

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЗБІРНИК ПРАЦЬ

*VII Міжнародної науково-практичної
конференції*

**«ІННОВАЦІЙНІ
ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ»**

9-13 вересня 2019 р.



ОДЕСА
2019

Публікуються доповіді, представлені на XVIII Міжнародній науковій конференції «Удосконалення процесів і обладнання харчових та хімічних виробництв» (9 – 13 вересня 2019 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
Я.О. Масельська

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
Сухий <i>Константин Михайлович</i>	– ДВНЗ "Український державний хіміко-технологічний університет", д.хім.н., 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, 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

СЕКЦІЯ 3.

**ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ
ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ**

УДК 66.047

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТРУКТУРУЮЧОЇ ДОБАВКИ НА КІНЕТИКУ СУШІННЯ ГРИБНОЇ СУСПЕНЗІЇ

Турчина Т.Я., канд. техн. наук., ст. наук. співр., Жукотський Е.К., Костянець Л.О.
Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

RESEARCH INFLUENCE OF STRUCTURAL SUPPLEMENT ON THE KINETICS OF DRINKING MUSHROOM SUSPENSION

Turchyna T.J., Cand. Sc. Science, Sen. Res. Fell., Zhukotsky E.K., Sen. Res. Fel., Kostyanets L.A.,
Institute of Engineering Thermophysics NAS of Ukraine, m. Kyiv

Анотація. Вивчено вплив структуруючої добавки на кінетику сушіння крапель водної суспензії гриба шиїтаке та морфологічні, термопластичні і адгезійні характеристики висушених часток. Дослідження процесу сушіння крапель грибною суспензією з введеним β -циклодекстрином (далі по тексту ЦД) у кількості 10% та 25% за сухими речовинами проводились на стенді в потоці нагрітого теплоносія (повітря).

Отримані термограми сушіння крапель грибною суспензією з ЦД не відрізнялись за характером від термограм сушіння крапель грибною суспензією без добавок, однак вплив структуруючої добавки виявлено на співвідношення відносної тривалості випарювального та сушильного періодів, на темп прогрівання крапель у стадії кіркутворення та досушування, зниження яких сприяє збереженню цінних складових продукту при сушінні.

Збільшення відносної тривалості сушильного періоду, яке відбувається через опір процесам вологопереносу з боку поверхневої кірочки, пояснюється в суспензіях з 10% ЦД (160...200°C) недостатнім для ефективного структурування і вологопереносу вмістом добавки, а при сушінні крапель суспензії з 25% ЦД (140...160°C) недостатнім підведенням тепла. За отриманими результатами визначено, що для покращення структуруючих та вологопровідних властивостей матеріалу при зневодненні вміст ЦД в грибній суспензії має бути >10%, але < 25%, а температура теплоносія - $\geq 180^\circ\text{C}$, але < 200°C.

Встановлено, що введення ЦД забезпечує більшу міцність і щільність висушених часточок як чинників поліпшення структурно-механічних характеристик порошку, а підвищення термостійкості матеріалу в сукупності з досягненням ефекту мікрокапсулювання термолабільних складових гриба при розпилювальному сушінні дозволяють отримувати грибний порошок високої якості.

Abstract. The influence of the structural additive on the kinetics of drying the drops of the aqueous suspension of the fungus was studied and the morphological, thermoplastic and adhesion characteristics of the dried particles. Investigation of the process of drying drops of mushroom suspension with injected β -cyclodextrin (further in the text as CD text) in quantities of 10% and 25% was investigated on a test stand in a stream of heat fluid at 140, 160, 180, 200 ° C.

The obtained thermograms of drying drops of mushroom suspensions with CDs did not differ in type from the thermograms of drying drops of mushroom suspension without additives, but the influence of the structuring suppository on the ratio of the relative duration of the evaporation and drying periods, on the rate of preheating of drops in the stage of formation and drying, reduction which contributes to the preservation of the price components of the product during drying.

The increasing of the relative duration of the drying period, which occurs due to resistance to the processes of loop transfer from the surface of the crust, is explained in suspensions of 10% DM (160 ... 200 ° C) for the lack of an effective structure and wet transfer of the content of the additive, and when drying the suspensions from 25% DD (140 ... 160 ° C) insufficient heat supply. Based on the results obtained, it has been determined that in order to improve the structurally and moisture conducting properties of the material, the low-water content of DM in the mushroom suspension should be more than 10% but less than 25% and the heated fluid temperature is $\geq 180^\circ\text{C}$, but < 200 ° C.

It was established that the introduction of CD provides greater strength and density of dried particles as factors of improving the structural and mechanical characteristics of the powder, and increasing the thermal stability of the material and obtaining the effect of microcapsulation of thermolabile components of the fungus at sawing-drying in aggregate allows to obtain mushroom powder of high quality.

Ключові слова: β -циклодекстрин, грибна суспензія, крапля, теплоносій, випарювання, температура, час сушіння.

Key words: β -cyclodextrin, mushroom suspension, drop, coolant, evaporation, temperature, drying time.

Дослідження процесу сушіння крапель водних суспензій з гриба шиїтаке, які проводились в системі «крапля – парогазове середовище» на експериментальному стенді в потоці нагрітого теплоносія [1], та дослідно-промислова апробація технології розпилювального сушіння на сушарці РЦ-1,3 показали, що отримання якісного сипкого порошку гриба шиїтаке неможливе без додавання структуруючих добавок.

Декстринвмісні добавки, як відомо [2, 3], сприяють покращенню структуроутворюючих та паропровідних властивостей складних колоїдних систем, забезпечують термостійкість матеріалу при сушінні і покращення структурно-механічних властивостей порошку, що важливо для термолабільних продуктів.

Мета роботи полягала у вивченні впливу структуруючої добавки на процеси тепловологопереносу при сушінні одиничних крапель грибної суспензії у потоці нагрітого теплоносія та стан висушених часток на наявність термопластичних та адгезійних властивостей, їх міцність та щільність.

В якості структуруючої добавки було використано β -циклодекстрин, який вводили до грибної суспензії у кількості 10% та 25% від загальної маси сухих речовин.

Дослідження процесу сушіння одиничних крапель грибної суспензії з введеним циклодекстрином (далі по тексту ГС+ЦД) проводились на стенді в потоці теплоносія [1], нагрітого до температури 140, 160, 180, 200°C. Отримані термограми сушіння крапель ГС+10%ЦД та ГС+25%ЦД (рис.1) не відрізнялись за характером від термограм сушіння крапель ГС без ЦД [1] і згідно класифікації матеріалів як об'єктів сушіння методом розпилювання [4] дані продукти відносяться до II типу рідинних матеріалів, процес зневоднення яких протікає у два періоди, розділених на термограмах сингулярною крапкою кр.1:

- випарювальному, тривалість якого складає $\tau_{\text{вип}} = \tau_{\text{кр.1}} = \tau_1 + \tau_2$;
- сушильному, тривалість якого складає $\tau_{\text{суш}} = \tau_{\text{заг}} - \tau_1 = \tau_3 + \tau_5$.

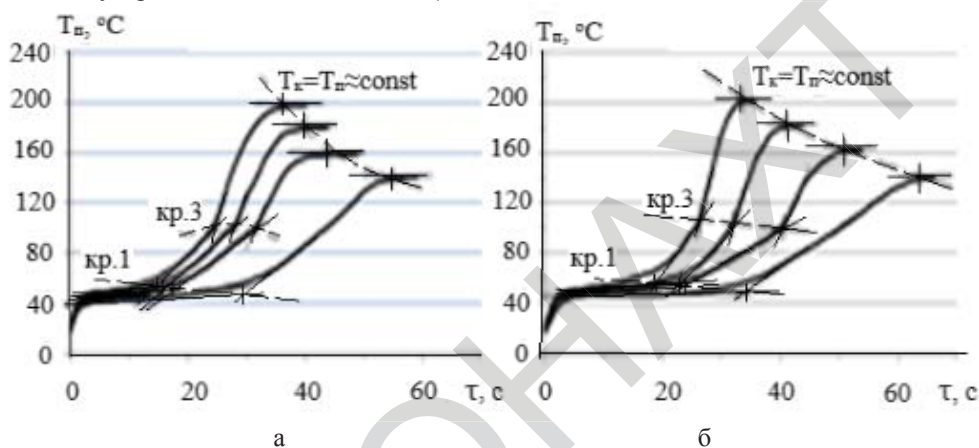


Рисунок 1. Термограми сушіння крапель грибної суспензії при температурах теплоносія 140-200°C: а) ГС+10%ЦД; б) ГС+25%ЦД.

За кінетичними залежностями $\tau_{\text{вип}}/\tau_{\text{заг}} = f(T_p)$ і $\tau_{\text{суш}}/\tau_{\text{заг}} = f(T_p)$ (рис. 2) видно, що підвищення температури теплоносія від 140°C до 160°C по різному впливає на кінетику сушіння крапель ГС в залежності від кількості введеного ЦД. Так, при 140°C співвідношення відносної тривалості випарювального (крива 1) та сушильного (крива 2) періодів для ГС+10%ЦД складало 0,55/0,45, а при 160°C відносна тривалість випарювального періоду скоротилась (до 0,43) з відповідним збільшенням сушильного, а їх співвідношення змінилось до 0,43/0,57. Для ГС+25%ЦД це співвідношення складає в середньому 0,46/0,55.

При збільшенні температури від 160°C до 180...200°C для ГС+10%ЦД це ж співвідношення залишається майже без змін (0,43/0,57). Для ГС+25% відносна тривалість випарювального періоду навпаки збільшується з відповідним скороченням сушильного, а їх співвідношення складає в середньому 0,54/0,46.

Збільшення відносної тривалості сушильного періоду, викликане опором процесу вологопереносу з боку поверхневої кірочки, пояснюється для ГС+10%ЦД (160...200°C) недостатнім для ефективного структурування і вологопереносу вмістом ЦД, а для ГС+25%ЦД (140...160°C) недостатнім підведенням тепла.

В стадії кіркоутворення темп прогрівання крапель істотно залежить від вмісту ЦД. Графічна залежність $(dT_k/dt)_{\text{кірк}} = f_p$ для суспензії ГС+10%ЦД при підвищенні температури теплоносія від 140 до 200°C поступово зростає, а для ГС+25%ЦД при $T_p = 140-160^\circ\text{C}$ і $180-200^\circ\text{C}$ $(dT_k/dt)_{\text{кірк}}$ є величиною постійною, але для більших температур (180-200°C) ці величини у 2 рази більші. При $T_p = 180^\circ\text{C}$ темп прогрівання крапель ГС+25%ЦД зростає на 25% у порівнянні з ГС+10%ЦД, що свідчить про менший вологовміст крапель з більшим вмістом ЦД завдяки кращому структуруванню поверхневої кірочки і більш ефективному протіканню процесу вологопереносу при зневодненні.

Порівняльний аналіз кінетичних залежностей ГС+ЦД та без ЦД [1] показав, що криві $(dT_k/dt)_{\text{кірк}} = f_p$ ГС+ЦД взагалі розташовані нижче криву ГС без добавок. Такий результат демонструє стримуючий ефект ЦД при прогріванні крапель, що дещо подовжує процес сушіння крапель ГС+ЦД, але в той же час сприяє уникненню перегрівання продукту під дією високих температур і збереження усіх цінних складових гриба при сушінні, що край важливо для термолабільного продукту.

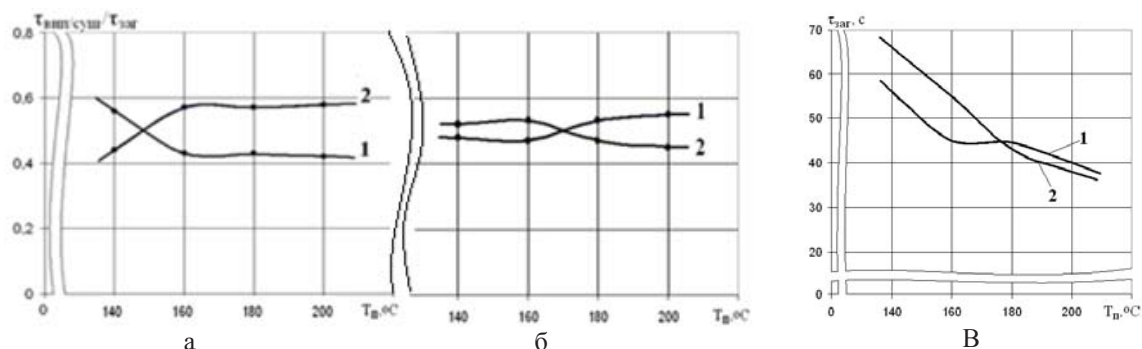


Рисунок 2. Кінетичні залежності відносної тривалості 1 - випарувального $t_{\text{вип}}/t_{\text{заг}}=f(T_{\text{п}})$ та 2 - сушильного $t_{\text{суш}}/t_{\text{заг}}=f(T_{\text{п}})$ періодів при сушінні крапель: а) ГС+10%ЦД; б) ГС+25%ЦД та в) загального часу сушіння крапель 1 - ГС+10%ЦД і 2 - ГС+25%ЦД від температури теплоносія $T_{\text{п}}$.

За умов зростання темпу прогрівання крапель у стадії кіркоутворення тривалість їх зневоднення до крапки кр. 3 дещо знижується, але при $T_{\text{п}}=160-180^{\circ}\text{C}$ залишається достатньо високою - 0,7-0,75, що свідчить про можливість висушування крапель до сухого стану.

Загальний час сушіння крапель ГС+ЦД при збільшенні температури теплоносія від 140°C на кожні 20° скорочується в середньому на 25% (рис.2, в). Слід відмітити, що для ГС+10%ЦД загальний час сушіння при $T_{\text{п}}=160-180^{\circ}\text{C}$ не змінний, а при $T_{\text{п}}\geq 180^{\circ}\text{C}$ - майже не залежить від вмісту ЦД.

За порівняльним аналізом отриманих результатів встановлено позитивний вплив введеного ЦД на кінетику сушіння крапель ГС+ЦД і у порівнянні з ГС без добавок [1] виявлено наступні відмінності:

- відносна тривалість випарувального періоду скоротилась в середньому у 1,5 рази при незначному скороченні часу зневоднення до крапки кр.3;
- у 1,5 рази знизився темп прогрівання крапель у стадіях кіркоутворення та досушування, що свідчить про підвищення захисних властивостей матеріалу при сушінні;
- не зважаючи на незначне збільшення часу сушіння крапель (всього на 5-7%), висушені частки у потоці теплоносія проявляли більшу термостійкість і пружність, а в охолодженому стані - твердість і міцність.

Висновки.

Проведені дослідження показали, що для отримання високоякісного сипкого порошку гриба шітাকে методом розпилювання доцільно до грибної суспензії ввести структуруючу добавку, наприклад, β -циклодекстрин у кількості $>10\%$ і $<25\%$.

Експериментально встановлено, що ЦД забезпечує більшу міцність і щільність висушених часточок як чинників поліпшення сипкості порошку, а підвищення термостійкості матеріалу у сукупності з досягненням ефекту мікрокапсулювання термолабільних складових гриба при розпилювальному сушінні дозволяють отримувати грибний порошок високої якості.

За результатами проведених досліджень визначені раціональні температурні режими розпилювального сушіння суспензії з гриба шітাকে з введеним ЦД, при апробації яких на експериментальній розпилювальній сушарці РЦ-1,3 були отримані дослідні партії сипкого порошку тривалого зберігання.

Література

1. Шаркова Н.О. Дослідження процесу сушіння суспензованого гриба шітাকে в системі «крапля-парагозове середовище»// Н.О.Шаркова, Т.Я. Турчина., Е.К.Жукотський, Л.О.Костянець Л.О./ Зб. праць XVII Міжн. наук. конф. «Удосконалення процесів і обладнання харчових та хімічних виробництв», Одеса, ОНАХТ, 3-8 вересня 2018.- С. 55-57.
2. Долинский А.А. Сучасні методи впливу на структуроутворюючі властивості складних матеріалів як об'єктів розпилювального сушіння// Долинский А.А., Турчина Т.Я., Жукотський Е.К./ Наукові праці ОНАХТ. Випуск 45, Т.3, 2014. – С. 13-17.
3. Турчина Т.Я. Дослідження впливу процесів структуроутворення на ефективність зневоднення складних колоїдних систем методом розпилювання//Т.Я.Турчина, Е.К. Жукотський/ Промышленная теплотехника, 2014. – Т. 36, № 5.– С. 27-33 .
4. 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.

BIOTECHNOLOGY	
Nisha Kesari	100
ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ ВИПАРОВУВАННЯ І СУШІННЯ ОДИНИЧНИХ КРАПЕЛЬ БАКТЕРІАЛЬНОГО ПРЕПАРАТУ «ФГ-5»	
Переяславцева О.О.	102

ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

ПЕКТИНОВМІСНИЙ ПРОДУКТ У ВИГЛЯДІ ЧИПСІВ	
Шапар Р.О., Гусарова О.В.	108
ДОСВІД СТВОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ПРОДУКТІВ З ГІДРОЛІЗОВАНИМ БІЛКОМ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ	
Авдєєва Л.Ю., Декуша Г.В., Жукотський Е.К.	113
ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ЗЕРНА СОНЯШНИКУ У ВІБРОСУШАРЦІ НА ОСНОВІ ІНФРАЧЕРВОНОГО ОПРОМІНЕННЯ	
Бандура В.М., Ярошенко Л.В.	116
ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ПРИ ГІДРАТАЦІЇ РОСЛИННИХ ОЛІЇ	
Осадчук П. І.	123
РОЗРОБКА ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ ПОРОШКІВ З ФІТОЕСТРОГЕННОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ	
Петрова Ж.О., Слободянюк К.С.	129
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ХЛАДОНОВЫХ ЭКСТРАКТОВ ЛАВРОВОГО ЛИСТА	
Потапов В.А., Евлаш В.В., Белый Д.В.	136
РОЗРОБКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ОЛІЙНО-ЖИРОВОЇ ГАЛУЗІ	
Скляр В. Ю., Крусір Г. В., Коваленко І. В., Кузнєцова І. О.	139
ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ МОНОГРАНУЛІРОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИМИТИРОВАННЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ	
Басок Б.И., Давыденко Б.В., Тимошенко А.В.	145
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТРУКТУРУЮЧОЇ ДОБАВКИ НА КІНЕТИКУ СУШІННЯ ГРИБНОЇ СУСПЕНЗІЇ	
Турчина Т.Я., Жукотський Е.К., Костянець Л.О.	149
ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ПРОЕКТУВАННЯ ЕНЕРГООЩАДНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЦУКАТІВ З ГАРБУЗА	
Атаманюк В.М., Гузьова І.О.	152
ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ВНУТРІШНЬОДИFUЗИЙНОГО МАСОПЕРЕНОСЕННЯ ТА НАСИЧЕННЯ ТЕПЛООВОГО АГЕНТУ ВОЛОГОЮ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СУШІННЯ РОСЛИННОЇ БІОМАСИ	
Кіндзера Д.П., Госовський Р.Р., Атаманюк В.М.	153
ВЫПЕЧКА РЖАНО-ПШЕНИЧНЫХ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ В ПАРОКОНВЕКЦИОННОЙ АППАРАТУРЕ	
Кирик И.М., Кирик А.В., Гуринова Т.А.	160
ІННОВАЦІЙНІ ТА ЕФЕКТИВНІ СОНЯЧНІ СУШАРКИ ДЛЯ ЦІЛДОБОВОЇ СУШКИ	
Мусій Р.Й., Заборовський А.Б., Желєзко О.П.	161
ІННОВАЦІЙНІ СОНЯЧНІ СУШАРКИ НА ОСНОВІ СОНЯЧНИХ ТЕПЛОВИХ ПОВІТРЯНИХ КОЛЕКТОРІВ	
Мусій Р.Й., Заборовський А.Б., Желєзко О.П.	162

МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЙ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССУ ОЦЕНКИ ВОДНЫХ РИШЕНЬ У ВАКУУМНОМУ ТА МІКРОВОГО ОБЛАСТІ	
Бурдо О.Г., Гарвилов О.В., Мординський В.П., Сиротюк І.В., Серєда О.О.	167
РОЗРОБКА КЛЮЧОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ РЕСУРСО- ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ	
Соколова В. І., Крусір Г. В., Шпирко Т. В., Кузнєцова І. О., Коваленко І. В.	172
КРИТЕРІЇ ВИБОРУ АДСОРБЕНТІВ ДЛЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦІЇ	
Беляновська О.А., Литовченко Р.Д., Сухий К.М., Прокопенко О.М., Еремін О.О., Суха І.В.	179