

**ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**



XIX МІЖНАРОДНА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ

**«УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТА
ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ТА
ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ»**

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

12-16 вересня 2022 р.

м. Одеса, Україна

Організатори конференції
Міністерство освіти і науки України
Одеська державна обласна адміністрація
Одеський національний технологічний університет
Консалтингова лабораторія ТЕРМА

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ОРГКОМІТЕТ

Єгоров <i>Богдан Вікторович</i>	– голова, Одеський національний технологічний університет, президент університету, д.т.н., професор
Бурдо <i>Олег Григорович</i>	– вчений секретар, Одеський національний технологічний університет, д.т.н., професор
Атаманюк <i>Володимир Михайлович</i>	– Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор
Гавва <i>Олександр Миколайович</i>	– Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
Гумницький <i>Ярослав Михайлович</i>	– Національний університет „Львівська політехніка”, д.т.н., професор
Долинський <i>Анатолій Андрійович</i>	– Інститут технічної теплофізики, почесний директор, д.т.н., академік НАН України
Зав’ялов <i>Владимир Леонідович</i>	– Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
Сукманов <i>Валерій Олександрович</i>	– Полтавський університет економіки і торгівлі, д.т.н., професор
Колтун <i>Павло Семенович</i>	– Technident Pty. Ltd., Australia, Dr.
Корнієнко <i>Ярослав Микитович</i>	– Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
Малежик <i>Іван Федорович</i>	– 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**
Константин 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 Йосифович – Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, д.т.н., професор
- Шит**
Михайл Львович – Інститут енергетики Академії Наук Молдови, к.т.н., в.н.с.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова, президент університету д.т.н., проф.	Б.В. Єгоров
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, к.т.н., асистент	Ю.О. Левтринська

Члени оргкомітету:

д.т.н., доц. О.В. Зиков	к.т.н., асистент І.В. Сиротюк	інженер О.Ф. Терземан
к.т.н., доц. О.М. Всеволодов	аспірант Є.О. Пилипенко	інженер В.В. Петровський
к.т.н., доц. І.І. Яровий	аспірант В.П. Алі	зав. лаб. В.Ю. Юрлов
аспірант О.В. Акімов	аспірант Я.О. Фатєєва	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
сайт: www.ontu.edu.ua , www.nanofood.com.ua

Секція 1. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИХ, ТЕПЛОВИХ ТА МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ

РОЗВИТОК МОДЕЛІ РИМСЬКОГО КЛУБУ В ЗАДАЧАХ УДОСКОНАЛЕННЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Бурдо О.Г., д.т.н., професор, **Терзієв С.Г.**, д.т.н., доцент
Одеський національний технологічний університет, м. Одеса, Україна

При визначенні перспективних напрямків розвитку науки та техніки ключову роль має розуміння глобальних змін у майбутньому людства в світі, в Європі та в Україні. Серед глобальних прогностичних моделей виділяються моделі Римського клубу (РК) та індустріального розвитку. Системний аналіз проблем планетарного масштабу, яким відрізняється модель РК, став засадами теоретичних основ глобалістики. Методологія та принципи, що розроблені в моделях РК, мають широко використовуватись при прогнозі напрямків розвитку суспільства, його впливу на довкілля в конкретній країні.

На протязі 50 років в РК видано 44 доповіді. Вражає глибина та проблематика цих доповідей. Роботи РК навіть за заголовками визначають їх суттєву актуальність. Авторитет РК завоювала вже перша доповідь за назвою «Границі росту» [Meadows et al. 1972]. Разом із тим, засновник РК А. Печчеї писав, що глобальні проблеми, які визначені в РК, ніяк не вирішуються. Всі високо цінили створення РК, але ніхто не виявив готовності жертвувати своїми інтересами, повсякденними справами на благо всього людства. Ніхто не готов був надати навіть якусь долю свого часу, грошей, суспільного статусу на благо майбутнього людства. Визначилась тенденція олігархічної меншості управляти більшістю за допомогою страху, пандемії й, навіть, війни.

Наразі розвиток теоретичних положень глобалізації, які запропоновано РК, пов'язано із переходом в площину практичних додатків. Доцільно починати практичні перетворення в харчовій індустрії. Саме ця галузь є ярким прикладом, де і енергетика, і екологія, і їжа потребують негайних інновацій в усіх країнах. Впровадження безвідходних технологій переробки харчової сировини дозволить вирішити екологічні проблеми та отримати нові резерви повноцінної їжі. А біомаса стане основою для отримання паливних елементів, пелет. Саме харчові виробництва працюють із створеними природою нанорозмірними структурами.

По перше, визначене завдання потребує залучення сучасних, інноваційних принципів. Серед таких розглядаються: принципи адресної доставки енергії до елементів харчової сировини; наноенерготехнології; вакуумні та хвильові те-

хнології; комбіновані й гібридні технології; ініціювання бародифузії; механодифузійні та пародинамічні явища. По друге, проблемні питання екології та їжі треба вирішувати вже сьогодні, паралельно із питаннями енергетики (рис. 1,б), а не послідовно, як в моделі Римського клубу (рис. 1, а).

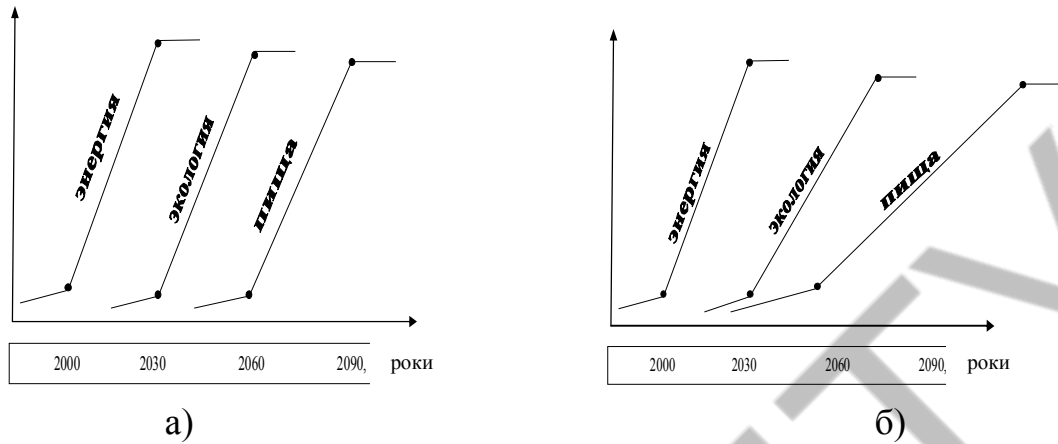


Рис. – Концептуальні моделі: Римського клубу (а), та її розвитку (б)

Дослідження в цьому напрямку показали, що із відходів харчоконцентратних, консервних, виноробних виробництв отримано фруктову безглютенову муку, паливні пеллети. Отримано порошки цибулі, часника, екологічно безпечний концентрат рідкого диму, олії, концентрат екстракту кофеїну, фруктові есенції, гідролати, бальзами. Отримані на інноваційному обладнанні продукти практично повністю зберігають функціональні властивості сировини, їх виробництво потребує менших витрат енергії, а безвідходні технології доведуть до мінімуму навантаження на довкілля.

Таким чином, формування харчової нано - екоіндустрії ефективно в комплексі вирішить проблеми безвідходних харчових технологій, - забезпечить додаткові повноцінні резерви їжі при суттєвому зниженні навантаження на довкілля та отримання додаткових джерел енергії на основі паливних елементів із біомаси.

Тому, революційні технологічні перетворення доцільно починати тут. Більш за те, саме в цьому напрямку в Україні вже є перспективні напрацювання. А успіхи та досягнення в галузі еко- і наноіндустрії харчових виробництв мають бути ефективним стимулом впровадження інновацій в інших сферах діяльності людства.

УДК 664.061.4:084

ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІКИ ВІБРОЕКСТРАКТОРА З ПРОТИТЕЧІЙНИМ РОЗДІЛЕННЯМ ФАЗ

Зав'ялов В.Л., д-р. техн. наук, доцент, **Мисюра Т.Г.**, к.т.н., доцент,
Попова Н.В., к.т.н., доцент, **Запорожець Ю.В.**, к.т.н., доцент,
Чорний В.М., аспірант

Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

При всій різноманітності конструкцій сучасних екстракторів періодичної та безперервної дії існують загальні недоліки, обумовлені недостатньою поруватістю і низькою проникністю для екстрагента підготовленої до перероблення дрібнофракційної рослинної сировини. Внаслідок цього, практичне забезпечення умов оптимального ведення процесу екстрагування традиційними методами ускладнюється. Серед відомих апаратів найбільш перспективними для цих цілей є віброекстрактори. Апарати такого типу здатні працювати в режимі інтенсивної знакомінної турбулізації робочого потоку струменями суміші вібраційних перемішувальних пристроїв, що розміщені в робочому об'ємі апарата. Разом з тим, конструювання апаратів такого типу стримується недостатньою вивченістю їх гідродинаміки та масоперенесення [1]. У віброекстракторах коливальні потоки двофазового середовища характеризуються певними регулярними змінами їх швидкості або тиску в них і залишається усталеними у всьому діапазоні режимних амплітудно-частотних параметрів роботи апарата. Конструкції основних вузлів віброекстракційних апаратів мають значні відмінності від традиційних екстракторів, що викликає необхідність моделювання та розроблення їх віброперемішувальної і, в окремих випадках, одночасно вібротранспортувальної систем. Залишається нез'ясованим ряд важливих питань, пов'язаних з теорією та практикою віброекстрагування, зокрема — особливостями фізичної природи дії пульсуючих турбулентних потоків, створених вібрувальною системою в апараті, на стадії їх генерації і, далі, в період їх розповсюдження в робочому об'ємі апарата.

Ставилась задача дослідити гідродинамічні особливості роботи віброекстрактора безперервної дії та розробити математичну модель розповсюдження пульсуючих струменів, генерованих конструктивними елементами віброперемішувальних пристроїв. Досліди виконувались на розробленій та виготовленій в умовах НУХТ моделі віброекстрактора безперервної дії з транспортувальними та фільтрувальними елементами спеціальної конструкції [1], здатними в процесі роботи до протитечійного розділення фаз. Визначалась швидкість пульсуючих струменів, генерованих вібротранспортувальними пристроями за допомогою трубки Піто-Прандтля та рідинного дифманометра. Частота f коливань вібротранспортувальної системи становила до 10 Гц, амплітуда A (5; 10;

$15) \cdot 10^{-3}$ м. Розраховувалась середньоінтегральна за період коливань та середня по перерізу струменя швидкість пульсуючих потоків на віддалені L вимірювальної трубки від середнього положення тарілки w_L , яку відносили до початкової за період коливання швидкості пульсуючих потоків w_0 .

Встановлено, що відносна швидкість W_L/W_0 при пульсаційному критерії Рейнольдса $Re_{\pi} > 5000$ визначається величиною відносного віддалення від віброуючої тарілки L/d_c , де d_c – діаметр сопла. Експериментальні дані, що узагальнені графічними залежностями $W_L/W_0 = f(1+L/d_c)$ в основному відповідають універсальному профілю відносної швидкості в поперечному перерізі турбулентних струменів, розрахованому за рівнянням Шліхтінга [2], разом з тим відхилення від універсального профілю мають систематичний характер. Дальність поширення струменя залежить від прийнятого граничного ступеня загасання β , який в досліджах приймався рівним 0,85. Тому для опису закономірностей загасання пульсуючих потоків при $\beta > 0,5$ запропонована відповідна залежність, можливість застосування якої підтверджується узагальненою S -подібною графічною кривою для ламінарної та турбулентної зон, що демонструє вплив критерію Рейнольдса та параметрів коливань вібротранспортної системи на дальність дії пульсуючих турбулентних струменів, генерованих відкритими елементами тарілки. Встановлено, що дальність поширення пульсуючих потоків L_0 зростає зі збільшенням пульсаційного критерія Рейнольдса Re_{π} , досягає граничного значення при $Re_{\pi} = 5000$ і надалі практично не залежить від параметрів коливань. Шукана величина L_0 входить в критерій Струхалія, що є відношенням часу руху пульсуючих струменів на віддалення L_0 зі швидкістю W_0 , до періоду коливання тарілки $Sh = L_0 \cdot \epsilon / 2A(1 - \epsilon)$ де A і ϵ — відповідно амплітуда та загальний живий переріз (відношення площі отворів тарілки та зазору до площі поперечного перерізу апарата). Як підсумок — встановлені на тарілках патрубків [3], посилюють гідравлічний опір перетоку робочого середовища в протилежному транспортуванню твердої фази напрями, тим самим збільшуючи продуктивність апарата по твердій фазі та зменшуючи дальність розповсюдження турбулентного пульсуючого струменя і, як результат, знижується загальний рівень поздовжнього перемішування в апараті. Названі ефекти залежать не тільки від режиму роботи апарата, а й в рівній мірі від геометрії транспортувальних і фільтрувальних елементів віброперемішувальних і одночасно транспортувальних тарілок. Тому оптимальними слід вважати співвідношення висоти патрубків до їх діаметра та діаметра патрубків до діаметра транспортувальних елементів в межах 1,5–3 та 2–3 відповідно. Отримані розрахункові рівняння та рекомендовані геометричні параметри транспортувальних елементів можуть бути використані при конструюванні та оптимізації роботи віброекстракторів безперервної дії.

Література

1. V. Zavialov, N. Popova, V. Sukmanov, V. Chorny. Regularities of Solid-Phase Continuous Vibration Extraction and Prospects for Its Industrial Use. 2nd International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange (DSMIE-2019) June 11-14,

2019 Lutsk, Ukraine Advances in Design, Simulation and Manufacturing II. Springer Nature Switzerland AG. 2019.

2. Теория турбулентных струй / Под ред. Абрамовича Г.Н. // – М.: Наука, –1984. –720 с.
3. Пат. 92560 України, МПК В 01 D 11/02. Вібраційний екстрактор / Запорожець Ю. В., Зав'ялов В. Л., Ардинський О. В. — № а 2009 06928; заявл. 02.07.09; опубл. 26.10.09, Бюл. № 20.

INVESTIGATION OF THE ADSORPTION PROPERTIES OF POWDER-FORM COLLOIDAL CAPILLARY-POROUS MATERIALS BASED CARROT

Petrova Zh.O., Doctor of Engineering, Senior Research Scientist,
Samoilenko K.M., Ph.D, **Novikova Yu.P.**, Post graduate student,
Vyshnievska T.A.

Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine, Kyiv

The increased rhythm of life has affected the culture of food consumption, and today the food direction - fast food products - is gaining popularity. The main advantages of this direction are that it takes little time to prepare dishes from individual products (for example, pea puree). However, it is important, that the food is also useful.

Almost all fast food products available on the modern market contain dry products. Drying preserves raw products, that have a short shelf life, reduces the weight of the product, concentrates biological substances 6-8 times, makes transportation, easy use possible and increases their shelf life.

In Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine developed a whole complex of natural dry quick-cooking products was developed (borscht, pea and buckwheat puree soups, oat-carrot porridge with milk, pumpkin porridge with milk, etc.), which were developed on the basis of functional powders and according to the classification of the main plant functional ingredients [1].

During transportation and storage in warehouses of such dry quick-cooking products, the equilibrium humidity is a great importance, for the purpose of determining which research was carried out on the adsorption properties of the studied samples.

Desiccators with values of relative humidity were used to determine the equilibrium humidity $\varphi = 0.4; 0.6; 0.8; 0.9$ [2, 3]. Water vapor adsorption isotherms of carotene-containing functional powders and quick-cooking products based on them were constructed on the basis of experimental data on the equilibrium moisture content.

In fig. 1 presents isotherms of water vapor adsorption of carrot, pea, functional pea-carrot powder and pea-carrot puree soup. Functional pea-carrot powder is the main ingredient in the recipe for pea-carrot puree soup.

The equilibrium moisture content at $\varphi = 0.4$ of all studied samples is within 6-7 %. Functional pea-carrot powder has the lowest equilibrium moisture value at $\varphi = 0.8$ – 15 %, and at $\varphi = 0.9$ – 24 %. The isothermal curve of pea-carrot puree soup (mark 4) is between the curve of pea powder (mark 3) and the curve of carrot powder (mark 1).

At the expense of experimental studies of adsorption properties and comparative characteristics of samples of mono-, functional powders and dry quick-cooking products based on them, the equilibrium moisture content for each sample was determined, which will allow to reduce energy costs during drying, and the storage conditions were determined.

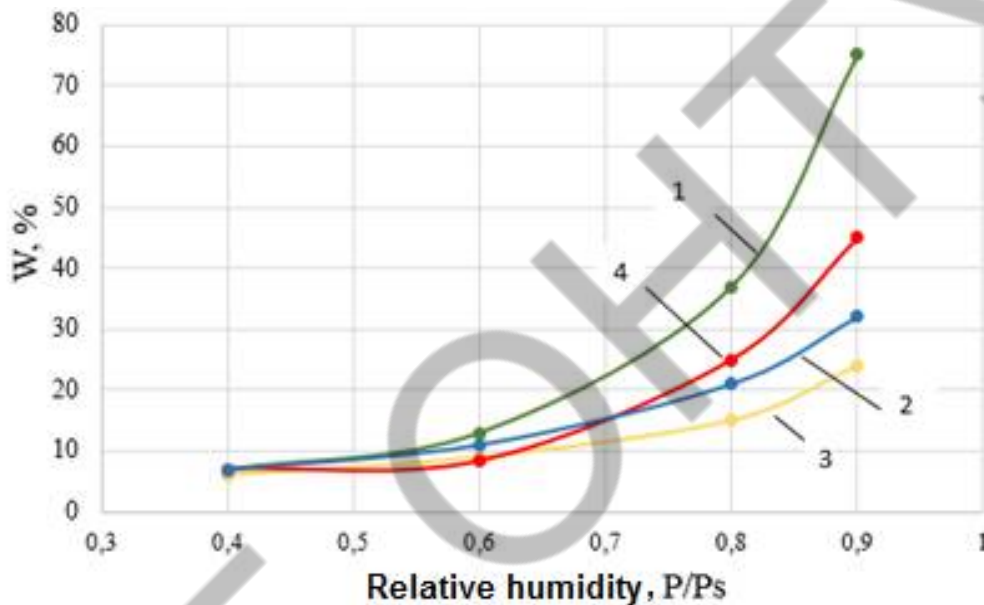


Figure 1 – Water vapor adsorption isotherms of mono- and combined powders and quick-cooking products based on them:

1 – carrot; 2 – pea; 3 - pea-carrot powder; 4 – pea-carrot puree soup

At $\varphi = 0.6$, the equilibrium moisture content of carrot powder is 12 %, pea 11 %, functional pea-carrot powder 9 %, and puree soup based on them is 8.3 %.

Therefore, monopowders have the highest equilibrium humidity. When combining them and creating functional powders, this ability is reduced, which leads to improved storage conditions, and the equilibrium moisture content of quick-cooking products is in most cases lower, even than that of functional powders.

References

1. Petrova Zh.O., Sniezkin Yu.F. (2018) Enerhoefektyvni teplotekhnolohiyi pererobky funktsional'noyi syrovyny [Energy-efficient thermal technologies of functional raw materials processing]: Monograph. Kyiv: Naukova dumka, 187.
2. Petrova Zh.O., Samoilenko K.M. (2021) Adsorption Properties of Combined Vegetable Powders. Energy Engineering and Control Systems. Vol. 7, № 1. - p. 38 – 47.

3. Sniezhkin Yu.F., Boriak L.A., Khavin A.A. (2004) *Energosberegayushchiye teplotekhnologii proizvodstva pishchevykh poroshkov iz vtorichnykh syr'yevykh resursov* [Energy-saving heat technologies for the production of food powders from secondary raw materials]: Monograph. Kyiv: Naukova dumka, 228.

ОЧИЩЕННЯ РІПАКОВОЇ ОЛІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ

Осадчук П. І., д-р. техн. наук, доцент

Одеський національний технологічний університет, м. Одеса

Спираючись на досліди процесу електричного намагнічування соняшникової олії при гідратації [1], провели експериментальні дослідження для ріпакової олії з метою підготовки до процесу отримання якісного біодизпалива.

Експеримент полягав в наступному. Для процесу гідратації використовувалося стандартне устаткування УГРМ – 20.2 із застосуванням електромагнітної установки. При проходженні суміші олії з водою через електромагнітну установку змінювалася напруженість електромагнітного поля, а також температура самої місцели. При цьому фіксувався час випадання осаду і його маса в процентному відношенні, щодо загальної кількості фосфороутримуючих речовин у ріпаковій олії.

У ріпаковій олії вміст фосфоліпідів становить приблизно 0,09%, але значну частку фосфатидів складають важкогідратуємі та негідратуємі фосфатидилсерин, поліфосфогліцериди і фосфатидні кислоти.

Електромагнітна активація системи масло - фосфоліпідів дозволяє збільшити поверхневу активність фосфоліпідів, в тому числі і їх негідратуємих форм, на границі розділу фаз з водою, а також збільшити максимальну адсорбцію фосфоліпідів в міжфазному шарі. Все це в цілому приводить до підвищення ступеня гідратуємі фосфоліпідів.

Провівши ряд досліджень визначили інтенсифікацію процесу гідратації та збільшення кількості отриманого осаду, що позитивно впливає збоку збереження енергії, поліпшення якості продукції та збільшення продуктивності обладнання.

Література

1. Осадчук П. І., Дударев І. І. Формування технології очистки рослинної олії в умовах міні-цехів. //Збірник наукових праць, ОНАХТ. Випуск 1 том 82 – Одеса, 2018. - С. 99-103.

УДК 678

DEVELOPMENT OF BIODEGRADABLE POLYMER COMPOSITIONS

Shunkin I.S., postgraduate student, **Sukhyy K.M.**, Dr. Sci. Tech. Prof.,

Tretyakoff A.O., PhD, docent, **Chervakov D.O.**, PhD, docent,

Belyanovskaya E.A., PhD, docent

State higher educational institution «Ukrainian State University of Chemical Technology», Dnipro

The use of natural materials instead of synthetic ones has long been at the fore in modern society. The fight for ecology, careful attitude to the use of resources are the main reasons. Also, the constant increase in the cost of minerals and raw materials forces us to use natural resources that are constantly renewed. For example, this applies to vegetable raw materials. That is why the topic of the work was chosen to create and investigate the properties of composites based on corn starch.

The use of starch for the production of biopolymers is known [1,3]. The task of our research was to investigate, on the example of a simple starch-synthetic polymer composition, how mechanical properties change depending on the concentration of starch in the composition. A copolymer of ethylene with vinyl acetate (EVA) was chosen as a synthetic polymer.

The obtained results make it possible to determine the minimum concentration of the synthetic polymer at which the biocomposite has the minimum permissible mechanical properties for its further use.

It has been studied that corn starch itself can be plasticized [2], i.e. transformed into a biopolymer, which can theoretically be processed by all methods of classical polymer processing.

It is shown that the strength properties of plasticized starch do not make it possible to offer it as an independent material for some products. But in a composition with a synthetic polymer, you can get materials that will be an alternative to polyethylene and polystyrene.

It is shown that a more or less "strong" biocomposite has a starch-EVA ratio of 80:20, respectively. With an EVA concentration of 10%, the obtained material can be used for the production of, for example, disposable tableware or packaging. After 30%, we can already say that the biocomposite in some cases can completely replace such polymers as polyethylene, polystyrene [3].

The paper examines the effect of moisture on the mechanical properties of starch-based compositions [4]. At the same time, it was found that, depending on the concentration of starch in the composition, moisture absorption can be from 5 to 1 mass percent. In general, the humidity of the composition has a positive effect on its mechanical properties. That is, the value of tensile strength and relative elongation of the material increases.

Also, the ability of starch-containing compositions to biodegradation was investigated using the Sturm test. Additional studies of changes in the mechanical properties of composites during biodegradation were made. All data confirm the fact that the obtained compositions are biodegradable.

According to the research, it can be concluded that plasticized corn starch by itself has no potential for processing by classical methods and analogues of synthetic polymers cannot be obtained from it. Only the introduction of synthetic material can change this picture. This makes it possible to obtain alternative materials to tonnage synthetic polymers. And such materials can already be processed by extrusion or die-casting. By changing the composition of such composites, it is possible to obtain materials more prone to biodegradation, or more similar to polyethylene or polystyrene.

Starch is a vegetable raw material, and considering the fact that Ukraine is a purely agricultural country, the use of starch itself can give impetus to economic and not only economic independence in the field of polymer materials and composites. Therefore, any research in this direction is very relevant and interesting.

Література

1. Bastioli C. Handbook of Biodegradable Polymers. Italy : Rapra Technol. Limited, 2005. 552 p.
2. Evan J., Sikdar S. Biodegradable plastic. An idea whose time has come. Chemtech, 2012. P. 38-42.
3. Азизов А.Н. Биоразлагаемые синтетические полимеры (обзор) / А.Н. Азизов, М. Д. Ибрагимова, Л.И. Алиева // Химия в интересах устойчивого развития, 2012, No20. С. 385 - 383.
4. Averous L. Biodegradable polymers / L. Averous, E. Pollet // Environmental Silicate Nano-Biocomposites, 2012. P. 13 – 39.
5. References (transliterated)
6. Bastioli C. (2005). Handbook of Biodegradable Polymers. Italy: Rapra Technol. Limited.
7. Evan J., Sikdar S. (2012). Biodegradable plastic. An idea whose time has come. Chemtech.
8. Азизов А.Н. (2012). Биоразлагаемые синтетические полимеры (обзор) / А.Н. Азизов, М. Д. Ибрагимова, Л.И. Алиева // Химия в интересах устойчивого развития.
9. Averous L. (2012). Biodegradable polymers/ L. Averous, E. Pollet // Environmental Silicate Nano-Biocomposites.

УДК 531.3:621.3.017.7

ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ СУШІННЯ КОЛОЇДНИХ КАПІЛЯРНО-ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ У КОНВЕКТИВНІЙ СУШИЛЬНІЙ УСТАНОВЦІ

Петрова Ж.О., д.т.н., гол.наук.співр., **Слободянюк К.С.**, к.т.н., ст. наук. співр., **Вишнівський В.М.**, аспірант, **Граков О.П.**, аспірант
Інститут технічної теплофізики НАН України, м.Київ

Відомо, що однією із основних наукових дисциплін, на яких базується теорія сушіння, являється теорія переносу енергії та речовини. Ряд вчених повідомляв раніше, що сушіння матеріалів в звичайному розумінні цього слова представляє собою видалення із них вологи чи інших розчинників, молекули яких не втратили своєї індивідуальності. Для видалення адсорбційно зв'язаної вологи, крім питомої теплоти випаровування вільної вологи g потрібні додаткові витрати Δg , причому, чим менша вологість матеріалу, тим ця додаткова енергія (величина Δg) більша. Якби при сушінні матеріалу знадобилось довести матеріал до абсолютно сухої маси, то на подолання зв'язку між шарами рідини, які безпосередньо примикають до твердого скелету тіла, знадобилось би затратити ще більш значну кількість енергії.

Слід також враховувати, що при видаленні вологи, зв'язаної з матеріалом, характер цього зв'язку впливає як на швидкість видалення вологи, так і на механізм її переміщення в середині матеріалу – у вигляді рідини або пари. Ця обставина має дуже велике значення для теплового сушіння більшості матеріалів, особливо харчових продуктів.

Основними параметрами процесу сушіння є: температура теплоносія (t), вологовміст теплоносія (d) та швидкістю його руху (v). Ці параметри мають вплив на тривалість процесу сушіння і на якість кінцевого матеріалу.

Метою даного дослідження було встановити експериментально, як змінюється вологість та температура в колоїдних капілярно-пористих матеріалах (ККПМ) під час зневоднення у конвективній сушильній установці.

Дослідження проводились на розробленому у Інституті технічної теплофізики НАН України сушильному устаткуванні промислового типу.

Дослідження зміни вологості та температури всередині матеріалу при технологічному режимному параметрі теплоносія $t = 80/60$ °C, $v = 2,5$ м/с, $d = 10$ г/кг с.п. виконувались на зразках термолабільних попередньо підготовлених ККПМ (яблучні слайси).

Після попереднього нарізання яблук на слайси із загальної маси матеріалу було відібрано довільний зразок вагою 10 г для визначення початкової вологи за відомим стандартним методом «Метод висушування до постійної маси за ГОСТ 28561-90». Встановлено, що початкова вологість матеріалу відповідала

значенню $W_{\text{п}} = 82,8 \%$. Завантаженість сушарки становила 80 кг (2 кг на піддон).

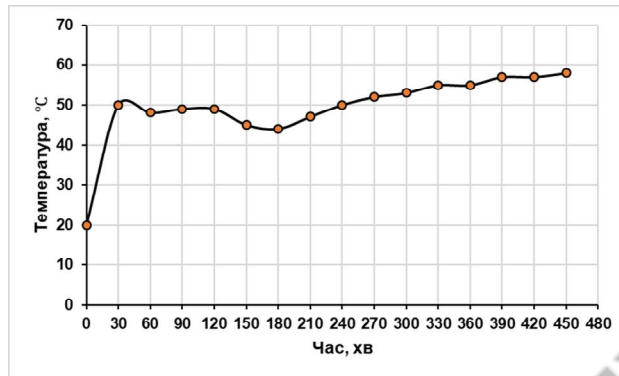


Рис. 1 – Зміна температури всередині ККПМ під час зневоднення на конвективній сушильній установці промислового типу

Як видно з рис. 1 поетапний режим зміни температури теплоносія 80/60°C в камері сушарки дозволив дотриматися технологічних рекомендацій і температура в матеріалі не перевищувала 60°C.

Дослідження кінетики зневоднення у конвективній сушильній установці також виконувались на зразках ККПМ (фіолетова капуста) при технологічному режимному параметрі теплоносія $t = 60 \text{ }^\circ\text{C}$, $v = 2,5 \text{ м/с}$, $d = 10 \text{ г/кг с.п.}$

Основна маса досліджуваного матеріалу, після попередньої підготовки, розкладалася на піддони шаром $h_{\text{ш}} = 20\text{-}30 \text{ мм}$. Контрольний піддон зважувався на вагах і розташовувався разом з іншими піддонами на візках. Через кожні 60 хвилин відбувалося зважування контрольного піддона, фіксувався вологовміст теплоносія в сушильній камері.

Загальна тривалість процесу зневоднення становила 360 хвилин, залишкова вологість матеріалу фіксувалася на рівні $W_k = 6,5 \%$.



Рис. 2 – Фото порошку отриманого з висушеної на конвективному сушильному устаткуванні промислового типу фіолетової капусти при технологічному режимному параметрі теплоносія $t = 60 \text{ }^\circ\text{C}$, $v = 2,5 \text{ м/с}$, $d = 10 \text{ г/кг с.п.}$

З рис.2 видно, що збережено колір вихідного матеріалу. Останнє свідчить про високу якість отриманої сировини, а також про відповідність розробленого оптимального режиму та ефективного обладнання.

УДК 621.694.3

ВОДО-ПОВІТРЯНЕ ЕЖЕКТОРНЕ ОХОЛОДЖЕННЯ ПОРОЖНИСТИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ТІЛ

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

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

Вступ. Пропонується використання ежектора для охолодження гарячої циліндричної труби за рахунок всмоктування прохолодного повітря та струменя води у камеру змішування.

Ежектор — це струминний насос для відсмоктування газів, пари, рідин або сипких мас за рахунок передачі кінетичної енергії від робочого середовища (що рухається) до відсмоктувального. Дія ежектора заснована на розрідженні, що створюється у ньому струминою іншого газу (пари, рідини), яка швидко рухається. Це явище носить назву ежекція [1].

Основний матеріал. У даній роботі використовується принцип ежекції для охолодження циліндричної труби хіміко-технологічної установки.

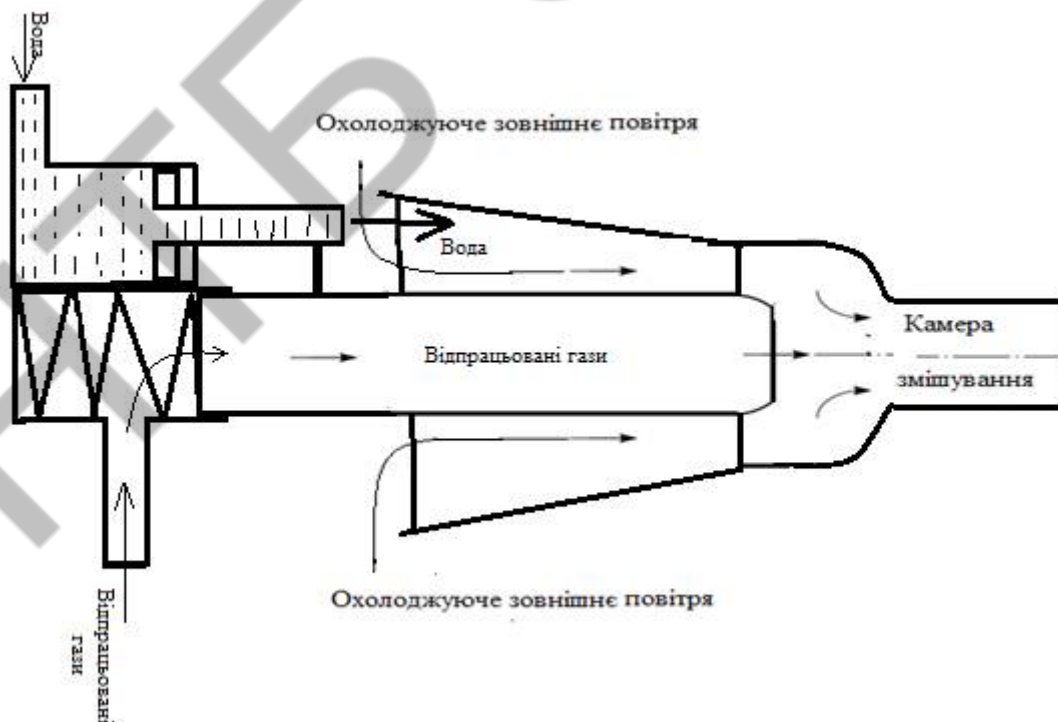


Рис. 1 – Схема ежекторно-охолоджувальної установки

У цій схемі відпрацьовані гази, що йдуть з хіміко-технологічної установки, направляються циліндричну трубу для забезпечення подальшого процесу. Циліндрична труба перегрівается і має підвищений знос. Для запобігання такого зносу пропонується її охолодження з допомогою ежектора (рис. 1). Повітря з зовнішнього середовища засмоктується ежектором у міжтрубний простір, що приводить до охолодження цієї труби, як це показано в роботі [2].

Для підвищення ефективності охолодження труби запропоновано використання принципу роботи одноходового кожухотрубного випарника [3]. У міжтрубний простір вприскується вода з допомогою водяного насоса. Вода починає випаровуватися за рахунок тепла від газової труби. У міжтрубному просторі утворюється насичена водяна пара, що суттєво зменшує температуру труби за рахунок високої теплоти випаровування.

Водяний насос являє собою циліндр з поршнем, через шток якого вода вприскується у міжтрубний простір. Шток жорстко пов'язаний із трубою.

Відпрацьований газ подається у трубу в імпульсному режимі через отвір у камері з компенсаційною пружиною. При проходженні газу через дифузор ежектора труба має відкат, стискаючи пружину і закриваючи вхідний отвір у камеру. Шток, зв'язаний з трубою, також переміщається і стискає воду у циліндрі. Стиснута вода через канал у штоці вприскується у міжтрубний простір. Під тиском пружини труба повертається у початкове положення. Один імпульс закінчився і настає інший імпульс.

В установці планується використання двох насосів з двох сторін труби. На схемі показано один такий насос для наглядності схеми.

Висновки. Повітряний потік та утворена насичена пара у міжтрубному просторі ефективно охолоджують поверхню газової труби.

Література

1. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Ежектор-Вікіпедія>.
2. Оборський Г.О., Бундюк А. М., Моргун Б. О. Розрахунок швидкості повітряного потоку при охолодженні порожнистих циліндричних тіл / XIX міжнародна наукова конференція
3. "Удосконалення процесів і обладнання харчових та хімічних виробництв» // ОНТУ, – Одеса, 2022
4. Бундюк А.М., Нікульшин В.Р., Андрєєв Л.П. Конспект лекцій з дисципліни «Тепломасообмін» / ОДПУ, – Одеса, 1999. – 5,7 д.а.

УДК 536.243

ТЕПЛООБМІН В ВИТИХ ТЕПЛООБМІННИКАХ

Туз В.О., д.т.н., **Лебедь Н.Л.**, к.т.н., **Литвиненко М.П.**, асп.
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ Україна

Виті теплообмінники вони знайшли широке застосування в технологічних процесах виробництва зріджених газів, на підприємствах нафтохімії та в енергетиці завдяки компактності, технологічності виготовлення і здатності до компенсації температурних напружень [1,2]. Виникнення вторинних течій, інтенсифікація теплообміну в кормовій частині труби пов'язано з закруткою потоку, що є наслідком дії відцентрових сил. Не зважаючи на те, що гідродинаміці і теплообміну в витих теплообмінниках присвячена значна кількість робіт механізм течії і теплообмін досліджені недостатньо.

При виборі оптимальної конструкції витого теплообмінника необхідно враховувати, що величина закручення потоку залежить як від кута навивки φ , так і від величини зазору δ_3 між поверхнею труби, корпусом і внутрішньою вставкою. При проведенні експериментальних досліджень діапазон зміни крокових характеристик витого теплообмінника становив $S_2 = (2,7 \dots 13,5)$ мм, або в безрозмірних величинах $\sigma_2 = (1 \dots 6)$. Зазор змінювався $\delta_3 = (1 \dots 5)$ мм.

Результати досліджень, свідчать, що збільшення відносного кроку σ_2 приводить до зростання коефіцієнту тепловіддачі на 16...18%. Найбільш суттєве зростання відбувається при зміні відносного кроку σ_2 від 1 до 3...4.

У класичній літературі [3] пропонують функціональні залежності:

$$Nu = A \cdot Re^n \cdot Pr^m \cdot \left(\frac{Pr_f}{Pr_w} \right)^{0,25} \cdot \varepsilon_\ell, \quad (1)$$

де ε_ℓ – поправка, яка враховує зміну інтенсивності теплообміну по довжині теплообмінника; $(Pr_f/Pr_w)^{0,25}$ – поправка, яка враховує зміну теплофізичних властивостей по товщині пограничного шару зі зміною температури теплоносія.

Враховуючи особливості умов процесів і конструкції теплообмінника, залежність для розрахунку теплообміну витих теплообмінників в кінцевому варіанті буде мати вид:

$$Nu = A \cdot Re^n \cdot Pr^m \cdot \varepsilon_\ell \cdot \varepsilon_{\text{зазор}} \cdot \varepsilon_{\text{крок}}, \quad (2)$$

де $\varepsilon_{\text{зазор}}$ – поправка, яка враховує величину зазору між трубами витого теплообмінника та зовнішнім і внутрішнім корпусом теплообмінника; $\varepsilon_{\text{крок}}$ – поправка, яка враховує вплив відносного кроку на інтенсивність теплообміну.

Визначити вплив крокових характеристик трубного пучка на параметри

процесу теплообміну в діапазоні досліджень зміни параметрів можливо за допомогою поправки:

$$\varepsilon_{\text{крок}} = -0,022 \cdot \sigma_2^2 + 0,192 \cdot \sigma_2 + \sigma^*, \quad (3)$$

де $\sigma^* = 8,9 \cdot 10^{-4} \cdot \text{Re}^{0,885}$

Окрім крокових, характеристик на інтенсивність теплообміну і гідравлічній суттєво впливає величина повздовжнього зазору. Чим менше величина зазору тим більша частина газового потоку рухається між витками теплообмінника по гвинтовій лінії. Такі умови наближені до випадку повздовжнього руху в каналах довільної форми, що підтверджується експериментальними результатами при $\delta = 1 \text{ мм}$.

Таким чином, для врахування впливу величини зазору між поверхнею труби, корпусом і внутрішньою вставкою, коли $\delta_{\text{зазор}}$ дорівнює 1,6 мм і більше на параметри процесу теплообміну в діапазоні дослідження зміни параметрів можливо за допомогою поправки:

$$\varepsilon_{\text{зазор}} = 1,26 \cdot [\delta_{\text{зазор}}^*]^{0,2}, \quad (4)$$

де $\delta_{\text{зазор}}^* = \frac{d_{mp}}{D_e}$; D_e – еквівалентний діаметр кільцевого каналу.

Висновки

Отримані поправки, які визначають вплив геометричних характеристик трубного пучка на інтенсивність теплообміну, дозволяють модефікувати методику теплового розрахунку витих теплообмінників, шляхом їх введення в розрахункову залежність.

Література

1. Jinxing Wu, Q. Tian, X. Sim, Numerical simulation and experimental research on the comprehensive performance of the shell side of the spiral wound heat exchanger, Appl. Therm. Eng. 163 (2019) 114381.
2. B. BabakDehghan, Experimental and computational investigation of the spiral ground heat exchangers for ground source heat pump applications, Appl. Therm. Eng. 121 (2017) 908-921.
3. Исаченко В. П. Теплопередача / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. – Москва: Энергоиздат, 1981. – 417 с.

Секція 2. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕНОСУ. ОПТИМІЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ ТА СИСТЕМ

УДК 664.8.047

КОНВЕКТИВНЕ ЗНЕВОДНЕННЯ СНЕКІВ ІЗ НАСІННЯ ЛЬОНУ

Гусарова О.В., к.т.н.

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

Снежкін Ю.Ф., академік НАН України

Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

Останнім часом споживачі хочуть вживати не лише смачну, а ще й корисну та екологічно чисту їжу. Досить популярними стають різноманітні сухі закуски, вироблені без обсмаження в олії. Снеки одержують сушінням нагрітим повітрям без смаження, що виключає наявність трансжирів.

Головним компонентом досліджуваних снєків є льон, який багатий на Омегу 3, поліненасичені жирні кислоти, клітковину та вітаміни А, В, Е. У складі продукту відсутні консерванти, емульгатори, розпушувач. Натуральний склад вихідної сировини лімітує параметри зневоднення, вимагає таких умов ведення процесу, за яких буде максимально збережено цінні складові матеріалу. Для обґрунтування раціональних параметрів сушіння необхідний ретельний аналіз кінетики процесу.

Мета роботи – дослідження кінетики вологообміну залежно від параметрів процесу; теплотехнічний аудит діючої конвективної сушильної установки; визначення шляхів зниження енергетичних витрат під час зневоднення снєків. Робота виконана в рамках госпдоговірної тематики.

Методи дослідження. Вивчення кінетики процесу сушіння снєків проводили на експериментальному конвективному стенді з системою автоматичного збору та обробки інформації за температури сушильного агенту 75, 90 та 90...80 °С, швидкості руху 1,5 і 2 м/с, вологовмісті 11 г/кг сухого повітря.

Результати. Результати експериментальних досліджень показали, що використання ступеневого режиму зневоднення 90...80 °С порівняно з одностадійним сушінням за температури 75 °С призводить до прискорення процесу на 15 %, а в режимі 90 °С – на 25 %. Скорочення тривалості процесу при підвищенні швидкості сушильного агенту від 1,5 до 2 м/с за температури 90 °С майже не відбувається. Органолептичні показники експериментально одержаних снєків не відрізнялися від промислово виготовлених та відповідали розробленим замовником технічним умовам.

Висновки. Узагальнюючи результати теплотехнічного аудиту й аналізу умов сушіння зневоднюваного матеріалу визначено раціональні режимні параметри процесу, розроблено та встановлено додаткові конструктивні елементи сушарки. Завдяки удосконаленню конструкції сушильної установки досягнуто рівномірного розподілу швидкості потоку теплоносія його температури і вологовмісту. Такі заходи дали змогу інтенсифікувати зневоднення, скоротити тривалість процесу та знизити витрати електричної енергії на 15...25 %.

УДК 664.661.2:005.591.6

ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІКИ АДСОРБЦІЇ АЛЬБУМІНУ У АПАРАТІ З МІШАЛКОЮ

Сабадаш В.В., д-р. техн. наук., проф.,

Гумницький Я.М., д-р. техн. наук., проф.

Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів

Адсорбцію в рідкій фазі можна здійснити, наприклад, шляхом контактування суміші, що містить адсорбат, із зернами адсорбенту в резервуарі для перемішування. Такий процес використовується, зокрема, в при видаленні органічних сполук зі стічних вод під час їх очищення. Більшість комерційних адсорбентів мають пористу структуру, і швидкість видалення компонентів із розчину обмежена дифузією молекул адсорбату в зерна адсорбенту. Крім того, адсорбат спочатку повинен бути транспортований від об'єму рідини до поверхні зерна.

Швидкість адсорбції залежить від коефіцієнта масопередачі в рідині, що оточує зерно, і від величини коефіцієнта дифузії адсорбату в пористому зерні адсорбенту. Дифузійний опір можна зменшити, використовуючи дрібнодисперсні сорбенти, а зовнішньодифузійний процес можна інтенсифікувати збільшення швидкості рідини, що омиває зерна. При моделюванні та проектуванні адсорбційних процесів часто використовують наближені кінетичні моделі.

У роботі використано наближену модель кінетики дифузійних процесів, засновану на теорії локальної ізотропної турбулентності. Метою даного дослідження є визначення коефіцієнтів, що визначають кінетику процесу, на підставі вимірювань, проведених у ємності з мішалкою, та оцінка впливу параметрів процесу у зовнішньо і внутрішньодифузійній області. Дослідження стосувалися адсорбції альбуміну природним цеолітом. Було формування турбулентних потоків, що виникають при обтіканні частинок адсорбента у потоках з різним ступенем турбулентності. Показано вплив гідродинаміки потоку на

інтенсивність масообміну у робочому об'ємі апарату зі змішувальними пристроями.

Процес перемішування було розраховано та візуалізовано у програмному пакеті Comsol multiphysics 5.5 для 300 об/хв (рис. 1). На рис. 1 показано графік розподілу значень поверхневих швидкостей та проекцію векторів швидкості на площині у-z для для турбулентного потоку.

Максимальна швидкість у апараті становила 2.97 м/с.

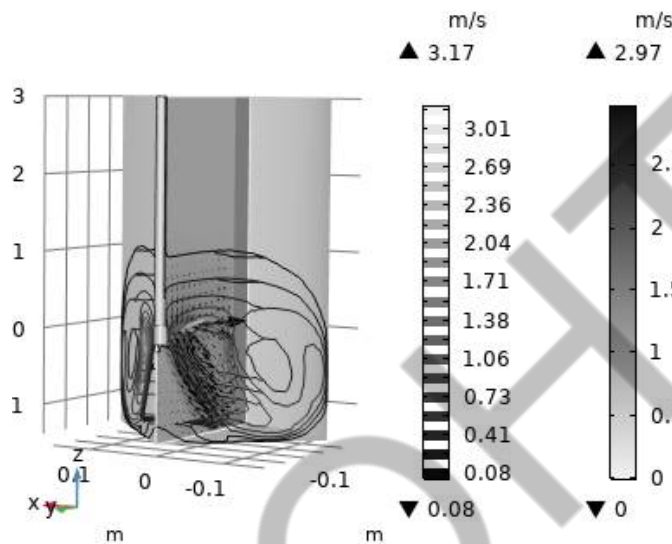


Рис. 1 – Розподіл швидкостей у адсорбері з мішалкою

Максимальне значення надлишкового тиску в апараті з мішалкою становило 474 Па, а значення розрідження біля перемішуючого пристрою -77.95 Па (рис. 2).

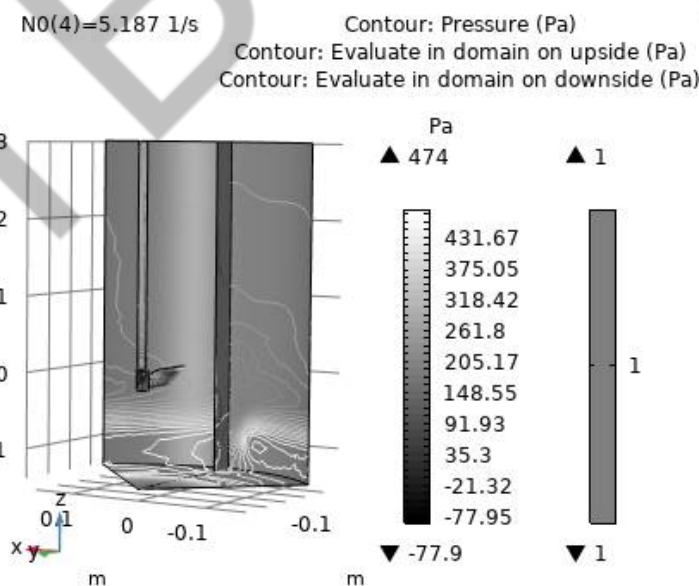


Рис. 2 – Розподіл тисків у адсорбері з мішалкою

Для теоретичного визначення коефіцієнта масовіддачі β у критеріальній формі було одержано наступну емпіричну залежність:

$$\text{Sh} = 0.01 \text{ Re} + 0.3591 \quad (1)$$

Коефіцієнт детермінації становив $R^2 = 0.9972$.

Близькість числових значень коефіцієнтів при числі Рейнольдса вказує на задовільну збіжність теоретичних та експериментальних даних.

КІНЕТИЧНІ ОЗНАКИ МАТЕРІАЛІВ, СХИЛЬНИХ ДО ВІДКЛАДЕНЬ В КАМЕРАХ РОЗПИЛЮВАЛЬНИХ СУШАРОК

Турчина Т.Я., канд. техн. наук, **Макаренко А.А.**, канд. техн. наук,
Костянець Л.О., мол. наук. співр.

Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

Найбільшою проблемою отримання сухої форми складних багатокомпонентних колоїдних розчинів або колоїдних капілярно-пористих матеріалів у вигляді гетерогенних систем харчового призначення є утворення відкладень в камерах розпилювальних сушарок, а при наявності у складі рідинного матеріалу речовин низької температури плавлення – адгезійних налипаних [1]. Це призводить до низки негативних наслідків:

- зниження інтенсивності тепломасообмінних процесів в робочому об'ємі сушильної камери та зниження ефективності процесу сушіння як такого;
- зниження якості порошкової продукції через несвоєчасне видалення порошку з зони термічної дії;
- істотне скорочення тривалості безперервної експлуатації сушильної установки, пов'язане з необхідністю періодичного очищення стінок камери від накопиченого шару продукту.

При розпилювальному зневодненні колоїдних і колоїдних капілярно-пористих матеріалів важливу роль відіграють паропровідні властивості структури поверхневого шару крапель. Більшість рідинних матеріалів харчового призначення з рослинної, плодової або зернової сировини не забезпечені у повній мірі структуруючим потенціалом (білками, декстринами, таніном, рутином, пектином та ін.), що призводить до зниження ефективності їх висушування, свідченням чого є підвищена вологість, грудкування і малий термін зберігання порошку [2].

Такі складності вимагають більш ретельного підходу при виборі конструкції та типорозміру камери розпилювальної сушарки, а для запобігання відкладень – вивчення адгезійних властивостей матеріалу в умовах термічного зневоднення у диспергованому стані в залежності від температурно-вологісного стану краплі на виході з факелу розпилю.

Мета роботи полягала у визначенні кінетичних ознак рідинними матеріалами, які проявляють схильність до відкладень/адгезійних налипань в камерах розпилювальних сушарок на основі аналізу експериментальних кінетичних характеристик тепломасопереносу при зневодненні їх крапель.

Враховуючи великий досвід досліджень кінетики сушіння одиничних крапель рідинних матеріалів різної природи і апробації технології їх сушіння на експериментальних та дослідно-промислових розпилювальних сушарках, нами було проведено аналіз кінетичних параметрів крапель в момент досягнення ними крапки кр.3 (на термограмі), коли в процесі зневоднення досягається той самий параметр максимального гігроскопічного вологовмісту $u_{кр3}/u_0$, який можна співставити зі станом крапель (часток) на виході з факелу розпилу в камері розпилювальної сушарки і, тим самим, прогнозувати адгезійну спроможність часток у «пристінній зоні» камери. При цьому, в силу впливу фізико-хімічного складу рідинного матеріалу на реологічні і дифузійні властивості поверхневої кірочки висушуваних крапель важливо було визначити розбіжності у показниках відносної тривалості зневоднення краплі до критичної крапки кр.3.

За результатами аналізу статистичних даних кінетики сушіння крапель численних рідинних об'єктів розпилювального сушіння виявилось, що для матеріалів, що висушувалися до низької вологості і завдяки високим сепараційним характеристикам мали високий вихід (понад 95%) з камери розпилювальної сушарки, показники відносного вологовмісту у крапці кр.3 мали мінімальні значення $u_{кр3}/u_0 \leq 0,2$, а значення відносної тривалості процесу зневоднення до крапки кр.3 $\tau_{кр3}/\tau_{заг}$ максимально наближались до значень зневоднення крапель води, але були на 12-30% менші.

Для рідинних матеріалів, що проявляли в камерах розпилювальних сушарок термопластичні і адгезійні властивості, показники відносного вологовмісту крапель у крапці кр.3 мали стабільно більші значення ($u_{кр3}/u_0 \geq 0,25$), а значення відносної тривалості процесу зневоднення до крапки кр.3 знижувались у 1,5-2 рази.

Тобто, взявши ці експериментальні кінетичні дані за непрямі ознаки рідинних матеріалів, схильних до відкладень в камерах розпилювальних сушарок, можна стверджувати про необхідність застосування тих чи інших структуруючих добавок для підвищення паропровідних властивостей структури поверхневого шару крапель при розпилювальному сушінні, а при необхідності – застосування теплотехнічних заходів для охолодження таких порошків у режимі безперервного перемішування, що було ефективно апробовано при сушінні грибних суспензій та яблучного соку. Застосування у якості структуруючої добавки білків у композиціях з солодовим екстрактом, розчинами лецитину, яблучним соком або β -циклодекстрину у суспензії грибів шиїтаке забезпечило отримання високоякісного порошку тривалого терміну зберігання, при цьому вихід сухого продукту з камери розпилювальної сушарки за відсутністю відкладень складав 92-95%.

Висновки. Проведені дослідження показали, що за експериментальними кінетичними характеристиками процесу тепломасопереносу при зневодненні одиничних крапель, зокрема у крапці кр.З. можна ідентифікувати рідинний продукт як потенційно схильний до відкладень або адгезійний об'єкт розпилювального сушіння.

Література

1. Долинский А.А., Малецкая К.Д. Распылительная сушка. В 2-х т. Т. 1 Теплофизические основы. Методы интенсификации и энергосбережения. – Киев: Академперіодика. 2011. 376 с.
2. Долинский А.А., Малецкая К.Д. Распылительная сушка.: В 2-х т. Т. 2: Теплотехнологии и оборудование для получения порошковых материалов. - Киев: Академперіодика, 2015. 390 с.

ВПЛИВ КОНЦЕНТРАЦІЇ РОЗЧИНУ ФРУКТОЗИ НА ПИТОМУ ТЕПЛОТУ ВИПАРОВУВАННЯ

Михайлик В.А.¹, к.т.н., с.н.с., **Дмитренко Н. В.**¹, к.т.н.,
Корінчевська Т.В.¹, к.т.н., **Парняков О.С.**², д-р філософії,
Снєжкін Ю.Ф.¹, д.т.н., професор

¹*Інститут технічної теплофізики НАН України*

²*Elea Technology GmbH, Квакенбрюк, Німеччина*

При випаровуванні рідини поглинається теплота, що витрачається на подолання сил молекулярного зчеплення в рідкій фазі і на роботу розширення при перетворенні рідини в пар. Сили молекулярного щеплення (енергія зв'язку) відіграють основну роль, їх частка в теплоті випаровування складає від 93 до 95% (залежить від температури). Енергія зв'язку між молекулами розчиненої речовини та води залежать від природи речовини, від її здатності до гідратації (зв'язування води). В результаті донорно-акцепторних взаємодій між молекулами цукру та води виникають водневі зв'язки, які перевищують за енергією зв'язки, що існують між молекулами води.

Цукри, що входять до складу багатьох фруктів, ягід та овочів представлені в основному моносахаридами – глюкозою та фруктозою, і дисахаридом – сахарозою. Відмінність, що існує в хімічній та структурній будові цих речовин, впливає на енергію зв'язку з молекулами води. Тому вивчення впливу концентрації розчину різних цукрів на питому теплоту випаровування води має як наукове так і практичне значення, оскільки основна частина води, що видаляється в процесі сушіння цукровмісної сировини, випаровується з соку в умовах зростаючої його концентрації.

Нашими попередніми дослідженнями було показано, що питома теплота випаровування води з розчинів сахарози залежить від ступеня гідратації саха-

рози і зі збільшенням концентрації розчину від 12,5 мас.% до стану пересичення зростає на 7–10% [1].

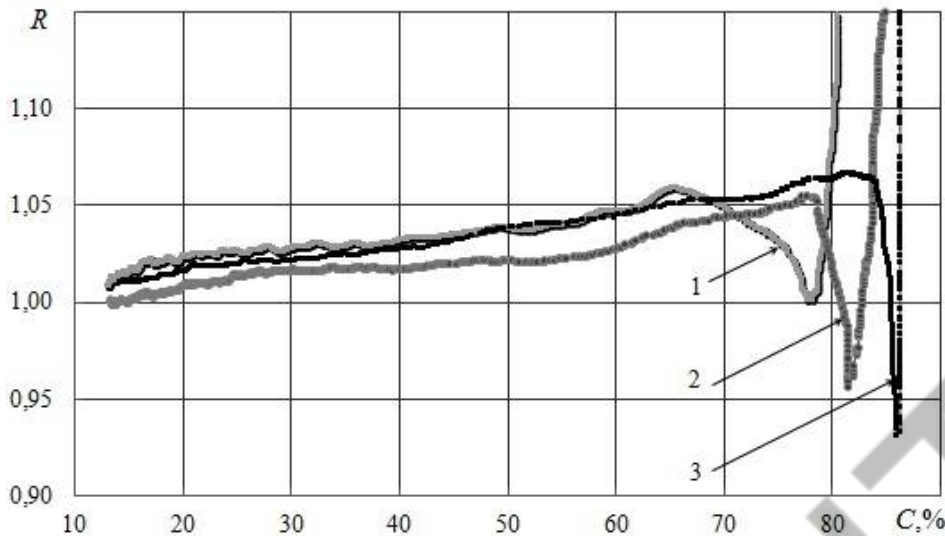


Рис. 1 – Зміна R при ізотермічному концентруванні розчинів D-фруктози за 40 (1), 60 (2) та 80°C (3)

Експериментальні значення питомої теплоти випаровування води r для порівняння та кращого наочного сприйняття надані в вигляді безрозмірного параметра $R = r/r_{tab}$ в залежності від концентрації розчину (рис.), де r_{tab} – питома теплота випаровування чистої води з вільної поверхні.

З представлених кривих видно, що питома теплота випаровування зростає при збільшенні концентрації розчину. Через спонтанну кристалізацію фруктози, яку спостерігаємо в пересичених розчинах в вигляді теплової генерації і яка за потужністю перевищує витрати теплоти на випаровування, криві мають перегин. Знаходження максимуму піка перегину залежить від розчинності фруктози та в'язкості розчину. Одночасне протікання процесів випаровування та кристалізації унеможливорює достовірне калориметричне визначення теплоти випаровування.

В розчинах з вихідною концентрацією 12,5 мас.% R близький до одиниці, тобто питома теплота випаровування води з розчинів малої концентрації практично дорівнює r_{tab} . Зменшення ступеня гідратації фруктози до 5 моль/моль відбувається зі зростаючими, практично лінійно, питомими витратами теплоти. Видалення води з першої координаційної сфери, коли ступінь гідратації становить <5 [2], зростання питомої теплоти випаровування є більш крутим і загальною її перевищення r_{tab} досягає 6 – 7%.

Ґрунтуючись на результатах вимірювання питомої теплоти випаровування води з розчинів фруктози низької та високої концентрації, можна стверджувати, що енергія зв'язку води в першій координаційній сфері фруктози має більш високу величину, ніж у зв'язках більш віддалених від молекули фруктози. До того ж характер кривих R в період видалення води з першої координаційної сфери свідчить про те, що кожна наступна молекула води, що видаляється, до

В калориметрі випаровування за методикою, яка була викладена в [1], досліджено вплив концентрації на теплоту випаровування води з розчину D-фруктози в ізотермічному режимі за 40, 60 та 80°C.

Експериментальні значення

початку кристалізації має більш високу енергію зв'язку з молекулою фруктози.

Враховуючи, що фруктоза і глюкоза мають практично однакову концентраційну залежність ступеня гідратації, можна припустити, що у цих розчинів буде однаковою і залежність питомої теплоти випаровування води від концентрації, яку необхідно врахувати в теплових розрахунках процесів сушіння цукромісної сировини та відповідного обладнання.

Література

1. Mikhailik V.A., Dmitrenko N.V., Snezhkin Y.F. Investigation of the influence of hydration on the heat of evaporation of water from sucrose solutions // *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. 2019. Vol. 92, No 4. P. 916–922.
2. Михайлик В.А. Применение термических методов исследования в решении научных и производственных задач энергоэффективности // *Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]*. 2007. Вип. 31, Т. 1. С. 170–177.

ENERGY EFFICIENT METHOD OF OBTAINING ZIRCONIUM AND HAFNIUM OF HIGH-PURITY

Nefedov V.G., SciD., Prof., Mukhachev A.P., PhD, Sukhyy K.M., SciD., Prof., Belyanovskaya E.A., PhD, Assoc. Prof., Sukhyy M.K., student
State higher educational institution «Ukrainian State University of Chemical Technology», Dnipro

As a result of strong depolarization during interaction with carbon, the potential of the discharge of fluorine ions decreases from 2.93 to 0.9 V, which is lower than the potential of the discharge of chlorine ions, equal to 1.2 V at a temperature of 700 °C. At the same time, two electrochemical reactions take place at the anode:



On carbon fluoride, the chlorine ion discharge potential drops to 0.78V, and the following reaction can occur:



When CF interacts with chlorine, a thermodynamically unstable compound CFCl is formed, which decomposes into a number of more stable freons of the composition $CF_{4-m}Cl_m$ (де $m=0, 1, 2, 3$):



Analyzes of the composition of the anode gas showed the following concentrations of freons: Ф-11 - $5\pm 1\%$, Ф-12 - $4\pm 1\%$, Ф-13 - $9\pm 2\%$, Ф-14 - $18\pm 2\%$ and chlorine $57\pm 3\%$ with the sum of Co, CO₂, O₂ and N₂ equal to 5%. Thus, the proportion of freons in the anode gas is approximately 36%, and the proportion of each freon β in the mixture of freons Ф-11 - 14%, Ф-12 - 11%, Ф-13 - 25%, Ф-14 - 50%

The content of CF₄ in the anode gas is less than 20%, but as a result of the anode effect, it can increase to 30% or more. This accelerates the destruction of the anode and increases the carbon content of the cathode product. The highest rate of anode destruction is observed in K₂ZrF₆ – KCl – KF electrolyte. It is equal to 0.7 kg of carbon per 1 kg of powder. The rate of anode destruction in the electrolyte K₂ZrF₆ – KCl – KF – KJ and ZrF₄ – KCl – KF is almost the same and is 0.11 and 0.13 kg per 1 kg of zirconium powder. Compared to the first electrolyte, it decreases by 6 times, which is caused by a decrease in the concentration of KF in the electrolyte by 5-7% and an increase in the concentration of Zr by 20%. The composition of the electrolyte affects the discharge process of chlorine ions. Chlorine and freon output at the anode and electricity consumption at different electrolyte compositions are shown in the table.

Table 1 - Output of chlorine and freons at the anode and power consumption at different electrolyte compositions

№ з/п	Electrolyte / Composition	Zirconium current output, %	Output of freons, kg/1kg of powder	Electricity consumption kWh/kg	Entrance of chlorine per 1 kg of powder
1.	K ₂ ZrF ₆ – KCl – KF	55,0	1,00	70,0	0,60
2.	K ₂ ZrF ₆ – KCl – KF – KI	65,0	0,78	56,0	0,05
3.	ZrF ₄ – KCl – KF	85-90,0	1,50	40,0	0,74

The content of Zr in ZrF₄ salt, compared to K₂ZrF₆, increases from 32.1% to 54%, which allows to increase the concentration of Zr in the electrolyte by 20% to 6.0% and increase the productivity of the electrolyzer from 160 to 180 kg of powder per day. In the process of electrolysis, KF is formed in an amount sufficient to keep the electrolyte level in the bath constant.

Salt replacement increased the current output to more than 85%, which made it possible to reduce the specific electricity consumption from 56.0 kWh to 40 kWh per 1 kg of powder. The operating time of electrolysis in the closed mode increases due to the exclusion of the electrolyte drain operation up to 90%, which improves the quality of the powder and reduces its cost.

Thus, the processes of obtaining freons by processing anodic gases in the production of zirconium of nuclear purity have been considered. Anodic processes in the production of zirconium and hafnium were analyzed. The disadvantages of using the traditional K₂ZrF₆ – KCl – KF electrolyte are shown. It is proposed to introduce potassium iodide in the amount of 0.03-0.5% iodine into the electrolyte, which reduces

the chlorine discharge at the anode and reduces its concentration in the anode gas to 1%. It is shown that when the electrolyzer operates with a current load of 10kA on K₂ZrF₆ – KCl – KF – KI electrolyte, its productivity increases by 6%, the consumption of KCl decreases from 218.0 kg to 40.0 kg per day, due to a decrease in the discharge of KCl in the presence of iodine ions reducing the formation of ballast (KF) by 1.8 times stabilizes the electrolyte level and the electrolysis process. At the same time, the current output increases to 65%, the consumption of electricity and salts decreases. The concentration of F in the electrolyte decreases by 5%. The consumption of a mixture of K₂ZrF₆ and KCl salts, with the introduction of KI, decreases by 1.7 times, the specific consumption of NaOH alkali for cleaning gas from chlorine drops from 0.7t to 0.01t per 1t of Zr. This makes it possible to reduce the specific consumption of electricity from 56 kWh/kg of zirconium powder to 40 kWh/kg.

Replacing K₂ZrF₆ with ZrF₄ and reducing the fluoride content of the electrolyte by 3÷5% makes the electrolyte less viscous and more electrically conductive, helps to increase the current output to 85-90%, which allows reducing the specific electricity consumption to 40 kWh per 1 kg of powder.

Processing of products of anodic processes allows to obtain F-11 - F-14 freons. It was established that the introduction of potassium iodide into the electrolyte increases the content of freon 14 in the anode gas, when introducing KI from 20 to 60%, and CF₃Cl from 5 to 35%, exclude or reduce by an order of magnitude the formation of freons 11 and 12. The maximum specific yield of freons is set for electrolyte ZrF₄ – KCl – KF.

УДК 621.311.68:631.563

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ СУШІННЯ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ НА СТРІЧКОВІЙ МІКРОХВИЛЬОВІЙ УСТАНОВЦІ

Яровий І.І., к.т.н., доцент, **Алі В.П.** аспірант,

Одеський національний технологічний університет, м. Одеса, Україна

За останнє десятиліття мікрохвильовий спосіб сушіння набув досить широкого застосування і отримав багато реалізацій, найбільш поширені з яких можна вважати типовими конструкціями. Серед апаратів, орієнтованих на безперервний процес обробки сипкої сировини, типовою можна вважати стрічкову конструкцію з лінійним, послідовним розміщенням сушильних мікрохвильових камер. Варіації таких конструкцій повторюються у багатьох виробників мікрохвильового обладнання для сушіння та стерилізації сипучих продуктів. В якості прикладу можна привести декілька зразків стрічкових мікрохвильових сушарок компанії «Kerone» (Індія) [1] рис. 1.



Рис. – Мікрохвильові сушильні апарати стрічкового типу

До варіативної складової в конструкції стрічкових сушильних апаратів відносяться ті, що визначають продуктивність апарату та основний тип сировини з яким апарат має працювати. До них, в першу чергу слід віднести ширину стрічки транспортного конвеєра і висоту шлюзового каналу. Швидкість конвеєра як правило регулюється в широких межах, чим і забезпечується плавне регулювання продуктивності та/або інтенсивність обробки матеріалу мікрохвильовим електромагнітним полем, а висота каналу визначає вертикальні габаритні розміри окремих частинок матеріалу, що піддається обробці.

Ще одним важливим параметром такої конструкції мікрохвильової сушарки є кількість зон сушіння – мікрохвильових камер де власне і проходить нагрівання і випарювання вологи з матеріалу при його проходженні через зону впливу мікрохвильового електромагнітного поля. Саме комбінація таких параметрів як ширина стрічки та кількість сушильних камер визначає максимальну продуктивність апарату по видаленій волозі.

Більшість конструкцій МХ сушарок мають цілісну конструкцію у вигляді станини на якій змонтовано необхідне обладнання у вигляді одного сушильного тунелю або окремих мікрохвильових сушильних камер з'єднаних між собою транспортними тунелями або відділених одна від одної металевими екрануючими перегородками, рис. 2.

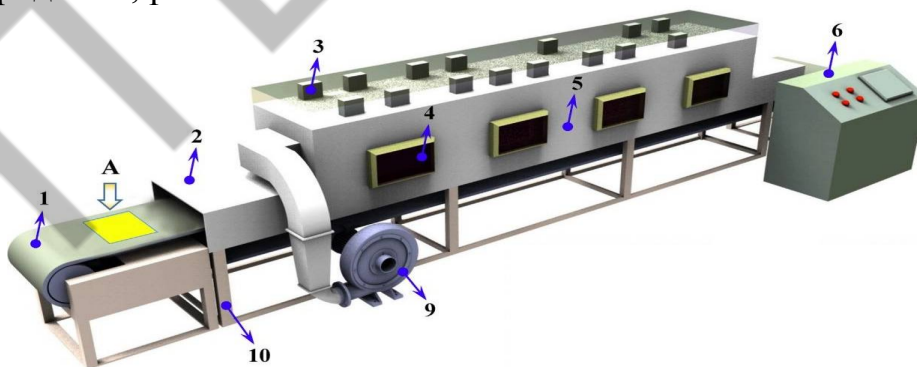


Рис. 2 – Конструкція стрічкового сушильного МХ апарату. 1 – стрічковий конвеєр; 2 – захисний тунель; 3 – магнетрони; 4 – оглядове вікно; 5 – сушильна камера; 6 – пульт керування; 9 – вентилятор аспірації; 10 – основа апарату

В якості генераторів електромагнітного поля найчастіше використовують магнетрони з частотою коливань 2450 МГц, та потужністю в межах від 1 до 3

кВт споживаної електричної енергії. Розміщення магнетронів в камері, режим їх роботи та конструктивні особливості сушильних камер, як правило є елементами «ноу-хау» розробників і мало висвітлюється в доступних джерелах інформації. Узагальнено принцип роботи МХ сушарки відображає рис.3.

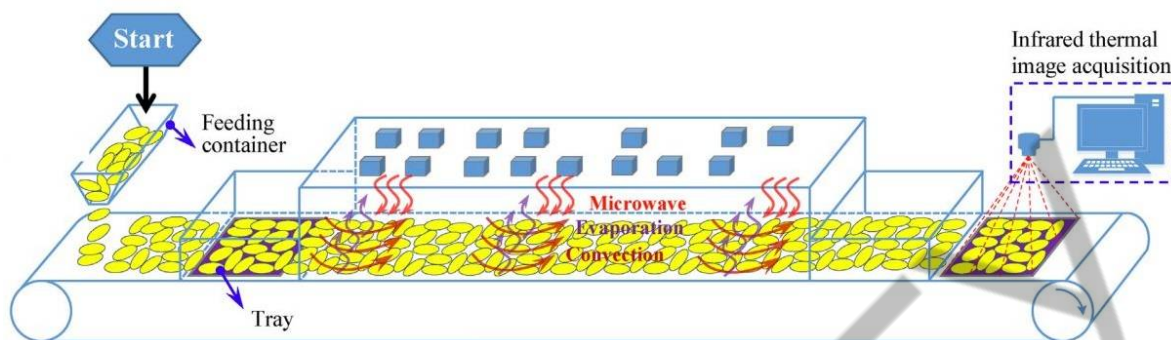


Рис. 3 – Принцип роботи стрічкового сушильного МХ апарату

Взаємодія мікрохвильового поля та вологи в матеріалі, що піддається сушінню, неодноразово висвітлювалась, наприклад в джерелі [2]. Однією з проблем впровадження МХ сушіння в існуючі процеси харчової та переробної промисловості є дуже обмежена кількість інформації, щодо реальних результатів використання даної технології для обробки сировини та продуктів різного типу та призначення. Існує достатньо матеріалів з результатами дослідження процесу МХ сушіння різних рослинних матеріалів в стаціонарних сушильних камерах, для чого переважно використовуються побутові та промислові мікрохвильові печі. Проте фізичне моделювання взаємодії рухомого шару сировини та МХ поля в межах такого експерименту є неповним. Для створення достатньо повної фізичної моделі такої взаємодії з метою отримати та узагальнити параметри процесів вологовидалення для типових видів сировини авторами створено дослідну установку, що в повній мірі моделює рух зразка вологого матеріалу через МХ поле сушильної камери. Додатково до МХ нагрівання установка дозволяє моделювати процеси фільтраційного сушіння. Схема та фото установки приведено на рис. 4.

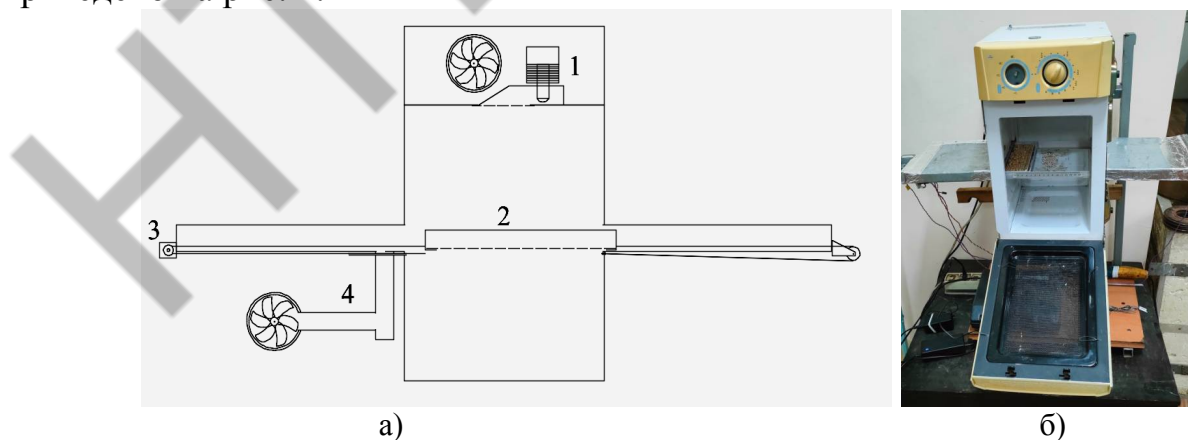


Рис. 4. а) Схема дослідної установки: 1- магнетрон; 2-касета зі зразком матеріалу; 3-привід касети; 4-вентилятор та система продування шару продукту. б) фото установки (сушильна камера відкрита).

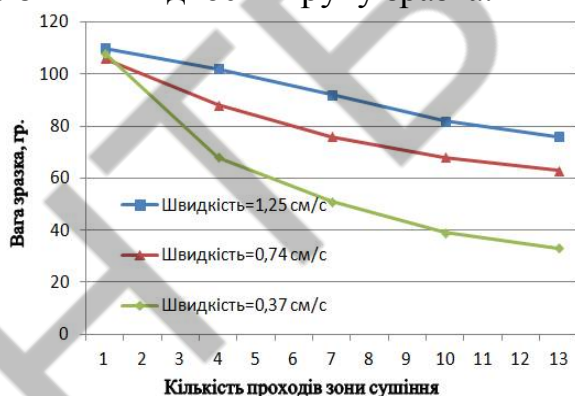
Користуючись раніше розробленою методикою [3], проведено декілька пілотних експериментів для оцінки кінетики вологовидалення з рухомого шару рослинної сировини, в якості якої використано різані «соломкою» яблука та горох з початковою вологістю понад 35%.

Алгоритм дослідження полягав у наступному. Різані плоди яблук розклались в один шар на сітчатому дні пластикової (радіо прозорої) касети розмірами 19 x 18 см. Касета з матеріалом зважувалась і встановлювалась в лоток приводу установки. Таким чином касета моделює фрагмент стрічки МХ сушарки з розміщеною на ній сировиною.

Після подачі команди запуску керуючий блок установки за заданою програмою, з заданою швидкістю руху касети протягує її через сушильну камеру та ділянку фільтраційного сушіння. По завершенні проходу касета транспортується до початкового положення для зважування та контролю температури. При необхідності можливо запустити процес багаторазового проходження касети через зону сушіння без проміжних зупинок. Такий алгоритм роботи установки можна вважати достатньо повною фізичною моделлю роботи мікрохвильової стрічкової сушильної установки.

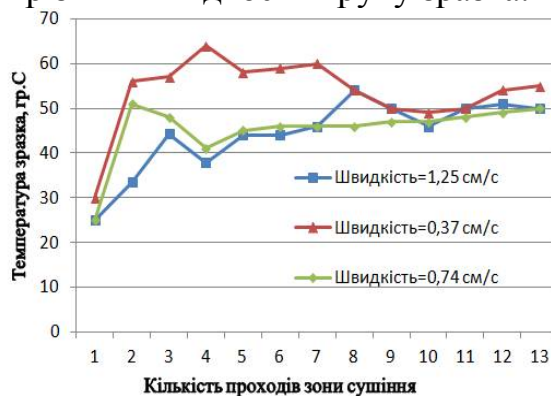
Використання касети в якості моделі фрагменту рухомого транспортною стрічкою потоку сировини дозволяє з високою точністю визначати величину вологовидалення після кожного проходу зразка через сушильну камеру. А регулювання швидкості руху касети дозволяє реалізувати широкий діапазон інтенсивності обробки матеріалу електромагнітним полем. Типові залежності, отримані в ході експерименту з різаними яблуками показано на рис. 5.

Процес видалення вологи при різних швидкостях руху зразка.



а)

Термограми процесу сушіння при різних швидкостях руху зразка.



б)

Рис. 5 – Кінетика процесу вологовидалення з рухомого шару різаних яблук

Отримані залежності відповідають очікуваним результатам, відображають високу ефективність способу МХ сушіння та доцільність продовження досліджень в даному напрямку. В подальшому планується провести дослідження

процесу сушіння оболонок цитрусових, вичавок яблук та цукрового буряка за програмою отримання пектиновмісної сировини.

Література

1. kerone.com [Електронний ресурс] : [Інтернет-представництво компанії]. – Режим доступу: <http://www.kerone.com/industrial-dryers.php>
2. Бурдо, О. Г. Технології направленного енергетического действия в АПК [Текст] / О. Г. Бурдо // Наук. пр. / Одес. нац. акад. харч. технологій. Сер. Техн. науки. — Одеса, 2015. — Вип. 47, т. 1. — С. 4-10 : табл., рис. — Бібліогр.: 11 назв.
3. Яровий, І.І. Перспективи використання технологій адресної доставки енергії у виробництві пектинів/П Яровий, ВП Алі//Збірник тез доповідей 81-ї наукової конференції викладачів академії, Одеса, 27–30 квіт. 2021 р./Одес. нац. акад. харч. технологій; під заг. ред. БВ Єгорова.–Одеса: ОНАХТ, 2021.–С. 219–221: рис.–Бібліогр.: 1 назв.

УДК 664.8.047

ОСОБЛИВОСТІ СУШІННЯ НАСІННЯ СОЇ З ОТРИМАННЯМ ВИСОКОЇ СХОЖОСТІ МАТЕРІАЛУ FEATURES OF DRYING SOYBEAN SEEDS WITH OBTAINING HIGH SIMILARITY OF MATERIAL

Пазюк В.М., д.т.н., доцент

Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

Анотація. Вирощування сої в Україні набуває все більшого поширення, за експортними показниками вона займає третє місце після кукурудзи та пшениці. Основним критерієм якості матеріалу становить його здатність до пророщування після теплової обробки. Складність сушіння насіння сої пов'язано з особливостями будови, що складається з оболонки та ядра, які по різному реагують на тепловий вплив.

Сушіння при невисоких температурах від 30 до 40°C значно збільшує тривалість процесу, що може вплинути на якісні характеристики матеріалу і істотно збільшити енергетичні витрати. Сушіння при високих температурах теплоносія знижує насінневі властивості матеріалу, тому необхідно розробити такі технологічні режими, які зменшать тривалість процесу при високій схожості матеріалу.

Для вирішення цього завдання були проведені дослідження сушіння насіння сої в елементарному шарі на сучасному сушильному стенді із комп'ютерною обробкою даних експерименту.

Проведено ряд досліджень від дії трьох факторів: температури теплоносія, швидкості руху теплоносія та початкової вологості насіння. Основним параметром сушіння є температура теплоносія, яку запропоновано підвищити до 50°C, що вище за попередньо запропоновані режими на 10°C різними авторами.

З метою підвищення інтенсифікації та енергоефективності процесу сушіння насіння сої запропонований двохступеневий режим сушіння 60/50°C, що забезпечує інтенсивне прогрівання та випаровування вологи з матеріалу на початковій стадії процесу. Тривалість процесу сушіння в ступеневому режимі 60/50 С зменшується на 17% в порівнянні з режимом 50°C,

схожість збільшується на 7% до 100%, що повністю зберігає насінні властивості матеріалу і максимально знижує вплив теплової обробки.

Abstract. Soybean cultivation is becoming more widespread in Ukraine, and in terms of exports it ranks third after corn and wheat. The main criterion for the quality of the material is its ability to germinate after heat treatment. The difficulty of drying soybean seeds is due to the peculiarities of the structure, which consists of a shell and kernel, which react differently to heat.

Drying at low temperatures from 30 to 40°C significantly increases the duration of the process, which can affect the quality characteristics of the material and significantly increase energy costs. Drying at high temperatures of the coolant reduces the seed properties of the material, so it is necessary to develop such technological modes that will reduce the duration of the process with high germination of the material.

To solve this problem, studies of drying soybean seeds in the elementary layer were carried out on a modern drying stand with computer processing of experimental data.

A number of studies on the action of three factors: coolant temperature, coolant velocity and initial seed moisture. The main parameter of drying is the temperature of the coolant, which is proposed to increase to 50°C, which is higher than the previously proposed modes by 10°C by various authors.

In order to increase the intensification and energy efficiency of the soybean drying process, a two-stage drying mode of 60 / 50°C is proposed, which provides intensive heating and evaporation of moisture from the material at the initial stage of the process. The duration of the drying process in the step mode 60/50 C is reduced by 17% compared to the mode 50°C, germination increases by 7% to 100%, which fully preserves the seed properties of the material and minimizes the impact of heat treatment.

Ключові слова: теплотехнологія, енергоефективність, сушіння, насіння сої.

Key words: heat technology, energy efficiency, drying, soybean seeds.

Постановка проблеми. Особливість сушіння насіння сої полягає в тому, що зернівка повільно віддає вологу і легко травмується від механічного та теплового впливу.

Крім того, оболонка сої при тепловому впливі висихає нагрівається швидше чим ядро, починає збільшуватись і під внутрішнім тиском в середині зерна розривається в наслідок чого сім'ядолі розділяються. Тому ці особливості сушіння накладають вимоги до вибору сушильної установки, зокрема насіння сої можливо сушити в камерних, конвеєрних та тунельних сушарках.

При аналізі досліджень сушіння насіння сої таких авторів, як Broker D.B., J.V. Franca Neto, Krzyzanowski F.C., Afrakhteh S., Станкевича Г.М., Атаназевича В.І та ін., надані наступні рекомендації:

- температура нагрівання матеріалу не повинна перевищувати 43°C, хоча є дослідження які вказують на можливість підвищення температури навіть до 60°C [1-6];

- насіння повинно сушитись в одному шарі.

Проведені дослідження із сушіння сої від початкової вологості 22% до кінцевої вологості 12% при температурі сушильного агента 54,4°C і відносної вологості нижче 40% вказали на зниження схожості насіння та приводить до розтріскування та збільшення кількості тріщин на насінній оболонці [4]. Проблеми

пересушування може виникнути, якщо відносна вологість повітря нижче від 35 до 40 відсотків. Сильне пересушування може спричинити зниження життєздатності та підвищення крихкості насіння сої [7]

Мета статті. Знайти оптимальне поєднання параметрів сушіння насіння сої, що дозволить мінімізувати втрати якості насіння після теплової обробки.

Матеріали та методи досліджень. Для проведення досліджень вибраний сорт сої «Княжна». Потенціал урожайності – 4,0 - 4,5т/га. Сорт стійкий до дефіциту вологи в період формування і наливу насіння.

При проведенні досліджень кінетики сушіння насіння сої застосовували експериментальні методи з використанням сучасних засобів вимірювання параметрів процесу, таких як: час проведення досліду, температури теплоносія, маса зразка та температури нагрівання матеріалу. За допомогою автоматизованих систем збору та обробки інформації в розроблених програмах побудовані графіки кінетики процесу. Програма досліджень передбачає побудову графіків кінетики процесу сушіння та швидкості сушіння насіння сої [8].

Для оцінки якості насіння використані стандартні методи досліджень передбачені ДСТУ 2240 – 2002, ДСТУ 4138 – 2002.

Теоретичні дослідження проведені з використанням методів, що ґрунтуються на основних положеннях теорії тепломасообміну, теорії подібності, що оброблялись за допомогою комп'ютерних технологій.

Експериментальна частина. Із підвищенням температури від 40 до 60°C тривалість сушіння сої зменшується на 90 хв, або на 53% від загального часу (рис. 1).

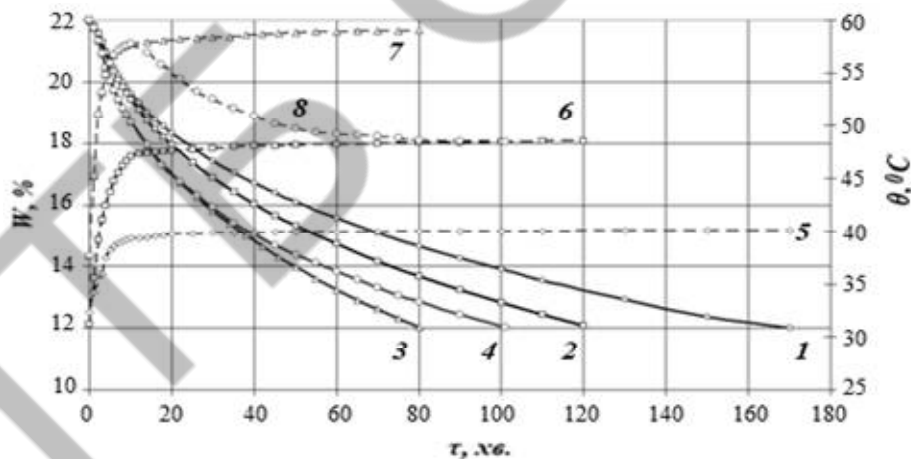


Рис. 1 – Вплив температури теплоносія та температури нагрівання насіння сої на тривалість сушіння:
 $W_n = 22\%$, $V = 1,5$ м/с, $d = 10$ г/кг с. п., $\delta = 2$ мм:
 1,5 – 40°C, 2,6 – 50°C, 3,7 – 60°C, 4,8 – 60/50°C.

Інтенсивність процесу сушіння насіння сої можна досягнути через застосуванням ступеневого режиму 60/50°C, дозволяє прискорити процес на 23% від режиму сушіння 50°C. Доцільність застосування ступеневого режиму підтверджено дослідженнями якісних характеристик матеріалу.

В ступеневому режимі сушіння 60/50°C температура теплоносія та тривалість теплового впливу змінюється наступним чином: нагрівання при температурі 60°C – 8 хв, перехід від температури 60 до 50°C – 22 хв, сушіння при температурі 50°C – 71 хв. Тобто біля 70% часу відбувається сушіння при температурі теплоносія 50°C.

При аналізі схожості насіння сої сорту «Княжна» можна зазначити високу схожість в ступеневому режимі 60/50°C на рівні 100%, у всіх інших зазначених режимів схожість нижче. Навіть при температурі 40°C схожість складає 96%, що нижче на 4% від схожості в ступеневому режимі сушіння 60/50°C (рис. 2).

На рис. 2 в рамці показана зміна схожості насіння сої від впливу температури теплоносія при початковій вологості 22% та швидкості руху теплоносія 1,5 м/с. Оцінюючи схожість спостерігаємо вищу схожість за вихідну, тобто теплова обробка в ступеневому режимі 60/50°C покращує насінневі властивості матеріалу.

Розглянута зміна якості насінневого матеріалу при температурі теплоносія 50°C від зміни початкової вологості та швидкості руху теплоносія. Підвищення температури теплоносія на 20°C, в діапазоні температур 40 - 60°C, знижує схожість насіння сої на 6%. Збільшення початкової вологості від 16 до 22% при температурі теплоносія 50°C зменшує схожість на 2%, а зміна швидкості від 1,5 до 1,0 м/с на 1%.

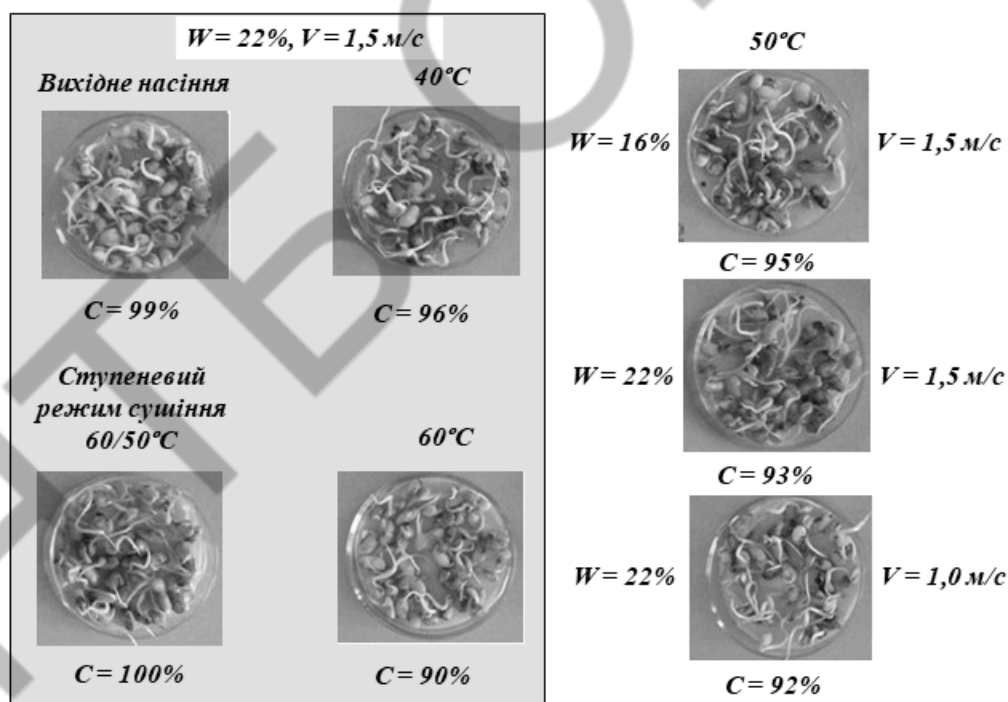


Рис. 2 – Схожість насіння сої сорту «Княжна» на 7 день пророщування від впливу режимів сушіння

Висновки. Розроблені ступеневі режими сушіння дозволяють більш ефективно проводити сушіння насіння сої з вищими показниками якості насінневого

матеріалу. Найбільш доцільний режим для сушіння насіння сої є двоступеневий режим сушіння 65/50°C від режиму сушіння 50°C відрізняється тим, що збільшує інтенсивність процесу на 23% та зберігає схожість на рівні 100%.

Література

1. Станкевич Г. М. Сушіння зерна: Підручник / Г.М. Станкевич, Т.В.Страхова, В.І. Атаназевич – К.: Либідь, 1997. – 352 с.
2. Broker, D.B.; Bakker-Arkema, F.W.; Hall, C.W. Drying cereal grains. Westport: AVI, 1974. 265p.
3. Franca Neto, J.B.; Henning, A.A.; Krzyzanowski, F.C., Soybean seed drying. Seed production and technology for the tropics. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Tropical soybean: improvement and production. Rome: FAO, 1994. p.217-240. (FAO Plant Production and Protection Series, 27).
4. Boyd, A.H. Heated air drying of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) seed. 1974. 90f. Dissertation (Doctor of Philosophy) -Faculty of Mississippi State University, Mississippi State, 1974.
5. Krzyzanowski, F.C, West, S.H, Franca Neto, J.B. Drying soybean seed using air ambient temperature at low relative humidity. Revista Brasileira de Sementes, vol. 28, n. 2, p.77-83, 2006.
6. Afrakhteh, S, Frahmndfar, E, Hamidi A. and Ramandi H. Evaluation of Growth Characteristics and Seedling Vigor in Two Cultivars of Soybean dried under different Temperature and Fluidized bed dryer. Intl J Agri Crop Sci. Vol., 5 (21), 2537-2544, 2013.
7. ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. Rules For Testing Seeds. Journal of Seed Technology, Beltsville, v.6, n. 2,126p, 1987.
8. Pazyuk V. Petrova Zn., Chepeliuk O. Determination of rational modes of pumpkin seeds drying. Ukrainian Food Journal. 2018. Volume 7, Issue 1. P. 135 – 150.

УДК 621.311.694.3

РОЗРАХУНОК ШВИДКОСТІ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ ПРИ ОХОЛОДЖЕННІ ПОРОЖНИСТИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ТІЛ

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

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

Вступ. Пропонується використання ежектора для охолодження гарячої циліндричної труби за рахунок всмоктування прохолодного повітря у камеру змішування.

Ежектор — це струминний насос для відсмоктування газів, пари, рідин або сипких мас за рахунок передачі кінетичної енергії від робочого середовища (що рухається) до відсмоктувального. Дія ежектора заснована на розрідженні, що створюється у ньому струминою іншого газу (пари, рідини), яка швидко рухається. Це явище носить назву ежекція [1].

Основний матеріал. У даній роботі використовується принцип ежекції для охолодження байпасної труби котлоутилізатора КЕУ (рис. 1).

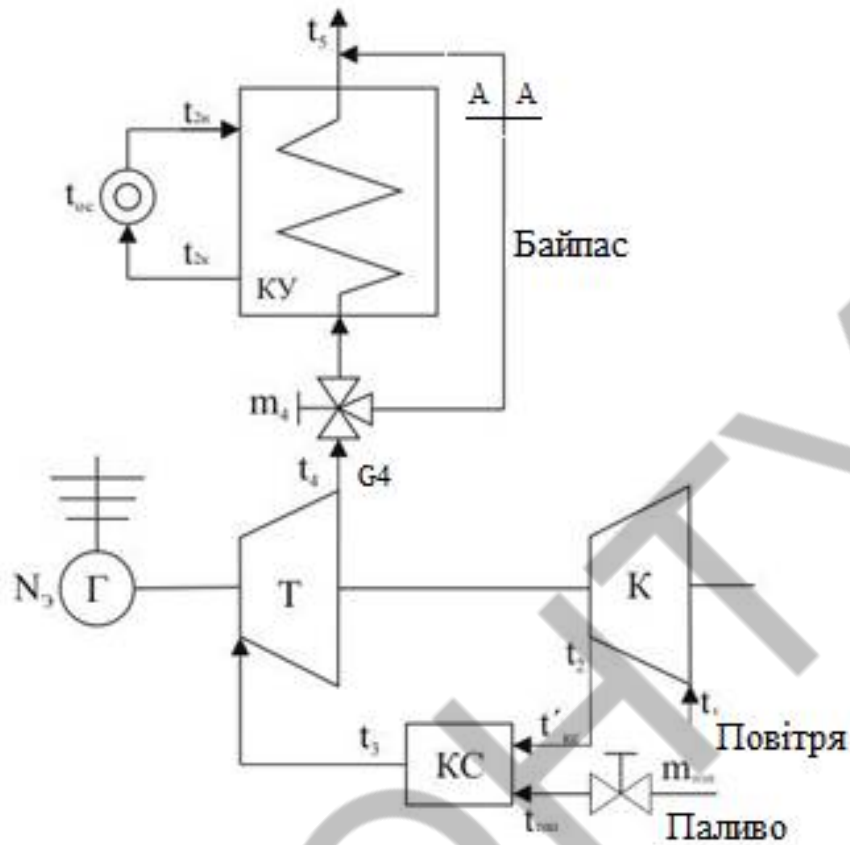


Рис. 1 – Схема КЭУ с байпасом котлоутилизатора

У цій схемі частина газів, що йдуть з турбіни, направляється в котлоутилизатор (КУ) для забезпечення необхідного теплового навантаження, а частина, що залишилася, викидається в атмосферу через байпас [2]. Перевагою схеми є можливість забезпечити збільшення теплової потужності КУ для зимового періоду зі зниженими температурами навколишнього середовища за рахунок байпасу котлоутилизатора.

По байпасу протікає потік газів, що йдуть з турбіни з високою температурою. Труба байпасу перегрівається і має підвищений знос. Для запобігання такого зносу пропонується її охолодження з допомогою ежектора (рис. 2).

Повітря з зовнішнього середовища засмоктується ежектором у міжтрубний простір, що приводить до охолодження газової труби байпасу.

Розрахунок швидкості повітря у міжтрубному просторі.

Варіант 1. Витрата газу після турбіни дорівнює $G_4 = 11,58$ кг/с [3]. Витрата газу через байпас G_B дорівнює 10 % від G_4 , тобто $G_B = 1,158$ кг/с. Густина газу при температурі $t_4 = 585$ °С дорівнює $\rho_T = 0,414$ кг/м³. Внутрішній діаметр труби байпасу дорівнює $d_{БВ} = 0,15$ м. Площа перетину $F_{БВ}$ газової труби байпасу дорівнює:

$$F_{БВ} = \pi * d_{БВ}^2 / 4 = 3,14 * 0,15^2 / 4 = 0,018 \text{ м}^2.$$

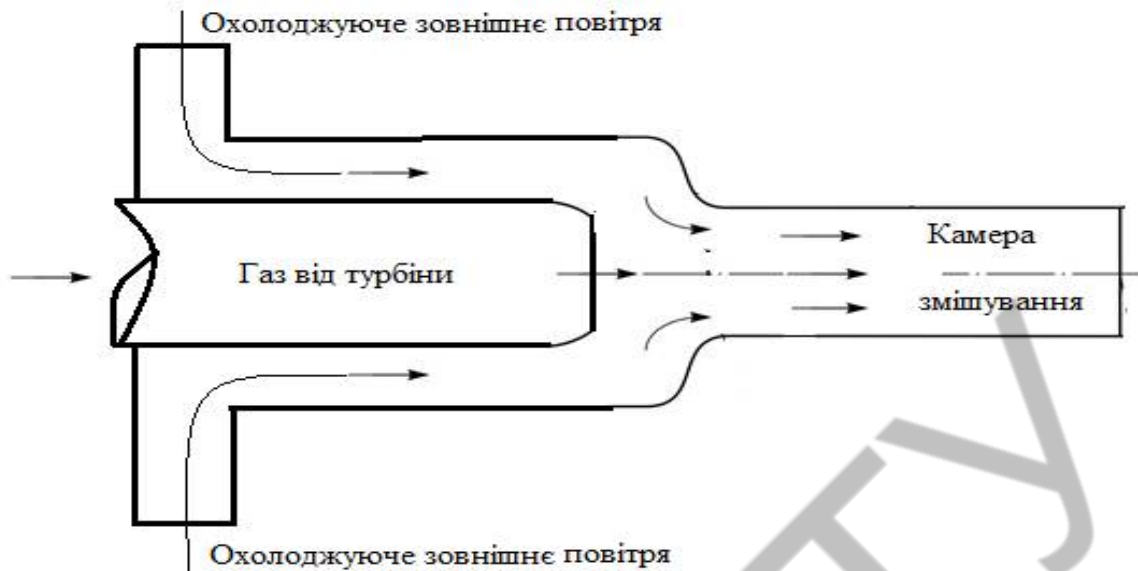


Рис. 2 – Принципова схема ежектора

При таких даних швидкість газу у байпасі ω_1 визначається:

$$\omega_1 = G_B / (\rho_G * F_{BB}) = 1,158 / (0,414 * 0,018) = 155 \text{ м/с.}$$

Приймаємо коефіцієнт ежекції $n = 2$, при цьому витрата повітря G_{Π} дорівнює:

$$G_{\Pi} = n * G_B = 2 * 1,158 = 2,316 \text{ кг/с.}$$

Густина повітря ρ_{Π} при температурі $t_{\Pi} = 20^{\circ}\text{C}$ дорівнює $\rho_{\Pi} = 1,225 \text{ кг/м}^3$. Товщина стінки байпасної труби дорівнює 4 мм. Площа перетину F_{Π} при внутрішньому діаметрі кожуха $d_{KB} = 0,35 \text{ м}$ дорівнює:

$$F_{\Pi} = F_K - F_{B3} = \pi / 4 * (d_{KB}^2 - d_{B3}^2) = 3,14 / 4 * (0,35^2 - 0,158^2) = 0,077 \text{ м}^2$$

Швидкість повітря у міжтрубному просторі ω_2 дорівнює:

$$\omega_2 = G_{\Pi} / (\rho_{\Pi} * F_{\Pi}) = 2,316 / (1,225 * 0,077) = 25 \text{ м/с.}$$

Варіант 2. Приймаємо внутрішній діаметр кожуха $d_{KB} = 0,30 \text{ м}$. Площа перетину кожуха дорівнює:

$$F_{\Pi} = F_K - F_{B3} = \pi / 4 * (d_{KB}^2 - d_{B3}^2) = 3,14 / 4 * (0,30^2 - 0,158^2) = 0,051 \text{ м}^2$$

Швидкість повітря у міжтрубному просторі ω_2 дорівнює:

$$\omega_2 = G_{\Pi} / (\rho_{\Pi} * F_{\Pi}) = 2,316 / (1,225 * 0,051) = 38 \text{ м/с.}$$

Варіант 3. Приймаємо діаметр кожуха $d_{KB} = 0,25 \text{ м}$. Площа перетину кожуха дорівнює:

$$F_{\Pi} = F_K - F_B = \pi / 4 * (d_{KB}^2 - d_{B3}^2) = 3,14 / 4 * (0,25^2 - 0,158^2) = 0,029 \text{ м}^2$$

Швидкість повітря у міжтрубному просторі ω_2 дорівнює:

$$\omega_2 = G_{\Pi} / (\rho_{\Pi} * F_{\Pi}) = 2,316 / (1,225 * 0,029) = 65 \text{ м/с.}$$

При заданому внутрішньому діаметрі труби байпасу $d_{B3} = 0,15 \text{ м}$ швидкість газу дуже велика.

Варіант 4. Приймаємо $d_{BB} = 0,3 \text{ м}$. Визначаємо швидкості газу і повітря при нових параметрах.

Площа перетину $F_{БВ}$ газової труби байпасу дорівнює:

$$F_{БВ} = \pi * d_{БВ}^2 / 4 = 3,14 * 0,30^2 / 4 = 0,07 \text{ м}^2.$$

При таких даних швидкість газу у байпасі ω_1 визначається:

$$\omega_1 = G_B / (\rho_G * F_{БВ}) = 1,158 / (0,414 * 0,07) = 40,0 \text{ м/с}.$$

Приймаємо внутрішній діаметр кожуха $d_{КВ} = 0,40$ м. Площа перетину $F_{П}$ при такому діаметрі кожуха дорівнює:

$$F_{П} = F_K - F_{БЗ} = \pi / 4 * (d_{КВ}^2 - d_{БЗ}^2) = 3,14 / 4 * (0,40^2 - 0,308^2) = 0,05 \text{ м}^2$$

Швидкість повітря у міжтрубному просторі ω_2 дорівнює:

$$\omega_2 = G_{П} / (\rho_{П} * F_{П}) = 2,316 / (1,225 * 0,05) = 38 \text{ м/с}.$$

Варіант 5. Приймаємо внутрішній діаметр кожуха $d_{КВ} = 0,45$ м. Площа перетину $F_{П}$ при такому діаметрі кожуха дорівнює:

$$F_{П} = F_K - F_{БЗ} = \pi / 4 * (d_{КВ}^2 - d_{БЗ}^2) = 3,14 / 4 * (0,45^2 - 0,308^2) = 0,085 \text{ м}^2$$

Швидкість повітря у міжтрубному просторі ω_2 дорівнює:

$$\omega_2 = G_{П} / (\rho_{П} * F_{П}) = 2,316 / (1,225 * 0,085) = 22 \text{ м/с}.$$

Варіант 6. Приймаємо внутрішній діаметр кожуха $d_{КВ} = 0,50$ м. Площа перетину $F_{П}$ при такому діаметрі кожуха дорівнює:

$$F_{П} = F_K - F_{БЗ} = \pi / 4 * (d_{КВ}^2 - d_{БЗ}^2) = 3,14 / 4 * (0,50^2 - 0,308^2) = 0,12 \text{ м}^2$$

Швидкість повітря у міжтрубному просторі ω_2 дорівнює:

$$\omega_2 = G_{П} / (\rho_{П} * F_{П}) = 2,316 / (1,225 * 0,12) = 16,0 \text{ м/с}.$$

Для аналізу отриманих результатів зведемо їх у таблицю.

Труба байпасу		Кожух ежектора					
$d_{БВ}$, м	w_1 , м/с	$d_{КВ}$, м	w_2 , м/с	$d_{КВ}$	w_2 , м/с	$d_{КВ}$	w_2 , м/с
0,15	155	0,25	65	0,30	38	0,35	25
0,30	40	0,40	38	0,45	22	0,50	16

Висновки. Визначені швидкості ω_1 потоку газу, що ежектує та швидкості ω_2 потоку повітря, що ежектується. Більш потужним є потік газів від турбіни зі швидкістю $\omega_1 = 155$ м/с при $d_{БВ} = 0,15$ м і $\omega_1 = 40$ м/с при $d_{БВ} = 0,30$ м.

Потік, що ежектується є слабшим. У першому варіанті його швидкість є $\omega_2 = 25$ м/с, у другому – $\omega_2 = 38$ м/с, а у третьому – $\omega_2 = 65$ м/с при $d_{БВ} = 0,15$ м.

У четвертому варіанті його швидкість є $\omega_2 = 38$ м/с, у п'ятому – $\omega_2 = 22$ м/с, а у шостому – $\omega_2 = 16$ м/с при $d_{БВ} = 0,3$ м.

Кращим варіантом, на думку авторів, буде така комбінація:

$$d_{БВ} = 0,30 \text{ м}; \omega_1 = 40 \text{ м/с}; d_{КВ} = 0,40 \text{ м}; \omega_2 = 38 \text{ м/с}.$$

При таких швидкостях потоки у камері змішування сходяться без збурень.

Повітряний потік охолоджує поверхню газової труби. Чим більша швидкість повітряного потоку, тим ефективніше охолоджується поверхня труби байпасу.

Перед монтажем труба байпасу перерізається по перетину А – А. Труба байпасу до перетину монтується вертикально, а після перетину вона заглушається.

Література

1. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Ежектор-Вікіпедія>.
2. Бундюк А.Н. Выбор экономичной схемы регенерации тепла когенерационной энергетической установки / Ю.К. Тодорцев, О.С. Тарахтий, А.Н. Бундюк // – Харьков, Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2/8 (78), 2015. С. 17-22.
3. Бундюк А.М. Дослідження динамічних характеристик теплового контуру когенераційної енергетичної установки при зміні її електричного навантаження / Г.О. Оборський, А.М. Бундюк / Наукові праці ОНАХТ, том 83, випуск 2, – Одеса, 2019.

Секція 3. ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ, ХІМІЧНИХ ТА ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

ЕКСЕРГЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ АДСОРБЦІЙНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ВІДКРИТОГО ТИПУ НА ОСНОВІ КОМПОЗИТУ «СИЛКАГЕЛЬ – НАТРІЙ СУЛЬФАТ»

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

Утилізація низько-потенційної теплової енергії залишається перспективним, але вкрай важким для промислової реалізації напрямком. Можливим технічним рішенням є адсорбційна трансформація теплової енергії. Але досі залишається розрив між лабораторними прототипами та напів-промисловими модулями та пристроями.

Представлена робота присвячена енергетичному аналізу процесів експлуатації адсорбційного трансформатора теплової енергії відкритого типу.

Отримав подальший розвиток алгоритм розрахунку експлуатаційних характеристик адсорбційного трансформатора теплоти відкритого типу, який передбачає розрахунок адсорбції, тобто маси адсорбата, яка поглинута одиницею маси адсорбента, питомої теплоти адсорбції, теплоти адсорбції, та кінцевої температури повітряного потоку, витрат теплоти для роботи пристрою та його коефіцієнт корисної дії, використаної ексергії, витрат ексергії та ексергетичного коефіцієнта корисної дії. Показано, що ексергетичний коефіцієнт корисної дії визначають температура та початкова вологість потоку вологого повітря, що впливають на адсорбцію, теплоту адсорбції та кінцеву температуру потоку повітря. Ексергетичний коефіцієнт корисної дії знижується при підвищенні початкової температури вологого повітря. Максимальні значення ексергетичного коефіцієнта корисної дії відповідають абсолютній вологості та початковим температурам повітряного потоку в межах $0,03 - 0,04 \text{ кг/м}^3$ та $20 - 30^\circ\text{C}$, які відповідають максимальним температурам повітряного потоку після проходження шару адсорбенту, що задовільняють діючим санітарним нормам. Встановлено кореляцію ексергетичного коефіцієнту корисної дії та температури зовнішнього повітря та початкової температури повітряного потоку.

Проаналізовано вплив методів зволоження повітря на ефективність експлуатації пристрою. Показано переваги ультразвукового зволоження в порів-

нянні з паровим. Отримані результати можна використати при розробці енерго-ефективних систем тепlopостачання, вентиляції та кондиціонування житлових та складських приміщень.

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

ЕФЕКТИВНІСТЬ ОПЕРАЦІЙ ПРОЦЕСУ АВТОМАТИЗАЦІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Ощипок І. М. д-р техн. наук, професор

Львівський торговельно-економічний університет, м. Львів

Харчова промисловість є індустрією перетворення та формування продуктів. Важливо контролювати кожну стадію цієї трансформації, щоб бути впевненим у досягненні очікуваної трансформації за найкращих витрат, забезпечуючи при цьому послідовність цього виробництва. Індустріалізація харчової промисловості відбулася відносно недавно, і вдосконалення виробничої практики пройшло, як і для багатьох інших галузей переробної промисловості, через кілька етапів. Усі ці кроки дозволили більш-менш на рівні впровадити технології обробки інформації та науку, включаючи автоматизацію. Іноді інноваційні, іноді відстаючі, різні сектори харчової промисловості супроводжують прогрес науки і техніки в складних умовах через особливості цієї галузі. Тим не менш, це перш за все переробна галузь промисловості, і, як такі, вони підпадають під ті ж концепції та особливості, що й інші сектори, такі як фармацевтична, косметична промисловість або промисловість тонкої хімії.

Харчова промисловість фактично охоплює дуже широкий спектр різних секторів, як з точки зору типу продуктів, що обробляються, так і типу перетворень. Важливо, щоб певна кількість властивостей була ідентифікована споживачем, щоб гарантувати високу якість. Важливі властивості виготовленої продукції мають бути інформативними, оскільки вони відразу сприймаються споживачем та супроводжуються іншими прихованими особливостями. Розроблені харчові, профілактичні та технологічні властивості повинні бути гарантовані. Безсумнівно, саме ця різноманітність властивостей харчової сировини, що переробляється в готову продукцію, характеризує конкретні аспекти харчової промисловості. Засобом отримання цих властивостей є процес (сукупність технологічних засобів і правил дії, які дають змогу надавати або зменшувати ті чи інші ознаки харчового продукту).

Кілька етапів визначають життєвий цикл виготовлення продукту. Проектування повністю входить до інженерних досліджень і суміжних наук, які задіяні для автоматизації харчових виробництв. Але після проектування процес повинен бути запущений. Ця операція фактично є віхою впровадження автома-

тизованого процесу виробництва. Постійне вдосконалення умов роботи та їх опанування є запорукою прибутковості будь-якої виробничої системи. У галузях, де дохід низький, де мінливість сировини висока, необхідно, навіть важливо, додати до процесів більш-менш складні функції контролю. Цей підхід відноситься до автоматизації або, в ширшому сенсі, до досліджень проведення, контролю та керування харчових технологій.

Потреба безпеки, з одного боку, і раціоналізація роботи ліній обробки, з іншого, викликають потребу в забезпеченні якості виготовлення продукції. Вимоги адаптації до автоматизованого виробництва саме по собі вимагає більшого контролю за перетворенням сировини яких вона зазнає при отриманні харчового продукту. Цей стан не повинен змушувати забувати про занепокоєння споживачів, технологічним наслідком управління та контролю ризиків.

Проведені дослідження дозволили провести класифікацію основних операцій процесів виробництва харчової продукції та обрати фактори, що визначають ефективність цих операцій (табл.). При складанні таблиці використані дослідження присвячені: розрахунку, конструюванню та методам вивчення машин і апаратів харчових виробництв; технології виробництва харчової продукції, характеристики властивостей харчових мас; дослідження впливу технологічних факторів, режимів роботи обладнання, конструктивних параметрів устаткування, що впливають на якість готових виробів; питання автоматизації процесів виробництва різних харчових підприємств.

Таблиця 1 – Основні типові операції виробництва харчової продукції та фактори, що визначають їх ефективність

Найменування типової операції	Визначальні фактори, що залежать від:		Наявність операцій у схемах виробництва сировини після обробки
	Роботи технологічного обладнання	Властивостей сировини та перероблюваного продукту	
1. Очищення (просіювання) та сортування сипкої сировини	Продуктивність, кінематичні та конструктивні параметри обладнання/швидкість, інтенсивність, розміри отворів сит, ступінь вилучення домішок, швидкість повітря	Вологість, вміст домішок, гранулометричний склад, швидкості компонентів суміші	Вологість, вміст домішок, гранулометричний склад, температура
2. Очищення (фільтрація) рідкої сировини (колоїдних розчинів, суспензій, емульсій)	Продуктивність, кінематичні та конструктивні параметри обладнання/швидкість, інтенсивність, матеріал фільтруючої поверхні, розмір отворів у фільтрах, ступінь вилучення домішок	Фізичні та структурно-механічні властивості (вологість, в'язкість, консистенція, міцнісні властивості тощо.), вміст домішок	Фізичні та структурно-механічні властивості (вологість, в'язкість, консистенція, міцнісні властивості тощо.), вміст домішок, температура

3. Розмелювання, подрібнення, подрібнення сировини, напівфабрикатів	Продуктивність, кінематичні та конструктивні параметри обладнання/швидкість, інтенсивність, гранулометричний склад, дроблення, стирання, удар, розколювання), яка визначається типом застосовуваного обладнання	Фізичні та структурно-механічні властивості (Вологість, в'язкість, консистенція, щільність, міцнісні властивості тощо), час впливу, температура, насипна маса	Гранулометричний склад, масова частка сухих речовин, масова частка жиру, температура, кількість домішок
4. Зважування та дозування.	Продуктивність, кінематичні та конструктивні параметри обладнання/швидкість, інтенсивність, клас точності	Маса, вологість, в'язкість, гранулометричний склад, консистенція, щільність, міцність тощо	Маса, гранулометричний склад
5. Теплова обробка: розігрівання, уварювання, збивання, нагрівання, охолодження, сушіння.	Продуктивність, кінематичні та конструктивні параметри обладнання/швидкість, інтенсивність, тривалість обробки, температура обробки, % вологості, кількість зон нагрівання або охолодження, характер відносного руху теплоносія та продукту	Початкова та кінцева температура, вологість, в'язкість, гранулометричний склад насипна маса, щільність, міцність	В'язкість, маса, щільність, міцність
6. Перемішування	Продуктивність, кінематичні та конструктивні параметри обладнання/швидкість, інтенсивність, ефективність перемішування (однорідність одержуваної маси), тривалість перемішування	Температура, рецептурний склад, реологічні властивості	Однорідність, температура, рецептурний склад, реологічні властивості, щільність, маса
7. Формування	Продуктивність, робочий тиск, тривалість циклу формування, кінематичні та конструктивні параметри	Початкова вологість, температура, дисперсність, реологічні властивості	Вологість, температура, дисперсність, реологічні властивості, склад, густина

Отримана таблиця є основою для розробки функціонально - структурної схеми автоматизації технологічних операцій, яка враховує фактори впливу показників сировини на якість отримуваних напівфабрикатів і готових виробів. Операції, що впливають на стан технологічного процесу при виконанні різних функцій.

Споживачі постійно шукають щось нове та віддають перевагу смаку та харчовій цінності. Автоматизація означає швидке отримання нових високоякісних продуктів на харчовому підприємстві, утримання низьких цін і підвищення безпеки їжі. Виробникам продуктів харчування та напоїв допомагає більш гнучко реагувати на зміну смаків споживачів. Застосування «розумного» виробництва, революціонує способи роботи виробників продуктів харчування

та напоїв, надаючи відповідну інформацію в режимі реального часу. Інформаційно-кероване виробництво дозволяє вирішувати найважливіші завдання: збільшення продуктивності, зменшення ризиків для безпеки, оптимізацію управління ресурсами і покращення використання активів підприємства.

Автоматизація продовжить трансформувати технологію виробників у продовольчому секторі в усьому ланцюзі поставок і до порогу споживачів. Підприємства повинні бути гнучкими і ефективними та відповідати стандартам безпеки. Інтеграція автоматизованого обладнання в критичні виробничі зони покращує якість, ефективність, ергономічність та гігієну.

Автоматизація дозволить контролювати машини та процеси, що використовуються в харчовому виробництві, автономними системами за допомогою датчиків, виконавчих механізмів і таких технологій, як робототехніка та комп'ютерне програмне забезпечення. В даний час вона використовується в багатьох секторах харчової технології. Існують різні категорії промислової автоматизації, які відрізняються за складністю та взаємодією з людьми.

ВИКОРИСТАННЯ КАВІТАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЕНЕРГЕТИЦІ

Авдєєва Л.Ю., докт. техн. наук, **Макаренко А.А.**, канд. техн. наук,
Щенський Д.Д., магістрант
Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

Ефективним вирішенням для успішного розвитку сучасного виробництва є своєчасна інтенсифікація технологічних процесів на основі наукових інновацій. Це пов'язано з новими підходами до організації діяльності підприємств, вирішенням комплексних техніко-економічних проблем заміни застарілих і енергоємних технологій і обладнання, створення високотехнологічної конкурентоспроможної екологічно чистої продукції, збільшення експортного потенціалу держави з ефективним використанням вітчизняних та світових науково-технічних досягнень. Досвід розвинутих країн показує, що впровадження інноваційних технологій є найбільш перспективним шляхом як для окремих господарюючих суб'єктів, так і для економіки країни в цілому. В Україні високі оцінки наукового потенціалу поєднуються з низьким ступенем його залучення до вирішення завдань економічного зростання, що свідчить про неефективне використання [1].

Одним з ефективних способів інтенсифікації гідромеханічних процесів у складних гетерогенних дисперсних системах є кавітаційна обробка. Актуальність використання кавітаційних технологій пов'язана з ефективним перетворенням введеної в систему потенційної енергії в кінетичну енергію рідини, дискретно розподілену у просторі і часі у вигляді окремих імпульсів. Підвищений

інтерес до практичного використання різних видів кавітації пов'язаний з виникненням позитивних проявів кавітаційних ефектів [2].

До первинних кавітаційних ефектів, які відбуваються внаслідок зхлопування кавітаційних бульбашок можна віднести: випромінювання високоамплітудних імпульсів тиску; гідравлічні удари; випромінювання акустичних імпульсів різної інтенсивності і частоти; підвищення температури; конденсацію парів рідини в зоні підвищеного тиску; дегазацію внаслідок зниження тиску в кавітаційній зоні; диспергування; зміну електропровідності; зміну електричного потенціалу та ін.

На сьогодні кавітаційні технології знаходять своє використання у дуже багатьох галузях промисловості. В енергетиці кавітаційні ефекти використовують як спосіб отримання дешевої теплової енергії, створюється нове покоління теплогенераторів різного типу і потужності, які перетворюють гідродинамічний вплив на рідину в теплову енергію нагріву цієї рідини. Їх широке розповсюдження пов'язано з використанням на практиці перетворення енергії в результаті місцевих розривів суцільності рідини і формування парових або парогазових кавітаційних бульбашок. Ансамбль кавітаційних бульбашок, рухаючись з потоком рідини, схлопується, виділяючи при цьому теплову енергію [2]. Такі теплогенератори використовуються для опалення приміщень і гарячого водозабезпечення. Відомо два типи конструкцій таких пристроїв: роторні та статичні. Вплив на робоче середовище в цих апаратах здійснюється за рахунок різних способів організації та управління рухом таких потоків. У першому випадку для створення кавітації використовується роторні (перфоровані або лопаткові) активатори, у другому - основним елементом пристрою є сопло [3, 4].

Конструкції статичних кавітаторів в переважній більшості виконані у вигляді модифікованої трубки Вентурі. Для створення кавітації використовують насос, який нагнітає тиск рідини перед соплом, яке має площу перетин значно меншу, ніж підвідний трубопровід і забезпечує високу швидкість на виході з сопла. За рахунок різкого розширення рідини на виході з сопла виникає кавітація. Загальний принцип роботи цих пристроїв оснований на вихровому або закрученому руху робочого середовища (найчастіше води).

Існують суперечливі думки з приводу коефіцієнта перетворення електричної енергії (КПЕ) в теплову при роботі вихрових теплогенераторів. За твердженням багатьох виробників КПЕ цих теплогенераторів перевищує одиницю і становить від 1,1 до 1,9. Це пояснюється тим, що при схлопуванні кавітаційних бульбашок вода набуває нових властивостей і структурується, її питома теплоємність стає вдвічі меншою за теплоємність звичайної води [5].

Однак, перехід у структурований стан має суттєво нерівноважну природу і при виході з кавітаційної зони вода переходить у звичайний стан з поглинанням раніше виділеної теплоти нагрівання. Тому, за висновками інших авторів, нагрівання робочого тіла (води) може бути пов'язано з процесами тертя в сис-

темі та зміною теплоємності за рахунок двофазності води і наявності у воді великої кількості розчиненого газу [6].

Однозначними перевагами використання статичних теплогенераторів є: екологічно чиста технологія, відсутність нагрівальних елементів, відсутність потреби у водопідготовці, можливість нагрівання рідину будь-якого походження (вода, нафта, газовий конденсат та ін.), відносна простота конструкції, експлуатації та обслуговування. Експериментально підтверджено, що ККД теплогенераторів, при певних режимах роботи, обумовлених процесами кавітації та в'язкого тертя в системі, знаходиться в діапазоні $0,9 \div 0,94$ [3].

Література

1. Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні [Електронний ресурс] / Закон України від 08.09.2011 № 3715-VI // Відомості Верховної Ради України. 2012. № 19-20. Ст. 166. Режим доступу : <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/3715-17>.
2. Долінський А.А., Авдєєва Л.Ю., Макаренко А.А. Кавітаційні технології для виробництва нанопрепаратів. Київ: Наукова думка, 2020. 112 с.
3. Жулай Ю. А. Теоретическая оценка эффективности кавитационного теплогенератора. Авиационно-космическая техника и технология, 2015, № 8 (125). С.58-64.
4. Кавитационные теплогенераторы (термеры). Проблемы и перспективы [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://deger.com.ua/article/vortex-heat-thurmer-problems-and-prospects>
5. Геллер С. Вихревые теплогенераторы. Гидроимпульсный нагреватель жидкости. АКВА-ТЕРМ. 2006. № 6 (21).
6. Халатов А.А., Коваленко А.С., Шевцов С.В. Вихревые теплогенераторы в локальных системах теплоснабжения. Пром. теплотехника, 2008, т. 30, № 5. С.7-16.

СТВОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ СУМІШЕЙ НА ОСНОВІ ВОДОРОЗЧИННИХ ПОЛІМЕРІВ

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

Водорозчинні полімери (ВРП) - це гідрофільні полімерні матеріали, що утворюються внаслідок розчинення у воді деяких сухих речовин до утворення водного розчину або дисперсії. Молекулярна структура ВРП містить значну кількість гідрофільних груп, які можна умовно розділити на три категорії:

- катіонні (третинні аміногрупи, четвертинні аміни тощо);
- аніонні (групи карбонової кислоти, сульфонової кислоти, фосфорної кислоти, сірчаної кислоти)
- неіоногенні (гідроксил, ефір, амін, амід група тощо) [1].

За рахунок таких різноманітних фізичних, хімічних і теплофізичних властивостей [2,3] та низької вартості ВРП отримали широке застосування у харчовій промисловості для приготування м'ясної, хлібобулочної продукції, соусів,

морозива та ін. У фармацевтичній промисловості при виготовленні засобів кремоподібної консистенції. У нафто- газовидобувній галузі для створення бурових розчинів. А також у текстильній, паперовій промисловостях в технологічних процесах та сільському господарстві, очищенні забруднених промислових стічних вод тощо [3,4]. Використання розчинів ВРП різної концентрації направлено на отримання екологічних якісних продуктів з меншою собівартістю, а також зниження енергетичних витрат. Принципово новим напрямком для застосування ВРП є створення рідинних теплоаккумуляційних матеріалів (ТАМ), які планується застосовувати в ємкісних теплових акумуляторах [5]. Теплові акумулятори [6,7] застосовуються на різних етапах в системах теплопостачання для забезпечення їх стабільної роботи.

В лабораторії ПТТ Інституту технічної теплофізики НАН України проводяться комплексні дослідження, які спрямовані на створення теплоаккумуляційних рідин на основі ВРП [8]. Проводяться дослідження матеріалів з фазовими переходами, створення нових композицій з фазовим переходом на основі ВРП. Однак в процесі створення композицій теплоаккумуляційних рідин при приготування ВРП виникає низка складних моментів, зокрема: досить тривалий час приготування, складність отримання рівномірної консистенції ВРП, налипання й комкування внаслідок значних адгезійних властивостей сухих речовин. Вирішити ці складнощі можливо за допомогою нового мобільного технологічного комплексу (МТК). Комплекс дозволить отримати ТАМ на основі багатофункціональної суміші ВРП за короткий період часу у виробничих умовах та досягнути високої якості такого продукту, рисунок 1. Основним елементом комплексу є тріступінчате змішування компонент у визначеній послідовності. МТК передбачає - на початковому етапі - використання оригінального магнітного міксеру для проведення попередньої активації води та якісного замішування ВРП, та наприкінці - модернізованого реактора-змішувача для додаткового перемішування розчину.



Рис. 1 – Мобільний технологічний комплекс для приготування водорозчинних полімерів

На другому етапі застосовується турбінний змішувач з метою більш інтенсивного перемішування двох і більше, попередньо отриманих розчинів.

На заключному етапі використовується реактор-змішувач, що є додатковим способом перемішування розчину

перед використанням розчину або його транспортуванням.

Література

1. Водорозчинний полімер // [Водорозчинний полімер - Сторінки \[1\] - Всесвітній енциклопедичні знання \(swewe.net\)](#)
2. Барабанов В.П., Крупин С.В. Водорастворимые полимеры и их применение. – Казань: КХТИ, 1984. – 80с
3. Материали учебного пособия к лекциям на тему: «Водорастворимые полимеры. Структура, получение, свойства, применение». Низова С.А., Чепикова М.В. Москва 2015г. - Режим доступа: <https://gubkin.ru › faculty › files › 4.pdf>
4. Харчові добавки: Методичні вказівки до практичних робіт для студентів спеціальності 181 "Харчові технології" / Уклад.: Гуменюк О.Л. – Чернігів: ЧНТУ, 2019. – 85 с.
5. 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>
6. Thermal networks (2008), DBN B.2.5-39: 2008, Valid from 2009-01-07 [Heating networks, DBN B.2.5-39: 2008, in force since 2009-01-07].
7. David, A., Mathiesen, V., Averfalk, H., Werner, S. & Lund, H (2017). "Heat Roadmap Europe: Largescale electric heat pumps in district heating systems," Energies, Review Vol. 10, № 4, 2017. DOI:<https://doi.org/10.3390/en10040578>
8. Коник А.В., Демченко В.Г. Дослідження властивостей низькотемпературного теплоакмулюючого матеріалу з фазовим переходом // Збірник тез доповідей XIX міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" 25-26 листопада, Київ 2020, с. 31-34

УДК.664.653.122.; 664.653.124.

МОНІТОРИНГ СТРУКТУРИ ЗМІШУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Янаков В. П., канд. техн. наук, старший викладач

Мелітопольський інститут державного і муніципального управління "Класичного приватного університету", місто Мелітополь, Україна

Практика методології теорій збалансованого харчування і тісто готування направлено на формування в сегментах харчового ризику. Дозволяє проводити політику якості. Пріоритетом по сегментах ринку являється зосередженням зусиль хлібопекарних, макаронних, кондитерських та переробних виробництв на виборі технологій процесів змішування [1].

На даний момент тістомісильні машини та агрегати основа виробництва, і визначають рівень продукції що випускається (структура) [2-5].

Технології замісу, які здійснюються на різноманітності компонентів рецептурної ситовини і продукції, що випускається. Подальше розподілення характеристик: щільність м'якуша, колір шкуринки, рівень однорідності, та відмінності структур, найкращій склад та різноманітність компонентів, вирішує ефективність виробництва. Інтенсифікація роботи конструктивного покращен-

ня спеціалізованого харчового обладнання базується на розрахунку змішуючих технологій.

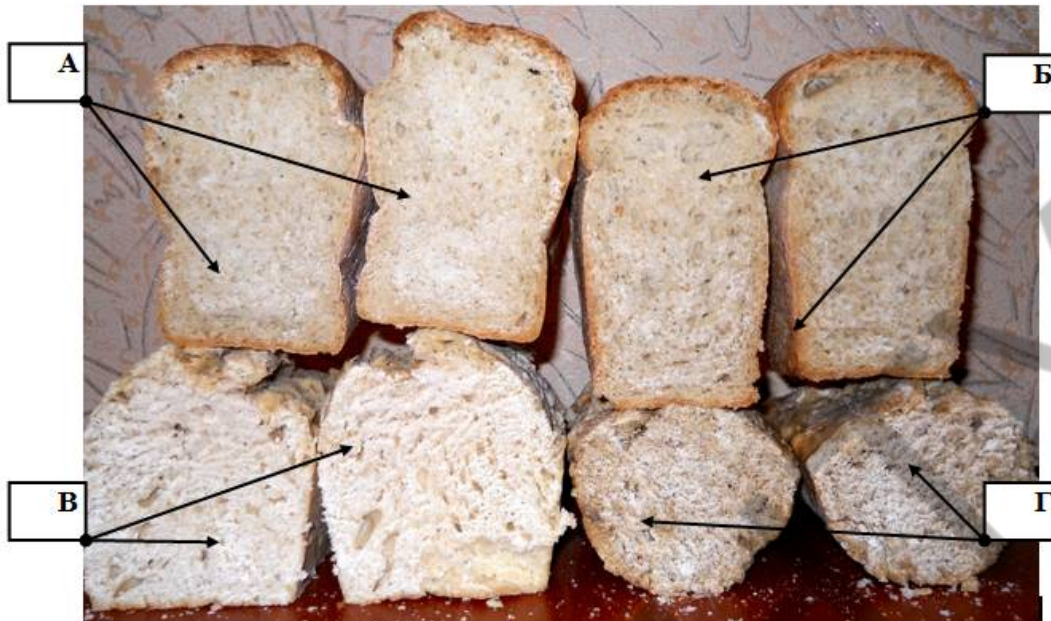


Рис. 1 – Структура хліба формового, пшеничного першого сорту, 0,5кг:
А – хліб "Козацький" ТОВ "Хлібодар", Мелітопольський хлібокомбінат;
Б – хліб "Пшеничний", ТОВ "ХліБороб"; В – хліб на основі ручного замісу;
Г – хліб на основі ручного замісу з задаванням спеції "Коріандр" 40 грм.

Реалізується через систему кількісних і якісних показників:

- щільність м'якуша, кращі зразки — хліб **Б**, вироблений тістомісильною машиною і хліб **В**, виполений при ручному замісі;
- колір шкуринки, найкращі зразки — хліб **А**, виготовлений традиційним способом (періодичним) замісу і хліб **Г**, сформований домашнім замісом;
- рівень однорідності, оптимальні зразки — хліб **В**, сформований на виробництві та хліб **Б**, виготовлений кустарним способом;
- відмінність структури, прекрасні зразки — хліб **А**, сотворений спеціалізованим обладнанням і хліб **Г**, створений ручним замісом;
- найкращий склад, відмінні зразки — хліб **В**, зроблений на харчовому виробництві та хліб **Б**, виготовлений в лабораторних умовах;
- різноманітність компонентів, красиві зразки — хліб **Г**, вироблений тістомісильною машиною і хліб **А** зроблений при ручним замісі.

Аналіз вдосконалення ефективності перемішуючих технологій замісу оснований на роботі енергопередаючих пристроїв Новизна методом керування. полягає у зміні роботи спеціалізованого обладнання. Взаємозв'язок показників рівномірного розподілу характеристик енергії у робочому обсязі. Цейтнот комплексний науковий підхід здійснювався у взаємозв'язку теоретичних та експериментальних досліджень.

Подальше зниження енерговитрат з базою оцінки передачі енергії міси-

льного органу та інших додаткових енергопередаючих пристроїв. Дозволяє провести аналіз і корегування структури енергетики на сировину у визначених напрямів інтенсифікації процесів. Ефективний розподіл характеристик специфічних вимог виробництв, характеру, режиму, вигляду, типу, часу, методу та якості розподілу взаємозв'язку показників.

Дослідження в даному напрямку продовжуються.

Література

1. Бурдо О.Г. Энергетический мониторинг пищевых производств – Одесса: Полиграф, 2008. – 244 с.
2. Янаков В.П. Анализ технологических инноваций замеса / В.П. Янаков // Инновационные энерготехнологии / – 2021. – С. 12 - 14.
3. Янаков В.П. Оценка эффективности технологий замеса / В.П. Янаков // Энергия. Бизнес. Комфорт / – 2020. – С. 20 – 23.
4. Янаков В.П. Оценка развития предлагаемой теории тестопритовления (Энергетические аспекты, подходы, методы) / В.П. Янаков // Актуальные проблемы энергетики и экологии / – 2020. – С. 267 – 269.
5. Янаков В.П. Оценка развития технологий замеса теста (Аспекты инженерного образования) / В.П. Янаков // Непрерывная система образования "Школа – университет" инновации и перспективы / – 2020. – С. 459 – 463.

УДК 504.062.2

ПРО УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ ЕФЕКТИВНІСТЮ ОБ'ЄКТІВ ВИРОБНИЦТВА

Воїнов О. П., доктор технічних наук, професор,

Одеська державна академія будівництва і архітектури, м.Одеса, Україна

Воїнова С. О., кандидат технічних наук, доцент,

Одеський національний технологічний університет, м. Одеса, Україна

Анотація. Світове виробництво надає природному середовищу шкідливий вплив зростаючої інтенсивності. Сформувалася проблема захисту природного середовища від його деградації. Метою дослідження є аналіз шляхів управління рівнем екологічності технічних об'єктів. В усіх країнах, у тому числі й в Україні, ведеться робота природоохоронної спрямованості. Розглянута проблема зводиться до необхідності підвищення рівня технологічної ефективності технічних об'єктів, що діють у світовому виробництві. Діючий технічний об'єкт схильний до процесу зносу, який знижує рівень його технологічної ефективності. У міру зношування об'єкт піддають періодично частковому оновленню. При вичерпанні об'єктом можливості подальшої експлуатації його піддають повному оновленню, замінюючи новим, ідентичним зношеному. При надмірному оновленні вибирають найкращу технологію виробничого процесу та найкращу конструкцію об'єкта для заміни. Гнучке управління об'єктом забезпечує узгодження алгоритму управління із законом зміни у часі властивостей об'єкта, зумовленої процесом його зносу. Одержувані з боку й використані в технічному об'єкті сировина й енергія несуть у собі відповідну частку екологічної відповідальності за здійснений шкідливий вплив на довкілля їх виробниками. Можливість вибору на ринку сировини та енергії дозволяє впливати на рівень фактичної

екологічності розглянутого технічного об'єкта. Можливість впливу на економічну та загальнотехнічну ефективність об'єкта є ще одним інструментом управління рівнем його екологічної ефективності. Ставлення людства до природного середовища необхідно змінити докорінно. Головним завданням людства має стати скорочення шкідливого впливу виробництва на довкілля, аж до досягнення стійкої стабілізації її нормального, природного стану.

Ключові слова: технологічна ефективність, управління, технічний об'єкт, екологічність, природне середовище, оновлення.

Abstract. World production has a harmful impact of increasing intensity on the natural environment. The problem of protecting the natural environment from its degradation has emerged. The purpose of scientific research is to analyze ways to control the level of environmental friendliness of technical objects. In all countries, including Ukraine, environmental work is being carried out. The problem boils down to the need to increase the level of technological efficiency of technical facilities operating in world production. The operating technical object is subject to wear and tear, which reduces the level of its technological efficiency. As it wears out, the object is subjected to periodic partial renewal. When the object exhausts the possibility of further operation, it is subjected to a complete renovation, replacing it with a new one identical to the worn one. With redundant renewal, the best manufacturing process technology and the best replacement facility design are selected. Flexible control of the object ensures the coordination of the control algorithm with the law of change in time of the properties of the object, due to the process of its wear. Raw materials and energy received from outside and used in a technical facility bear an appropriate share of environmental responsibility for the harmful impact on the environment by their producers. The possibility of choosing raw materials and energy on the market allows you to influence the level of actual environmental friendliness of the considered technical object. The possibility of influencing the economic and general technical efficiency of an object is another tool for managing the level of its environmental efficiency. Humanity's attitude to the natural environment must be radically changed. The main task of humanity should be to reduce the harmful effects of production on the natural environment, up to the achievement of sustainable stabilization of its normal, natural state.

Keywords: technological efficiency, control, technical facility, environmental friendliness, natural environment, renewal.

Створене і широко розвинене людством світове виробництво надає на природне середовище (ПС) багатостороннє шкідливий вплив, інтенсивність якого постійно зростає.

Сформувалася і постала перед людством проблема захисту ПС від наростаючої з прискоренням небезпеки його деградації. Дана проблема відрізняється від інших проблем своєю актуальністю, складністю і важливістю для долі людства. У зв'язку з цим екологічний аспект набув чільне положення у всій діяльності сучасного людства [1, 2].

Метою дослідження є аналіз шляхів управління рівнем екологічності технічних об'єктів.

У всіх країнах, з урахуванням національної екологічної політики, ведеться робота природоохоронної спрямованості, з урахуванням місцевих кліматичних умов та ресурсних можливостей.

В Україні природоохоронна діяльність здійснюється відповідно до основних положень ухваленого у 2019 році закону про державну екологічну політику

України на період до 2030 року [3].

Розглянута проблема сутнісно зводиться до необхідності підвищення рівня технологічної ефективності (ТЕ) функціонування технічних об'єктів (ТО), що діють у світовому виробництві.

Як відомо, ТЕ складається з трьох частин: екологічної, економічної та загальнотехнічної. Кожна складова характеризує властивості ТО з певної сторони, і рівень кожної складової коливається у певному діапазоні значень у кожному окремому ТО. При цьому всі три властивості ТО є важливими та необхідними для його успішного використання.

Як відомо, діючий ТО схильний до процесу зносу, який безперервно знижує його ТЕ від максимального рівня у нового ТО до мінімально допустимого рівня, при досягненні якого ТО вважається таким, що витратив свій ресурс і підлягає заміні новим ТО. Такий вигляд має номінальний випадок використання ТО. Насправді найчастіше обстановка є іншою.

У реальних умовах сучасного виробництва діючий ТО, у міру посилення ступеня його зносу, піддають періодично частковому оновленню, дещо зменшуючи ступінь зносу найбільш відповідальних його елементів [4, 5].

При вичерпанні ТО можливості подальшої експлуатації його піддають повному оновленню, замінюють новим ТО, ідентичним зношеному, і вводять його в дію.

При повному оновленні рівень ТЕ нового ТО (ровесника зношеного) дорівнює рівню ТЕ списаного ТО, коли він був новим, і з урахуванням технічного прогресу, що пройшов у період роботи списаного ТО, відстає від сучасного рівня ТЕ. Крім того, для заміни беруть ТО тієї ж технології та конструкції, що у списаного. Це є важливим недоліком повного оновлення, що відбиває традиційний, консервативний підхід до оновлення зношеного устаткування.

При прогресивному підході, для заміни зношеного ТО, стосовно заданих умов виробництва, вибирають найкращу з відомих технологію виробничого процесу, вибирають стосовно неї найкращу конструкцію створюваного ТО (або розробляють нові високоефективні технологію та конструкцію). Складають робочий проект нового ТО, за яким виготовляють новий ТО, встановлюють його замість зношеного. Проводять його випробування та налагодження, з'ясовують його регульовальні характеристики. Формують йому систему автоматичного управління (САУ), її алгоритм налаштовують на оптимальний режим роботи нового ТО. Новий ТО вводять у дію [6].

Виконаний комплекс робіт є надлишковим оновленням зношеного ТО [7].

Необхідно особливо відзначити, що пригнічений стан ПС зробив нині і на майбутнє головною метою оновлення підвищення рівня екологічної ефективності функціонування ТО.

Таким чином, розглянуте у трьох варіантах оновлення ТО (часткове, повне, надлишкове) є трьома інструментами управління рівнем його екологічності,

трьома ступенями підвищення її рівня.

Розглянемо інші можливості підвищення екологічності.

Новий ТО, що вводиться в дію, обладнаний САУ. Алгоритм цієї системи узгоджений та налаштований на набір регульовальних характеристик цього нового ТО.

Введений у дію новий ТО, починаючи з моменту пуску в дію, схильний до зносу, який безперервно змінює його властивості, отже і його регульовальні характеристики.

Зростаюча у часі неузгодженість налаштування САУ та властивостей ТО збільшує швидкість зниження рівня його ТЕ, порівняно з природним зниженням, спричиненим зносом ТО. Зниження рівня ТЕ, зокрема її екологічної складової, відбувається прискорено.

Для поліпшення обстановки можна через деякі періоди часу (частини ресурсу ТО) зупинити ТО, випробуванням визначити його властивості, переналаштувати на них алгоритм САУ і ввести його (ТО) в дію, для роботи до наступної корекції алгоритму САУ.

Радикальне усунення розглянутого недоліку в управлінні ТО можливо шляхом здійснення гнучкого управління ТО, тобто шляхом узгодження алгоритму САУ із законом зміни в часі властивостей ТО, обумовленої процесом його зносу. Динаміку зношування ТО можна визначити, за допомогою технічної геронтології [8].

Таким чином, гнучке управління є доступним четвертим інструментом управління рівнем екологічної ефективності ТО.

На рівень екологічної ефективності ТО впливають також інші чинники.

Рівень екологічної ефективності ТО відбиває ступінь прямого шкідливого впливу ТО на ПС. У технічному побуті звикли формально вважати, що цей показник відбиває рівень екологічності розглянутого ТО.

Однак подібна оцінка рівня екологічності ТО є формальною - односторонньою, оскільки відображає тільки видимий прямий шкідливий вплив на ПС технологічного процесу, що протікає в ТО, розглянутому тут.

Фактично ж, у технологічному процесі ТО використовують поданий сировинний матеріал (матеріали) і подану енергію (електрику, теплоту), що беруть участь у цьому процесі.

Однак, одержувані розглянутим нами тут ТО сировина і енергія були вироблені на відповідних промислових ТО, які в процесі їх виробництва шкідливо впливали на ПС. Тому одержувані з боку й використані в розглянутому ТО сировина й енергія несуть у собі відповідну частку екологічної відповідальності за здійснений шкідливий вплив на ПС їх виробниками.

Ця частка екологічної відповідальності фактично передається ними, тобто додається до екологічної відповідальності продукції розглянутого нами ТО, збільшуючи цим рівень його екологічної відповідальності.

Цей факт відповідно знижує рівень екологічності ТО, що розглядається

нами, від рівня видимої до рівня фактичної його екологічності.

На ринку сировина та енергія, необхідні розглянутому ТО, представлені в асортименті. Кожен їхній зразок має свою призначену продавцем ціну. А частку екологічної відповідальності кожного зразка не визначають. Якщо цю частку було б визначено, її при виборі варіанту сировини та енергії міг би врахувати покупець, спираючись на доступні йому відомості про виробника та умови виробництва. У цих умовах ступінь успішності вибору сировини й вибору енергії для придбання залежить від компетентності та досвіду покупця, власника розглянутого ТО.

Фактична екологічність розглянутого ТО є різницею видимої його екологічності та частки екологічної відповідальності одержуваних розглянутим ТО сировини та енергії.

Можливість вибору на ринку сировини й енергії дозволяє впливати на рівень фактичної екологічності розглянутого ТО. Вона є доступним п'ятим інструментом управління рівнем екологічності розглянутого ТО.

Розглянемо наступний чинник підвищення екологічності ТО.

Вплив на рівень екологічності розглянутого ТО, з боку його економічної та з боку його загальнотехнічної ефективності становить значний інтерес. Висвітливо його коротко.

Досягнуте підвищення рівня економічності розглянутого ТО супроводжується скороченням, тобто економією, витрачених ним сировини й енергії, одержуваних ним з боку й несучих у собі частку екологічної відповідальності підготуваних їх виробництв. Внаслідок цього, фактична екологічна ефективність розглянутого ТО підвищується на розмір зазначеної заощадженої її частини.

Досягнуте підвищення рівня загальнотехнічної ефективності розглянутого ТО, наприклад підвищення його надійності, супроводжується скороченням, тобто економією, витрачених ним сировини й енергії, одержуваних ним з боку, а також економією трудовитрат ремонтників на ліквідацію можливих відмов обладнання.

Заощаджені ресурси несуть у собі частку екологічної відповідальності підготуваних їх виробництв. Фактична екологічна ефективність розглянутого ТО підвищується на розмір зазначеної заощадженої її частини.

Вплив на економічну та загальнотехнічну ефективність ТО є шостим інструментом управління рівнем його екологічної ефективності.

Виробнича діяльність людства багатогранна. Значна її частина пов'язана із виробництвом.

Нинішній стан ПС характеризує результат відношення до неї людини. Воно свідчить про необхідність негайної та докорінної зміни цього відношення, перетворення його із суто споживчого на дбайливе та заступницьке.

Нинішній стан ПС вимагає домогтися припинення глобального його погіршення.

У процесі розв'язання задач цієї проблеми необхідно забезпечити належ-

но високий рівень якості управління розв'язанням кожного завдання. Головним напрямом є забезпечення високоякісного управління рівнем екологічної ефективності функціонування використовуваних ТО.

Як показує аналіз, рівень видимої екологічної ефективності ТО забезпечує діюча САУ ТО. При цьому рівень фактичної екологічної ефективності може змінюватись у певних межах.

Існує реальна практична можливість впливати на рівень фактичної екологічної ефективності ТО, шляхом використання низки практично доступних інструментів. Основні інструменти цього ряду стисло розглянуті вище.

Головним завданням людства у найближчій видимій перспективі має стати скорочення сили шкідливого впливу виробництва на ПС, аж до досягнення стійкої стабілізації її нормального, природного стану.

Висновки

1. Перед людством постала гранично складна глобальна проблема захисту довкілля від шкідливого впливу виробництва.

2. У всій багатогранній діяльності людства головне положення зайняв її екологічний аспект.

3. Серед складових технологічної ефективності функціонування сучасного технічного об'єкта екологічна складова (екологічність) набула положення провідної, головної.

4. У всіх сферах виробництва рівень екологічності діючого технічного об'єкта знижується, внаслідок його зносу.

5. Підвищення рівня екологічності технічного об'єкта можливе, шляхом його оновлення, часткового, повного чи надлишкового як продуктивного інструмента.

6. Найпродуктивнішим є надлишкове оновлення, що дозволяє створити сучасний, високоефективний зразок технічного об'єкта для заданих умов.

7. Гнучке управління функціонуванням ТО дозволяє компенсувати вплив зносу ТО на процес управління ним, дозволяє спростити цей процес та підвищити його якість.

8. Можливість вибору (для розглянутого ТО) з ринкового каталогу сировини та енергії різного рівня екологічної відповідальності дозволяє управляти рівнем фактичної екологічності ТО, в якому їх використовують.

9. Зниження частки екологічної відповідальності факторів, що впливають на економічну та на загальнотехнічну ефективність ТО, можна підвищувати рівень його екологічності.

10 Ставлення людства до природного середовища необхідно змінити докорінно.

11. Головним завданням людства у найближчій видимій перспективі має стати рішуче скорочення шкідливого впливу виробництва на природне середовище, аж до досягнення стійкої стабілізації її нормального, природного стану.

Література

1. Барбашев С. В. Повышение эффективности управления экологической безопасностью промышленных предприятий / Экология и промышленность, 2018, №3-4.- С. 19 - 26.
2. Кирпач І. М. Управління природокористуванням на шляху до екологічнобезпечного розвитку / Вісник Українського держ. університету водного господарства та природокористування: зб. наук. пр. – Вип. 2(26). – Рівне: УДУВГП. – 2004. – Ч.2. – С.493 – 499.
3. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» N 2697-VIII від 28 лютого 2019 р.
4. Воїнова С. О. Оновлення технічного об'єкта як засіб управління його технологічною ефективністю / Автоматизація технологічних і бізнес-процесів, 2011, № 5, 6.– С. 25 - 27.
5. Voinova S. A. Increasing of ecological efficiency of worn equipment by partial updates. Analytical and control aspect / Automation of Technological and Business Processes, 2017, Vol. 9, Iss. 4, pp. 18 – 21.
6. Воїнова С. А. О подходе к управлению технологической эффективностью создаваемых технических объектов / Автоматизація технологічних і бізнес-процесів, 2012, № 11, 12. - С. 26 - 28.
7. Воїнова С. А. Избыточное обновление изношенных технических объектов / Энергетика та електрифікація, 2018, № 1.- С. 33 - 36.
8. Воїнова С. О. Управління технічними об'єктами і технічна геронтологія/ Автоматизація технологічних і бізнес-процесів, 2011, № 7, 8.– С. 20 - 23.

UDC 662.73

RESEARCH ON THE CREATION OF A COMPOSITE FUEL BASED ON THE SOLID RESIDUE OF PEAT AFTER EXTRACTION AND NUTRITIOUS RESIDUES OF CORN

Novikova Yu., graduate student, **Petrov A.**, graduate student
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

The task of human development is to preserve the environment and rational use of raw resources. Combustion of fossil hydrocarbon fuels such as coal, oil and others is the basis of energy. These raw materials are limited and largely exhausted, and their use leads to pollution of the biosphere. The transition from traditional energy sources to alternative ones is one of the opportunities to renew the raw material base and preserve the ecological situation in the world. Sources of alternative fuel include peat, biomass, waste - slag and waste from industry, agriculture, utility and other enterprises, and others.

Peat is also an important source of humic substances. In the production of humic liquid or solid fertilizers, the humic component is extracted from peat. After extraction, a solid residue remains, which can be used more rationally in the future.

The main method of obtaining humic substances is an alkaline reaction with ammonia solutions or potassium and sodium hydroxides. Such processing turns them into water-soluble salts - humates of potassium or sodium with high biological activity [1].

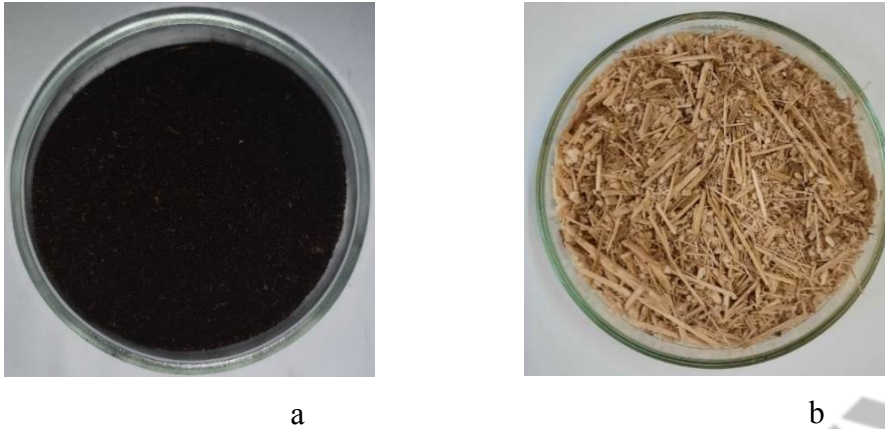


Fig. 1 – Raw materials:
a) milled peat; b) nutritious remains of corn

The paper examines the process of creating a composite mixture from peat and nutritious corn residues. Appropriate materials used for research, such as milled peat from the Chernihiv region and nutritious corn residues from the village of Sosonka of the Vinnytsia region for conducting experiments (Fig. 1 a, b). Milled peat has an initial moisture content of 13.18% and an ash content of 27.23%. Corn feed residues have a moisture content of 8.45% and an ash content of 9.8%.

The humic component was extracted from the peat and a solid residue was obtained (Fig. 2) with a moisture content of 81.5% and an ash content of 40%.

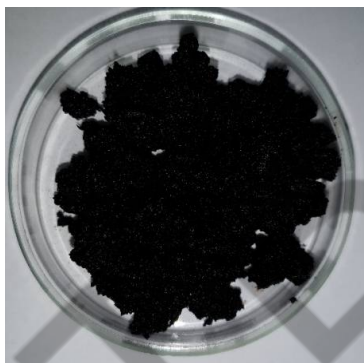


Fig. 2 - Solid residue after extraction of the humic component from peat



Fig. 3 – A two-component composition was created

The creation of the two-component composition consisted in mixing the solid residue after extraction and nutritious corn residues, while the mixture has an ash content of 10% and moisture content of 44.3%, which is 4 times less than the solid residue of peat after extraction. Therefore, the creation of such an alternative fuel is possible.

References

1. Petrova Zh., Vyshnevskiy V., Novikova Yu. Nonwaste Technology of Receipt of Humic Fertilizers from Peat // Materials of the 2nd International Scientific Conference «Chemical Technology and Engineering» (Proceedings), Ukraine, Lviv, June 24-28th, 2019. - Lviv: Lviv Polytechnic National University, 2019. – P. 278-279.

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПУЛЬСАЦІЙНОЇ ТЕПЛОВОЇ ТРУБИ ЯК ЕЛЕМЕНТА ТЕПЛООБМІННОГО АПАРАТУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ВИТРАТИ ХОЛОДНОГО ТЕПЛОНОСІЯ

Алексеїк Є.С., к.т.н., **Кравець В.Ю.**, д.т.н., проф.

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

Підвищення ефективності теплообмінних апаратів (ТОА) рекуперативного типу є актуальною задачею, оскільки вони широко використовуються в багатьох галузях промисловості, в тому числі в хімічній та харчовій. Одним з можливих рішень цієї задачі є використання в якості основних теплопередавальних елементів таких апаратів теплових труб і, зокрема, пульсаційних теплових труб (ПТТ) [1-4]. Вони представляють собою герметичні змійовики, виготовлені із металевого капіляра, вакуумовані та частково заповнені рідким теплоносієм. Внаслідок дії капілярних сил теплоносій розміщується по всій довжині ПТТ у вигляді ланцюга із рідинних та парових снарядів, що чередуються. Підведення теплової енергії до одного з кінців змійовика, який називається зоною нагріву (ЗН), та відведення від протилежного – зони конденсації (ЗК), створює різницю тисків, під дією якої теплоносій рухається із ЗН до ЗК. Ще однією рушійною силою для теплоносія є сили, що виникають внаслідок кипіння, яке відбувається в ЗН. Таким чином в ПТТ реалізуються два основні механізми передачі теплоти від ЗН до ЗК: замкнений випарно-конденсаційний цикл за рахунок випаровування теплоносія в ЗН та його конденсації в ЗК, і передача теплоти без зміни фазового стану теплоносія завдяки його швидкому руху між ЗН та ЗК. Описи конструкцій ПТТ та принципів їх роботи приведено в [5-7].

Характеристики ТОА на ПТТ залежать від багатьох факторів, одними з яких є витрати теплоносіїв. Наприклад, автори [4] в результаті експериментальних досліджень дійшли висновку, що при збільшенні швидкості холодного теплоносія (а при постійній площі прохідного перетину це призводить до зміни його витрати) з 1,3 до 3,3 м/с передана ТОА потужність зростала, з 440 Вт до 821 Вт, але при цьому повна ефективність ТОА знижувалась з 49% до 36%. Проте характеристики ТОА на ПТТ визначаються властивостями їх основних елементів, тобто самих ПТТ. Тому доцільно проводити дослідження теплопередавальних характеристик ПТТ. Однак, дослідники майже не приділяють уваги впливу витрати охолоджуючого середовища на роботу ПТТ.

Таким чином, метою даної роботи є дослідження впливу витрати охолоджуючого середовища на перепад температур та термічний опір ПТТ.

Для здійснення даної мети було виготовлено експериментальний зразок у вигляді мідної одновиткової ПТТ (рис. 1). Одновиткову конструкцію було обрано, оскільки вона дозволяє краще зрозуміти досліджувані процеси,

відкинувши при цьому вплив сусідніх витків, як це має місце в багатовиткових ПТТ.

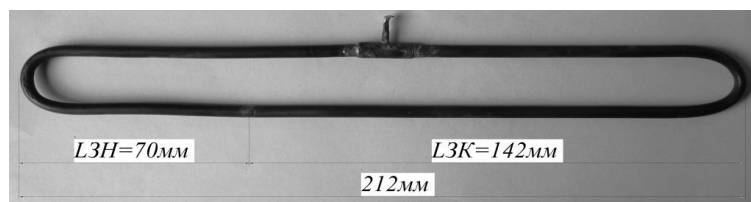


Рис. 1 – Конструкція дослідної пульсаційної теплової труби

Основні параметри дослідної ПТТ: внутрішній діаметр капіляра – 3,1 мм; загальна довжина – 212 мм; довжини зон: ЗН – 70 мм, ЗК – 142 мм; теплоносій – вода; коефіцієнт заповнення (відношення об'єму заправленої рідини до повного об'єму ПТТ) – 45%.

ПТТ було досліджено у вертикальному положенні із розміщенням ЗН внизу, а ЗК – вгорі. Для підведення теплоти до ЗН використовувався електричний нагрівач, виготовлений із ніхромового дроту. Відведення теплоти від ЗК було організовано за допомогою спеціально сконструйованого теплообмінника-холодильника. В якості охолоджуючого середовища використовувалась вода. Для контролю розподілу температур по ПТТ на її зовнішній поверхні було встановлено вісім мідь-константових термопар. Крім того, такими ж термопарами вимірювалась температура охолоджуючої води на вході та виході з теплообмінника-холодильника. Витрата води через нього вимірювалась за допомогою ротаметра, а потужність нагрівача – за допомогою ватметра.

Умови проведення дослідів були наступні: підведена потужність: 10-140 Вт; діапазон витрати охолоджуючої води: 2,9-7 г/с; температура охолоджуючої води: 10-15°C.

Результатом обробки даних, отриманих при проведенні дослідів, були значення перепадів температур по ПТТ та її термічного опору.

Проведені дослідження показали, що при найнижчому значенні витрати 2,9 м/с ПТТ мала на 20-22% нижчий перепад температур та термічний опір, і на 35% вищий переданий тепловий потік, ніж при витратах в діапазоні 4,5-7 г/с. Слід зазначити, що чим нижчий перепад температур та термічний опір ПТТ, тим ефективніше працюватиме ТОА на ПТТ. При збільшенні витрати від 4,5 до 7 г/с її вплив на теплопередавальні характеристики ПТТ не спостерігався.

Можливим поясненням отриманих результатів може бути вплив інтенсивності тепловідведення від ПТТ на тиск всередині ПТТ. Збільшення інтенсивності охолодження призводить до інтенсивнішої конденсації пари всередині ЗК. Через це кількість пари в ПТТ зменшується і внутрішній тиск знижується. Зниження тиску, в свою чергу, призводить до збільшення відривного діаметру парових бульбашок в ЗН. Через це збільшується площа поверхні ЗН, що контактує з паром і, як наслідок, знижується середня тепловіддача в ЗН. Це призводить до зростання середньої температури цієї зони. Таким чином підвищення середньої температури ЗН із одночасним знижен-

ням середньої температури ЗК призводить до збільшення перепаду температур і термічного опору ПТТ зі збільшенням витрати охолоджуючого середовища.

На основі отриманих результатів можна зробити висновок, що зменшення витрати охолоджуючого середовища призводить до покращення теплопередавальних характеристик ПТТ. Тому для підвищення ефективності роботи ТОА на ПТТ може бути рекомендоване зменшення витрати холодного теплоносія.

Література

1. G. Mahajan, Scott M. Thompson, Heejin Cho, Experimental characterization of an n-pentane oscillating heat pipe for waste heat recovery in ventilation systems. *Heliyon*, vol. 4, iss. 11, 2018, Art. no. e00922, doi: 10.1016/j.heliyon.2018.e00922.
2. G. Mahajan, S.M. Thompson, H. Cho, Energy and cost savings potential of oscillating heat pipes for waste heat recovery ventilation. *Energy Reports*, vol. 3, pp. 46-53, 2017, doi: 10.1016/j.egyr.2016.12.002.
3. G. Mahajan, H. Cho, A. Smith, S.M Thompson, Experimental Analysis of Atypically Long Finned Oscillating Heat Pipe for Ventilation Waste Heat Recovery Application. *Journal of Thermal Science*, iss. 29, pp. 667-675, 2020, doi: 10.1007/s11630-019-1178-5.
4. Honghai Yang, Jun Wang, Ning Wang, Fengchang Yang, Experimental study on a pulsating heat pipe heat exchanger for energy saving in air-conditioning system in summer. *Energy & Buildings*, vol. 197, pp. 1-6, 2019, doi: 10.1016/j.enbuild.2019.05.032.
5. Hongbin Ma, *Oscillating Heat Pipes*, New York, NY, USA: Springer, 2015, 427 p.
6. Кравець В.Ю., Процеси теплообміну у мініатюрних випарно-конденсаційних системах охолодження. – Харків: ФОП Бровін О.В., 2018 – 288 с.
7. Алексеик Е.С., Кравець В.Ю., Картины движения теплоносителя в основных режимах работы пульсационных тепловых труб. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. – 2012. – №4/8 (58). – с. 36-42. doi: 10.15587/1729-4061.2012.5729.

УДК 69.058.7

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ЦИЛІНДРИЧНИХ ТІЛ

Моргун Б.О., Бундюк А.М., Моргун Ю.Б.

Національний університет «Одеська політехніка», м Одеса, Україна

Вступ. Температура здійснює вплив на велику кількість процесів та реакцій, що протікають у природі, в лабораторіях та на промислових підприємствах. У зв'язку з цим, для вимірювання температури у всіх випадках застосовуються різноманітні методи та засоби, до яких висувуються різні вимоги щодо точності вимірювань. Незважаючи на перспективність застосування безконтактного методу вимірювання, його проведення пов'язане з певними труднощами.

Найбільша проблема застосування методів теплового контролю поза межами метрологічних лабораторій полягає у необхідності вимірювання темпера-

тури тіла, випромінювальна здатність якого невідома. Внаслідок різноманітності властивостей випромінювання реальних тіл неможливо створити прилад, який міг би вимірювати температуру будь-якого тіла.

Викладання основного матеріалу. Пропонується новий прилад для вимірювання температури твердих тіл, газів та рідин.

Відомий прилад для вимірювання температури поверхонь тіл, що містить термопару – два термоелектроди у вигляді компенсаційної спіралі кожний; металевий стакан з ізолюваним сердечником, в який вбудована дугоподібна пластинчата пружина, і обойму, скрізь яку прокладено утримувач з кабелем, при цьому, робочі кінці термоелектродів з'єднано спаєм з пружиною, а вихідні – з'єднано з кабелем [1].

Недоліки такого приладу:

- конструкція чутливого елемента має визначену інерційність дії, тому що потрібен певний час для прогріву усієї конструкції, в тому числі -масивної пружини;

- розсіяння тепла у навколишнє середовище від масивного чутливого елемента знижує точність вимірювання температури.

Найбільш близьким за технічною сутністю та досягаемому результату до приладу, який пропонується, є зонд для вимірювання температури поверхонь електропровідних тіл, що містить термопару – два термоелектроди у вигляді компенсаційної спіралі кожний; металевий стакан з ізолюваним сердечником і обоймою, крізь яку прокладено утримувач з кабелем, причому вихідні кінці термоелектродів з'єднанні з кабелем, а робочі кінці термоелектродів вільні для прямого притискання до вимірювальної поверхні [2].

Недоліком зонду є неможливість вимірювання температури поверхні неметалевих тіл, які не є електропровідними, а також газових та рідинних середовищ.

Призначення пропонуємого приладу – це отримання можливості для вимірювання температури поверхонь будь-яких тіл – електропровідних і діелектриків, а також газових та рідинних середовищ шляхом встановлення на керамічному кінці приладу тонкої металевої пластинки з високим коефіцієнтом теплопровідності, з якою із середини контактують два робочих кінця термоелектродів термопари і яка притискається до вимірювальної поверхні, або вводиться у газове чи рідинне середовище. Схема приладу показана на рисунку 1.

Прилад має термоелектроди 1 та 2, які притискаються до тонкої металевої пластинки 3 з високим коефіцієнтом теплопровідності, а їх виводи закріплені в ізолюваному сердечнику 4, який вбудовано в металевий стакан 5; скрізь обойму 6, яка виконана з пластмаси, прокладено утримувач 7 з кабелем 8, до жил якого приєднані виводи термоелектродів 1 та 2; металева пластинка 3 прикріплена до керамічного циліндра 10, насадженого на металевий стакан 5 з ціллю теплоізоляції від корпусу зонда.

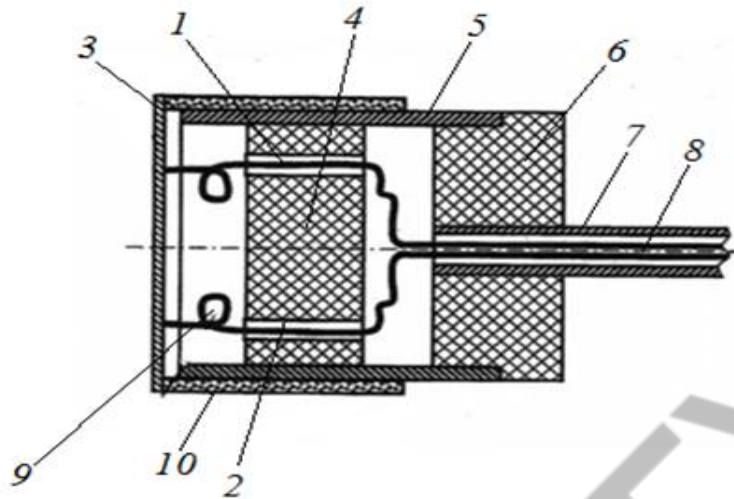


Рис. 1 – Схема приладу для вимірювання температури

Для вимірювання температури зонд притискається до поверхні тіла. При цьому, вільні робочі кінці термоелектродів 1 і 2 знаходяться в контакті з металевою поверхнею пластинки 3 та створюють термопару, в якій металева поверхня виступає як третій проміжний електрод, що не впливає на термоЕРС, тому що температура контактів є незмінною [3]. ТермоЕРС від робочих кінців термоелектродів 1, 2 передається через кабель 8, розташований в утримувачі 7, до приладу, що її фіксує.

Метод вимірювання температури з проміжного елемента, який виступає в ролі датчика, притиснутого до об'єкту вимірювання температури, використаний в роботах [4, 5].

Висновки. Конструкція приладу, що пропонується, дозволяє оперативно та з високою точністю вимірювати температуру будь-яких поверхонь, а також газових та рідинних середовищ.

При вимірюванні температури твердого тіла датчик кладеться на поверхню тіла. При вимірюванні температури газового середовища датчик розміщується у цьому середовищі. При вимірюванні температури рідин датчик розміщується у цій рідині.

Література

1. Патент України на корисну модель № 104319. Зонд для вимірювання температури поверхонь тіл. 25.01.2016, бюл. № 2. МПК G 01 K 7/02.
2. Оборський Г.О. Вимірювання фізичних величин / Г.О. Оборський, П.Т. Слободяник, В.Л. Костенко, С.Г. Антошук // – Одеса: Астропринт, 2012 – С. 329.
3. Патент RU № 2589525. Способ дистанционного измерения температуры. 10.07.2016, бюл. № 19. G 01 J 5/00 (2006.1).
4. Патент RU №2589525. Способ дистанционного измерения температуры. 10.07.2016, бюл. № 19. G 01 J 5/00 (2006.1).
5. Патент України на винахід №124888. Спосіб дистанційного вимірювання температури. 08.12.2021, бюл. № 49. МПК G 01 J 5/00 (2006.01), G 01 J 5/52 (2006.01), G 01 J 5/60 (2006.01), G 01 N 21/17 (2006.01)

МАСООБМІННІ ТА ГІДРОМЕХАНІЧНІ ПРОЦЕСИ БЕЗВІДХОДНОЇ ПЕРЕРОБКИ МАКУХИ АМАРАНТУ

Ружицька Н.В., к.т.н., асистент, Сиротюк І.В., PhD, асистент, Акімов О.В., аспірант, Молчанов М.Ю., аспірант

Одеський національний технологічний університет, м. Одеса, Україна

Україна є однією з країн-виробників олії амаранту [1]. Основним продуктом переробки насіння амаранту є олія, вміст якої в сировині близько 10 % [2]. Відповідно після віджиму олії залишаються великі обсяги відходів – макухи. Оскільки макуха амаранту містить до 22% цінного, багатого на незамінні амінокислоти протеїну, близько 65 % дрібнозернистого крохмалю, який на 97 % складається з амілопектину, доцільна її комплексна переробка шляхом розділення протеїну і крохмалю [3, 4].

Досліджено три схеми переробки макухи амаранту. Перша схема передбачає екстрагування протеїну лужним розчином, з подальшим осадженням білку з екстракту, та зневодненням осаду. Використання мікрохвильової технології дозволяє скоротити процес екстрагування в 5...6 разів в порівнянні з традиційними технологіями. Регулювання режимів вилучення крохмалю з білкових екстрактів шляхом відцентрового осадження дозволяє отримати білкові концентрати з вмістом протеїну 60...90%. Встановлено, що через високу в'язкість екстрактів, для осадження крохмалю фактор розділення має бути не менше 3000.

Друга схема передбачає подрібнення макухи, одержання крохмального молока та відокремлення часток протеїну від зерен крохмалю шляхом багаторазових циклів промивання, розшарування суспензії в режимі осадження під дією сили тяжіння, та осадження у центрифугах. Всі процеси протікають при температурах навколишнього середовища. За даною схемою одержано білковий концентрат з вмістом протеїну 45% та нативний крохмаль. Розглянуто схему переробки макухи амаранту, яка передбачає денатурацію протеїнів, які залишаються в твердій фазі та екстрагування у вигляді розведених клейстеризованих розчинів. В результаті реалізації даної схеми отримано білковий продукт з вмістом протеїну до 30%. При цьому встановлено, що до 50% білку залишається у розчині клейстеризованого крохмалю, внаслідок його високої в'язкості.

На виробництві впровадено схему, що передбачає лужне екстрагування протеїну, за якою одержують білкові концентрати та крохмаль.

Література

1. Янюк, Т., Грюнвальд, Н. (2022). Виробництво амаранту в Україні: стан і перспективи. *Продовольчі ресурси. Продовольчі ресурси*, 10(18), 179-192. <https://doi.org/10.31073/10.31073/foodresources2022-18>
2. Кінетика екстрагування олії із насіння амаранту в мікрохвильовому полі [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.18.12 "Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв" / С. М. Капетула ; наук. кер. О. Г. Бурдо ; Одес. нац. акад. харч. технологій. - Одеса : ОНАХТ, 2012. - 153 с.
3. Науменко К. І. Отримання та характеристика білка з амарантової макухи / К. І. Науменко, Н.

- К. Черно, А. І. Капустян // Збірник тез доповідей 82-ї наукової конференції викладачів університету, Одеса, 26–29 квіт. 2022 р. / Одес. нац. технол. ун-т ; під заг. ред. Б. В. Єгорова. – Одеса : ОНТУ, 2022. – С. 126–127.
4. Ружицька Н. В. Перспективи та можливості одержання крохмалю зі змиху амарнту / Н. В. Ружицька, О. В. Акімов // Енергія. Бізнес. Комфорт – 2020 : матеріали наук.-практ. конф., Одеса, 26 листоп. 2020 р. / Одес. нац. акад. харч. технологій. – Одеса : ОНАХТ, 2020. – С. 11–12.

ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ПЕРЕРОБКИ ВИНОГРАДУ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ КОМБАЙНІВ

Всеволодов О.М., к.т.н. доцент

Одеський національний технологічний університет, м. Одеса, Україна

Мета доповіді – з'ясування впливу збору врожаю винограду вручну або за допомогою виноградозбирального комбайну на якість отриманого виноробами вина.

Збір винограду в даний час здійснюється двома способами: вручну і механічним, за допомогою виноградозбиральних машин.

Сучасні виноградозбиральні машини підрозділяються на три групи: машини, що працюють за принципом зрізу; машини, що працюють за принципом вібрації і машини, що працюють за принципом пневматичного всмоктування або нагнітання. Кожна з цих груп машин вимагає певних умов для можливості застосування і має свої переваги і недоліки.

Світові лідери з виробництва комбайнів для збирання винограду: New Holland (США зі штаб-квартирою в Турині), Gregoire (Франція), ERO SF-200 (Німеччина), Pellench OPTIMA 890, ціна нового комбайну від 300000 євро та вище в залежності від комплектації.

Основні характеристики, наприклад, комбайну ERO та інших: продуктивність – 0,6...1,0 т/годину, потужність двигуна 130...150кВт, ємність бункера для прийому винограда – 2,1...2,4 м³, частота коливань шейкерів 600...800 хв⁻¹, амплітуда струшування 30, 70, 100, висота струшування 1600...1800 мм, висота вивантаження 2,2...2,4 м., радіус розвороту 4,2 м..швидкість руху при збиранні винограду до 10 км/годину, робота на схилах до 12...18°.

Спосіб збирання, як показали дослідження, істотно впливає на якість суцла і виноматеріалів [1,2]. Відзначається, що виноматеріал, отриманий з винограду машинного збору, володіє підвищеним вмістом фенольних речовин в порівнянні з контрольним зразком, внаслідок попадання в бункерну зону гребнів, черешків, листя.

При механічному зборі значна частина ягід пошкоджується ударами робочих органів машини і занурена в сік. Обсяг виділився соку при цьому може досягати до 30 % від загальної кількості винограду.

Встановлено, що домішки листя в концентрації нижче 1 % незначно впливає на якість суслу і столових вин при тривалості контакту бункерній маси з листям менше 2 годин. Зі збільшенням домішки листя до 2 % спостерігається деяке зростання концентрації фенольних сполук, загального і аміачного азоту. З підвищенням концентрації листя в бункерній зоні зростають також і втрати соку. В середньому втрати соку з листям рівні початкової масі листя [3].

Механічний виноградний комбайн працює шляхом ударів по лозі гумовими «шейкерами», щоб виноградна лоза скидала свої ягоди на конвеєр, що переміщає їх у контейнер. По мірі вдосконалення технологій механічні комбайни стали більш чітко розрізняти бруд, листя та інші частинки. Незважаючи на поліпшення, багато комбайнів все ще не вміють розрізняти стиглий, здоровий винограду від незрілого або гниючого, який потім потрібно сортувати на виробництві. Ще одним недоліком є потенціал пошкодження виноградної шкірки, який може спричинити мацерацію та забарвлення соку, який небажаний у виробництві білого та ігристого вина. Розчавлені ягоди також призводять до ризику окислення та втрати деяких ароматичних якостей у вині.

Однією з переваг механічного збирання врожаю є порівняно низька вартість. Комбайн може працювати 24 години на добу та вибирати до 25 тон винограду, у порівнянні з 1-2 тонами, які може збирати досвідчена людина. В умовах жаркого клімату, де швидке збирання є першочерговим завданням, механічне збирання може досягти цих цілей дуже добре.

Можна свідомо вирішити збирати виноград вручну або робити це вимушено через місцеві умови. Якщо схили круті, ділянки маленькі та роздроблені чи лози старі та низькі, то інакше виноград збирати неможливо. Одна з головних цілей при зборі вручну – доставити виноград неушкодженим. Якщо виноград не пошкоджений, можна обмежити обробку сірої або її проводити. Збір винограду вручну дозволяє прямо під час збору сортувати виноград, крім того, виноградар може відокремити від гребнів тільки частину ягід. У знаменитих виноробних районах, де економічний фактор не відіграє вирішальної ролі, часто виноград збирають вручну за традицією, хоча це дорого.

Застосування машин при збиранні винограду – це економічне та технічне рішення. Машинний збір у Франції коштує в середньому в 3...4 рази дешевше, ніж збір вручну, якщо врахувати фонд зарплати та податки підприємців. Це, звичайно, не стосується країн, у яких зарплата та податки нижчі або, як, наприклад, у Чилі, їх немає зовсім. В інших виноробних країнах, наприклад в Австралії, механізація неминуча, тому що недостатньо працівників при збиранні врожаю. Машину можна, зокрема, використовувати залежно від ситуації. Можна працювати вночі, коли прохолодно, і безперервно, якщо врожай потрібно терміново збирати (за високого ступеня зрілості винограду або за поганих погодних умов). Виноградари, які використовують машини, задоволені, що їм не треба більше дбати про те, щоб обслужити, нагодувати і розмістити збирачів винограду. Ці переваги, однак, будуть марними, якщо не буде якості.

Крім погіршення якості продукту, машинне прибирання вносить корективи і при подальшій переробці сировини.

Технологічне обладнання розраховане на переробку цілих, непошкоджених ягід, а не на масу наполовину розчавленого винограду. Так, стікання в приймальний бункер спочатку значної кількості соку, а потім твердої маси з невеликою кількістю рідини, призводить до забивання дробарок - відділення ягід, блокування уламками пагонів клапанів поршневих насосів та ін.

Для вин, які готуються пресуванням цілого винограду, таких як *Champagner*, *Cremant*, *Beaujolais* і *Sauternes*, у Франції застосовувати комбайни не можна, тому що вони не збирають цілі грона. Тому у відповідному районному законодавстві застосування комбайнів для збору та подальшого виробництва вин такого типу категорично заборонено та наказано збирати виноград вручну. Так прийнято збирати виноград в Сент-Емільоні біля Бордо – столиці виноробства Франції. При знаходженні експертами в вині похибок, його категорія з прим'єр Гран Крю Класе знижується до столового. Контролери слідкують за тим, щоб кількість отриманого вина відповідала площі виноградників. Володар шато повинен здавати раз на місяць пляшки з під вина, яке він випив сам. З одного гектару виноградника виноградарі Сент-Емільйона отримують до 50 літрів вина. В умовах жорсткої конкуренції винороби Бордо віддали перевагу якості майбутнього вина, а не його кількості. Саме цьому, коли виноградна грона починає рости, частину грон навіть зрізають з метою покращення якості грон, що залишаються на лозі. Навіть під час засухи законом заборонено поливати лозу, крім тієї лози, вік якої менше одного року. Таким чином залишаються найбільш сильні і міцні лози, які мають розвинене коріння і здатні досягати води навіть достатньо глибоко під землею. На перший погляд - все це дуже суворі заходи, але історичний досвід загибелі у 18 сторіччі більшості виноградників Франції і Європи від завезеної «виноградної чуми» спонукав виноробів діяти саме так. Зараз навіть відновлюється забутий спосіб попередження про можливе зараження лози. Перед рядами лоз висаджують кущі троянд тому, що по бутону троянди зразу помітна присутність шкідників.

Література

1. Технологія виноградних вин [Текст] / Г. Г. Валуйко ; Союз виноделов Крима, Ин-т винограда и вина "Магарач". — Сімферополь : Таврида, 2001. — 624 с. : ил. — (Серия научно-технической литературы по виноделию). ISBN 966-584-186-6.
2. Оборудование винодельческих заводов [Текст] : в 2 т. Т. 2 / В. А. Виноградов ; Союз виноделов Крима, Ин-т винограда и вина "Магарач". — Симферополь : Таврида, 2003. — 352 с. — (Серия научно-технической литературы по виноделию) ISBN 966-7491-68-4.
3. Оборудование винодельческих заводов [Текст] : в 2 т. Т. 2 / В. А. Виноградов ; Союз виноделов Крима, Ин-т винограда и вина "Магарач". — Симферополь : Таврида, 2003. — 352 с. — (Серия научно-технической литературы по виноделию) ISBN 966-7491-68-4.
4. Інноваційні технології у виноробній галузі [Текст] : монографія / Л. О. Іванова, Г. О. Саркісян, Т. В. Страхова, Ю. С. Федченко ; Одес. нац. акад. харч. технологій. — Одеса : Астропринт, 2019. — 248 с. : табл., рис. — Бібліогр.: с. 241-245. ISBN 978-966-927-511-0.

ПРОБЛЕМИ ТРАДИЦІЙНИХ СПОСОБІВ ЕКСТРАГУВАННЯ ДЕРЕВИНИ ДУБА У ВИНОРОБНІЙ ТА ФАРМАЦЕВТИЧНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Акімов О.В., аспірант, **Бурдо О. Г.**, д-р .техн.наук., професор
Одеський національний технологічний університет, м. Одеса, Україна

В промисловості екстрагування є одним з головних технологічних процесів для отримання рідких екстрактів для харчової, косметичної та фармацевтичної промисловості, отримання коньяків і витриманих вин. Рідкі екстракти з дубової деревини використовуються у медицині, як для зовнішнього, так і для внутрішнього застосування. Компоненти деревини дубу мають кровоспинну дію, антиоксидантні, протизапальні та протимікробні властивості, володіють загоювальним ефектом та позитивно впливають на шлунково-кишковий тракт. Відомо, що аромат дубу входить до складу ароматів парфумів. Перспективним напрямком для використання екстрактів з дубової деревини вважається їх використання для виробництва коньяків та вискоекстрактивних вин, як альтернатива витримці в дубових бочках, це може стати одним із способів виробництва вин та коньяків за прискореним методом. У літературі в процесах, де екстрагування відіграє важливу роль, спостерігається поступовий перехід від традиційних методів екстрагування до інтенсивних та перспективних. Основними їхніми принципами є – мінімальний вплив на компоненти сировини, енергоефективність, доступність та безпечність екстрагенту, повнота вилучення цільових компонентів, зменшення тривалості та трудомісткості процесу. Відхід від традиційних методів пов'язаний з тим, що вони не дозволяють в повній мірі виснажити сировину і є енерговитратними. Важливим фактором, що обумовлює перехід – це тривалість процесу екстрагування, яка може складати до 24 годин. Ще одним фактором є трудомісткість процесу, яка пов'язана із залученням фізичної праці людини. У сучасних технологіях фітопрепаратів відомі поліекстракти (поліфракційний екстракти) – препарати, які отримують з лікарської рослинної сировини послідовною екстракцією декількома розчинниками. Така технологія може підвищити собівартість продукту та ускладнювати процес виробництва.

У виноробній промисловості виробництво витриманих вин та коньяків відбувається за традиційною технологією, де основою для виробництва такого продукту виступає процес витримки, який протікає у дубових бочках. Тривалість витримки для вин складає від 6 місяців, а для коньячних спиртів від 3 років і більше. Основні процеси, що протікають у цей період можна розділити на фізичні, до яких відносять екстрагування та випаровування спирту, хімічні, до яких відносять окиснення екстрагованих сполук киснем повітря та взаємодія між ними і біохімічні процеси, які протікають, під час старіння клепки і витримки. За дотримання всіх температурних режимів, вологості повітря та вентиляю-

ванні приміщень середньорічні втрати спирту у навколишнє середовище під час витримки становлять 3% за безводним спиртом, цей показник є достатньо високим, беручи до уваги саму тривалість процесу витримки, що може вимірюватись роками. А це має безпосередній вплив на собівартість готової продукції. Відомо, що коньячний спирт проникає в деревину на глибину, всього 3-4 мм, тому існує необхідність заміни деревини бочок через певну кількість використань або видалення виснаженого шару деревини, для отримання продукту відповідної якості. Це призводить до підвищення трудомісткості процесу, а деревина використовується не повністю.

Тривалість процесу витримки обумовлена малою швидкістю дифузії цільових компонентів з деревини дубу, що приймають активну участь в утворенні характерних смаку і букету витриманих вин та коньяків. Лігнін – це полярний полімер. Тони витримки у коньяках та винах утворюються завдяки продуктам розпаду лігніну, зокрема ароматичним альдегідам, відповідальних за появу у букеті цінних ванільних відтінків. Із особливостей лігніну можна відмітити, що він не розчинний у відомих розчинниках через його сітчасту структуру та хімічні зв'язки з вуглеводами. Вилучається головним чином з міжклітинної речовини і загалом важко піддається вилученню. Дубильні речовини (таніди) в коньячному спирті відіграють важливу роль у пом'якшенні смаку, поліпшенні забарвлення, перетвореннях інших компонентів, беруть участь у створенні повноти та м'якості смаку. Продукти розпаду геміцелюлоз істотно впливають на формування органолептичних переваг коньяку, надаючи повноти і м'якості смаку. Беруть участь в утворенні меланоїдинів, які впливають на формування забарвлення коньяку.

Тому для вирішення вищезазначених проблем на кафедрі ПОтаЕМ було запропоновано використання електродинамічних апаратів, що базуються на принципах адресної доставки енергії. Яка полягає у використанні мікрохвильового випромінювання для інтенсифікації процесу масоперенесення у системі тверде тіло – екстрагент.

Науково-технічне протиріччя процесів екстрагування та витримки. Температура процесу екстрагування є ключовим фактором. З одного боку – підвищення температури позитивно впливає на продуктивність екстрактора. З іншого боку підвищення температури негативно впливає на збереження цільових компонентів. При витримці коньячних спиртів у дубових бочках одним з важливих процесів є екстрагування компонентів деревини для подальшого їхнього перетворення. Важливим фактором при витримці є температура: так при підвищених температурах (вище 20°C) відбувається прискорення процесу дозрівання коньячних спиртів, більший вихід екстрактивних речовин, а з іншого боку, спостерігаються значні втрати спирту та ароматичних сполук у навколишнє середовище. При знижених температурах (нижче 20°C) уповільнюється дозрівання коньячних спиртів, аромат та смак стає недостатньо розвинений, але спостерігаються менші втрати спирту у навколишнє середовище.

Гіпотеза. При використанні адресної доставки енергії, узгодженні режимних та конструкційних параметрів апаратів можна здійснити підвищений вихід лігніну, танідів, геміцелюлоз та продуктів їхнього розпаду з деревини дубу у вигляді фрагментів сітки лігніну, лігніно-вуглеводного комплексу, карамелізованих цукрів, ароматичних сполук та багатьох інших компонентів, що мають лікувальний ефект завдяки трансформації та руйнуванню структури деревини, що дозволить прискорити процес екстрагування та дозрівання вин, коньячних спиртів, надасть природного кольору коньякам, покращить їх букет та смак, дозволить отримати лікарські препарати широкого спектру дії що, в свою чергу, зможе значно змінити виробництво вин, коньяків та лікарських препаратів.

Література

1. Товстуха Є. С. Фітотерапія / Є. С. Товстуха. – К.: Здоров'я, 1990. 304 с.
2. Чуешов В.И., Гладух Е.В., Сайко О.А., и др. Технология лекарств промышленного производства : учебник для студ. высш. учеб. завед. : в 2 ч. Винница : Нова Книга, 2014. — 696 с.,
3. Скурихин И.М. Химия коньяка и бренди. – М.: ДеЛи принт, 2005. – 296 с.
4. Мартыненко Э.Я. Технология Коньяка. – Симферополь, «Таврида», 2003. – 320 с.
5. Азаров В.И., Буров А.В., Оболенская А.В. Химия древесины и синтетических полимеров: Учебник для вузов. СПб.: СПбЛТА, 1999. – 628 с.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ СУШІННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ХАРЧОВИХ СИСТЕМ В ІЧ ПОЛІ

¹Кравченко О.Ю., аспірант, ²Мілінчук К.С., студентка, ¹Терзієв С.Г., д.т.н., доцент

¹Одеський національний технологічний університет, м. Одеса

²Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, м. Одеса

Сучасна епоха розвитку людства – це епоха екоіндустрії. Інноваційні технології мають вирішувати проблеми ефективного використання енергетичних та сировинних ресурсів при суттєвому зниженню навантаження на довкілля. В першу чергу революційні перетворення в такому напрямку очікуються від харчових технологій, де споживається значна доля енергетичних ресурсів, де до двох третин сировини попадає у відходи. 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.

В одеському національному технологічному університеті, в лабораторії «Харчові нанотехнології» проводяться комплексні дослідження впровадження принципів нанотехнологій для вирішення задач екоіндустрії, створення безвідходних технологій переробки рослинної сировини [1].

Мета наступної роботи – створити енергоефективне обладнання для сушіння відходів із їх складними реологічними особливостями.

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 ІЧ діапазону. Дослідження проведено на експериментальному стенді, основними вузлами якого були: камера з ІЧ генератором, касета з сировиною, яка підвішувалась до ваг. Сигнал з ваг через інтерфейс поступав до комп'ютера. Усереднені результати вимірів фіксувались у координатах «вага - час», «температура – час». Обробка вимірів визначала вологість сировини та швидкість сушіння (рис.1).

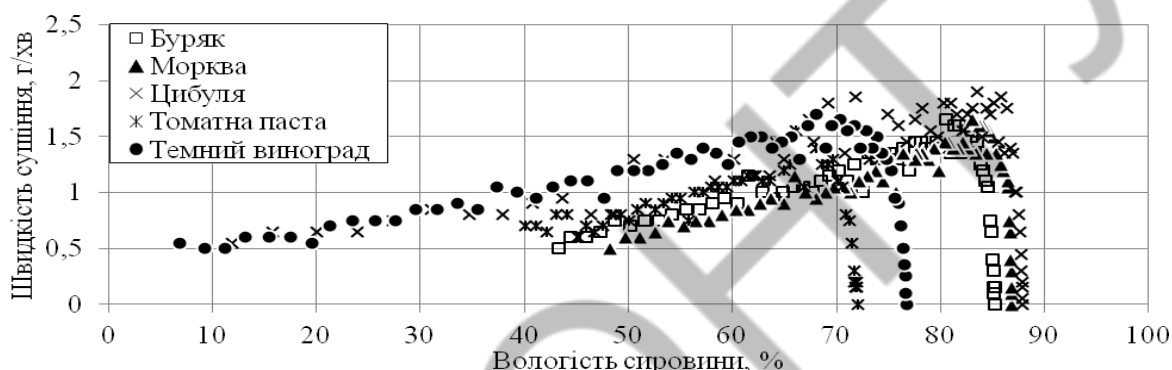


Рис. 1 – Кінетика сушіння макухи в не руховому шарі в умовах ІЧ поля

Аналіз результатів експериментів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Діапазони зміни параметрів

Продукт	Швидкість сушіння, г/хв		Вологість, %	
	Min	Max	Max	Min
Буряк	0,5	1,75	86,9	43,2
Морква	0,5	1,6	87,9	49,6
Цибуля	0,6	1,85	87,9	13,2
Томатна паста	0,65	1,3	72	42,1
Темний виноград	0,55	1,65	76,7	6,9

Аналогічні залежності отримано на пюре яблука, полуниці, банану, сливи, персика, абрикосу, дині.

Досліди показали, що використання ІЧ технологій сушіння – це перспективні шляхи вирішення екологічних проблем та можливість отримання додаткових резервів повноцінної їжі при переробці сировинних відходів консервних виробництв.

Література

1. Бурдо О.Г. *Пищевые наноэнерготехнологии*. – Херсон, 2013 – 294 с.

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ МЕХАНОДИФУЗІЇ

Молчанов М. Ю., аспірант, Сиротюк І.В., PhD, асистент,
Гуліваті В.Г., магістр

Одеський національний технологічний університет, м. Одеса

В наш час швидко зростає інтерес до методів, при яких інтенсифікація процесу екстрагування, сушіння та випарювання досягається за рахунок використання електромагнітних технологій, що характеризуються високими питомими по потужності впливами на сировину, розташовану в реакторі камери.

У лабораторії «Харчові нанотехнології» Одеського національного технологічного університету запропоновано та розвивається принципово новий напрям – харчові нанотехнології. Суть напряму в тому, що ефективно використовується характерна структура харчової сировини з використанням мікрохвильових (МХ) технологій. Використання для цих процесів МХ технологій дозволяє ініціювати в сировині процес механодифузії який значно підвищує ефективність процесу дегідратації навіть при кімнатних температурах і дозволяє знизити величину витрат електричної енергії.

Для пояснення пропонується науково-технічна концепція [1]: «в умовах МХ поля можна організувати адресну доставку енергії до полярних молекул елементів сировини та забезпечити вихід із сировини потужного потоку, що містить розчинні, слабо розчинні та нерозчинні компоненти». Рушійною силою процесу є різниця тисків (1). Для ініціювання цього процесу механічний потік повинен подолати опори сил в'язкості та місцевих опорів, сил гідростатики та сил поверхневого натягу.

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

Це суто механічний потік, потужність якого визначається різницею тисків. Його можна ініціювати, ним можна керувати параметрами МХ поля. Оскільки зазначений потік визначається як дифузійними, так і механічними рушійними силами, йому дано термін «механодифузійний». 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.

Для більш чіткого визначення процесу механодифузії з урахуванням різних параметрів проведено ряд експериментів в яких у ролі капіляру сировини виступали скляні радіопрозорні капіляри різних діаметрів від 1 мм до 7,4 мм та різних об'ємів від 0,4 мл до 9,1 мл заповнені підфарбованою рідиною та ємність з баластною рідиною, потрібною для запобігання пошкодження магнетрона

надмірною кількістю мікрохвиль у камері які не в змозі поглинути капіляри. В процесі проведення експериментів вимірювались наступні параметри: діаметр капіляра, кут нахилу капіляра від напрямку магнетрона, температури капіляра початкова та кінцева, температури баластної рідини початкова та кінцева, маса паперу на який виплескувалась рідина з капіляра початкова та кінцева, об'єм капіляра початковий та кінцевий, час експерименту, кількість капілярів, об'єм баластної рідини, положення баластної рідини у камері, висота капіляру у камері та потужність магнетрона.

Для вимірювання даних параметрів використовувалось наступне устаткування: пірометр GM320 та лабораторні ваги Radwag. Для візуального нагляду використовувався ендоскоп вмонтований в МХ камеру.

В результаті проведення експериментів виявлено, що кут нахилу капіляра відносно напрямку роботи магнетрона впливає на інтенсивність процесу, його режим та на кількість вилученої рідини з капіляра. Для кута нахилу 0° під час експерименту рідина з капіляра виходила в ламінарному режимі з утворенням великої кількості парових бульбашок по всій довжині капіляра, з капіляра вивільнювалось приблизно 90% рідини без різких викидів. Для кута нахилу 45° під час експерименту рідина з капіляра виходила різкими викидами приблизно по 30-40%, з капіляра вивільнювалось приблизно 60% рідини через те що тиск після викиду штовхав залишок рідини до закупореної сторони капіляра.

Зміна діаметру капіляра впливала на час утворення парових бульбашок в ламінарному режимі та на час викиду рідини у турбулентному режимі. Виявлено що у капілярах великого діаметру парові бульбашки мали можливість «проскочити» через рідину по верхній частині капіляра не вивільнивши при цьому рідину.

Зменшення об'єму баластної рідини значно підвищувало інтенсивність процесу.

Зменшення потужності магнетрона зменшувало швидкість вивільнення рідини з капіляру.

Зміна висоти капіляра у камері мало вплив на інтенсивність лише при підйомі від низу камери до початку віконця магнетрона, підйом до середини віконця магнетрона впливу не створювало.

Література

1. Microwave Energy as an Intensification Factor in the Heat-Mass Transfer and the Polyextract Formation. Burdo O.G., Syrotyuk I.V., Alhury U., Levtrinska J.O. Odessa National Academy of Food Technologies. Odessa, Ukraine Aleppo, Syrian Arab Republic

ПРОЦЕСИ ГЛИБОКОЇ ПЕРЕРОБКИ ОЛІЙНОВМІСНОЇ ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ

¹Щербич М.В., аспірант, ¹Сиротюк І.В., PhD, асистент, ²Поян О.С., інженер КВПіА, ³Терзієв С.Г., д.т.н, Голова Правління

¹Одеський національний технологічний університет, м. Одеса

²ТОВ «Дельта Вілмар Україна», м. Южне

³ПрАТ «Єнні Фудз», м. Одеса

В останні роки дуже гостро постає питання раціональності використання сировинних ресурсів при виробництві рослинних олій та масел. Значні об'єми цільового продукту, залишаючись у відходах (макуха, шрот, шлам, тощо) та в матеріалах додаткової обробки (перліт, глина, що відбілює та ін.), піддаються утилізації. Окрім вагомих економічних втрат, які полягають не лише у втратах цільового продукту, а й в дорожнечі послуг з утилізації такої сировини, такі дії призводять і до створення складної екологічної проблеми, оскільки відходи олієжирових виробництв суттєво забруднюють навколишнє середовище. Така ситуація потребує негайного вирішення, яке полягає в комплексній переробці вторинної сировини.

Наразі науковою спільнотою представлені різноманітні варіанти вирішення поставлених задач, серед яких найбільш прийнятним є екстрагування. Отримані іноземними та вітчизняними науковцями результати експериментальних досліджень свідчать про перспективність такого підходу, однак запропоновані режими та методи не дають змогу повноцінно використати потенціал вторинної сировини.

На кафедрі ПОЕМ (ОНТУ) представлена конструкція інноваційного мікрохвильового (МХ) вакуумного екстрактора, який дозволяє реалізувати процес екстрагування в широкому діапазоні температур, тисків та із різноманітними типами сировини та екстрагенту (в тому числі і з агресивними середовищами).

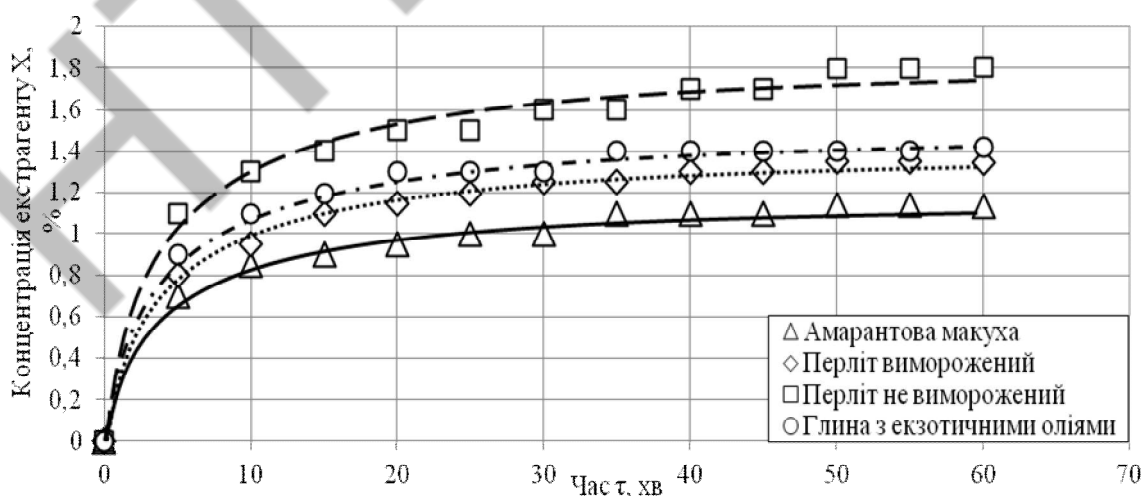


Рис. 1 – Кінетика екстрагування в інноваційному МХ вакуумному екстракторі

В результаті дослідження процесу екстрагування у мовах вакууму та дії МХ поля були отримані кінетичні залежності зміни концентрації олії в екстрагенті (Рис. 1). Експерименти проводилися на різноманітній вторинній сировині олієжирових виробництв: амарантова макуха (відходи виробництва олії з амаранту), перліт виморожений та не виморожений (служує для очищення рослинної олії від шкідливих домішок) та глина (використовується для освітлення олії). Отримані зразки олій мають досить високу якість, підтверджену сертифікованою лабораторією, що дає змогу використовувати даний продукт в харчовій промисловості. На ряду із отриманням олії відбувається і регенерація матеріалів, що слугують для додаткової обробки сировини. А це, в свою чергу, окрім екологічного також має вагомий економічний ефект, адже їх повторне використання в лінії виробництва дозволить суттєво скоротити витрати на нові матеріали.

ПРОЦЕСИ КОМБІНОВАНОЇ ДІЇ ЗНЕВОДНЕННЯ СИРОВИНИ В УМОВАХ ІЧ ТА МІКРОХВИЛЬОВОГО ПОЛЯ

Пилипенко Є.О., аспірант, **Сиротюк І.В.**, PhD, асистент,
Одеський національний технологічний університет, м. Одеса

Сушіння є одним із основних процесів обробки сировини в харчовій промисловості. Однак енергетичний аспект даного процесу є досить проблемним, оскільки ККД сучасних сушильних технологій не перевищує 40%. В зв'язку із цим собівартість готової продукції значно зростає наряду зі збільшенням цін на енергоносії. Окрім того, сушіння супроводжується цілим рядом інших негативних факторів: термічне навантаження на сировину, втрата летких ароматичних компонентів із теплоносієм, довготривалість, тощо. В традиційних зерносушарках процес організовується шляхом взаємодії зерна із топковими газами, що взагалі з точки зору екологічності та безпеки готового продукту є неприйнятним. Вищезазначені недоліки формують проблему, над вирішенням якої плідно працює наукова спільнота світу.

До найбільш розповсюджених сушильних установок відносять конвективні та розпилувальні. Головною рисою цих сушарок є наявність сушильного агенту – зазвичай гарячого повітря із мінімальним вологовмістом. Використання такого методу призводить до значних енергетичних втрат. Задля їх мінімізації вдаються до регенерації та рециркуляції відпрацьованого сушильного агенту. Однак подібні маніпуляції повноцінно не вирішують поставленої задачі. Тому досить часто пропонується використання в процесі сушіння електромагнітних технологій, що дасть змогу повністю уникнути залучення сушильного агенту.

Наразі представлено цілий ряд досліджень організації процесів дегідратації в умовах дії інфрачервоного (ІЧ) та мікрохвильового (МХ) полів. Перспектив-

ність даного направлення полягає в проникній здатності електромагнітних хвиль – від 2-3 (ІЧ) до 20-25 (МХ) мм. Окрім того МХ випромінювання взаємодіє виключно з полярними молекулами, якими в свою чергу є молекули води. Але отримані результати, що представлені іноземними та вітчизняними науковцями, вказують на те, що перспективність використання таких технологій в процесах зневоднення в повній мірі досі не розкрита.

На кафедрі процесів, обладнання та енергетичного менеджменту (ОНТУ) розроблений ряд моделей інноваційних сушильних установок, що використовують принцип адресної доставки енергії шляхом взаємодії електромагнітного поля із вологою сировини. Деякі з них побудовані за принципом комбінованої дії ІЧ та МХ поля, що дозволяє вилучати вологу на поверхню матеріалу (МХ) та видаляти її з поверхні (ІЧ). Завдяки рівномірному розподіленню енергії по усьому об'єму сировини скорочується тривалість процесу, що призводить до зменшення термічного навантаження на продукт та збереження більшої кількості термолабільних компонентів. В результаті проведення комплексних експериментальних досліджень були отримані результати, які слугують основою для проведення напівпромислових та промислових випробувань та подальшого впровадження таких технологій у виробництво.

ЗМІСТ

Секція 1

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ, ТЕПЛОВИХ ТА МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ

Бурдо О.Г., Терзієв С.Г. РОЗВИТОК МОДЕЛІ РИМСЬКОГО КЛУБУ В ЗАДАЧАХ УДОСКОНАЛЕННЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ	5
Зав'ялов В.Л., Мисюра Т.Г., Попова Н.В., Запорожець Ю.В., Чорний В.М. ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІКИ ВІБРОЕКСТРАКТОРА З ПРОТИТЕЧІЙНИМ РОЗДІЛЕННЯМ ФАЗ.....	7
Petrova Zh.O., Samoilenko K.M., Novikova Yu.P., Vyshnievska T.A. INVESTIGATION OF THE ADSORPTION PROPERTIES OF POWDER-FORM COLLOIDAL CAPILLARY-POROUS MATERIALS BASED CARROT.....	9
Осадчук П. І. ОЧИЩЕННЯ РІПАКОВОЇ ОЛІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ.....	11
Shunkin I.S., Sukhyu K.M., Tretyakoff A.O., Chervakov D.O., Belyanovskaya E.A. DEVELOPMENT OF BIODEGRADABLE POLYMER COMPOSITIONS.....	12
Петрова Ж.О., Слободянюк К.С., Вишнєвський В.М., Граков О.П. ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ СУШІННЯ КОЛОЇДНИХ КАПЛЯРНО-ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ У КОНВЕКТИВНІЙ СУШИЛЬНІЙ УСТАНОВЦІ.....	14
Оборський Г.О., Моргун Б. О., Бундюк А. М. ВОДО-ПОВІТРЯНЕ ЕЖЕКТОРНЕ ОХОЛОДЖЕННЯ ПОРОЖНИСТИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ТІЛ.....	16
Туз В.О., Лебедь Н.Л., Литвиненко М.П. ТЕПЛООБМІН В ВИТИХ ТЕПЛООБМІННИКАХ.....	18

Секція 2

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕНОСУ. ОПТИМІЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ ТА СИСТЕМ

Гусарова О.В., Снежкін Ю.Ф. КОНВЕКТИВНЕ ЗНЕВОДНЕННЯ СНЕКІВ ІЗ НАСІННЯ ЛЬОНУ.....	20
Сабадаш В.В., Гумницький Я.М. ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІКИ АДСОРБЦІЇ АЛЬБУМІНУ У АПАРАТІ З МІШАЛКОЮ.....	21
Турчина Т.Я., Макаренко А.А., Костянець Л.О. КІНЕТИЧНІ ОЗНАКИ МАТЕРІАЛІВ, СХИЛЬНИХ ДО ВІДКЛАДЕНЬ В КАМЕРАХ РОЗПИЛЮВАЛЬНИХ СУШАРОК.....	23

Михайлик В.А., Дмитренко Н. В., Корінчевська Т.В., Парняков О.С., Снежкін Ю.Ф. ВПЛИВ КОНЦЕНТРАЦІЇ РОЗЧИНУ ФРУКТОЗИ НА ПИТОМУ ТЕПЛОТУ ВИПАРОВУВАННЯ.....	25
Nefedov V.G., Mukhachev A.P., Sukhyu K.M., Belyanovskaya E.A., Sukhyu M.K. ENERGY EFFICIENT METHOD OF OBTAINING ZIRCONIUM AND HAFNIUM OF HIGH-PURITY.....	27
Яровий І.І., Алі В.П. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ СУШІННЯ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ НА СТРІЧКОВІЙ МІКРОХВИЛЬОВІЙ УСТАНОВЦІ.....	29
Пазюк В.М. ОСОБЛИВОСТІ СУШІННЯ НАСІННЯ СОЇ З ОТРИМАННЯМ ВИСОКОЇ СХОЖОСТІ МАТЕРІАЛУ.....	33
Оборський Г.О., Бундюк А. М., Моргун Б. О. РОЗРАХУНОК ШВИДКОСТІ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ ПРИ ОХОЛОДЖЕННІ ПОРОЖНИСТИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ТІЛ.....	37

Секція 3

ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ, ХІМІЧНИХ ТА ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

Беляновська О.А., Сухий К.М., Сергієнко Я.О., Сухий М.П., Сухий М.П., Суха І.В. ЕКСЕРГЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ АДСОРБЦІЙНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ВІДКРИТОГО ТИПУ НА ОСНОВІ КОМПОЗИТУ «СИЛКАГЕЛЬ – НАТРІЙ СУЛЬФАТ».....	42
Ощипок І. М. ЕФЕКТИВНІСТЬ ОПЕРАЦІЙ ПРОЦЕСУ АВТОМАТИЗАЦІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ.....	43
Авдєєва Л.Ю., Макаренко А.А., Щенський Д.Д. ВИКОРИСТАННЯ КАВІТАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЕНЕРГЕТИЦІ.....	46
Демченко В.Г., Коник А.В. СТВОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ СУМІШЕЙ НА ОСНОВІ ВОДОРОЗЧИННИХ ПОЛІМЕРІВ.....	48
Янаков В. П. МОНІТОРИНГ СТРУКТУРИ ЗМІШУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	50
Воїнов О. П., Воїнова С. О. ПРО УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ ЕФЕКТИВНІСТЮ ОБ'ЄКТІВ ВИРОБНИЦТВА.....	52
Novikova Yu., Petrov A. RESEARCH ON THE CREATION OF A COMPOSITE FUEL BASED ON THE SOLID RESIDUE OF PEAT AFTER EXTRACTION AND NUTRITIOUS RESIDUES OF CORN.....	58
Алексеїк Є.С., Кравець В.Ю. ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПУЛЬСАЦІЙНОЇ ТЕПЛОВОЇ ТРУБИ ЯК ЕЛЕМЕНТА ТЕПЛООБМІННОГО АПАРАТУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ВИТРАТИ ХОЛОДНОГО ТЕПЛОНОСІЯ.....	60

Моргун Б.О., Бундюк А.М., Моргун Ю.Б. ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ЦИЛІНДРИЧНИХ ТІЛ	62
Ружицька Н.В., Сиротюк І.В., Акімов О.В., Молчанов М.Ю. МАСООБМІННІ ТА ГІДРОМЕХАНІЧНІ ПРОЦЕСИ БЕЗВІДХОДНОЇ ПЕРЕРОБКИ МАКУХИ АМАРАНТУ	65
Всеволодов О.М. ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ПЕРЕРОБКИ ВИНОГРАДУ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ КОМБАЙНІВ	66
Акімов О.В., Бурдо О. Г. ПРОБЛЕМИ ТРАДИЦІЙНИХ СПОСОБІВ ЕКСТРАГУВАННЯ ДЕРЕВИНИ ДУБА У ВИНОРОБНІЙ ТА ФАРМАЦЕВТИЧНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ	69
Кравченко О.Ю., Мілінчук К.С., Терзієв С.Г. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ СУШІННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ХАРЧОВИХ СИСТЕМ В ІЧ ПОЛІ	71
Молчанов М. Ю., Сиротюк І.В., Гуліваті В.Г. ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ МЕХАНОДИФУЗІЇ	73
Щербич М.В., Сиротюк І.В., Поян О.С., Терзієв С.Г. ПРОЦЕСИ ГЛИБОКОЇ ПЕРЕРОБКИ ОЛІЙНОВІСНОЇ ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ	75
Пилипенко Є.О., Сиротюк І.В. ПРОЦЕСИ КОМБІНОВАНОЇ ДІЇ ЗНЕВОДНЕННЯ СИРОВИНИ В УМОВАХ ІЧ ТА МІКРОХВИЛЬОВОГО ПОЛЯ	76