Technology*, 56(2), 296-302. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.12.019>
5. Minj, S., Anand, S. (2022). Development of a spray-dried conjugated whey protein hydrolysate powder with entrapped probiotics. *Journal of Dairy Science*, 105(3), 2038-2048. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20978>
6. Yang, S., Mao, X.-Y., Li, F.-F., Zhan, D., Leng, X.-J., Ren, F.-Z., Teng G.-X. (2012). The improving effect of spray-drying encapsulation process on the bitter taste and stability of whey protein hydrolysate. *European Food Research and Technology*, 235(1), 91-97. <https://doi.org/10.1007/s00217-012-1735-6>

УДК 663.242

## **РОЗРОБКА ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА БАЛЬЗАМІЧНОГО ОЦТУ**

**Грищенко Р.О., аспірант**

*Одеський національний технологічний університет, м. Одеса*

Актуальність теми: Вплив факторів на розвиток ресторанного бізнесу, торгівлі суттєво збільшився за останні роки. Тенденція розвитку підприємств виробництва харчової промисловості не має зростання, а навпаки. Знизився експорт та імпорт продукції в Україні, були проблеми з постачанням продукції для ресторанної сфери та в загалом. Після проведення аналізу ринку, було визначено, що виробництво товарів місцевого походження на даний час є доцільним. Бальзамічний оцет має велику вартість і відсутнє масове виробництво на території України, тому розробка такого продукту є доцільною, так як оцет має велику популярність у використанні в харчовій промисловості. Для підтримання внутрішнього ринку, стоїть задача у виробництві ідентичного за смаком продукту, який зможе замінити імпортний, дорогий товар, а прискорення його виробництва відповідно до класичної технології може ще більш зменшити вартість його виробництва у подальшому.

При виробництві класичного бальзамічного оцту за класичною технологією надзвичайно низька оборотність виробничих площ через роки дозрівання готового продукту.

Необхідно розібратись з основами технології приготування традиційного оцту перед вдосконаленням.

Першим етапом у приготуванні оцту, є ручне перебирання та сортування винограду. Особливо важливо відібрати недостиглі або перестиглі, зіпсовані плоди.

Другий етап: Отримання суслу, шляхом віджимання соку під пресовим обладнанням, пастеризація, ферментація суслу.

Третій етап: Розливання по дерев'яним бочкам, які мають об'єм від 10 до 100л. Матеріали для бочок зазначені у таблиці 1.

Таблиця 1

Матеріали для виробництва бочок за розмірами

Розмір	Матеріал	Призначення
Великі	Тутове дерево	Для насичення суслу ефірними маслами
Середні	Каштан	Для насичення суслу танінами, надання темного кольору
Маленькі	Ясень та дуб	Надання готовому бальзаміку ванільних і карамельних відтінків

Кожного року сусло переливають з більших бочок до менших, при тому додають спеції та прянощі, а залишок у більших бочках доливають свіжим сусликом. В самих маленьких бочках оцет залишають на дозрівання протягом 12 років.

Схематичне відображення традиційного процесу виробництва зазначено на рис.1.

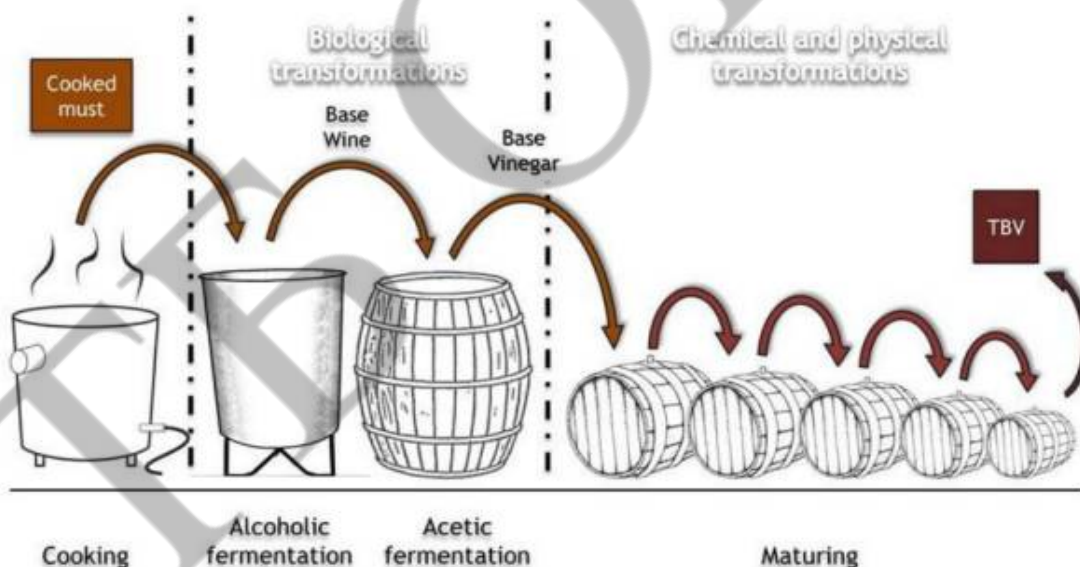


Рис.1 – Схематичне відображення процесу виробництва традиційного бальзамічного оцту

Після аналізу традиційного виробництва, бачимо, що перший етап досить швидкий та технологічно не важкий. Основний час на приготування, займає витримка базового оцту у діжках з різної деревини. Це означає, що для оптимізації виробництва необхідно пришвидшити саме процес дозрівання.

Тобто при отриманні базового оцту, необхідно екстрагувати необхідні речовини з деревини. Для цього, можна використати мікрохвильовий екстрактор, у якому процес пришвидшується за допомоги адресної доставки енергії. Принцип дії полягає в змочуванні деревини сировиною, потім під дією мікрохвильового

поля, у капілярах дерева з'являється бульбашка пару, яка виштовхує все назовні, тим самим процес який може проходити дуже тривалий час при класичній технології, пришвидшується і проходить за хвилини. Метою дослідження, є отримання технології та продукту ідентичного за смаковими властивостями до бальзамічного оцту.

Також, якщо поглянути на деревину, з якої виробляються бочки для витримки, то можна побачити що кількість видів дерева обмежена. Це обумовлено тим, що не з кожного матеріалу можливо зробити діжку. В екстрактор для роботи необхідно додавати деревину у вигляді кубиків, саме це дозволяє використовувати для екстрагування великий діапазон деревини, яка має невеликі стовбури для виготовлення діжок. Тим самим, можливе використання усіх доступних та необхідних матеріалів з дерева.

Висновки: Розробка бальзамічного оцту є доцільним, так як існує лише одна компанія в Україні з виробництва такого продукту, а імпорتنі товари потребують великих витрат. Харчові виробництва потребують у якісному товарі, але за помірні кошти. Метою даної роботи є дослідження можливості виробництва такого продукту у пришвидшеному темпі, та порівняння властивостей готового продукту з оригінальними бальзамами та розробка апарату для проведення такого процесу. Позитивні результати при розробці, можуть надати тенденцію росту на сучасному ринку оцту в Україні.

УДК 664.834

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЗНЕВОДНЕННЯ РЕОЛОГІЧНОЇ СИРОВИНИ В ІЧ ПОЛІ

**Кравченко О.Ю.**, аспірант, **Молчанов М.Ю.**, аспірант,  
**Мілінчук К.С.**, студентка, **Терзієв С.Г.**, д.т.н., доцент  
*Одеський національний технологічний університет, м. Одеса*

Сучасна проблеми розвитку харчових виробництв мають вирішуватись на принципах екоіндустрії та енергоефективності. Тому, інноваційні технології повинні забезпечити зниження втрат сировинних та енергетичних ресурсів й зменшити навантаження на довкілля. В першу чергу треба вирішити завдання утилізації відходів харчової сировини, які часто складають до двох третин від початкового об'єму. При цьому, часто це дорога сировина, а комерційна вартість вилучення залишкових компонентів у відходах іноді перевищує й сам готовий продукт. Але традиційне обладнання не в змозі вирішити такі проблеми із-за складних реологічних властивостей цих відходів.

В роботі поставлено завдання розробити методи зневоднення реологічної сировини – відходів консервних, олійних та харчоконцентратних виробництв. Їх відходи – вичавки, шлами, макухи – це вологі, реологічні системи, які створюють суттєві екологічні проблеми. Метою роботи є створення енергоефективного обладнання для зневоднення відходів із їх складними реологічними особ-

ливостями.

На першому етапі поставлено завдання експериментально визначити ефективність сушіння макухи після отримання овочевих та фруктових соків. Інноваційним кроком в дослідженнях стало використання електромагнітних джерел енергії ПЧ-діапазону. Дослідження проведено в лабораторії «Харчові нанотехнології» на експериментальному стенді, основними вузлами якого були: камера з ПЧ-генератором, касета з сировиною, яка підвішувалась до ваг. Основні результати досліджень в сушарках камерного типу наведено в роботі авторів [1].

На другому етапі вирішувалось завдання розробки обладнання для зневоднення реологічних харчових систем на стрічкових установках із ПЧ джерелами енергії. Послідовно проведено аналіз параметричної, фізичної та математичної моделей. Ускладнення стосується фактором руху стрічки, який враховується відповідним числом Рейнольдса. Результати аналітичного аналізу визначили чіткі завдання експериментальних досліджень.

Експериментальний стенд включав сушильну камеру із ПЧ джерелом енергії, стрічку, за допомогою якої здійснювався рух касет і сировиною. В досліді змінювались: швидкість стрічки, потужність електромагнітного поля, тип сировини та висота шару її завантаження (маса касети). Основна база експериментальних даних отримана на яблучних вичавках, відходах виробництва соків. Касети завантажувались за різною вагою (рис.1).

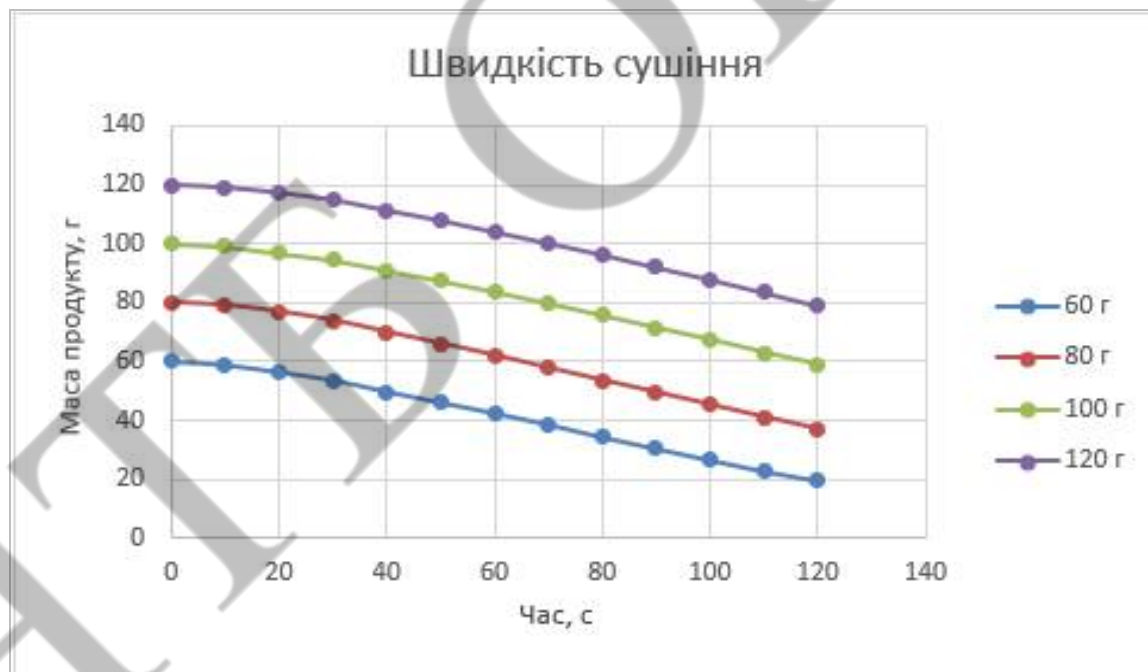


Рис. 1 – Кінетика зневоднення яблучних вичавків

Швидкість стрічки дорівнювала 0,018м/с. Після виходу касет із камери сушіння їх маса визначалась за допомогою ваг, а температура – пірометром. За результатами (рис.1) розраховувались лінії швидкості сушіння (рис.2).



Рис. 2 – Залежність швидкості зневоднення яблучних вичавків від вологості

Температура сировини не перевищувала 50 °С (рис.3).

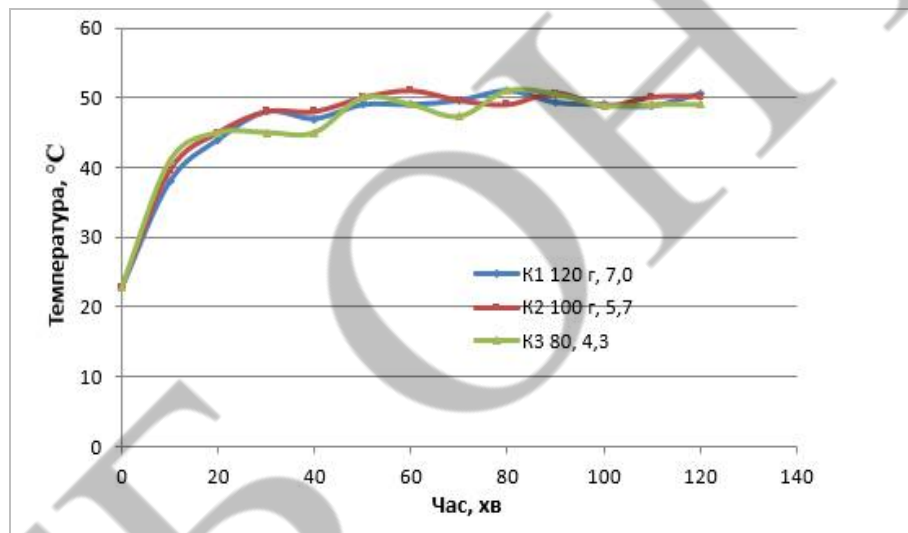


Рис. 3 – Термограми в процесі зневоднення

За результатами дослідів можна зробити наступні висновки. Температурні умови ІЧ обробки сировини на стрічки забезпечують збереження якості сировини. Переваги мають режими із меншою товщиною шару сировини.

### Список літератури

1. Дослідження процесів сушіння реологічних харчових систем в іч – полі. Кравченко О.Ю., аспірант, Молчанов М.Ю., аспірант, Мілінчук К.С., студентка, Терзієв С.Г., д.т.н., доцент, Петровський В.В., інженер I I категорії. Наукові праці - Одеса. Одеський національний технологічний університет: 2022. – Том 86. Вип. 1. – 91 с.
2. Burdo O.G. (2005). Nanoscale effects in food-production technologies. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 1(78), 90-96

**Секція 3. МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЙ**

УДК 665

**МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ УТИЛІЗАЦІЇ МАКУХИ  
СОНЯШНИКА****Гуліваті В.Г., магістр***Одеський національний технологічний університет, м. Одеса*

На сільськогосподарських складах часто накопичуються відходи після віджиму та екстрагування олійних культур [1]. Макуха, як побічний продукт після віджиму масла збирається та направляється на подальші роботи. Цей процес розпочинається з очищення від сторонніх включень та забруднень, а потім механічно розмелюється для більш ефективної обробки. Наступним етапом йде екстрагування під час якого з макухи видобувається залишки рослинної олії.

Частиною утилізації макухи соняшника є екстрагування залишків олії з шламу. На першому етапі була створена математична модель, яка представлена системою диференційних рівнянь: енергії, Нав'є Стокса, нерозривності, умовами однозначності. У зв'язку з проблемою вирішення рівняння Нав'є Стокса, математична модель була трансформована у критеріальну модель.

При проведенні моделювання процесу методом «аналізу розмірностей» були визначенні параметри які впливають на процес. Згідно з принципом аналізу розмірностей, залежність була подана у вигляді степеневого ряду. На основі  $\pi$ -теорема, залежність була представлена 3 комплексами для вирішення цього була складена матриця. Після отримання рівняння і поєднання параметрів з однаковими показниками ступеня отримано залежність чисел подібності з яких отримано структуру критеріального рівня.

На експериментальному об'ємно-вакуумному екстракторі були проведені дослідження у яких було визначено як гідромодуль, потужність та дисперсність сировини впливають на концентрацію масла у екстракті та кількість витраченої енергії.

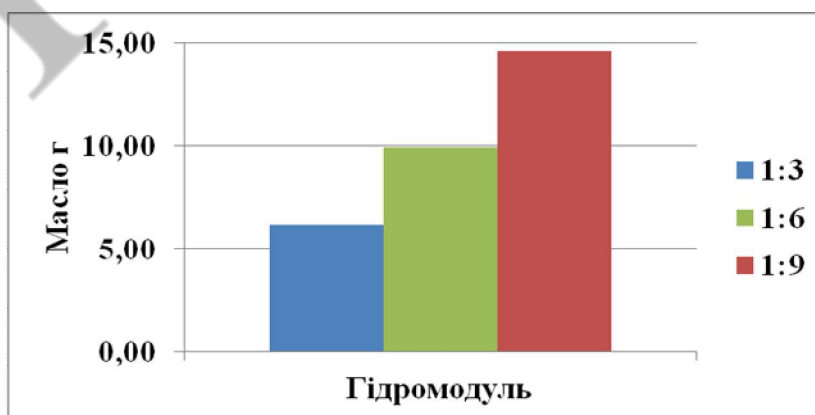


Рис.1 – Вплив гідромодуля на інтенсивність екстрагування

Зміна гідромодуля показує, що при збільшенні гідромодуля збільшувалась рушійна сила процесу, а також загальна кількість екстрактивних речовин у екстракті (рис.1), але при цьому на концентрування знадобиться більша кількість енергії.

Зміна потужності призводить до більш ефективного вилучення сировина за одиницю часу (рис.2) але затрати на енергії процесу зростають.

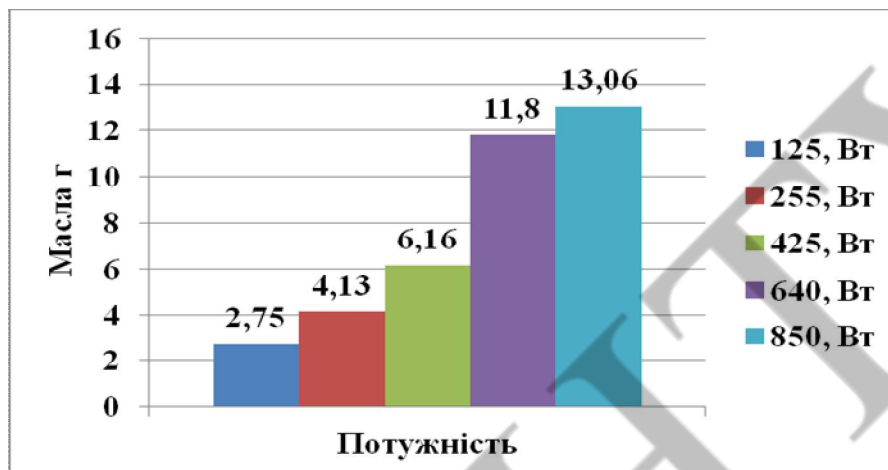


Рис.2 – Вплив потужності на інтенсивність екстрагування

Зміна розміру макухи призводить до більш ефективного вилучення сировини з макухи за рахунок збільшення площі контакту але виникає проблема зі складністю поділу фаз.

Отримані результати дослідів будуть використані для інженерної методики розрахунку.

#### Список літератури

1. Утіль втор пром : [Веб-сайт]. Одеса, 2023. URL: <https://xn--80ancaco1ch7azg.xn--j1amh/uk/utilizatsiya-othodov/utilizatsiya-zhmyha/> (дата звернення: 06.09.2023).

## ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ГІБРИДНИХ МЕХАНОДИFUЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ

**Молчанов М. Ю.**, аспірант

*Одеський національний технологічний університет, м. Одеса*

З розвитком технологій у світі зростає інтерес до методів при яких інтенсифікація процесів обробки сировини проходить з використанням електромагнітних генераторів енергії. Використання електромагнітних, а точніше мікрохвильових (МХ), інфрачервоних (ІЧ) та їх комбінованих технологій дозволяє значно інтенсифікувати процеси екстрагування, сушіння та випарювання за рахунок ініціювання адресної доставки енергії до полярних молекул сировини. Використання МХ технологій дозволяє значно підвищити ефективність процесу навіть при кімнатних температурах, збільшити масообмінні характеристики обладнання, знизити енерговитрати і зробити деякі процеси більш екологічними.

При екстрагуванні під впливом мікрохвиль стає можливим, за допомогою саме нового процесу названого механодифузією, витягти з сировини не тільки розчинні, а й слабозчинні та нерозчинні речовини, частково не під дією хімічних реакцій між складом екстрактивних речовин у сировині та екстрагенті, а механічно, за допомогою тиску що утворився в сировині в процесі роботи.

У лабораторії «Харчові нанотехнології» Одеського національного технологічного університету запропоновано та розвивається принципово новий напрям, що досліджує дію мікрохвильового поля на сировину головним чином при сушінні, випарюванні та екстрагуванні.

Механодифузія це процес утворення парових бульбашок з рідини що знаходиться в глибині капілярів сировини і відповідно підвищення тиску в них. Під дією тиску парова бульбашка «виривається» з капілярів сировини і частково виштовхує до поверхні поділу фаз розчинні, слабозчинні і нерозчинні компоненти, що знаходяться у капілярі, тому рушійною силою процесу механодифузії є різниця тисків (1). Для ініціювання процесу механодифузії механічний потік повинен подолати сили в'язкості та місцевих опорів, сили гідростатики та сили поверхневого натягу [1].

$$\Delta P = \frac{\rho \cdot w^2}{2} \left[ \frac{\lambda \cdot l}{d} + \sum \xi \right] + \rho \cdot g l + \frac{\sigma}{d} \quad (1)$$

Використання в процесах екстрагування, випарювання та сушіння сучасних систем з МХ полем дозволить створити апарати для переробки сировини з отриманням широкого спектру високоякісних біологічно активних препаратів медичного, харчового та кормового призначення за мінімізації енергетичних витрат та екологічної чистоти виробництва [1].

Експериментально визначено що на потужність ефекту механодифузії діє головним чином потужність МХ поля, іншими параметрами що діють на ефект є діаметр капіляра, кількість капілярів, в'язкість рідини в капілярах, напрямок капілярів відносно напрямку роботи магнетрона, початкова температура рідини в капілярах.

Визначено що напрямок капілярів відносно напрямку роботи магнетрона діє на тип процесу видалення рідини, в залежності від кута тип може бути ламінарним (рис. 1) та турбулентним (рис. 2).

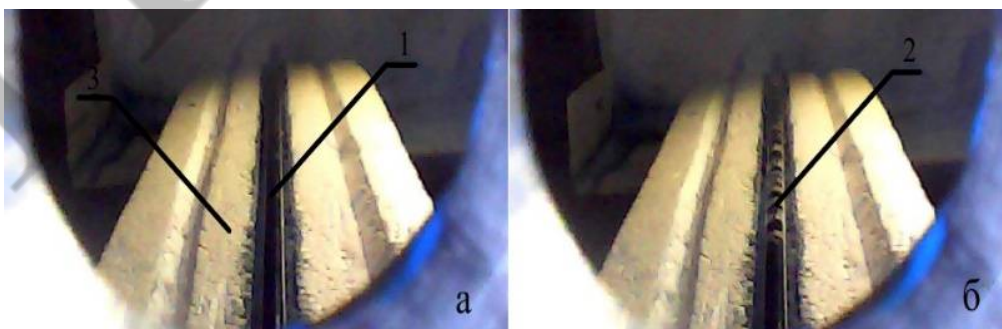


Рис. 1 – Утворення бульбашок у капілярі з кутом напрямку 0°:  
а – початок експерименту, б – середина експерименту (1 – капіляр заповнений рідиною, 2 – парові бульбашки, 3 – радіопрозорий тримач капіляра).

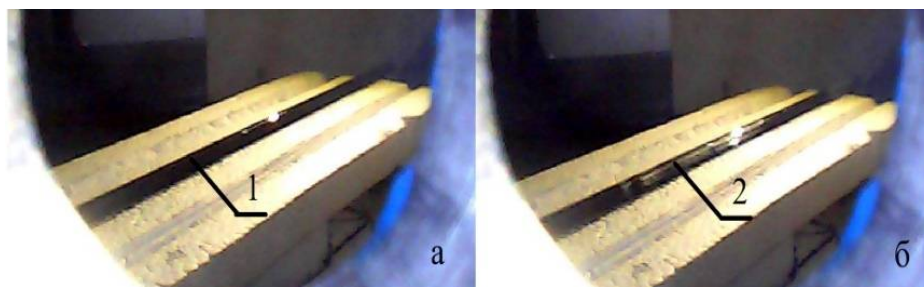


Рис. 2 – Утворення бульбашок у капілярі з кутом напрямку 45°:  
 а – початок експерименту, б – середина експерименту.  
 (1 – капіляр заповнений рідиною, 2 – об'єм капіляра з утвореною парою перед викидом).

Формулюється гіпотеза що використання технологій МХ підведення енергії в апаратах для екстрагування дозволить реалізувати інноваційний спосіб адресної доставки енергії безпосередньо до полярних молекул сировини для ініціювання ефекту механодифузії. Очікується отримання екстрактів більш високої концентрації, ніж традиційно, без термічного псування, внаслідок невеликих температур та з меншими витратами енергії та часу на процес обробки.

Обов'язковим критерієм для обробки сировини даним методом є наявність у сировині вологи, зв'язаної в середині чи приведеної ззовні.

Для визначення впливу різних параметрів на процес механодифузії проведено ряд експериментів. Як капіляри були прийняті два набори скляних радіо прозорих трубок 2,3 – 3 мм та 3 – 4 мм. по 30 штук у пучку заповнені підфарбованою рідиною. Для вимірювання даних параметрів використовувалось наступне устаткування: пірометр GM320 та лабораторні ваги Radwag. Для візуального нагляду використовувався ендоскоп вміщений в МХ камеру.

При проведенні досліджень на пучках капілярів 2,3 – 3 мм та 3 – 4 мм визначались загалом приведена енергія, до пучка, спочатку методом зміни потужності магнетрона, потім методом зміни маси рідини у пучку, зміна маси пучка, маси видаленої рідини, величини одиничних викидів видаленої рідини, витраченої енергії загалом та на видалення рідини. Усі дані ваги отримувались у часі методом установки пучку на підвішену пластину вагів. Для визначення саме параметрів пов'язаних з викидами початкова температура пучка бралась приблизно 40 С°, на графіках питомих енерговитрат виділена лише та частина де процес вже йде, для більш крупного відображення даних.

Результати проведення досліджень частково приведені в графіках зміни мас (рис. 3).

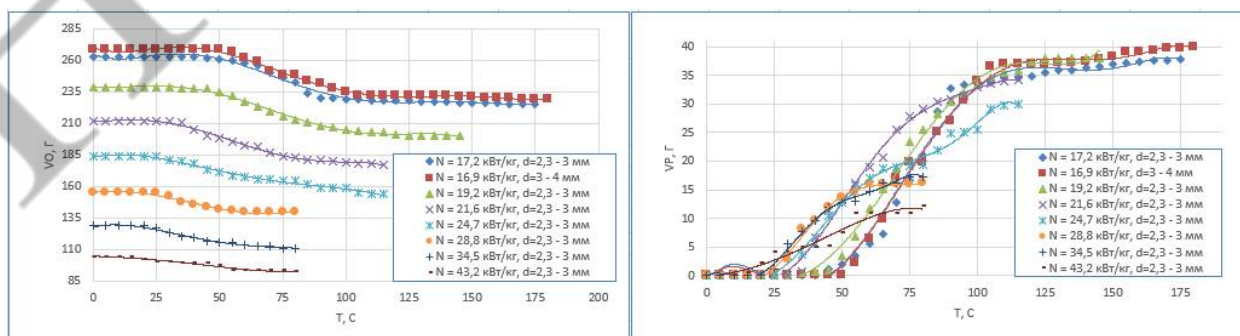


Рис. 3 – Зміна маси пучка з рідиною та зміна маси вивільненої рідини

При проведенні експериментальних досліджень визначено наступне:

- процес механодифузії має початок та затухання, на піках викидів питомі енерговитрати досить малі і складають 1,3 – 1,4 мДж/кг, що свідчить про резонансність припинення обробки щойно пройшов пік викидів;
- Перед початком має сенс довести температуру капілярів до певного рівня аби не витратити енергію лише на нагрів сировини поки не виникне ефект механодифузії;
- Найбільші за об'ємом викиди спостерігаються на піку ефекту, так само як і їх послідовна кількість, в цей час питомі енерговитрати найнижчі, із затуханням і відповідно зменшенням викидів питомі енерговитрати значно збільшуються.

Ці спостереження говорять що даний процес механодифузії є енергоефективним і перспективним при правильному використанні, через свої можливості викиду рідини може використовуватись не лише для екстрагування де він допоможе витягнути більшу частину компонентів сировини за менший час, а й у процесі дегідратації де від допоможе витягнути рідину з глибини сировини на її поверхню за менший проміжок часу ніж традиційно і вже потім перетворити її на пару або дати можливість іншому модулю зробити це.

#### Список літератури

1. Burdo, O.G., Syrotyuk, I.V., Alhury, U., Levtrinska, J.O. Microwave energy, as an intensification factor in the heat-mass transfer and the polydisperse extract formation. *Problemele energeticii regionale*. 2018. Vol. 36. Is. 1. pp. 58 – 71. doi: 10.5281/zenodo.1217259

УДК 664.72

## ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЗНЕВОДНЕННЯ ЗЕРНОВИХ ПРОДУКТІВ

Коцур І.О., аспірант

Одеський національний технологічний університет, м. Одеса

Зерновий ринок в світі є однією з ключових галузей сільського господарства, і він стикається з рядом важливих тенденцій і проблем, а саме: зростаючий попит на зерно через населення та життєвий рівень, створюючи можливості та виклики для виробників; вплив кліматичних змін на виробництво, що призводить до нестабільності цін та ринкової нестабільності; збільшення витрат на енерго-ресурси, особливо нафту та газ, підвищуючи виробничі витрати та падаючи на прибутковість фермерів; забруднення навколишнього середовища через використання хімічних пестицидів та добрив; потреба в модернізації сільськогосподарської інфраструктури для забезпечення ефективного виробництва та транспортування [1].

Експорт зернових продуктів з України також має важливе значення та зіткнення зі своїми викликами: зернові продукти є головними експортними товарами України, забезпечуючи валютні надходження; підтримка аграрного сектору

та зайнятості в сільських районах; розширення ринків збуту для зменшення ризиків залежності від одного ринку; залучення іноземних інвестицій в аграрний сектор та інфраструктуру [2].

Зневоднення зерна та кукурудзи - це важливий етап у їх обробці та зберіганні. Вибір оптимального методу залежить від багатьох факторів, таких як обсяг продукції, кліматичні умови, наявність обладнання та інші технічні можливості. Найбільш поширені випадки природного зневоднення включають:

- Природне зневоднення - це процес випаровування вологи з продуктів та матеріалів природним шляхом, без використання додаткового обладнання чи технологій. Він відбувається під впливом сонячної енергії, тепла оточуючого середовища, вітрового руху та інших природних факторів. Недоліками є низька контрольованість, повільність.

- Сонячне зневоднення - це процес випаровування вологи з зернових продуктів за допомогою сонячної енергії. Для здійснення цього процесу використовують спеціальні сонячні сушарки або сонячні теплопромислові установки. Основним елементом таких систем є сонячний колектор, який збирає сонячну енергію та перетворює її на теплову, яка використовується для випаровування вологи з продуктів. Недоліками є залежність від погодних умов, обмежена продуктивність, потреба в великих площах [3].

- Осушення абсорбентами є одним із методів зневоднення зернових продуктів та інших сільськогосподарських продуктів. Абсорбенти - це матеріали з високим поглиначем вологи, які здатні витягати вологу з поверхні зерна або іншого продукту, забезпечуючи його сухіше збереження. Недоліками абсорбентів є вартість та обмеженість використання [4].

- Найбільше розповсюдженим є термічне зневоднення, використовуються шахтні сушарки. Це спеціальна автоматизована установка для сушіння зернових культур, принцип роботи якої полягає у вивітрюванні та передачі теплової енергії зерновому матеріалу. Завдяки цим установкам забезпечується зниження вологості продукції, що дає змогу безпечно зберігати зерно протягом тривалого періоду. Якісне та своєчасне сушіння різних видів культур стане запорукою їх тривалого зберігання. Але недоліками, енергетичні витрати та екологічність.

Розвитком шахтних сушарок є розробка кафедри процесів та обладнання, яка передбачає використання ефективних теплопроводів, а саме термосифонів для кондуктивного підігріву зернопродуктів. Забезпечується екологічна безпека, зменшується енерговитрати. Але досі використовується витрати палива для створення теплового носія [5].

В конвективних зерносушарках мають аспект екологічності в Україні та певних країнах СНД, сушіння та видалення вологи виконується за допомогою спалювання палива для виготовлення сушильного агента, але в більшості випадків спалюється більш дешевше паливо, наприклад, дизельне паливо. В наслідок чого, сушіння відбувається відпрацьованими топочними газами з сумішшю нагрітого повітря, яке контактує з поверхнею зернових продуктів. Тобто, зернові продукти заражуються канцерогенами, де в свою чергу зерно проходить шлях зберігання з іншим зерном, переробкою в муку або комбікорми, та попа-

дає на стіл в вигляді хлібу або хлібобулочних виробів, або в корм для худоби. Таким чином технології зневоднення потребують удосконалення.

Одним із способів удосконалення пропонується наукова-технічна гіпотеза комбінованої системи зневоднення зерна. Зниження енерговитрат в зневодненні зернових продуктів можливо досягти при поетапній організації процесів:

- На першому етапі – використання мікрохвильових джерел енергії забезпечить перенесення вологи із об'єму сировини на її поверхню.

- На другому етапі – вилучення поверхневої вологи механічними діями, наприклад: застосування відцентрованих сил.

Використання почергово даних етапів приведе до видалення вологи с зерна.

Очікувані результати дослідження гіпотези: зниження енерговитрат; зниження часу зневоднення; збереження якості продуктів.

### Список літератури

1. Рейтинги експортерів та виробників агропродукції України та світу. Latifundist.com. URL: <https://latifundist.com/rating>.
2. World integrated trade solution (WITS) | data on export, import, tariff, NTM. World Integrated Trade Solution (WITS) | Data on Export, Import, Tariff, NTM. URL: <https://wits.worldbank.org>.
3. Сонячне зневоднення харчових продуктів: «Технічний огляд" - Researchgate.com. URL: [https://www.researchgate.net/publication/259542754\\_Solar\\_Drying\\_of\\_Foodstuffs\\_A\\_Technical\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/259542754_Solar_Drying_of_Foodstuffs_A_Technical_Review)
4. Підвищення якості зерна та продуктів його переробки за допомогою сучасних методів впливу / Під ред. О.М. Луців, В.В. Макаренка - Київ: Аграр Медіа Груп, 2018.
5. Бурдо О.Г. Енергетичний моніторинг харчових і переробних виробництв: підручник / О.Г. Бурдо, Ф.А. Трішин, І.І. Яровий. – Одеса : Манджента, 2020. 136 с.

## РОСЛИННІ ЕКСТРАКТИ ЯК СКЛАДОВА ЗДОРОВОГО ХАРЧУВАННЯ

Аль-Хамад І.М., магістр

Одеський національний технологічний університет, м. Одеса

Рослинні екстракти є концентрованими сполуками, отриманими з рослинних джерел. Вони багаті фітонутрієнтами та біологічно активними речовинами, що надає їм специфічних властивостей та позитивного впливу на організм. Ось кілька ключових аспектів та бенефітів рослинних екстрактів:

Рослинні екстракти містять вітаміни (наприклад, вітамін С, вітамін Е, вітамін А) та мінерали (наприклад, магній, кальцій, калій), які необхідні для нормальної роботи організму. Наприклад, вітамін С, що міститься в цитрусових та шипшині, сприяє підтримці імунітету та зміцненню сполучних тканин.

Ряд рослинних екстрактів багаті на антиоксиданти, такі як поліфеноли, флавоноїди та каротиноїди. Ці сполуки допомагають нейтралізувати вільні радикали, які можуть пошкодити клітини та сприяти старінню та розвитку різних захворювань. Наприклад, ресвератрол, що міститься у червоному вині та яго-

дах, має антиоксидантні властивості та зв'язується з покращенням серцевого здоров'я.

Деякі рослинні екстракти мають протизапальні властивості. Вони можуть допомогти зменшити запалення в організмі, що є фактором ризику для розвитку хронічних захворювань, таких як артрит. Багато рослинних екстрактів, включаючи екстракти зеленого чаю та горіхів, пов'язуються з покращенням здоров'я серця. Вони сприяють зниженню рівня холестерину в крові та підтримують нормальний тиск. Деякі рослинні екстракти містять сполуки, які можуть допомогти знизити ризик розвитку раку. Наприклад, куркумін, основний компонент куркуми, дослідженнями пов'язані з антиканцерогенними властивостями.

В цілому, рослинні екстракти є цінним джерелом біологічно активних речовин, що сприяють підтримці здоров'я та профілактиці різних захворювань.

З кожним роком все більше людей усвідомлює важливість здорового способу життя. Це включає правильне харчування, фізичну активність і догляд за здоров'ям. Рослинні екстракти є цінним ресурсом у цьому контексті, оскільки вони збагачують раціон корисними мікроелементами, вітамінами та антиоксидантами. Серцево-судинні захворювання, діабет 2 типу, ожиріння та рак, стали наростаючою глобальною загрозою здоров'ю. Рослинні екстракти, багаті на антиоксиданти і фітонутрієнти, сприяють зниженню ризику розвитку цих захворювань. Це робить їх невід'ємною частиною здорового харчування.

Особливо в періоди епідемій та пандемій, підтримка сильної імунної системи стає пріоритетом. Рослинні екстракти містять вітаміни та мінерали, які сприяють зміцненню імунітету та підвищенню захисту організму від інфекцій.

Перехід до рослинного харчування також має важливі екологічні та етичні аспекти. Він пов'язаний із зниженням негативного впливу на довкілля та зменшенням страждання тварин, що важливо для багатьох людей.

З розвитком харчової промисловості з'являються різноманітні рослинні продукти та м'ясозамінники, які включають рослинні екстракти. Ці інновації роблять більш здорове харчування доступним та задовільним.

В харчовій промисловості дуже поширені екстрактори періодичної та напівперіодичної дії, вони відносяться до недосконалого виду обладнання. Проте у багатьох галузях металургійної, хімічної, целюлозно-паперової, фармацевтичної, харчової та м'ясо-молочної промисловості вони й досі мають досить широке поширення. Якщо для деяких категорій одержуваних екстрактів та настоїв в окремих галузях фармацевтичної, харчової та м'ясо-молочної промисловості, де виробляються невеликі партії продукції дуже численних найменувань, застосування періодичної апаратури можна вважати виправданим, то для більшості перерахованих виробництв питання про перехід до безперервно діючих апаратів з режимом інтенсивного масообміну між фазами є винятково актуальним.

На кафедрі ПіАХВ ОНТУ, було розроблено принципово новий «Похилий шнековий екстрактор безперервної дії», (рис. 1).

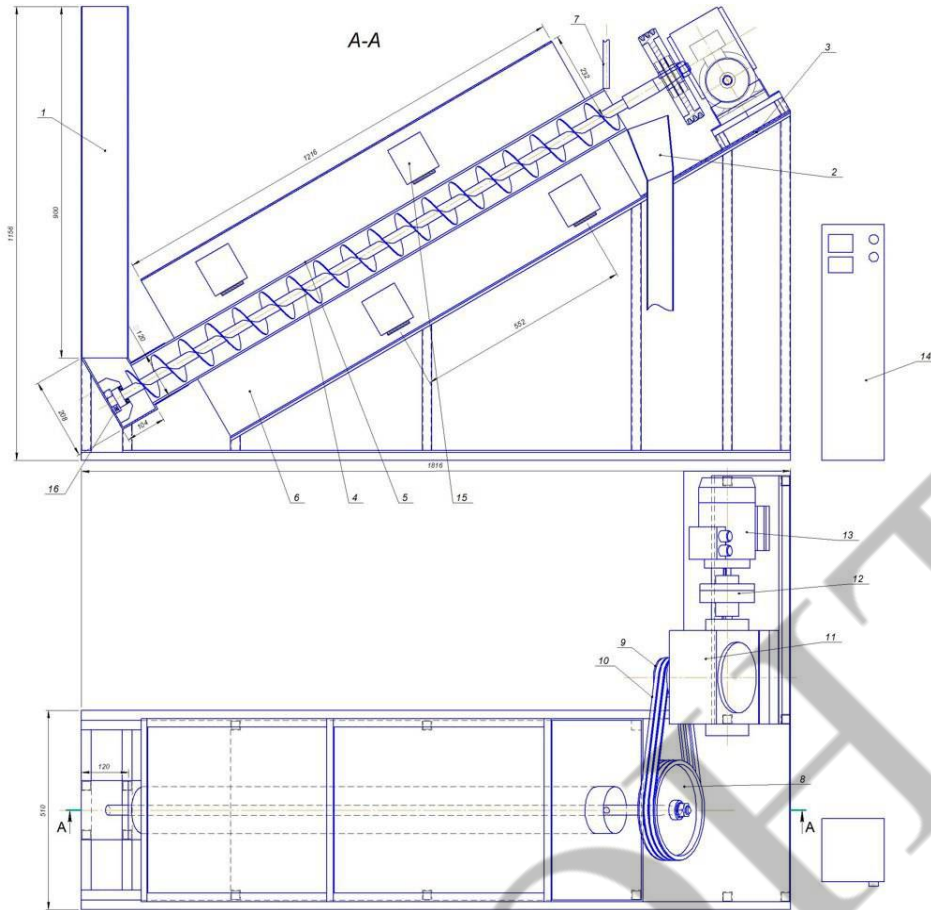


Рис. 1 - Схема похилого шнекового екстрактора безперервної дії:

- 1 - Завантажувальний бункер; 2- Розвантажувальний бункер; 3- Каркас екстрактора;  
4- Шнек; 5- Труба з фторопласту; 6- Корпус екстрактора; 7- Труба для подачі екстрагенту;  
8- Шків ведений; 9- Шків ведучий; 10- Клиновий пас; 11-Черв'ячний редуктор; 12- МУВП К3; 13- Електродвигун АІР71А8; 14- Панель керування екстрактора; 15- Магнетрон;  
16- Упорний підшипник.

Даний екстрактор пропонується як засіб вирішення проблематики інтенсифікації процесу екстрагування.

## Секція 4. ІННОВАТИКА РЕСУРСО–ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

УДК 621.313

### КОНФУЗОР ВЕУ З АДАПТИВНИМ КЕРУВАННЯМ ВІТРИЛНІСТЮ

Оборський Г.О., Бундюк А.М., Моргун Б.О.

Національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса, Україна

**Вступ.** В малій енергетиці широко використовують вітроенергетичні установки (ВЕУ). Але вони дуже чутливі до швидкостей вітрового потоку. При низьких швидкостях вони практично не генерують електроенергію, тому при низьких швидкостях вітрового потоку ефективно використовуються концентратори енергії – конфузори. Недоліком існуючих конфузорів є статичність їх конструкцій, що при потужних та шквальних вітрах створює значний опір повітряному потоку і, як наслідок, руйнування конфузора.

**Аналіз проблеми.** В роботах [1,2] пропонується однакова конструкція конфузора у вигляді усіченого конуса з плоскими гранями його поверхні. Недоліком такої конструкції конфузора є використання одного пружинного жгута для притискування всіх граней до каркаса конфузора. Навантаження на жгут при цьому є нерівномірне, що знижує його надійність. Під впливом дій сонця, вологи і морозу властивості жгута змінюються та погіршуються.

В роботі [2] випробування показали, що при малих швидкостях вітру застосування конфузора значно підвищує потужність ВЕУ. При високих швидкостях конфузор приймає форму багатогранника з трапецієвидними горизонтальними гранями і не перешкоджає повітряному потоку. Швидкість вітру, при якій грані конфузора починають відхилятися, має бути нижче розрахункової швидкості вітру на 15-20 %.

В роботі [3] наведені дані стосовно ефективного використання ВЕУ з конфузорами при різних швидкостях вітру у Хорватії, де середньорічні характеристики вітрових потоків відрізняються від українських.

**Основний матеріал.** Автори пропонують конфузор, який при перевищенні розрахункової швидкості вітру змінює структуру адаптивними гранями (рис. 1).

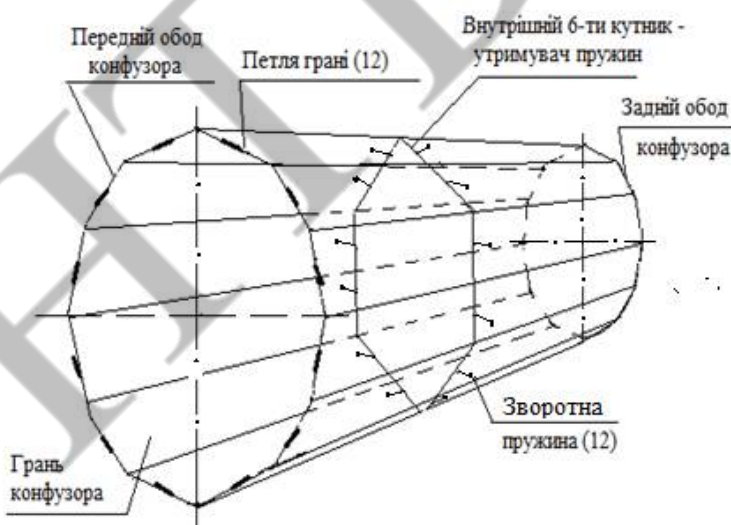


Рис. 1 – Конструкція конфузора

Конфузор виконано у формі усіченого конуса, поверхня якого утворена плоскими 12-ма гранями, тому переріз конфузора є дванадцятикутник. У даному випадку площа з вхідним ободом у формі дванадцятикутника зменшується порівняно з вхідним ободом у формі кола. Площа вхідного обода конфузора ( $f_k$ ) з колом у перерізі визначається так:

$$f_k = \pi * r^2,$$

а площа вхідного обода конфузора ( $f_d$ ) з дванадцятикутником у перерізі визначається інакше:

$$f_d = 0,5 * r^2 * \sin(30^\circ) * 12.$$

Відношення площі дванадцятикутника до площі кола ( $B$ ) дорівнює:  $B = f_d / f_k$ .

$$B = 0,5 * r^2 * \sin(30^\circ) * 12 / \pi * r^2 = 6 * \sin(30^\circ) / \pi = 6 * 0,5 / 3,14 = 0,955.$$

Площа дванадцятикутника менше площі кола на величину  $\Delta f$ :

$$\Delta f = (1 - 0,955) * 100\% = 4,5\%.$$

Це величина, якою у розрахунках можна знехтувати.

Кожна грань ширшим кінцем опирається на передню частину каркаса з можливістю оберту навколо нього з допомогою петлі. Другий кінець грані накладається зверху на задній обод каркаса. Кожна грань притискається до каркаса конфузора окремою поворотною пружиною.

В середині каркаса розміщується шестикутний утримувач пружин, який кріпиться до непарних ребрів каркаса (1,3,5,7,9,11). До кожного ребра шестикутника кріпляться одним кінцем по дві зворотні пружини. Другі кінці пружин чіпляються за гачки, що вмонтовані в середній частині кожної грані (рис. 2). Пружини, що притягують грані 1,2,3,10,11,12 за характеристиками мають бути менш жорсткі ніж пружини з гранями 4,5,6,7,8,9.

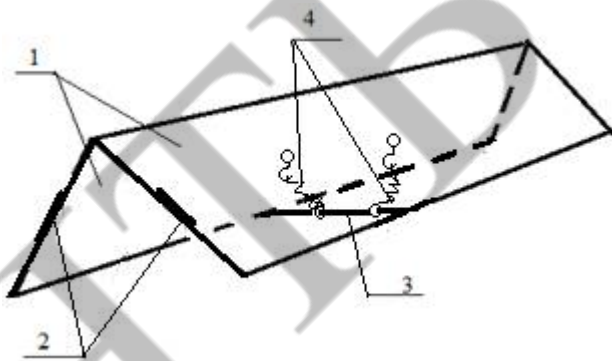


Рис. 2 – Кріплення пружин  
1 – грані конфузора; 2 – петлі граней;  
3 – ребро шестикутника; 4 – зворотні пружини.

При малих швидкостях повітряного потоку грані опираються на задній обод каркаса. При підвищенні швидкості повітряного потоку грані відхиляються від заднього обода каркаса, повертаючись навколо переднього обода. Вихідний отвір каркаса збільшується, а опір повітряному потоку зменшується, зберігаючи конфузор від руйнування. При зменшенні швидкості вітра грані до розрахункової величини під впливом пружин повертаються на свої місця.

Зростання потужності ВЕУ. Розрахунок впливу конфузора на потужність ВЕУ проведено для таких вихідних даних:

-  $D_{вх}$  – діаметр кола, що описує багатокутник (обод) на вході конфузора ( $D_{вх} = 6$  м);

-  $D_{вих}$  – діаметр кола, що описує багатокутник (обод) на виході конфузора ( $D_{вих} = 4 \text{ м}$ );

-  $L$  – відстань між вхідним і вихідним ободами конфузора ( $L = 3,5 \text{ м}$ );

-  $\alpha$  - кут між віссю конфузора та його ребром ( $\alpha = 30^\circ$ ).

Потужність повітряного потоку визначається так:

$$F = 0,5 * m * v^2,$$

де  $m$  – масова витрата повітря, кг/с;

$v$  – швидкість вітру перед конфузором, м/с.

Масова витрата визначається як:

$$m = \rho * f * v,$$

де  $\rho$  – густина повітря, кг/м<sup>3</sup>;

$f$  – площа перерізу вхідного обода конфузора, м<sup>2</sup>.

Приймаючи до уваги невелику різницю між площею перерізу вхідного обода конфузора як кола та дванадцятикутника в 4,5 %, використовуємо відомі формули для кола (рис.2а). Повітряний потік на вході конфузора має дві складові (рис. 3):

- основний потік потужністю  $F_{осн}$  з діаметром вихідного обода  $D_{вих}$  та площею:

$$f_{осн} = 0,25 * \pi * D_{вих}^2;$$

- додатковий потік  $F_{дод}$  з площею:

$$f_{дод} = f_{кон} - f_{осн}, \text{ де } f_{кон} = 0,25 * \pi * D_{вх}^2.$$

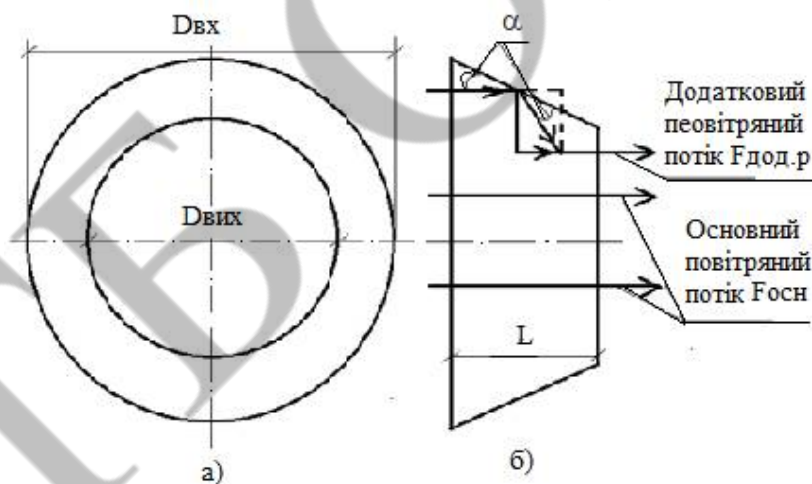


Рис. 3 – Схема повітряних потоків через  $D_{вх}$  і через  $D_{вих}$  конфузора  
а) вид з переду; б) вид з боку

Потужність повітряного потоку визначається так:

$$F = 0,5 * m * v^2,$$

де  $m$  – масова витрата повітря, кг/с;

$v$  – швидкість вітру перед конфузором, м/с.

Масова витрата визначається як:

$$m = \rho * f * v,$$

де  $\rho$  – густина повітря, кг/м<sup>3</sup>;

$f$  – площа перерізу вхідного обода конфузора, м<sup>2</sup>.

Приймаючи до уваги невелику різницю між площею перерізу вхідного обода конфузора як кола та дванадцятикутника в 4,5 %, використовуємо відомі формули для кола (рис.2а). Повітряний потік на вході конфузора має дві складові:

- основний потік потужністю  $F_{осн}$  з діаметром вихідного обода  $D_{вих}$  та площею:

$$f_{осн} = 0,25 * \pi * D_{вих}^2;$$

- додатковий потік  $F_{дод}$  з площею:

$$f_{дод} = f_{кон} - f_{осн}, \text{ де } f_{кон} = 0,25 * \pi * D_{вх}^2.$$

Вектор додаткового потоку трансформується через наявність похилої грані усіченого конуса. Грань має нахил у  $60^\circ$  від вхідного обода. Потік стикається з гранню під кутом  $\alpha = 30^\circ$  та відхиляється від грані також на  $30^\circ$ . Розкладаючи вектор додаткового потоку на дві складові маємо  $F_{дод.р}$  – додаткову реальну потужність вітру (рис. 2б).

Додаткова реальна потужність дорівнює:

$$F_{дод.р} = F_{дод} * \sin 30^\circ = 0,5 * F_{дод}.$$

Загальна потужність повітряного потоку перед конфузоров (  $F_{кон}$  ) дорівнює:

$$F_{кон} = F_{осн} + F_{дод.р} = 0,5 * m_{осн} * v^2 + 0,5 * m_{дод} * v^2 * 0,5,$$

де  $m_{осн} = \rho * f_{осн} * v$ , кг/с;

$$m_{дод} = \rho * f_{дод} * v, \text{ кг/с.}$$

Після перетворень і підстановки маємо:

$$F_{осн} = 3,14 * 1,25 * 27 * 16 / 8 = 219,95 \text{ Вт.}$$

$$F_{дод.р} = 3,14 * 1,25 * 27 * (36 - 16) * 0,5 / 8 = 132,47 \text{ Вт.}$$

$$F_{кон} = 219,95 + 132,47 = 352,42 \text{ Вт.}$$

Збільшення потужності повітряного потоку:

$$\Delta F = F_{дод.р} / F_{осн} = 132,47 / 219,95 * 100\% = 60\%.$$

**Висновки.** Конструкція рекомендованого конфузора представляє собою усічений конус з площею перерізу у формі дванадцятикутника замість традиційного кола.

Грані дванадцятикутника притягуються до вихідного обода конфузора дванадцятьма зворотними пружинами, нижні кінці яких утримуються ребрами внутрішнього шестикутника. Кінці ребер шестикутника зафіксовані з непарними ребрами дванадцятикутника.

Верхні кінці зворотних пружин кріпляться до граней дванадцятикутника.

Рекомендована конструкція конфузора є надійною при шквальних вітрах через використання окремих зворотних пружин для кожної грані.

Така конструкція конфузора збільшує потужність повітряного потоку ВЕУ на 60 %.

#### Список літератури

1. Патент України на корисну модель N112464. Мала вітроенергетична установка / Г.О. Оборський, Б.О. Моргун, Ю.Б. Моргун. – 2016. – Бюлетень № 24.

2. Метрологическое обеспечение испытаний конфузора с изменяемой парусностью / Ю.Б. Моргун, И.В. Прокопович, Г.О. Оборський и др. // 19-я Международная НПК «Качество, стандартизация, контроль: теория и практика». -9 – 13.09.2019. Одесса-Киев. – С. 90-92, Киев, АТМ України.
3. З.Синеглазов В.М., Зеленков О.А., Соченко П.С. / Відновлювальні джерела енергії // <https://studfile.net/preview/7220739/>.

УДК 621.313

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ШВИДКОСТІ ВІТРУ НА ПОТУЖНІСТЬ ВЕУ З КОНФУЗОРОМ

Оборський Г.О., Бундюк А.М., Моргун Б.О.

Національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса, Україна

**Вступ.** В сучасних економічних умовах багато уваги приділяється малій енергетиці, до якої відносять використання невичерпної енергії вітру [1]. Для ефективного використання цієї енергії вітроенергетичні установки (ВЕУ) комплектуються конфузорами. Відомо, що при низьких швидкостях вітру ВЕУ практично не генерують електроенергію. Недоліком існуючих конфузоров є статичність їх конструкцій, що при потужних та шквальних вітрах створює значний опір повітряному потоку і, як наслідок, руйнування конфузора [2].

**Постановка задачі.** Розглядаються результати досліджень потужності повітряного потоку після конфузора ВЕУ і електричної потужності при зміні швидкості вітру у діапазоні  $3 \div 12$  м/с з кроком у 3 м/с.

**Основний матеріал.** Для розрахунку вибрана конструкція конфузора, що наведена в роботі [2]. Там визначені основні елементи конфузора (рис. 1).

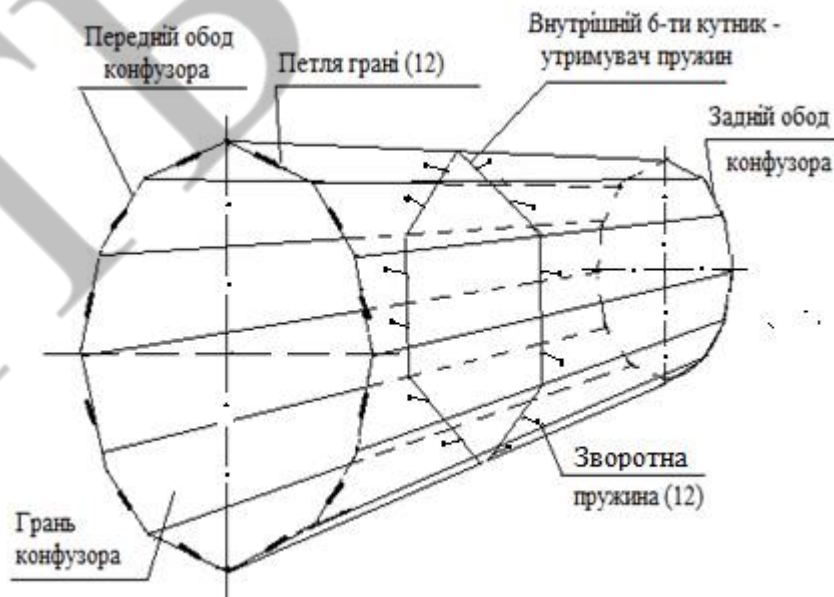


Рис.1 – Схема конфузора ВЕУ

Вихідні дані для розрахунків:

- діаметр вхідного обода конфузора,  $D_{\text{вх}} = 6$  м;
- діаметр вихідного обода конфузора,  $D_{\text{вих}} = 4$  м;
- кут нахилу бокової грані конфузора,  $\alpha = 30^\circ$ ;
- відстань між входом і виходом конфузора,  $L = 3,5$  м.

Потужність повітряного потоку ( $F$ ) визначена за методикою, наведеною в [3]:

$$F = 0,5 * m * v^2, \quad (1)$$

де  $m$  – масова витрата повітря, кг/с;

$v$  – швидкість вітру перед конфузором, м/с.

Масова витрата визначається як:

$$m = \rho * f * v,$$

де  $\rho$  – густина повітря, кг/м<sup>3</sup>;

$f$  – площа перерізу вхідного обода конфузора, м<sup>2</sup>.

Повітряний потік на вході конфузора має дві складові (рис 2):

- основний потік потужністю  $F_{\text{осн}}$  за формулою (1) з діаметром вихідного обода  $D_{\text{вих}}$  та площею:

$$f_{\text{осн}} = 0,25 * \pi * D_{\text{вих}}^2;$$

- додатковий потік  $F_{\text{дод}}$  за формулою (1) з площею:

$$f_{\text{дод}} = f_{\text{кон}} - f_{\text{осн}}, \quad \text{де } f_{\text{кон}} = 0,25 * \pi * D_{\text{вх}}^2.$$



Рис.2 – Складові повітряного потоку через конфузур

Додаткова реальна потужність після конфузора дорівнює:

$$F_{\text{дод,р}} = F_{\text{дод}} * \sin(30^\circ) = 0,5 * F_{\text{дод}}.$$

Загальна потужність повітряного потоку після конфузора ( $F_{\text{кон}}$ ) дорівнює:

$$F_{\text{кон}} = F_{\text{осн}} + F_{\text{дод,р}} = 0,5 * m_{\text{осн}} * v^2 + 0,5 * m_{\text{дод}} * v^2 * 0,5,$$

де  $m_{\text{осн}} = \rho * f_{\text{осн}} * v$ , кг/с;

$m_{\text{дод}} = \rho * f_{\text{дод}} * v$ , кг/с.

$$F_{\text{кон}} = 0,125 * \pi * \rho * D_{\text{вих}}^2 * v^3 + 0,0625 * \pi * \rho * (D_{\text{вх}}^2 - D_{\text{вих}}^2) * v^3$$

$$F_{\text{кон}} = 212 + 133 = 345 \text{ Вт}$$

Зростання потужності повітряного потоку при застосуванні конфузора:

$$\Delta F = F_{\text{кон}} / F_{\text{осн}} = 345 / 212 = 1,625.$$

Визначимо потужності повітряного потоку для швидкостей вітру  $v = 3, 6, 9, 12$  м/с при не змінних інших параметрах, а також зростання потужності потоку при різних швидкостях вітру. Результати розрахунків наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Зміна потужності повітряного потоку

F, Вт \ v, м/с	3	6	9	12
F <sub>осн</sub>	212,0	1696,0	5723,0	13564,0
F <sub>дод.р</sub>	133, 0	1060,0	3577,0	8478,0
F <sub>кон</sub>	345,0	2756,0	9300,0	22043,0
ΔF	1,625	1,625	1,625	1,625

Динаміка зростання потужності повітряного потоку представлена на рис. 3.



Рис. 3 – Залежність повітряного потоку від швидкості вітру

При визначених потужностях повітряного потоку для різних швидкостей вітру не важко розрахувати електричну потужність ВЕУ з наведеним конфузуром. Коефіцієнт пропорційності між величиною потужності повітряного потоку  $F_{кон}$  і електричною потужністю ВЕУ  $P_{веу}$  визначено в [3] як  $K_{проп}$ . Максимальна величина  $K_{проп} = 0,5$ .

$$P_{веу} = K_{проп} * F_{кон}$$

Висновки. Потужність повітряного потоку різко зростає з підвищенням швидкості вітру. Особливо це видно при зростанні швидкості вітру від 9 м/с до 12 м/с, але такі швидкості в Україні велика рідкість.

Зростання потужності повітряного потоку перед вітроколесом ВЕУ на всіх заданих швидкостях при наявності конфузурора є однаковим у 62,5 % на всьому діапазоні збільшення швидкостей вітру.

Зростання електричної потужності ВЕУ з конфузуром змінюється таким же чином, як і потужність повітряного потоку перед вітроколесом ВЕУ на всіх заданих швидкостях.

Література

1. Дзензерский, В.А. Ветроустановки малой мощности / В.А. Дзензерский, С.В. Тарасов, И.Ю. Костюков // – К.: Наук. думка, 2011. – 592 с.

2. Інноваційні енерготехнології – 2023: зб. пр. ІХ Міжнар. наук.-практ. конф., Одеса, 11–15 верес. 2023 р. / Одес. нац. акад. харч. технологій ; ред. кол.: О. Г. Бурдо, Н.В. Ружицька, міжнар. оргком.: Б. В. Єгоров (голова) та ін. – Одеса, 2023. – С. 45–49.
3. Кривцов, В.С. Неисчерпаемая энергия. Кн. 2. Ветроэнергетика: Учебник / В.С. Кривцов, А.М. Олейников, А.И. Яковлев // — Харків: НАУ “ХАІ”; Севастополь: Севаст.НТУ, 2004. – 519 с.

## ПЕРЕВАГИ ПОЄДНАННЯ РОБОТИ ТЕПЛОНОСІЯ І ТЕПЛОАКУМУЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ У АКУМУЛЯТОРІ ЄМНІСНОГО ТИПУ

**Демченко В.Г.,** к.т.н., с.н.с., **Коник А.В.,** к.т.н., с.н.с.  
*Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ*

Теплові акумулятори (ТА) – широко розповсюджене теплообмінне обладнання, що застосовується у різноманітних теплових системах та системах теплозабезпечення. У якості теплоносія і теплоаккумуляційного матеріалу (ТАМ), як правило, використовується вода, внаслідок своїх теплових властивостей, доступності, економічної доцільності та безпечності використання. Але, необхідно зазначити, що принципи застосування теплоносія і ТАМ різні. Так, теплоносій має забезпечувати швидкий теплообмін і вода є ідеальним теплоносієм, оскільки має найбільшу питому теплоємність серед відомих рідин, що забезпечує швидкий теплообмін [1,2]. ТАМ має забезпечувати теплообмін, акумуляцію теплоти і високу циклічність нагріву/охолодження [3]. Призначення даних речовин однакове – забезпечити теплообмін, але проведення процесу теплообміну різне. Одним з перспективних напрямків розвитку теплоаккумуляційних напрямків є матеріали з фазовим переходом (phase change material, PCM) [4]. Такі матеріали підбираються або створюються в залежності від температурного діапазону, в якому відбувається фазовий перехід PCM, він має співпадати з діапазоном теплового акумулявання, в якому працює тепловий акумулятор.

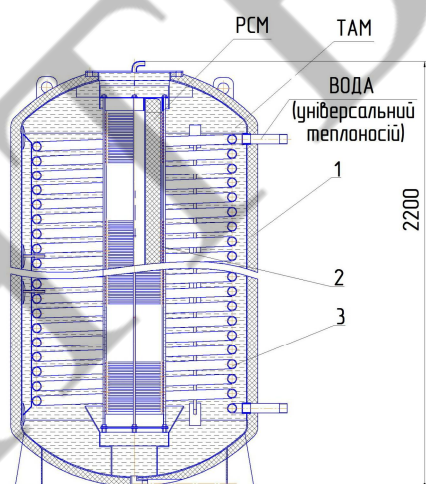


Рис. 1 – Акумулятор теплоти ємнісного типу

У одній конструкції теплового акумулятору може бути використано поєднання рідин, що забезпечує ефективну роботу теплового обладнання. Так, у тепловому акумуляторі ємнісного типу [5] поєднано роботу теплоносія і двох теплоаккумуляційних матеріалів, рисунок 1.

У тепловому акумуляторі ємнісного типу теплообмін здійснюється за допомогою трьох теплоносіїв різних за фізичними властивостями і принципами здійснення процесу теплообміну. Так, ємність 1 заповнена теплоаккумуляційним матеріалом на основі водорозчинних вуглеводів рослинного походження [6],

який нагрівається теплоносієм (водою), що циркулює у «зм'євику» 3. «Теплове ядро» 2 представляє собою коаксіальну трубу заповнену матеріалом з фазовим переходом церезином [7], встановлену по центру ємності 1. Теплообмін і акумуляція здійснюються за рахунок нагріву/охолодження водою ТАМ, що заповнює весь об'єм ємності і приводить до зміни фази церезину, що розташований у «тепловому ядрі». Церезин при зарядці/нагріві ТА нагрівається і переходить у рідкий стан, поглинаючи теплову енергію. При розряді/охолодженні ТА відбувається зворотній процес – церезин охолоджується, нагріваючи ТАМ, і переходить у твердий стан. Це подовжує час акумуляції і підвищує ефективність роботи ТА, оскільки наявність «теплого ядра» дозволяє подолати теплову стратифікацію, що виникає по висоті ємності ТА.

В лабораторії процесів та технологій теплозабезпечення ІТТФ НАН України проводяться дослідження спрямовані на створення ТАМ на основі водорозчинних вуглеводнів рослинного походження та дослідження їх теплових характеристик з метою використання у ємнісних ТА. В результаті теоретичного пошуку і експериментальних досліджень за основу обрано воду, антифриз і комплекс водорозчинних вуглеводів рослинного походження (гуарова і ксантанова камеді, карбоксилметилцелюлоза). Подано заявку а 2021 07588 від 24.12.2021 на винахід «Акумуляційна рідина для систем опалення та охолодження». В результаті експериментальних досліджень у якості РСМ було обрано церезин, який у визначеному діапазоні температур має точки фазового переходу та забезпечує високу степінь циклічності нагріву/охолодження при змінах в масі у 1...2 %.

### Список літератури

1. Аномальні термічні властивості води. Режим доступу:
2. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Аномальні\\_термічні-властивості\\_води#](https://uk.wikipedia.org/wiki/Аномальні_термічні-властивості_води#)
3. Фізичні властивості води. Режим доступу:
4. [https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fbteg/kulinchenko\\_teploper/d2.htm](https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fbteg/kulinchenko_teploper/d2.htm)
5. Atinafu D G, Dong W, Berardi U, Kim S. 2020 Phase change materials stabilized by porous metal supramolecular gels: gelation effect on loading capacity and thermal performance, Chemical Engineering Journal, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.124806>
6. Phase Change Materials (Phasenwechselmaterial) 2018. Gütesicherung. Quality Assurance RAL-GZ 896. DEUTSCHES INSTITUT FÜR GÜTESICHERUNG UND KENNZEICHNUNG E.V.
7. Акумулятор ємнісного типу. Патент на винахід № 126579, 02.11.2022, МПК: F24H7/02, F24D15/02/ Демченко В.Г., Коник А.В.
8. Demchenko V.G., Konyk A.V. Research of heat accumulation capacity binary water systems / <http://www.iosrjournals.org/iosr-jac.html> <https://doi.org/10.9790/5736-1306010107>
9. 7.Коник А.В., Демченко В.В. Дослідження властивостей низькотемпературного теплоакumuлюючого матеріалу з фазовим переходом // Збірник тез доповідей ХІХ міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" 25-26 листопада, Київ 2020, с. 31-34.

УДК 532.517: 532.528

## АНАЛІЗ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПОТОКУ В КАВІТАЦІЙНИХ ЗМІШУВАЧАХ З ВИКОРИСТАННЯМ РІЗНИХ ТИПІВ НАСОСІВ

Авдєєва Л.Ю., д.т.н., стар. наук. співр., Макаренко А.А., к.т.н.  
Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ

Останнім часом, все частіше для інтенсифікації гідромеханічних процесів у складних гетерогенних дисперсних системах дослідники пропонують застосування кавітаційних ефектів. Кавітаційні явища супроводжуються швидким переходом енергії з однієї форми в іншу, що сприяє виникненню складного багаторівневого впливу на складні гетерогенні дисперсні системи і дозволяє їх застосовувати для інтенсифікації багатьох гідромеханічних процесів. Насоси різних типів є необхідним обладнанням для роботи будь-якого гідродинамічного кавітаційного апарату. Через те, що їх робота відбувається при високих тисках і швидкостях потоку, виникнення ефектів явища кавітації може призвести до негативних наслідків [1-3].

**Метою роботи** було дослідження деяких показників гідродинаміки потоку в проточних статичних кавітаційних змішувачах із застосуванням динамічного відцентрового або об'ємного шестеренного насосів для прогнозування їх поведінки під час проектування і експлуатації.

Для проведення досліджень був створений експериментальний стенд, який дозволяє вимірювати і регулювати гідродинамічні умови обробки складних гетерогенних систем. Стенд складається з пульту управління, змінних насосів із запірною арматурою, змінних кавітаційних реакторів типу сопла Вентурі з діаметрами горловини сопла від 0,004м до 0,016 м, манометрів, витратоміра, термометра з виносним датчиком і циліндричної приймальної ємності [2].

Для проведення досліджень в лінію горизонтально вбудовувались насоси - гідродинамічний відцентровий або об'ємний шестеренний з зовнішнім евольвентним зачепленням однакової потужності. Було також запропоновано варіант компонування кавітаційного змішувача із двома однотипними відцентровими насосами змонтованими паралельно.

Гідравлічний рух рідини характеризується витратами і швидкістю потоку, які не завжди відповідають заявленим паспортним даним через різні умови експлуатації або виникнення таких явищ, як кавітація. Отримані результати дослідження залежності витрат розчину від діаметру сопла для різних типів насосів показали, що для відцентрового насосу зі збільшенням діаметра горловини сопла і зменшенням площі місцевого опору потоку у трубі, витрати розчину збільшуються. Спостерігається майже лінійна залежність між збільшенням діаметру горловини сопла і витратами розчину. Найбільші значення витрат спостерігаються при відсутності місцевого опору у вигляді кавітаційного реактора. При паралельній роботі двох відцентрових насосів відмічається збільшення значень витрат рідини, але сумарна подача двох паралельно

з'єднаних насосів не дорівнює сумарній подачі цих насосів, а у всіх випадках є меншою при їх окремій роботі, що підтверджується даними літератури [4, 5]. Для об'ємного шестеренного насосу витрати розчину залишаються постійними в усіх випадках.

Серед показників, які впливають на інтенсивність виникнення кавітаційних ефектів в потоці є швидкість руху потоку. Для напірних потоків в трубах швидкість рідини впливає на характер руху потоку і визначається числом Рейнольдса ( $Re$ ). Результати експериментального визначення і розрахунку числа  $Re$  для відцентрового і шестеренного насосів без використання гідродинамічних кавітаційних реакторів свідчать про значне збільшення числа  $Re$  для динамічного відцентрового насосу, порівняно до шестеренного. Так, для динамічного відцентрового насосу число  $Re$  збільшується майже на 70%, а для системи з двох таких насосів – в 6,6 рази. Високі швидкості течії в динамічних відцентрових насосах потенційно (при наявності інших умов) можуть призводити до виникнення в закритих зонах кавітаційних ефектів і порушення роботи.

Результати досліджень зміни значень числа  $Re$  в кавітаційних змішувачах з використанням місцевого опору у вигляді кавітаційних реакторів з різним діаметром горловини сопла і різних типів насосів показали високі швидкості течії потоку для обох конструкцій кавітаційних змішувачів, але в різній мірі. Вже після першого циклу оброблення рідини в кавітаційному змішувачі з соплом із діаметром горловини 0,006 м із системою динамічних відцентрових насосів значення числа  $Re$  дорівнює  $2,6 \cdot 10^5$ , що є характерним для розвиненого турбулентного руху. В результаті оброблення рідини в кавітаційному змішувачі із шестеренним насосом швидкість течії потоку зростає не настільки інтенсивно, значення числа  $Re$  зростають з  $2,08 \cdot 10^5$  до  $2,3 \cdot 10^5$  після 20 циклів, коли рух потоку у змішувачі з початкової стадії досягає значень стадії розвиненої турбулізації потоку.

Аналіз результатів дослідження числа  $Re$  дозволяє стверджувати, що ефективність використання відцентрових насосів, як окремо, так і в системі, є вищою для отримання високих значень швидкості течії потоку і виникнення явища гідродинамічної кавітації для інтенсифікації масообмінних процесів, порівняно до шестеренного насосу. Проте, для забезпечення стабільної роботи цих насосів у комплектації кавітаційного змішувача необхідно контролювати параметри проведення процесу і обмежити тривалість обробки для того, щоб не вийти за межі нормованих критичних показників.

Для дослідження характеристики явища кавітації, яке виникає при проходженні потоку рідини через кавітаційну систему використовувались значення числа кавітації, що є мірою просторової густини енергії. Результати дослідження залежності кавітаційного числа від діаметру горловини сопла для кавітаційних змішувачів з насосами різних типів свідчать про те, зі збільшенням розміру прохідного діаметру кавітаційного реактора, тиск перед соплом зменшується, а кавітаційне число відповідно збільшується для обох комплектацій насосів в кавітаційних змішувачах. В проведених експериментах найменші значення чисел кавітації спостерігаються при діаметрі горловини сопла 0,004 м: для системи відцентрових насосів – 0,18 і для шестеренного – 0,4. Це свідчить про високий

ступінь розвитку ефектів гідродинамічної кавітації, маленький діаметр утворених кавітаційних бульбашок і можливість отримання високої дисперсності утвореної системи за рахунок дії кумулятивних мікроструменів. Проте, внаслідок виникнення двофазного потоку рідини, який утворюється при гідродинамічної кавітації, така комплектація змішувача характеризується низькими витратами розчину, значною тривалістю і енерговитратами процес обробки. При високих швидкостях течії, які для дослідних кавітаційних змішувачів характерні для діаметрів горловини сопла 0,012 і більше тривалість кавітаційного впливу може бути недостатньою для утворення бульбашок і отримання необхідного рівня інтенсивності обробки. Для зменшення негативних ефектів і збільшення позитивного впливу виникнення явища гідродинамічної кавітації необхідно провести вибір раціональних умов проведення процесу і враховувати комплекс гідродинамічних показників.

**Висновки.** Дослідження показали більш високу ефективність використання відцентрових насосів, як окремо, так і в системі, порівняно до шестеренного насосу. Відцентрові насоси дозволяють отримати більш високі значення витрат, швидкості течії потоку і розвинення явища гідродинамічної кавітації, що є позитивним для інтенсифікації технологічних процесів. Проте, для забезпечення надійної роботи цих насосів у комплектації кавітаційного змішувача необхідно контролювати параметри проведення процесу і обмежити тривалість обробки, щоб не вийти за межі нормованих критичних показників.

Аналіз результатів показав, що розрахунок числа кавітації є недостатньою характеристикою для прогнозування виникнення та розвитку кавітації в потоці рідини кавітаційних змішувачів різної комплектації. Для зменшення негативних ефектів і збільшення позитивного впливу виникнення явища гідродинамічної кавітації необхідно враховувати комплекс гідродинамічних показників, пов'язаних із особливостями конструкції обладнання і властивостей рідини.

#### Список літератури

1. Asaithambi, N, Singha, P, Dwivedi, M, Singh, SK. Hydrodynamic cavitation and its application in food and beverage industry: A review. J Food Process Eng. 2019; 42:e13144. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13144>
2. Долінський А.А., Авдєєва Л.Ю., Макаренко А.А. Кавітаційні технології для виробництва нанопрепаратів. Київ: Наук. Думка. 2020. 112 с.
3. Іваницький Г.К., Степанюк А.Р. Процеси та обладнання глибокої переробки органічної сировини: конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 292 с.
4. Ferrari A. Fluid dynamics of acoustic and hydrodynamic cavitation in hydraulic power systems Proc. R. Soc. 2017, A.473: 20160345 <https://doi.org/10.1098/rspa.2016.0345>
5. Rakibuzzaman, M., Kim, K. & Suh, SH. Numerical and experimental investigation of cavitation flows in a multistage centrifugal pump. J Mech Sci Technol 2018, 32, 1071–1078 <https://doi.org/10.1007/s12206-018-0209-6>

## ТЕРМІЧНИЙ АНАЛІЗ RDF ПАЛИВА З ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

**Корінчевська Т.В.**, к.т.н., **Михайлик В.А.**, к.т.н., с.н.с.,  
**Снежкін Ю.Ф.**, д.т.н., професор  
*Інститут технічної теплофізики НАН України, м Київ*

Щорічно в Україні накопичуються тверді побутові відходи (ТПВ) у розмірі 10–15 млн тон, з яких лише 5–7 % відправляється на переробку та спалювання, а все інше направляється на полігони та звалища. Нормативні документи України [1] передбачають перехід від видалення відходів на полігони до системи комплексного поводження з ТПВ, зокрема виробництво палива з твердих побутових відходів (RDF).

Обсяг та характеристики ТПВ мають змінний характер і залежать від пори року, місця утворення тощо. Середньорічний морфологічний склад, характерний для великих міст України, включає 30–45% харчових відходів, 5–15% паперу та картону, 8–17% полімерних матеріалів, 9–14% скла, 0.5–2.5% металів, 2–5% текстилю, 0.5–1.5% гумових та шкіряних виробів, 0.3–3.5% дрібних будівельних відходів, 0–6% листя та вуличного зміту, 2.3–3.5% гігієнічних засобів, 0.4–1% комбінованих відходів, 0.1–0.5% небезпечних відходів, 2–22% інших матеріалів [2]. Якщо виділити горючі складові, які можуть бути використані для виготовлення RDF палива, то отримаємо наступний склад матеріалів — 26.2–55.5% полімерних матеріалів, 32.7–49.1% паперу та картону, 6.5–16.4% текстилю, 0.3–6.5% деревини та 1.6–4.9% шкіри та гуми.

Вивчення термічних характеристик RDF, зокрема дослідження фізико-хімічних властивостей, кінетики термічного розкладання компонентів та генерування теплоти, сприяє якісному використанню палива. Викиди парникових газів дещо обмежують використання RDF. Тому RDF паливо часто спалюють разом з біомасою, яка є вуглецево нейтральною.

В результаті роботи були досліджені горючі ТПВ, а саме картон, тканина, поліетилен, шкіра та деревина. Також запропоновано та досліджено RDF паливо, що містить у своєму складі 29 % картону, 13 % тканини, 4 % шкіри, 31 % поліетилену та 23 % деревини.

Термічний аналіз подрібнених зразків проводили в дериватографі «Q–1000» при нагріванні з постійною швидкістю від температури оточуючого середовища до 1000 °С. Результати термічного аналізу зразків наведені в табл. 1. Визначено температурні інтервали зневоднення, термічного розкладання органічних і мінеральних речовин, вологість і зольність зразків.

Термічне розкладання зразків проходить в декілька етапів (табл. 1), які супроводжуються тепловими ефектами. У всіх зразків, окрім поліетилену, наявний етап видалення води. Оскільки зразки мають досить низьку вологість — 5,17–10,08 %, то видалення води супроводжувалось невеликими ендотермічними ефектами в інтервалі від температури навколишнього середовища до температури повного зневоднення (табл. 1).

## Результати термічного аналізу розкладання зразків

Матеріал	Видалення води		Термічне розкладання						Зола, % СМ
			органічних речовин				мінеральних речовин		
	інтервал, °С	вологість, %	1 стадія		2 стадія		інтервал, °С	вміст, % СМ	
			інтервал, °С	вміст, % СМ	інтервал, °С	вміст, % СМ			
Картон	20–169	6.0	169–344	58.56	344–493	29.08	493–1000	4.89	7.47
Текстильна тканина	20–178	7.96	178–338	47.26	338–542	49.79	542–1000	1.90	1.05
Натуральна шкіра	20–156	10.08	156–367	41.42	367–595	53.90	595–1000	1.42	3.26
Поліетиленова плівка	–	0	211–402	20.36	402–516	75.50	516–1000	2.16	1.98
Деревина сосни	20–171	6.94	171–346	58.64	346–525	39.83	525–1000	0.68	0.85
RDF паливо	20–165	5.17	165–357	41.47	357–534	51.32	534–1000	3.69	3.52

Примітки: СМ – сухий матеріал

Показано, що термічне розкладання органічних речовин в компонентах та RDF паливі відбувається в дві стадії, що відрізняються температурними інтервалами та вмістом органічних речовин. Подальше зростання температури викликає розкладання мінеральних речовин. Для зразків картону, поліетилену та RDF процес супроводжується ендотермічним ефектом в інтервалі температур, що співпадає з інтервалом температур термічної дисоціації карбонату кальцію (крейда). Найвища зольність спостерігається у зразка картону.

Швидкість розкладання органічних речовин визначалась окремо на кожній стадії та загалом. На першій стадії швидкість має вищі значення для картону, тканини та деревини (2.80, 2.33 та 2.75% СМ/хв. відповідно). А для шкіри та поліетилену швидкість розкладання зростає на 2 стадії (1.67 та 4.42% СМ/хв. відповідно). Було встановлено, що наявність поліетилену в складі RDF палива покращує його кінетику розкладання.

Визначено умовні теплові ефекти термічного розкладання органічних речовин RDF палива і його компонентів. Встановлено, що найбільше значення має шкіра (623 мВ·с·мг<sup>-1</sup> СМ), а найменше – картон (395 мВ·с·мг<sup>-1</sup> СМ). Умовний тепловий ефект розкладання RDF палива становить 434 мВ·с·мг<sup>-1</sup> СМ, що є близьким по значенню для деревини (488 мВ·с·мг<sup>-1</sup> СМ). Це свідчить про задовільні теплотехнічні показники даного RDF палива.

### Список літератури

1. Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року : Розпорядж. Каб. Міністрів України від 08.11.2017 р. № 820-р : станом на 17 верес. 2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-p#Text> (дата звернення: 15.05.2023).
2. Перспективи використання палива з твердих побутових відходів на ТЕЦ цукрових заводів / О. Буляндра та ін. *Наукові праці НУХТ*. 2018. Т. 26, № 3. С. 138–146. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npnukht\\_2020\\_26\\_3\\_16](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npnukht_2020_26_3_16). (дата звернення: 10.05.2023).

## ПРОЦЕСИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АДСОРБЦІЙНОГО ТЕПЛООВОГО НАСОСУ НА ОСНОВІ КОМПОЗИТУ «СИЛІКАГЕЛЬ – НАТРІЙ СУЛЬФАТ»

**Беляновська О.А.**, канд. техн. наук, доцент,  
**Сухий К.М.**, д-р техн. наук, професор, **Сергієнко Я.О.**, аспірант,  
**Сухий М.К.**, студент, **Суша І.В.**, канд. техн. наук, доцент  
*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,  
м. Дніпро*

Вичерпання запасів первинного палива та зростання цін на енергоносії вимагає використання всіх наявних енергоресурсів. Перспективним варіантом є адсорбційні теплові насоси, які не споживають велику кількість електричної енергії при експлуатації.

Представлена робота присвячена аналізу процесів експлуатації адсорбційного теплового насоса на основі композиту «силікагель – натрій сульфат».

Досліджено процеси експлуатації адсорбційного теплового насоса на основі композиту «силікагель – натрій сульфат». Проаналізовано ключеві фактори, які впливають на його ефективність. Порівняно експлуатаційні параметри і критерії ефективності адсорбційних теплоаккумуляторів і адсорбційних теплових насосів. Запропоновано алгоритм для визначення основних параметрів режиму експлуатації адсорбційного теплового насоса в системах тепlopостачання. Він передбачає розрахунок коефіцієнту масопередачі, кінцевої абсолютної вологості повітряного потоку, що проходить через шар адсорбенту, адсорбцію води, корисну теплоту адсорбції та теплоту конденсації, а також теплових витрат для роботи пристрою, які включають нагрівання адсорбенту, адсорбенту, гідравлічного контуру, води в резервуарі та адсорбовану воду, а також теплоту десорбції. Порівняно критерії оцінки ефективності теплоаккумуляторів і адсорбційних теплових насосів. Показано, що адсорбційний тепловий насос і адсорбційний акумулятор теплової енергії на основі композитних адсорбентів «силікагель – натрій сульфат» мають однакові робочі параметри, тобто витрати повітря  $0,08 - 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$  і початкова абсолютна вологість повітряного потоку  $0,03 - 0,04 \text{ кг}/\text{м}^3$ . Ці параметри відповідають максимальному коефіцієнту перетворення енергії пристрою. Рекомендується встановити температуру потоку вологого повітря, спрямованого на шар адсорбенту, на  $20 - 40^\circ\text{C}$ .

Показано, що ультразвукове зволоження повітря, порівняно з паровим зволоженням, дозволяє збільшити коефіцієнт перетворення енергії майже в два рази. Результати можна використати при проектуванні енергоефективних систем опалення житлових приміщень.

Результати, які представлені в тезах доповіді, отримані в рамках держбюджетної науково-дослідної роботи № 0119U002243 Міністерства освіти і науки України.

УДК 658.5.011.16

**ПРО ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЗНОШЕНИХ  
ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ  
ЇХ ЧАСТКОВИМ ОНОВЛЕННЯМ  
ABOUT THE WORN-OUT TECHNICAL OBJECTS'  
ENERGY EFFICIENCY INCREASING  
BY ITS PARTIAL RENEWAL**

**Воїнов О. П.**, доктор технічних наук, професор<sup>1</sup>,

**Воїнова С. О.**, кандидат технічних наук, доцент<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса,

<sup>2</sup>Одеський національний технологічний університет, м. Одеса

**Voinov O. P.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor<sup>1</sup>,

**Voinova S. O.**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa,

<sup>2</sup>Odessa National University of Technology, Odessa

**Анотація.** У статті зазначено, що в ході розвитку світового виробництва діючі технічні об'єкти зазнають фізичного зносу, який знижує рівень їх технологічної ефективності та енергоефективності аж до завершення витрачання ними розрахункового ресурсу працездатності. Показано, що зношені технічні об'єкти підлягають оновленню. При цьому розкрито причини, через які повне оновлення у нинішніх умовах здійснити неможливо. Запропоновано альтернативний повному оновленню, простий, доступний, що вимагає гранично низьких ресурсів, шлях підвищення технологічної ефективності та енергоефективності зношеного обладнання використанням часткового оновлення. Розглянуто та проаналізовано перелік заходів щодо здійснення часткового оновлення зношених технічних об'єктів на сучасному виробництві. Зроблено акцент на тому, що отримуваний корисний ефект підвищення рівня технологічної ефективності та енергоефективності оновленого технічного об'єкта перевищить витрати на оновлення тим значніше, чим більший технічний об'єкт був зношений і чим нижчим був рівень його технічного обслуговування до проведення оновлення. Зазначено, що часткове оновлення технічного об'єкта супроводжується позитивним результатом за будь-якої стадії витрачання ним ресурсу працездатності. Зроблено висновок про те, що часткове оновлення є формальним аналогом операцій технічного обслуговування зношеного технічного об'єкта, але поставленого істотно більш поглиблено і широко.

**Abstract.** The article it notes that in the course of the development of world production, existing technical objects undergo physical wear and tear, which reduces the level of their technological efficiency and energy efficiency until the end of the estimated resource of working capacity. It is shown that worn-out technical objects are subject to renewal. At the same time, the reasons why it is impossible to carry out a complete renewal in the current conditions are revealed. As alternative to full renewal it is proposed a simple, affordable, requiring extremely low resource

*investment, a way to improve the technological efficiency and energy efficiency of worn-out equipment using partial renewal. A list of measures for the implementation of a partial renovation of worn-out technical facilities in modern production has been considered and analyzed. Emphasis is placed on the fact that the resulting beneficial effect of increasing the level of technological efficiency and energy efficiency of the renovated technical facility will exceed the cost of renewal, the more significant the more the technical facility was worn out and the lower was the level of its maintenance before the renovation. It is noted that a partial renewal of a technical object is accompanied by a positive result at any stage of spending its working capacity resource. It is concluded that a partial renewal is a formal analogue of the maintenance operations of a worn-out technical object, but delivered much more deeply and widely.*

**Ключові слова:** енергоефективність, зношений технічний об'єкт, повне оновлення, часткове оновлення.

**Key words:** energy efficiency, worn-out technical object, full renewal, partial renewal.

**Постановка проблеми.** Світове виробництво активно розвивається. Діючі технічні об'єкти (ТО) зазнають фізичного зносу, який знижує рівень їхньої технологічної ефективності (ТЕ) та енергоефективності (ЕЕ) аж до завершення витрачання ТО свого розрахункового ресурсу працездатності. Такий ТО слід замінити новим, тобто його оновити [1, 2].

Однак, вилучення з виробничого процесу зношеного ТО, встановлення нового, введення його в дію (повне оновлення) є складним і тривалим процесом, який вимагає великих капіталовкладень і оперативного вирішення безлічі організаційно-технічних питань. І не завжди можна знайти новий ТО, здатний замінити зношений без серйозних доробок. Тому в нинішніх умовах ТО, що відслужив свій ресурс, залишають у роботі. У цих складних умовах необхідно шукати доступні можливості раціонального використання зношеного обладнання, підвищення його ТЕ та ЕЕ.

Представляє інтерес можливість використання часткового оновлення зношених ТО з метою підвищення рівня їх ТЕ та ЕЕ простими та доступними засобами.

**Метою статті** є аналіз доцільного у нинішніх умовах шляху вирішення проблеми підвищення ефективності зношеного обладнання його частковим оновленням.

Коли ресурс діючого ТО закінчується, його слід піддати частковому оновленню [3]. Для цього необхідно виконати таке:

- ретельно обстежити ТО, всі його елементи та системи;
- ввести ТО в роботу при навантаженні, близькому до номінального, визначити основні показники його роботи; проаналізувати їх;
- частково оновити ТО, тобто виділити найбільш зношені елементи ТО; привести їх у доступний позитивний стан, раціоналізувати режим роботи;
- ввести частково оновлений ТО в дію при навантаженні, близькому до номінального, визначити основні показники його роботи;

- зіставити та проаналізувати основні показники роботи ТО до та після проведення часткового оновлення; оцінити рівень ТЕ та ЕЕ проведеного часткового оновлення;

- на основі отриманих даних, внести корективи до режиму експлуатації оновленого ТО.

Подібна робота може бути виконана малими ресурсовкладеннями практично за рахунок внутрішніх виробничих ресурсів, можливостей працівників цеху, ділянки. Отримуваний корисний ефект підвищення рівня ТЕ та ЕЕ оновленого ТО перевищить витрати на оновлення тим значніше, чим більше ТО був зношений і чим нижчим був рівень його технічного обслуговування до проведення оновлення. Часткове оновлення ТО супроводжується позитивним результатом за будь-якої стадії витрачання ним ресурсу [3, 4].

Часткове оновлення є формальним аналогом операцій технічного обслуговування зношеного ТО, але поставленого істотно більш поглиблено і широко.

### **Висновки.**

1. Фізичний знос технічних об'єктів знижує рівень їх технологічної ефективності та енергоефективності.

2. Повне оновлення зношених технічних об'єктів у нинішніх умовах є недоступним.

3. З метою підвищення ефективності роботи зношеного обладнання доцільно застосовувати його часткове оновлення.

4. Часткове оновлення є простим і доступним засобом експлуатації зношеного обладнання, що вимагає гранично низьких ресурсовкладань.

5. Отримуваний корисний ефект підвищення рівня ефективності оновленого обладнання перевищить витрати на оновлення тим значніше, чим більше обладнання було зношене і чим нижчим був рівень його технічного обслуговування до проведення оновлення.

6. Часткове оновлення технічного об'єкта супроводжується позитивним результатом за будь-якої стадії витрачання ним ресурсу.

### **Список літератури**

1. Voinova S.A. The technical objects' efficiency control by their renewal / Автоматизація технологічних і бізнес-процесів, 2020. Т. 12. Вип. 3. – С. 28 – 33.
2. Воинова С.А. Управление обновлением – инструмент повышения уровня эффективности функционирования действующих технических объектов / Энергетика та електрифікація, 2018. № 12. – С. 42 – 44.
3. Voinova S. A. Increasing of ecological efficiency of worn equipment by partial updates. Analytical and control aspect / Автоматизація технологічних і бізнес-процесів, 2017. Т. 9. Вип. 4. – С. 18 – 21.

## ЗМІСТ

### Секція 1

#### ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ ХІМІЧНИХ ТА ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

<b>Турчина Т.Я., Малецька К.Д., Авдєєва Л.Ю., Макаренко А.А. ВПЛИВ ЗОВНІШНІХ ТА ВНУТРІШНІХ ЧИННИКІВ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ МАСОПЕРЕНОСУ В КОЛОЇДНИХ І ГЕТЕРОГЕННИХ СИСТЕМАХ ПІД ЧАС ЇХ СУШІННЯ.....</b>	<b>5</b>
<b>Атаманюк В. М., Кузьмінчук Т.А. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ ТЕПЛООВОГО АГЕНТУ НА КІНЕТИКУ ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ СІРНИКОВОЇ СОЛОМКИ.....</b>	<b>8</b>
<b>Кузик О. О., Атаманюк В. М., Гумницький Я. М. ДОСЛІДЖЕННЯ МАСООБМІНУ РОЗЧИНЕННЯ ГРАНУЛЬОВАНОЇ БОРНОЇ КИСЛОТИ ПІД ЧАС МЕХАНІЧНОГО ПЕРЕМІШУВАННЯ.....</b>	<b>10</b>
<b>Гораль Л. Т., Шийко В. І., Чернова О. Т., Шкварилук М. В. ТЕНДЕНЦІЙНІ ЗМІНИ СТРУКТУРИ СТЕЙКХОЛДЕРІВ ГАЗОПОСТАЧАЛЬНОЇ ГАЛУЗІ.....</b>	<b>13</b>
<b>Перезовова І.В., Олійник А., Даляк Н.А., Орлова О.І., Науменко В.О. ЦИФРОВІЗАЦІЯ ЯК ТРЕНД У СИСТЕМІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ.....</b>	<b>16</b>
<b>Чорний В.В., Мисюра Т.Г., Попова Н.В., Зав'ялов В.Л. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОПЕРЕДНЬОГО ПЛАВЛЕННЯ БУРШТИНУ НА ПРОЦЕС ЕКСТРАГУВАННЯ.....</b>	<b>18</b>
<b>Milinchuk K., Andersson M., Zimmermann N. TOWARDS ENERGY EFFICIENT EXPERIMENTS TO QUANTIFY ANTIBIOTIC EFFECT.....</b>	<b>21</b>

### Секція 2

#### МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕНОСУ. ОПТИМІЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ ТА СИСТЕМ

<b>Іваницький Г.К., Радченко Н.Л., Целень Б.Я., Недбайло А.Є. ОСОБЛИВОСТІ ЖИРОВОГО СКЛАДУ ЕКСТРУДОВАНИХ КОРМОВИХ СУМІШЕЙ ПРИ ЇХ ЗБЕРІГАННІ.....</b>	<b>25</b>
<b>Снежкін Ю.Ф., Гусарова О.В. ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ КОНВЕКТИВНЕ ЗНЕВОДНЕННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ СЕЛЕРИ КОРЕНЕВОЇ.....</b>	<b>27</b>
<b>Авдєєва Л.Ю., Декуша Г.В., Макаренко А.А., Козак М.М. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ДВОСТАДІЙНОГО ГІДРОЛІЗУ БІЛКІВ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ У ТЕХНОЛОГІЇ ДИТЯЧОГО ХАРЧУВАННЯ.....</b>	<b>29</b>
<b>Грищенко Р.О. РОЗРОБКА ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА БАЛЬЗАМІЧНОГО ОЦТУ.....</b>	<b>31</b>

<b>Кравченко О.Ю., Молчанов М.Ю., Мілінчук К.С., Терзієв С.Г. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЗНЕВОДНЕННЯ РЕОЛОГІЧНОЇ СИРОВИНИ В ІЧ ПОЛІ.....</b>	<b>33</b>
--	-----------

### **Секція 3**

#### **ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ, ХІМІЧНИХ ТА ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ВИРОБНИЦТВ**

<b>Гуліваті В.Г. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ УТИЛІЗАЦІЇ МАКУХИ СОНЯШНИКА.....</b>	<b>36</b>
<b>Молчанов М. Ю. ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ГІБРИДНИХ МЕХАНО-ДИФУЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ.....</b>	<b>37</b>
<b>Коцур І.О. ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЗНЕВОДНЕННЯ ЗЕРНОВИХ ПРОДУКТІВ.....</b>	<b>40</b>
<b>Аль-Хамад І.М. РОСЛИННІ ЕКСТРАКТИ ЯК СКЛАДОВА ЗДОРОВОГО ХАРЧУВАННЯ .....</b>	<b>42</b>

### **Секція 4**

#### **ІННОВАТИКА РЕСУРСО–ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

<b>Оборський Г.О., Бундюк А.М., Моргун Б.О. КОНФУЗОР ВЕУ З АДАПТИВНИМ КЕРУВАННЯМ ВІТРИЛНІСТЮ.....</b>	<b>45</b>
<b>Оборський Г.О., Бундюк А.М., Моргун Б.О. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ШВИДКОСТІ ВІТРУ НА ПОТУЖНІСТЬ ВЕУ З КОНФУЗОРОМ.....</b>	<b>49</b>
<b>Демченко В.Г., Коник А.В. ПЕРЕВАГИ ПОЄДНАННЯ РОБОТИ ТЕПЛОНОСІЯ І ТЕПЛОАКУМУЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ У АКУМУЛЯТОРІ ЄМНІСНОГО ТИПУ .....</b>	<b>52</b>
<b>Авдєєва Л.Ю., Макаренко А.А. АНАЛІЗ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПОТОКУ В КАВІТАЦІЙНИХ ЗМІШУВАЧАХ З ВИКОРИСТАННЯМ РІЗНИХ ТИПІВ НАСОСІВ.....</b>	<b>54</b>
<b>Корінчевська Т.В., Михайлик В.А., Снежкін Ю.Ф. ТЕРМІЧНИЙ АНАЛІЗ RDF ПАЛИВА З ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ.....</b>	<b>57</b>
<b>Беляновська О.А., Сухий К.М., Сергієнко Я.О., Сухий М.К., Суха І.В. ПРОЦЕСИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АДСОРБЦІЙНОГО ТЕПЛООВОГО НАСОСУ НА ОСНОВІ КОМПОЗИТУ «СИЛКАГЕЛЬ – НАТРІЙ СУЛЬФАТ».....</b>	<b>59</b>
<b>Воїнов О. П., Воїнова С. О., ПРО ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЗНОШЕНИХ ТЕХНІЧНИХ ОБ’ЄКТІВ ЇХ ЧАСТКОВИМ ОНОВЛЕННЯМ.....</b>	<b>60</b>