

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ**  
**УНІВЕРСИТЕТ**



**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**  
**82 НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**  
**ВИКЛАДАЧІВ УНІВЕРСИТЕТУ**

**Одеса 2022**

Наукове видання

Збірник тез доповідей 82 наукової конференції викладачів університету  
26 – 29 квітня 2022 р.

Матеріали, занесені до збірника, друкуються за авторськими оригіналами.  
За достовірність інформації відповідає автор публікації.

Рекомендовано до друку та розповсюдження в мережі Internet Вченою радою  
Одеського національного технологічного університету,  
протокол № 13 від 24.05.2022 р.

Під загальною редакцією Заслуженого діяча науки і техніки України,  
Лауреата Державної премії України в галузі науки і техніки,  
д-ра техн. наук, професора Б.В. Єгорова

Укладач Т.Л. Дьяченко

Редакційна колегія

Голова

Єгоров Б.В., д.т.н., професор

Заступник голови

Поварова Н.М., к.т.н., доцент

Члени колегії:

Безусов А.Т., д-р техн. наук, професор  
Бурдо О.Г., д-р техн. наук, професор  
Віннікова Л.Г., д-р техн. наук, професор  
Гапонюк О.І д-р техн. наук, професор  
Жигунов Д.О., д-р техн. наук, професор  
Іоргачова К.Г д-р техн. наук, професор  
Капрельянц Л.В., д-р техн. наук, професор  
Коваленко О.О., д-р техн. наук, професор  
Косой Б.В., д-р техн. наук, професор  
Крусір Г.В., д-р техн. наук, професор  
Мардар М.Р., д-р техн. наук, професор  
Мілованов В.І., д-р техн. наук, професор  
Павлов О.І., д-р екон. наук, професор  
Плотніков В.М., д-р техн. наук, професор  
Станкевич Г.М., д-р техн. наук, професор  
Савенко І.І., д-р екон. наук, професор  
Тележенко Л.М., д-р техн. наук, професор  
Ткаченко Н.А., д-р техн. наук, професор  
Ткаченко О.Б., д-р техн. наук, професор  
Хобін В.А., д.т.н., професор  
Хмельнюк М.Г., д-р техн. наук, професор  
Черно Н.К д-р техн. наук, професор

Laboratory workshops of narrow applied specialties lose their meaning in the conditions of distance learning only because there is no general scheme for them, which means that it was impossible to create a single universal application that would meet all the requirements of these workshops.

The main problem of the subject area is the introduction of distance learning. Until now, the opportunity to submit work online to students has been more of an acceptance bonus for some educational institutions or individual faculties than a necessity. With the advent of the SARS-CoV2 virus, there was a need to limit social contacts, but no one canceled the curriculum, and most of them did not change much. While some programs (Discord, Skype, etc.) could be adapted for lectures, as well as others that are more relevant to the learning process (such as Zoom Meetings, Google Meet, etc.), then laboratory equipment for most technical specialties requires additional equipment, which is available in educational institutions but has no analogues in online form. Laboratory workshops of narrow applied specialties lose their meaning in the conditions of distance learning only because there is no general scheme for them, which means that it was impossible to create a single universal application that would meet all the requirements of these workshops.

Finding online resources that could be used to submit workshops is not always successful. In addition, even the available Internet resources, similar to the required ones, do not meet the requirements of educational institutions and have limited functionality. For effective learning with the help of online resources, there is a need to meet certain requirements and the ability to save and view results.

Due to the lack of compliance with even the minimum number of requirements in online resources, it is necessary to create and implement applications that specialize in a particular subject.

## **СЕКЦІЯ «ЕКОЕНЕРГЕТИКА, ТЕРМОДИНАМІКА ТА ПРИКЛАДНА ЕКОЛОГІЯ»**

### **ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ ПЕРОВСКІТІВ ДЛЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ**

**Бошков Л.З., к.т.н., доцент, Дем'яненко Ю.І., к.т.н., доцент, Суходольська Г.Б., к.т.н.  
Одеський національний технологічний університет, м. Одеса**

Світ знаходиться на порозі революційного розвитку сонячної енергетики завдяки науковим, технологічним і виробничим проривам останнього десятиліття.

Уже в найближчі роки у галузі фотоелектричної генерації очікується технологічна революція, яка завдячує відкриттю і масовому дослідженню у останні роки нового класу фотоелектричних матеріалів. Нові матеріали потенційно дозволять досягнути ефективності сонячної генерації 40 % вже у найближче десятиліття, а в перспективі ефективність перевищить 60 %, якщо вдасться реалізувати економічні рішення у виробництві та експлуатації багат шарових генеруючих поверхонь або винайти ефективну заміну золоту у технологіях термофотовольтаїки. Фотоелектричні панелі на основі кремнію вже майже досягли своєї теоретичної межі ефективності 24 % і будуть поступово замінюватися на більш ефективні панелі нового типу.

Всі вищезгадані прогнози і сподівання базуються на відкритті у 2009 році здатності речовин класу перовскітів до фото ефекту. Класичний перовскіт має хімічну формулу  $\text{CaTiO}_3$  і був відкритий як природний мінерал Л.О. Перовским. Перовскіти, які розробляються для фотовольтаїки, мають однакову з природним кристалічну структуру, але можуть складатися з широкої кількості елементів. Загальна хімічна формула перовскітів  $\text{ABX}_3$ , де А і В – це металічні або органічні аніони, Х – одноатомні катіони групи галогенів. Найбільш

популярним на даний час варіантом перовскіта є іодид метіламоніюсвинцю:  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ , який відноситься до типу гібридних, тобто металоорганічних, перовскітів.

Над різними аспектами перовскітних технологій у світі працюють біля 3000 наукових і технологічних лабораторій з більш ніж 10000 задіяних працівників.

Актуальні проблеми перовскітної фотовольтаїки, з якими наукова спільнота бореться протягом всього часу з моменту виникнення цього технологічного напрямку, можуть бути зараховані до однієї з трьох груп:

1. Стабільність
2. Токсичність
3. Масштабування

Проблеми стабільності викликані зміною фізико-хімічних властивостей перовскітів під впливом ультрафіолетового випромінювання, атмосферної вологи та кисню. До того ж самі перовскіти мають доволі високу хімічну реакційну здатність у взаємодії з металевими контактами та конструкційними матеріалами.

Проблема захисту від УФ-випромінювання вирішується впровадженням спеціального захисного скла, що дещо погіршує масогабаритні та цінові характеристики перовскітних пристроїв, але дозволяє продовжити строк їхньої експлуатації на 2-3 порядки.

Захист від реакцій з вологою або атмосферним киснем може бути реалізований аналогічно захисту кремнієвих сонячних батарей шляхом інкапсуляції. Другий варіант полягає в зниженні реакційної спроможності перовскітів шляхом підбору відповідного хімічного складу перовскіта. На цьому шляху стабільність перовскітів була підвищена за декілька років цілеспрямованого пошуку з рівня десятків хвилин до двох років. З урахування швидкості прогресу на цьому напрямку, є вірогідність відкриття ще більш стабільних варіантів перовскітів, які забезпечать строки експлуатації фотомодулей на рівні сучасних кремнієвих батарей, тобто 15-20 років.

Проблема стабільності також пов'язана з дослідженням термодинамічних властивостей. Зокрема, досі не визначено, у якому стані, стабільному або метастабільному, перебуває кристал перовскіта  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  при умовах експлуатації.

Поки що немає вирішення проблема хімічного реагування  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  з золотом, що призводить до деградації металевих токовідводів.

Проблема токсичності перовскітів у першу чергу пов'язана з використанням свинцю, але ця проблема по більшій мірі є психологічною, бо кількість свинцю, що потрібна для виготовлення фотоактивного перовскітного шару є досить незначною у порівнянні. Наприклад, у звичайному одному автомобільному акумуляторі кількість свинцю відповідає його кількості у 2000 квадратних метрах перовскітних панелей. Різниця екологічного впливу свинцю з автомобільних акумуляторів і перовскітної фотовольтаїки лише у формі хімічного з'єднання: у акумуляторах це сульфід свинцю, у панелях це іодид свинцю.

Можливо навести і більш сильний екологічний аргумент: вміст свинцю у природних ґрунтах складає 0,3-1,2 г/м<sup>2</sup> на 1 см глибини. Натомість вміст свинцю в перовскітних елементах дорівнює 0,4 г/м<sup>2</sup>, тобто повне витікання свинцю при розгерметизації не може призвести до перевищення гранично допустимих концентрацій свинцю у ґрунтах. Таким чином, для широкого впровадження перовскітної фотовольтаїки аргумент токсичності не може вважатися науково обґрунтованим.

Проблема масштабування полягає в тому, що більшість технологій виготовлення перовскітної фотовольтаїки самі по собі не дозволяють виготовлення перовскітних елементів площею в десятки і більше квадратних сантиметрів. Якісні перовскітні перетворювачі з рекордними ККД вдається створювати у лабораторіях з розмірами у декілька квадратних міліметрів. При чому 64% лабораторій користуються методом центрифужного покриття (спінкоатінг), який принципово не дозволяє використовувати об'єкти розміром більше декількох сантиметрів. На даний час в світі існують роботи по застосуванню перспективних технологій, кількість яких вже перевищує 10. Найбільш перспективними напрямками технологій є ті, які базуються на нанотехнологіях. На сьогодні 7 компаній вже заявили про

коммерціалізацію своїх розробок у найближчі 5 років. Обсяги стартових капіталів таких компаній від 15 до 75 мільйонів долларів США.

Гібридні перовскіти мають значно ширші перспективи практичного застосування ніж велика енергетика. Серед напрямків, які активно досліджуються у даний час: квантові точки (світлодіоди), лазери, фотодетектори,

Загальний висновок, який можна зробити виходячи з сучасного стану досліджень і розробок в галузі сонячної енергетики, однозначний: фотовольтаїка – безальтернативна.

## **ТЕХНОЛОГІЯ ПРИГОТУВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ ТЕРМОАКУМУЛЮВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ**

**Желєзний В.П., д.т.н., проф., Хлієва О.Я., д.т.н., проф.,  
Івченко Д.О., к.т.н., ст. викл., Семенюк Ю.В., д.т.н., проф.  
Одеський національний технологічний університе, м. Одеса**

Ефективна та надійна робота сонячних теплоенергетичних систем неможлива без застосування термоакумуляторів. Перспективним напрямом є застосування в них як робочих тіл речовин з фазовими перетвореннями та введення до їх складу високотеплопровідних наноструктур. Важливою умовою при проектуванні термоакумуляторів є наявність технології створення робочих тіл та достовірної інформації з їхніх теплофізичних властивостей.

Парафін та стеаринова кислота як термоакумулявальні матеріали (ТАМ) для систем теплової енергетики є перспективними, оскільки мають відповідну температуру плавлення для низькотемпературних систем (наприклад, систем опалення, вентиляції та кондиціонування або гарячого водопостачання). Суттєвим недоліком зазначених речовин при використанні їх як ТАМ є низьке значення теплопровідності в рідкій і твердій фазах [1].

З метою зменшення впливу вказаного негативного фактора на швидкість процесів зарядки і розрядки термоакумуляторів у цій роботі використовувалися такі варіанти створення композиційних ТАМ на основі технічного парафіну та стеаринової кислоти:

— використання нанотехнологій (створення ТАМ на основі стеарину і парафіну із введенням у їх склад вуглецевих наноструктур: фулерену C<sub>60</sub>; нанотрубок; терморозширеного графіту) [2-4];

— армування базових ТАМ металевим волокном різного хімічного складу (мідь, алюміній), що є більш поширеним простим підходом, якому приділяється увага у наукових дослідженнях [5-7].

Об'єктами дослідження були зразки технічного парафіну і стеаринової кислоти, а також композитні ТАМ на їх основі.

Для створення композитних ТАМ використовувалися такі матеріали: парафін (очищений технічний ТЗ, температура плавлення 53,5 °С); – стеаринова кислота (C<sub>18</sub>H<sub>36</sub>O<sub>2</sub>, відповідає марці Т10); алюмінієве волокно (вата) з середнім діаметром волокна 30 мкм, теплопровідність 168 Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, вміст базового елемента – не менш ніж 92,2 мас. %; мідне волокно (вата) з середнім діаметром волокна 45 мкм, теплопровідність 383 Вт·м<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>, вміст базового елемента – не менш ніж 99,9 мас. %; фулерен C<sub>60</sub>, вміст основного продукту 0,995 кг·гк<sup>-1</sup>; багаточарові вуглецеві нанотрубки, вміст основного продукту 0,995 кг·гк<sup>-1</sup>, середній діаметр та питома площа поверхні 10...20 нм та 200...500 м<sup>2</sup>·г<sup>-1</sup>, відповідно.

При створенні композитного ТАМ на основі парафіну та фулерену C<sub>60</sub> було встановлено наявність певної концентрації насичення у розплавленому парафіні. Стан насичення після ультразвукової обробки розчину встановлювався протягом 5-ти діб, а концентрація насичення при 65...70 °С склала 0,936 г·кг<sup>-1</sup>. На основі отриманого значення концентрації насичення було прийнято рішення у наступних експериментальних

РОБОТА АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ПРИ НЕСИМЕТРИЧНІЙ НАПРУЗІ МЕРЕЖІ <b>Штепа Є.П.</b> .....	232
ПРОВІДНІСТЬ В ЛЕГОВАНОМУ ПОЛІСТІРОЛІ <b>Ревенюк Т.А.</b> .....	234
СТРУКТУРА РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ АПАРАТІВ ДЛІЯВТОРИННОГО ОЧИЩЕННЯ РОСЛИННИХ ОЛІЙ <b>Осадчук П.І.</b> .....	236

#### **СЕКЦІЯ «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА КІБЕРБЕЗПЕКА»**

РОЗРОБКА ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ДРУКУ НА 3-D ПРИНТЕРІ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМИ RHOLOGIC ZBRUSH <b>Котлик С.В., Соколова О.П.</b> .....	238
МАТЕМАТИЧНІ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ АНАЛІЗУ КОРЕКТНОСТІ ПІДГОТОВКИ ДОКУМЕНТІВ <b>Макосєд Н.О., Волков В.Е.</b> .....	239
RESEARCH ON THE IMPORTANCE OF THE AVAILABILITY OF VIRTUAL LABORATORY WORK FOR THE LEARNING PROCESS <b>Olshevska O., Sakaliuk O.</b> .....	241

#### **СЕКЦІЯ «ЕКОЕНЕРГЕТИКА, ТЕРМОДИНАМІКА ТА ПРИКЛАДНА ЕКОЛОГІЯ»**

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ ПЕРОВСКІТІВ ДЛЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ <b>Бошков Л.З., Дем'яненко Ю.І., Суходольська Г.Б.</b> .....	242
ТЕХНОЛОГІЯ ПРИГОТУВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ ТЕРМОАКУМУЛЮВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ <b>Желєзний В.П., Хлієва О.Я., Івченко Д.О., Семенюк Ю.В.</b> .....	244
ТЕХНОЛОГІЇ БАГАТОЦІЛЬОВОГО ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПРИ ВИДОБУТКУ АТМОСФЕРНОЇ ВОДИ <b>Бошков Л.З., Тітлов О.С.</b> .....	246
ОТРИМАННЯ ПІСНОЇ ВОДИ З МОРСЬКОЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛЬДОГЕНЕРАТОРА <b>Подмазко О.С., Піщанська Н.О.</b> .....	248
АНАЛІЗ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В ОДЕСЬКОМУ РЕГІОНІ У 2008-2021 РОКАХ <b>Семенюк Ю.В.</b> .....	250
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ СТАНОМ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ І ЗДОРОВ'ЯМ НАСЕЛЕННЯ В ОДЕСЬКОМУ РЕГІОНІ У 2008-2020 РОКАХ <b>Семенюк Ю.В.</b> .....	252

#### **СЕКЦІЯ «ПРОЦЕСИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ»**

ПРОЕКТ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ СУШИЛКИ <b>Яровий І.І., Арістов М.А.</b> .....	254
РОЗВИТОК КОНСТРУКЦІЙ РЕКУПЕРАТИВНИХ ЗЕРНОСУШАРОК НА БАЗІ ТЕРМОСИФОНІВ <b>Безбах І.В.</b> .....	256
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОБ'ЄМНОГО ДОЗУВАННЯ ГУСТИХ ПРОДУКТІВ МЕТОДОМ АНАЛІЗУ РОЗМІРНОСТЕЙ <b>Зиков О.В., Всеволодов О.М.</b> .....	258
ПРОЦЕСИ ВИЛУЧЕННЯ ПРОТЕЇНУ З МАКУХИ АМАРАНТУ <b>Ружицька Н.В.</b> .....	261
ВЕРТИКАЛЬНА ІНТЕГРАЦІЯ ЗВО ЯК ЗАСІБ ОРГАНІЗАЦІЇ СТУДЕНТСЬКОЇ НАУКИ <b>Яровий І.І., Абраменко І.С., Григор'єв М.О.</b> .....	262

#### **СЕКЦІЯ «КРІОГЕННА ТЕХНІКА»**

ВИКОРИСТАННЯ ПЕРЕПАДУ ТИСКУ В БЕЗМАШИННИХ КРІОГЕНЕРАТОРАХ <b>Бондаренко В.Л., Симоненко Ю.М., Тишко Д.П., Медушевський Є.В.</b> .....	264
ДОСЛІДЖЕННЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО ТЕРМОКОМПРЕСОРА <b>Бондаренко В.Л., Симоненко Ю.М., Чигрін А.О., Костенко Є.В.</b> .....	265
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПОРШНЕВИХ КОМПРЕСОРИВ <b>Буданов В.О.</b> .....	266