

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

ЗБІРНИК ПРАЦЬ

XVII Міжнародної наукової конференції
**«УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ І
ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ТА
ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ»**

3-8 вересня 2018 р.



**ОДЕСА
2018**

Публікуються доповіді, представлені на XVII Міжнародній науковій конференції «Удосконалення процесів і обладнання харчових та хімічних виробництв» (3 – 8 вересня 2018 р.) і присвячені актуальним проблемам підвищення енергоефективності в сфері АПК, харчових та хімічних виробництвах, розробки та впровадження ресурсо-та енергоефективних технологій та обладнання, альтернативних джерел енергії.

Редакційна колегія:

Доктор техн. наук, професор
Кандидат техн. наук

О.Г. Бурдо
Ю.О. Левтринська

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ОРГКОМІТЕТ

Єгоров <i>Богдан Вікторович</i>	– голова, Одеська національна академія харчових технологій, ректор, д.т.н., професор
Бурдо <i>Олег Григорович</i>	– вчений секретар, Одеська національна академія харчових технологій, д.т.н., професор
Атаманюк <i>Володимир Михайлович</i>	– Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор
Васильєв <i>Леонард Леонідович</i>	– Інститут тепло- і масообміну ім. А.В. Ликова, Республіка Білорусь, 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
Михайлов <i>Валерій Михайлович</i>	– Харківський державний університет харчування та торгівлі, д.т.н., професор
Паламарчук <i>Ігор Павлович</i>	– Національний університет біоресурсів та природокористування України, д.т.н., професор
Снежкін <i>Юрій Федорович</i>	– Інститут технічної теплофізики, директор, д.т.н., академік НАН України
Сорока <i>Петро Гнатович</i>	– Український державний хіміко-технологічний університет, д.т.н., почесний професор
Тасімов <i>Юрій Миколайович</i>	– Віце-президент союзу наукових та інженерних організацій України
Товажнянський <i>Леонід Леонідович</i>	– Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор, член-кореспондент НАН України
Ткаченко <i>Станіслав Йосифович</i>	– Вінницький національний технічний університет, г. Вінниця, д.т.н., професор
Черевко <i>Олександр Іванович</i>	– Харківський державний університет харчування та торгівлі, ректор, д.т.н., професор
Шит <i>Михайл Львович</i>	– Інститут енергетики Академії Наук Молдови, к.т.н., в.н.с.
Сухий <i>Константин Михайлович</i>	– ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», д. хім. н., професор

СЕКЦІЯ 1.

**ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ
ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ,
ТЕПЛОВИХ, МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ**

7. Глобальне потепління. Як Земля змінює своє обличчя. Спецпроект ТСН.ua. <https://tsn.ua/special-projects/warming/>. – від 25 березня 2017.
8. Min-Kyu Ji, Reda A.I. Abou-Shanabab, Seong-Heon Kim, El-Sayed Salama, Sang-Hun Lee, Akhil N.Kabra, Youn-Suk Lee, Sungwoo Hong, Byong-Hun Jeon. (2013) Cultivation of microalgae species in tertiary municipal wastewater supplemented with CO₂ for nutrient removal and biomass production. Ecological Engineering, 58, 142-148.
9. Guanyi Chen, Liu Zhao, Yun Qi. (2015) Enhancing the productivity of microalgae cultivated in wastewater toward biofuel production: A critical review. Applied Energy, 137, 282-291.
10. Sheng-Yi Chiu Chien-Ya Kao Tsai-Yu Chen Yu-Bin Chang Chiu-Mei Kuo Chih-Sheng Lin. (2015) Cultivation of microalgal *Chlorella* for biomass and lipid production using wastewater as nutrient resource. Bioresource Technology, 184, 179-189.

УДК 628.356.2

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АБСОРБЦІЇ КИСНЮ В РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНОМУ АПАРАТІ

Obodovych O. M., Sydorenko V. V.

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

RESEARCH OF THE EFFICIENCY OF OXYGEN ABSORPTION IN ROTOR-PULSATING APPARATUS

Ободович О.М., д-р техн. наук, Сидоренко В.В. канд.техн.наук

Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ

Анотація. В роботі наведено результати досліджень по швидкості розчинення кисню в водних розчинах в установці, що складається з ежекційного вузла та диспергатора-змішувача, що є роторно-пульсаційним апаратом. Принцип енергоощадності обладнання полягає в максимальному використанні енергії, що підводиться, для отримання кінцевого продукту. Обладнанням, що дозволяє інтенсифікувати процеси подрібнення, емульгування, розчинення, перемішування та ін. в рідині є роторно-пульсаційні апарати. Метою роботи була оцінка ефективності використання роторно-пульсаційного апарата в процесі аерації водних розчинів. Основними показниками, що визначали ефективність аерації, були витрата повітря, окислювальна здатність (сульфітне число), поверхневий коефіцієнт масопередачі k_L та ефективність аерації. Методом, що застосовувався для одержання експериментальних даних, став метод хімічного окиснення киснем повітря сульфїту натрію, що був складовою модельного розчину. Розрахункові параметри були одержані використанням відповідних співвідношень. Представлено схему та принцип роботи установки. Експериментально визначено вплив швидкості обертання ротору на швидкість розчинення кисню. Досліди було проведено за наявності статора та без нього. Наведено порівняльну характеристика умов аерації, сульфїтного числа та ефективності аерації відносно відповідних літературних даних деяких аераційних пристроїв за узагальненим критерієм аерації. Зроблено висновки щодо енергоощадності запропонованого обладнання.

Ключові слова: аерація, окиснення, роторно-пульсаційний апарат, енергоефективність.

Abstract. *This work presents the results of research on the oxygen dissolution rate in water solutions in the setup, consisting of jet unit and disperser-mixer which is rotor-pulsed apparatus. The principle of energy-saving equipment is to maximize the use of supplied energy to obtain the final product. Equipment, allow to intensify processes of mixing, emulsifying, dissolving etc. in liquid are rotor-pulsed apparatuses. Aim of the work was to evaluate the efficiency of the rotor-pulsating apparatus in the process of aeration of aqueous solutions. The main parameters that determined the efficiency of aeration were air flow, mass transfer rate (sulfite number), surface mass transfer coefficient k_L and effectiveness of aeration. The method used to obtain experimental data was the method of chemical oxidation by air's oxygen of sodium sulfide, which was part of the model solution. Calculated parameters were obtained using the corresponding ratios. The scheme and the principle of the setup are presented. Experimentally, the influence of rotor's rotational speed on the oxygen dissolution rate is determined. The experiments were conducted in the presence of stator and without it. A compare of aeration conditions, sulfite number and energy efficient is given in relation to the corresponding literary data of some aeration devices according to the generalized aeration criterion. Conclusions regarding the energy saving of the proposed equipment are made.*

Key words: aeration, oxidation, rotor-pulsed apparatus, energy efficiency.

Вступ. Принцип енергоощадності обладнання полягає в максимальному використанні енергії, що підводиться, для отримання кінцевого продукту. Прикладом зворотнього є пневматичні системи аерації промислових ферментерів, в яких до 90% кисню, що подається в систему, повертається до атмосфери і лише 10% споживається.

Роторно-пульсаційні апарати (РПА) відносяться до пристроїв, що знайшли широке застосування для отримання тонкодисперсних емульсій, суспензій та для гомогенізації рідких сумішей. Вони також використовуються в мікробіологічній, харчовій та молочної промисловості, де виробничі процеси включають в себе високошвидкісні хімічні реакції. Інтенсифікація фізико-хімічних процесів в РПА призводить в результаті до значного зменшення енергії, що споживається, зменшення габаритів обладнання, поєднання декількох технологічних процесів в одному апараті. Деякі технології, що використовують РПА в рамках реалізації методу дискретно-імпульсного введення енергії розглянуті в [1].

Метою роботи є оцінка ефективності використання роторно-пульсаційного апарата в процесі аерації водних розчинів.

Матеріали і методи

Спрощену схему експериментальної установки представлено на рис.1. Експериментальна установка складається з посудини загальним об'ємом 50 л (1), диспергатора-змішувача (2), ежекторного вузла (3), трубопроводу рециркуляції (4), повітропроводу (5), електродвигуна (6), вал якого приєднаний до валу диспергатора-змішувача через передаточний та підшипниковий вузли. Сальниковий вузол забезпечує герметичність диспергатора-змішувача. Для управління частотою обертання ротора та контролю витраченої енергії передбачено блок управління та контролю (БУК), що складається з частотного перетворювача, амперметра та лічильника електроенергії.

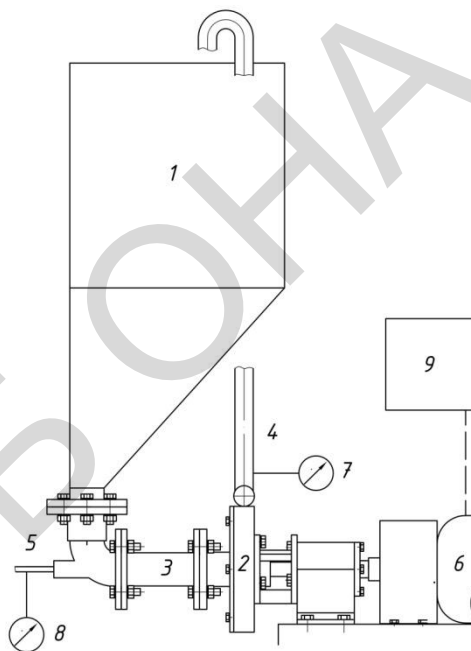


Рис.1. Експериментальна установка роторного типу: 1 – посудина; 2 – аератор-окиснювач; 3 – ежекторний вузол; 4 – трубопровід рециркуляції (заходить в верхню частину посудини); 5 – повітропровід; 6 – електродвигун; 7 – манометр; 8 – вакууметр; БУК – блок управління та контролю.

Диспергатор-змішувач складається з полого корпусу у формі циліндру, перфорованих нерухомого статору та рухомого ротору, що розташовані на валу. Обидва є обичайками із внутрішнім радіусом – 70 мм, товщиною – 5 мм, та 40 мм та 30 мм відповідно. В роторі передбачено 12 круглих отворів 12 мм, в статорі - 20. Кількість лопаток ротора – 12. Міжциліндровий зазор становить 300 мкм.

Ежекторний вузол (3), через який внаслідок самовсмоктування, повітря подається в робочу зону апарату, розташований в трубі довжиною 155, та діаметром 50 мм та складається з ежекційної камери та перфорованої форсунки (18 отворів по 2 мм). Конструкція ежекторного вузла дозволяє за рахунок зміни положення форсунки, змінювати швидкість потоку рідини в камері змішування.

Визначення ефективності аерації базується на використанні хімічного окиснення киснем повітря, що подається в установку, сульфату натрію, що є складовою водного модельного розчину

Зміну концентрації кисню в часі визначають, як різницю між швидкістю масопереносу та швидкістю хімічної реакції:

$$\frac{dc}{dt} = -v_1 v_p + v_m$$

де v_p – швидкість реакції;
 v_m – швидкість масо переносу.

Оскільки в сульфитному методі використовується велика кількість сульфіту натрію, реакція не лімітується його концентрацією, тому має нульовий порядок.

В усьому діапазоні вимірювань концентрація кисню c дорівнює нулю внаслідок чого швидкість накопичення кисню $dc/dt=0$, тоді швидкість масопереносу можна прирівняти до швидкості реакції. В результаті маємо:

$$k_L a = \frac{v_1 \cdot (y_0 - y_1)}{t \cdot c_p}$$

де

$k_L a$ – об'ємний коефіцієнт масопередачі, c^{-1} ;
 v_1 – стехіометричний коефіцієнт хімічної реакції;
 y_0 – початкова концентрація сульфіту натрію, $кг/м^3$;
 y_1 – концентрація сульфіту натрію в момент часу t , $кг/м^3$;
 t – час, що пройшов від початку вимірювань, год.

В результаті досліджень було отримано значення параметрів, що характеризують ефективність аерації, а саме окислювальної здатності (сульфитного числа), коефіцієнту масопереносу та саме ефективності аерації для різних режимів роботи диспергатора-змішувача.

Порівняльна характеристика умов аерації, сульфитного числа та енергетичних витрат деяких аераційних пристроїв за узагальненим критерієм аерації, запропонованим, наведена в табл. 1.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика умов аерації, сульфитного числа та енергетичних витрат деяких аераційних пристроїв

Тип аератора	Витрата повітря, $м^3/год$	$k_L, год^{-1}$	Окиснювальна здатність, $кг O_2/м^3 \cdot год$	Ефективність аерації, $кг O_2/(кВт \cdot год)$
Rehau длина 75 см высота слоя воды 45 см [2]	3,9	19,33	2,01	3,77
Перфорована мішалка №/К 8, $T_L=32,3^{\circ}C$ [3]	н/д	2153,00	10,50	0,24
Установка з диспергатором-змішувачем ($n=47,75 об/с$)	0,54	1909,00	5,00	50,00

Висновки.

В роботі експериментальним шляхом доведено високу ефективність використання роторно-пульсаційних апаратів в процесі насичення киснем водних розчинів. Наявність статору дозволяє збільшити швидкість масопереоносу більш ніж на 50%. При порівнянні ефективності аерації деяких установок було визначено, що питомі витрати енергії на одиницю розчиненого кисню, виявилась на порядок вищими за зразки пневматичної та механічної аерації, що було вибрано для порівняння.

Література.

1. Микро- и наноуровневые процессы в технологиях ДИВЭ: Тематический сборник статей/ под общей ред. А.А. Долинского; Институт технической теплофизики НАН Украины. – К. Академперіодика, 2015. – 464 с.
2. Серпокрьлов Н. С. Снижение энергопотребления систем аэрации сточных вод / Н. С. Серпокрьлов, А. С. Смоляниченко. // Вестник ТГАСУ. – 2010. – №3. – С. 192–199.
3. Хабибрахманов Р.Б. Исследование массообменных характеристик аппаратов с перфорированными мешалками сульфитным методом / Р. Б. Хабибрахманов, С. Г. Мухачев. // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т.17, №2. – С.140-143.

УДК 66.047.1:663.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО СОСТАВА БАКТЕРИАЛЬНОГО ПРЕПАРАТА «БИФАЦИЛ» НА ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА РАСПЫЛИТЕЛЬНОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОНЕЧНОГО ПРОДУКТА

Переяславцева Е.А., канд.техн.наук
Институт технической теплофизики НАН Украины, г. Киев

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE COMPOSITION OF THE BACTERIAL PREPARATION "БИФАЦИЛ" ON THE PECULIARITY OF THE SPRAY DRAINING PROCESS AND QUALITATIVE INDICATORS OF THE FINAL PRODUCT

E. Pereyaslavtseva, candidate of technical sciences
Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev

Аннотация. Статья посвящается исследованию процесса распылительного обезвоживания биосуспensionии бактериального препарата «Бифацил», который используется как лекарственное и профилактическое средство в медицине и ветеринарии.

При проведении исследований оценивалось влияние температурных условий сушки и композиционного состава препарата на выживаемость клеток и процент выхода продукта из распылительной камеры.

Экспериментальными исследованиями процесса распылительного обезвоживания биосуспensionии бакпрепарата подтверждена возможность получения данного порошкового продукта с титром активности не менее 10^{10} КОЕ/г при использовании теплоносителя с параметрами: $T_{\text{вх}}=160\pm 5^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{вых}}=80\pm 5^{\circ}\text{C}$.

В статье приведен анализ влияния массового соотношения защитных компонентов по отношению к биомассе клеток в биосуспensionии, а также различных компонентов защитной среды и их количества на процесс распылительной сушки и качественные характеристики сухого продукта.

Показано, что избыточное количество таких компонентов как желатин и сахар (20...30%) в составе защитной среды, при распылительной сушке приводит: к образованию балластных частиц, не содержащих клеток; появлению в порошке крупных пленок и агломератов этих компонентов; к значительным отложениям на стенках камеры. Эти факторы способствуют существенному снижению титра активности конечного продукта.

Исследования позволили определить температурные режимы сушки и массовое соотношение компонентов биосуспensionии препарата «Бифацил» для получения его сухой формы высокого качества методом распылительного обезвоживания.

Annotation. This article is devoted to the research on spraying dehydration process of bio suspension of "Бифацил" bacterial preparation that is used as medicinal product and preventive remedy in medicine and veterinary.

During the research the following was evaluated: the influence of drying temperature conditions and preparation structural formula on cells survivability as well as the percent of product yield from the spray chamber.

Experimental study of spraying dehydration process of bacterial preparation bio suspension has proved the ability to get the given powder product with activity titer not less than 10^{10} CFU /g while using the heat carrier with the following parameters: $T_{\text{entry}}=160\pm 5^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{exit}}=80\pm 5^{\circ}\text{C}$.

The article provides the analysis of influence of protective components mass ratio in relation to cells biomass in bio suspension, as well as influence of different components of protective environment and their quantity on the process of spray drying and qualitative characteristics of dry product.

It is demonstrated that the excess quantity of such components as gelatin and sugar (20...30%) in the protective composition during spray drying leads to: formation of ballast particles that do not contain cells; emergence of large films in the powder and agglomerates of these components; significant sediments at the chamber walls. All these factors contribute to significant reduction of activity titer of the end product.

The studies allowed to determine the temperature regimes of drying and the mass ratio of the components of the biosuspension of the preparation "Бифацил" to obtain its dry form of high quality by the method of spray drying.

Ключевые слова: распылительная сушка, температурные режимы, биосуспensionия, защитная среда, качество.

Keywords: spray drying, temperature regimes, biosuspension, protective environment, quality.

ЗМІСТ

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ, ТЕПЛОВИХ, МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ

ВПЛИВ МЕТОДИКИ РОЗМІЩЕННЯ СИРОВИННИХ ПОЛІН ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ДЕРЕВНОГО ВУГЛЛЯ ПІРОЛІЗНИМ СПОСОБОМ НА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЦЕСУ	
Товажнянский Л.Л., Вель В.Є., Миронов А.М.	5
ТЕПЛООБМІННИКИ КРІОМОДУЛІВ НА БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ СУМІШАХ	
Литвиненко М.П., Туз В.О.	10
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ФІТОЕСТРОГЕННОЇ СИРОВИНИ	
Петрова Ж.О., Слободянюк К.С.	12
ЗВ'ЯЗОК ЯВИЩА ГІДРОДИНАМІЧНОЇ КАВІТАЦІЇ ТА ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОКАЗНИКІВ ВОДИ	
Авдєєва Л.Ю., Жукотський Е.К., Макаренко А.А.	17
КОНВЕКТИВНО-ТЕРМОРАДІАЦІЙНЕ СУШІННЯ ЯБЛУЧНИХ СНЕКІВ ЗА УМОВ РУХУ ПОВІТРЯ	
Малежик І. Ф., Дубковецький І. В., Стрельченко Л. В.	20
ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ ЕКСТРАГУВАННЯ СІРЧАНОКИСЛОЇ МІДІ ЗА УМОВ ВАКУУМУВАННЯ	
Симак Д.М. Склабінський В.І.	24
ВПЛИВ РОЗЧИННИХ РЕЧОВИН НА СТАН ВОДИ В РОСЛИННИХ ТКАНИНАХ ТА КІНЕТИКУ ЇХ СУШІННЯ	
Дмитренко Н.В.	30
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДІОКСИДУ СУЛЬФУРУ ТА НІТРОГЕНУ НА ПРОЦЕС ПОГЛИНАННЯ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ ХЛОРОФІЛСИНТЕЗУЮЧИМИ МІКРОВОДОРОСТЯМИ	
Дячок В.В., Катишева К.В., Гуглич С.І., Мандрик С.Т.	35
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АБСОРБЦІЇ КИСНЮ В РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНОМУ АПАРАТІ	
Ободович О.М., Сидоренко В.В.	41
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОМПОЗИЦИОННОГО СОСТАВА БАКТЕРИАЛЬНОГО ПРЕПАРАТА «БИФАЦИЛ» НА ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА РАСПЫЛИТЕЛЬНОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОНЕЧНОГО ПРОДУКТА	
Переяславцева Е.А.	44
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	
Рябова І.Б., Петухова О.А., Горносталя С.А., Щербак С.М.	50
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ СУСПЕНЗОВАНОГО ГРИБА ШИЇТАКЕ В СИСТЕМІ «КРАПЛЯ-ПАРОГАЗОВЕ СЕРЕДОВИЩЕ»	
Шаркова Н.О., Турчина Т.Я., Жукотський Е.К., Костянець Л.О.	55
КОНВЕКТИВНЕ ЗНЕВОДНЕННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ БАТАТУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	
Шапар Р.О., Гусарова О.В.	58
ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ БУРЯКОВОГО ЖОМУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БІОКОРМІВ	
Гнатів З.Я., Мосюк М.І., Дулеба В.П.	62
ПРОЦЕС ЕКСТРАГУВАННЯ З ПЛОДІВ ШИПШИНИ У ВАКУУМНОМУ МІКРОХВИЛЬОВОМУ АПАРАТІ	
Левтринська Ю.О., Альхурі Юсеф, Голінська Я.А., Терзієв С.Г.	66

МОДЕЛЮВАННЯ КОМБІНОВАНИХ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕНОСУ. ОПТИМІЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ І СИСТЕМ

ТЕПЛООБМІН ПРИ ПЛАВЛЕННІ ТА КРИСТАЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОАКУМУЛЮЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ	
Корінчевська Т.В., Снежкін Ю.Ф., Михайлик В.А.	73