

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

<b>Єгоров</b> <i>Богдан Вікторович</i>	– голова, Одеська національна академія харчових технологій, ректор, д.т.н., професор
<b>Бурдо</b> <i>Олег Григорович</i>	– вчений секретар, Одеська національна академія харчових технологій, д.т.н., професор
<b>Атаманюк</b> <i>Володимир Михайлович</i>	– Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор
<b>Васильєв</b> <i>Леонард Леонідович</i>	– Інститут тепло- і масообміну ім. А.В. Ликова, Республіка Білорусь, д.т.н., професор
<b>Гавва</b> <i>Олександр Миколайович</i>	– Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
<b>Гумницький</b> <i>Ярослав Михайлович</i>	– Національний університет „Львівська політехніка”, д.т.н., професор
<b>Долинський</b> <i>Анатолій Андрійович</i>	– Інститут технічної теплофізики, почесний директор, д.т.н., академік НАН України
<b>Зав’ялов</b> <i>Владимир Леонідович</i>	– Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
<b>Сукманов</b> <i>Валерій Олександрович</i>	– Полтавський університет економіки і торгівлі, д.т.н., професор
<b>Колтун</b> <i>Павло Семенович</i>	– Technident Pty. Ltd., Australia, Dr
<b>Корнієнко</b> <i>Ярослав Микитович</i>	– Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
<b>Малежик</b> <i>Іван Федорович</i>	– Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
<b>Михайлов</b> <i>Валерій Михайлович</i>	– Харківський державний університет харчування та торгівлі, д.т.н., професор
<b>Паламарчук</b> <i>Ігор Павлович</i>	– Національний університет біоресурсів та природокористування України, д.т.н., професор
<b>Снежкін</b> <i>Юрій Федорович</i>	– Інститут технічної теплофізики, директор, д.т.н., академік. НАН України
<b>Сорока</b> <i>Петро Гнатович</i>	– Український державний хіміко-технологічний університет, д.т.н., почесний професор
<b>Сухий</b> <i>Константин Михайлович</i>	– ДВНЗ "Український державний хіміко-технологічний університет", д.хім.н., професор
<b>Тасімов</b> <i>Юрій Миколайович</i>	– Віце-президент союзу наукових та інженерних організацій України
<b>Товажнянський</b> <i>Леонід Леонідович</i>	– Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор, член-кореспондент НАН України
<b>Ткаченко</b> <i>Станіслав Йосифович</i>	– Вінницький національний технічний університет, д.т.н., професор
<b>Черевко</b> <i>Олександр Іванович</i>	– Харківський державний університет харчування та торгівлі, ректор, д.т.н., професор
<b>Шит</b> <i>Михайл Львович</i>	– Інститут енергетики Академії Наук Молдови, к.т.н., в.н.с

---

**СЕКЦІЯ 3.**

**ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ  
ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ**

---

УДК 663,697,667.6

## ІННОВАЦІЙНІ СОНЯЧНІ СУШАРКИ НА ОСНОВІ СОНЯЧНИХ ТЕПЛОВИХ ПОВІТРЯНИХ КОЛЕКТОРІВ

Мусій Р.Й., канд. хім. наук., ст. наук. співр.<sup>1</sup>, Заборовський А.Б.1, мол. наук. співр., Гальчак В.П.<sup>2</sup>, канд. фіз. - мат. наук, доцент, Желєзко О. П.<sup>3</sup>, інженер-конструктор

<sup>1</sup>Відділення фізико-хімії горючих копалин Інституту фізико-органічної хімії і вуглекімії ім. Л. М. Литвиненка Національної академії наук України, м. Львів Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», <sup>2</sup>Львівський національний аграрний університет, Львів-Дубляни, <sup>3</sup>Міжгалузевий НДІ "РИТМ", Київ

## INNOVATIVE SOLAR DRYER BASED ON SOLAR THERMAL AIR COLLECTORS

Musiy R.Y., Zaborovskiy A.B., Department of Physical Chemistry of Fossil Fuels of the Institute of Physical-Organic Chemistry and Halchak V.P., Coal Chemistry named after L. M. Lytvynenko of the National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine  
Lviv National Agricultural University, Lviv-Dublyany  
Zheliezko O. P., National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"  
Interdistrict Research Institute "RYTM", Kyiv

**Анотація.** Нами розроблені спеціально сконструйовані сушарки, які працюють виключно на сонячній енергії. Застосовуються для сушіння різних продуктів харчування – ягід, фруктів, лікарських трав, грибів і т.д. При цьому використовуються сонячні теплові повітряні колектори (СТПК), які виготовлені нами на основі розробленого нами селективного покриття. Дослідження теплотехнічних характеристик СТПК проводили на спеціально сконструйованому експериментальному стенді. В результаті випробувань підтверджено, що вентилятори системи можуть підтримувати подачу повітря в межах 20-120 м<sup>3</sup>/год. Літом Влітку, при температурі 25-35°C, температура потоку повітря на виході з колектора може досягати 70-75 °C. Для цілодобової сушки передбачені інноваційні акумулятори енергії, розроблені в НТУУ КПІ НДІ "РИТМ".

Розроблені інноваційні та ефективні сонячні сушарки передбачають дуже просту установку і при цьому людина не несе ніяких витрат і додаткових платежів на обслуговування під час їх експлуатації. В даний час для таких типів сонячних сушарок нами розробляється система контролю та регулювання температури і вологості сушіння, що дуже важливо при сушінні лікарських трав, зернових культур, фруктів, грибів.

**Abstract.** Currently, alternative energy sources are very important for preservation of the environment. In the food industry one of the most common types of storage products is the drying. When using gas and electricity, this process becomes very expensive. We have designed specially dryers that work exclusively on solar energy. These dryers works with various foods - berries, fruits, herbs, mushrooms, etc. For the drying process are used solar thermal air collectors (STAC) which made by us on the basis of our selective absorbent coating. The research of the thermal characteristics of the STAC was carried out on a specially constructed experimental stand. As a result of the tests it was confirmed that the fans of the system can support air supply in the range of 20-120 m<sup>3</sup>/h. In the summer, at a temperature of 25-35°C, the temperature of the flow of air at the outlet from the collector can reach 70-75°C.

For all-time drying there are developed special innovative energy storage batteries at NTUU KPI Research Institute "RHITM". Batteries can be charged from solar panels, have a shorter charging time, the possibility of charge-discharge at low and high temperatures, higher reliability, are safe and durable.

At present, for such types of solar dryers we are developing special devices for controlling and regulating the temperature and humidity of drying, which is very important when drying medicinal herbs, cereals, fruits, mushrooms, etc. Indeed, the deviation of a few degrees during the drying of such products can significantly change their consumer characteristics.

Our innovative and efficient solar dryers systems provide a very easy installation, with the ability to fit in the garden, on any area or indoors. In this case, a person does not bear any costs and additional charges for maintenance during their operation, as they fully work from the energy of the sun.

**Ключові слова:** сонячний тепловий повітряний колектор, акумулятор, цілодобове сушіння, експериментальний випробувальний стенд.

**Keywords:** solar thermal air collector, accumulator, all day drying, experimental test bench.

**Вступ.** В даний час для збереження навколишнього середовища дуже важливо використовувати альтернативні джерела енергії. В харчовій галузі серед різноманітних способів зберігання продуктів одним з найбільш розповсюджених є сушіння. При використанні газу і електроенергії такий процес стає дорогим. Нами розроблені спеціально сконструйовані сушарки, які працюють виключно на сонячній енергії.

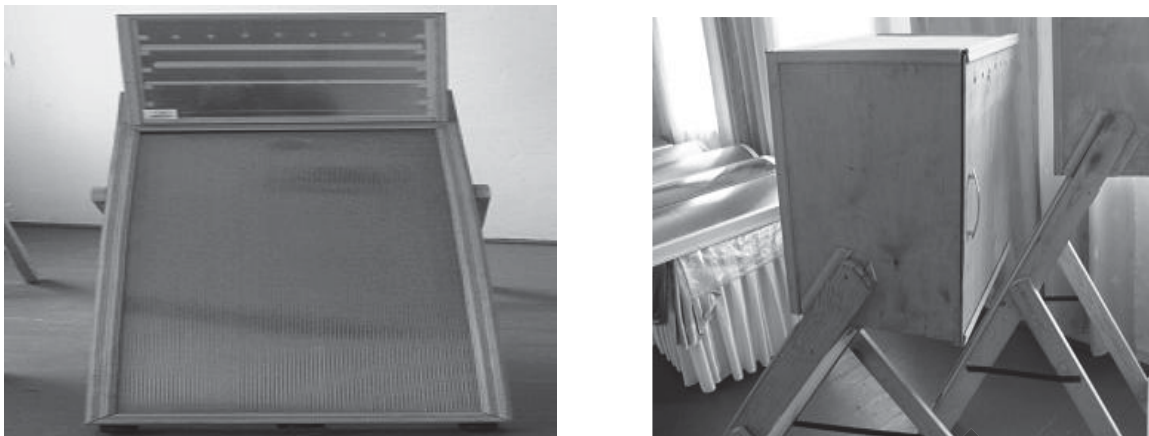


Рисунок 1. Сонячна сушарка: вид спереду та вид збоку.

Як видно з Рис. 1, сонячні сушарки складаються з сушильної камери та сонячного теплового повітряного колектора. Сонячні колектори виготовляються нами на основі нашого селективного покриття (Рис.2) [1]. В їх комплект входять: - сприймаюча панель з селективним покриттям, яка перетворює сонячну енергію в теплову; - сонячний фотоелектричний модуль для генерування необхідної напруги, яка використовується для роботи вентиляторів системи подачі повітря, електронного модуля контролю температури і вологості, зарядки акумуляторів.

**Аналіз проблематики та останніх досліджень.**



Рисунок 2. Сонячні теплові повітряні колектори різних конструкцій

Традиційно сонячну енергію використовують з метою гарячого водопостачання за допомогою водяних колекторів промислового виробництва з експериментально встановленими технічними характеристиками та генерування електричної енергії. Натомість ринок повітряних колекторів практично відсутній, а їхні технічні характеристики відомі тільки наближено. В Україні повітряні колектори для сонячних сушарок, теплиць, систем енергоощадної вентиляції приміщень тощо, виготовляють окремі ентузіасти, зусиллями яких виготовлено одиничні зразки та оцінено окремі параметри [2, 3]. Тому потреба у розробці обладнання для випробування і сертифікації сонячних повітряних колекторів залишається актуальною.

**Матеріали та методи досліджень.** Нами розроблені СТПК різних конструкцій і модифікацій. Загальна теорія сонячного колектора наведена у монографії [4], а літературний огляд методів їх випробування у роботі [5]. Згідно з ними ефективність сонячного колектора одиничної площі у широкому інтервалі зміни вхідних та вихідних параметрів повністю описується рівнянням для коефіцієнта корисної дії (к.к.д.):

$$\eta = F' \left( \tau\alpha - U_L \frac{\bar{t} - t_{nc}}{E} \right), \quad (1)$$

де:  $\bar{t} = (t_{ex} + t_{вх}) / 2$  - середня температура на вході і виході колектора;  $F'$  - коефіцієнт тепловідводу світлопоглинаючої панелі;  $\tau \cdot \alpha$  - оптичний к.к.д. колектора, рівний добутку пропускання світлопрозорого покриття  $\tau$  і коефіцієнта поглинання  $\alpha$  покриття сприймаючої панелі;  $U_L$  - повний коефіцієнт тепловтрат колектора;  $E$  - енергетична освітленість сприймаючої поверхні.

Чисельні значення коефіцієнтів  $F'(\tau\alpha)$  та  $F'U_L$  визначають у результаті випробувань, умови і порядок яких регламентуються державними стандартами [4, 5]. Зокрема добуток  $F'U_L$  визначають при темнових випробуваннях, пропускаючи через колектор гарячий теплоносій – у випадку повітряного колектора – повітря. Результат розраховують за формулою:

$$F'U_L = \frac{G_{num} \cdot c_p (t_{ex} - t_{вх})}{(\bar{t} - t_{nc})}, \quad (2)$$

де  $G_{пит}$  – питома (на одиницю площі поверхні) витрата повітря у  $kg/c \cdot m^2$ ;  $c_p$  – питома теплоємність повітря Дж/ $kg \cdot K$ ;

Натомість добуток  $F'(\tau\alpha)$  визначають графічною екстраполяцією до нуля функціональної залежності поточного к.к.д. (визначеного через відношення теплопродуктивності до енергетичної освітленості  $\eta = Qu/E$ ) від комплексу

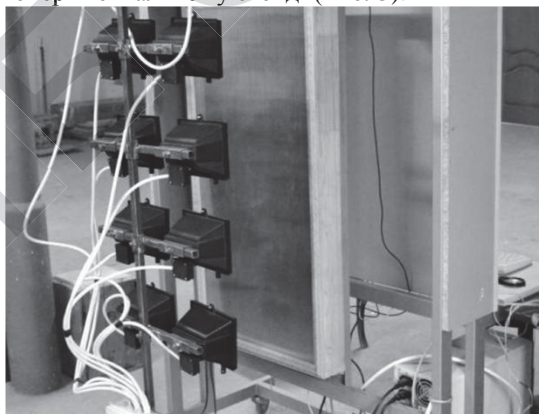
$$\eta = \frac{Q_u}{E} = \frac{G_{num} c_p (t_{вх} - t_{ex})}{E} = f\left(\frac{\bar{t} - t_{nc}}{E}\right) = f(t^*), \quad (3)$$

Але у випадку повітряних колекторів, у яких температура теплоносія на вході, як правило, рівна температурі навколишнього середовища, добуток  $F'(\tau\alpha)$  можна визначити безпосередньо, використовуючи співвідношення, запропоноване у публікації [6]:

$$F'(\tau \cdot \alpha) = \frac{F'U_L (t_{вх} - t_{ex})}{E[1 - \exp(-\frac{F'U_L}{G_{num} c_p})]} \quad (4)$$

Витрата теплоносія входить у показник експоненти, що вимагає особливої уваги до точності вимірювання швидкості потоку, співмірного зі швидкістю вітру. Тому випробування повітряних колекторів доцільніше проводити на спеціальних стендах у закритих приміщеннях з використанням природного або штучного освітлення.

**Результати досліджень.** Експериментальні дослідження теплотехнічних характеристик СТПК проводили на спеціально сконструйованому експериментальному стенді (Рис. 3).



**Рисунок 3. Вигляд експериментального стенда для дослідження теплотехнічних характеристик СТПК**

Досліджувались СТПК різноманітних конструкцій, з різними моделями сприймаючих панелей колекторів та типами вентиляторів. В результаті випробувань підтверджено, що вентилятори системи підтримують подачу повітря в межах 20-120  $m^3/год$ . Літом, при температурі оточуючого середовища 25-35 $^{\circ}C$  температура потоку повітря на виході з колектора може досягати 70-75 $^{\circ}C$ . Цього достатньо для проведення сушіння різних продуктів харчування – ягід, фруктів, лікарських трав, грибів і т.д. Вентилятори колектора продувають через сушарку екологічно чисте тепле повітря, не забруднюючи продукти та навколишнє середовище.

Для цілодобової сушки передбачені системи накопичення і зберігання електричної енергії, розроблені в НТУ України «Київський політехнічний інститут» НДІ "РИТМ" (Рис. 4). Вони складаються з зарядної станції і нового типу акумуляторних батарей.

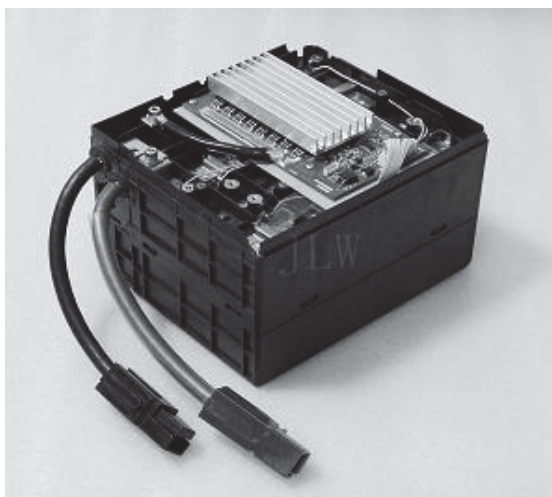


Рисунок 4. Система накопичення і зберігання електричної енергії

**Обговорення результатів.** Акумулятори можуть заряджатися від сонячних панелей, мають менший час зарядки, можливість заряду-розряду при низьких і високих температурах, більш високу надійність, є безпечними і довговічнішими у порівнянні з існуючими моделями. Ці можливості дозволяють використовувати їх в якості високоефективного накопичувача енергії в стаціонарних системах акумуляування енергії.

В даний час для таких типів сонячних сушарок нами розробляються спеціальні пристрої для контролю та регулювання температури і вологості сушіння продуктів харчування, що дуже важливо при сушінні лікарських трав, зернових культур, фруктів, грибів і т.д. Адже відхилення на кілька градусів при сушінні таких продуктів може суттєво змінити їхні поживні характеристики.

#### **Висновки.**

Наші інноваційні та ефективні сонячні сушарки передбачають дуже просту установку, мають можливість розміщення в саді, городі, на будь якій місцевості чи у приміщеннях та дозволяють проводити цілодобове сушіння. При цьому людина не несе ніяких витрат і додаткових платежів на обслуговування під час їх експлуатації, так як вони повністю працюють від енергії сонця. Це є дуже зручно та економічно вигідно, тому що не вимагає практично присутності людини під час їх роботи.

#### **Reference**

1. Musiy R., Midyana G., Makitra R., Vasyutin Y., Hovanets G.I., Zaborovskiy A. Sonyachnuy teplovuj kolektor na osnovi novogo typu selectuvnogo pokruttya // Nauka ta innovacii, 2014, T. 10, N. 1, s. 24-31.
2. Dudikevich Yu.B. Sitchasti sonyachni povitryani kolektoru svoimu rykamu. Rezum dostypu <http://www.budexpert.ua/content/detail/314>.
3. Sonyachni povitryani kolektoru. Konstrykciya i zastosyvannya. Rezum dostypu <http://chandelle.com.ua/18.54.0.0.1.0.phtml>.
4. Duffy J., Beckmann, U.A. Teplovue processu s ispolzovaniem solnechnoy energii. - M.: Mir, 1987. 420 s.
5. Fried S.E. Metodu teplovuh isputaniy solnechnuh kollektorov. Prepress IVTAN №3-248. M.: 1988. 56 s.

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

## ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

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

## МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ

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