

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Центральноукраїнський національний технічний університет**



*Матеріали*

**МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ**

**АВТОМАТИКА, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ  
ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ  
В ПРОМИСЛОВОСТІ І СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ**

*Кропивницький, Україна, 10-11 листопада 2022 року*

*Proceedings*

**INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL  
CONFERENCE**

**AUTOMATION, COMPUTER-INTEGRATED  
TECHNOLOGIES AND PROBLEMS OF ENERGY  
EFFICIENCY IN INDUSTRY AND AGRICULTURE**



*Kropyvnytskyi, Ukraine, 10-11 November 2022*

**МНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Центральноукраїнський національний технічний університет**

*Матеріали*

МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

**АВТОМАТИКА, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ  
ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ  
В ПРОМИСЛОВОСТІ І СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ  
(АКІТ-2022)**

*Кропивницький, Україна, 10-11 листопада 2022*

*Proceedings*

INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE

**AUTOMATION, COMPUTER-INTEGRATED TECHNOLOGIES  
AND PROBLEMS OF ENERGY EFFICIENCY IN INDUSTRY AND  
AGRICULTURE**

*Kropyvnytskyi, Ukraine, 10-11 November 2022*

**УДК 621+681**  
**ББК 34.751+32.965=31**

Автоматика, комп'ютерно-інтегровані технології та проблеми енергоефективності в промисловості і сільському господарстві (АКІТ-2022): Матеріали міжнародної науково-технічної конференції. – Кропивницький: ПП «Ексклюзив-Систем», 2022. – 243 с.

Рекомендовано до друку рішенням науково-технічної ради ЦНТУ (протокол №10 від 24.11.2022).

В матеріалах конференції представлені дослідження вчених і науковців з проблем автоматизації керування складними багатовимірними об'єктами та процесами, інформаційні технології в задачах керування, розглянуті проблеми енергоефективності в електро- та теплотехнологічних системах, енергетичний менеджмент. Наведені результати досліджень, що пов'язані з автоматизацією на транспорті та у будівництві.

Даний збірник матеріалів конференції є виданням, в якому публікуються основні результати наукових досліджень вчених, аспірантів, здобувачів – учасників Міжнародної науково-теоретичної конференції “Автоматика, комп'ютерно-інтегровані технології та проблеми енергоефективності в промисловості і сільському господарстві”, 10-11 листопада 2022 року.

Збірник розрахований на наукових працівників, викладачів, аспірантів, студентів ВНЗ, наукових і інженерно-технічних працівників науково-дослідних інститутів, конструкторських організацій і промислових підприємств.

Редакційна колегія: Кропівний В.М., канд. техн. наук, проф., Левченко О.М., докт. екон. наук, проф., Мацуї А.М., докт. техн. наук, проф., Кондратець В.О., докт. техн. наук, проф., Дідик О.К., канд. техн. наук, доц., Трушаков Д.В., канд. техн. наук, доц., Плешков П.Г., канд. техн. наук, проф., Клименко В.В., докт. техн. наук, проф., Аулін В.В., докт. техн. наук, проф., Пашинський В.А., докт. техн. наук, проф., Настоящий В.А., канд. техн. наук, проф., Магопєць С.О., канд. техн. наук, доц., Яцун В.В., канд. техн. наук, доц., Сіріков О.І., канд. техн. наук, доц., Лисенко С.В., канд. техн. наук, доц., Дарієнко В.В., канд. техн. наук, доц.

Відповідальний за випуск: Трушаков Д.В., канд. техн. наук, доц.

Адреса редакційної колегії: 25030, Кропивницький, пр. Університетський, 8,  
Центральноукраїнський національний технічний університет, тел.:  
(0522) 390-420.

Автори опублікованих матеріалів несуть відповідальність за підбір і точність наведених фактів, цитат, економіко-статистичних даних, власних імен та інших відомостей, а також за те, що матеріали не містять даних, які не підлягають відкритій публікації.

**ISBN 978-617-7942-22-0**

© Центральноукраїнський національний технічний університет, 2022

електричних мережах з відновлюваними джерелами енергії <i>Денис Касьяненко, Олександр Гуртовий, Василь Зінзура</i>	125
Система автоматичного керування рівнем показників якості електроенергії в розподільних електричних мережах <i>Артем Саченко, Сергій Плешков, Василь Зінзура</i>	127
Задача керування режимами розподільних електричних мереж з сонячними електростанціями при несиметричному навантаженні <i>Руслан Телюта, Денис Лехенко, Анна Телюта</i>	130
Енергоефективне використання електротепло-акумуляційної системи опалення <i>Руслан Телюта, Марина Слободян</i>	131
Можливість використання БЛА для моніторингу елементів повітряних ліній електропередачі <i>Василь Клименко, Руслан Телюта, Сергій Колгін</i>	132
Застосування когенераційної технології в системі енергопостачання свиногокомплексів <i>Ірина Пташник, Наталія Гарасьова</i>	133
Моделювання системи керування швидкістю руху конвеєрної стрічки у функції навантаження <i>Іван Савеленко, Євгеній Мирченко, Сергій Книш</i>	134
Дослідження енергоефективності систем освітлення з використанням джерел альтернативної енергії <i>Василь Клименко, Іван Савеленко, Артем Коваленко</i>	136
Аналіз енергоефективності роботи освітлювальних установок зовнішнього використання <i>Іван Савеленко, Єльвіра Атакова, Олена Стеценко</i>	137
Оцінка енергоефективності світлодіодних ламп <i>Сергій Плешков, Олександр Дубовий</i>	139
Оптимізація систем електропостачання на базі сонячних фотоелектричних установок <i>Владислав Любімов, Дятлов Владислав, Валентин Солдатенко</i>	141
Підвищення ефективності енергозабезпечення на основі гібридної установки з використанням біоелектростанції <i>Олександр Гармаш, Володимир Одарченко, Валентин Солдатенко</i>	143
Автоматичне керування режимом потужності в електричних мережах за умов несиметрії напруги <i>Serhii Vynohradskyy, Danylo Orshlett, Valentyn Soldatenko</i>	145
Increasing the efficiency of energy supply based on a hybrid installation using a solar installation <i>Володимир Нерубацький, Едвін Геворкян, Ганна Комарова, Денис Гордієнко</i>	147
Удосконалення технології отримання пінокерамічних фільтруючих матеріалів з урахуванням оцінювання енергоефективності під час використання високотемпературних печей в умовах багатоповерхового виробництва <i>Vasyl Klymenko, Vadym Vorobey, Paul Koltun, Viktor Martynenko</i>	149
Analysis of directions of technological application of gas hydrates <i>Валентина Зубенко, Ірина Березюк</i>	151
Шляхи оптимізації енергоспоживання при сушці деревини та пиломатеріалів <i>Василь Клименко, Олександр Скрипник, Дар'я Скрипник, Сергій Овецький, Олександр Наливайко</i>	153
Застосування газогідратів для видобування сірководню з Чорного моря <i>Андрій Сазанський, Михайло Хмельнюк</i>	155
Підвищення екологоенергоефективності холодильної установки	

**Володимир Нерубацький**, доц., канд. техн. наук, **Едвін Геворкян**, проф., д-р. техн. наук, **Ганна Комарова**, доц., канд. техн. наук, **Денис Гордієнко**, асп.

*Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна  
e-mail: NVP9@i.ua; D.Hordiienko@i.ua*

## Удосконалення технології отримання пінокерамічних фільтруючих матеріалів з урахуванням оцінювання енергоефективності під час використання високотемпературних печей в умовах багатоповерхового виробництва

У цей час з розвитком адитивних технологій створилася можливість зосередження виробництв у багатоповерхових виробничих кластерах. Отримання різних керамічних та металокерамічних виробів потребує застосування високотемпературних печей, що відповідно викликає споживання великої кількості електроенергії, а також спеціальних систем протипожежної безпеки та вентиляції приміщень [1]. Застосування сучасних керамічних мікро- та нанопорошків дає змогу переходити на більш енергозберігаючі технології за допомогою зниження температури спікання і скорочення технологічного циклу. Це вимагає застосування додаткових активуючих та інгібуючих добавок у вихідних порошкових сумішах для отримання виробів з необхідними фізико-механічними властивостями [2, 3].

Створення фільтрів з різних керамічних матеріалів стосовно того чи іншого середовища представляє великий практичний та науковий інтерес. Передбачається, що використання нанодисперсних та субмікронних порошків при формуванні та спіканні проникних пористих матеріалів дасть змогу знизити температуру спікання тугоплавких матеріалів, підвищити ефективність очищення, при цьому забезпечуючи високі фізико-механічні характеристики.

У більшості випадків при експлуатації пористої кераміки використовуються як їх конструкційні, так і функціональні можливості. Правильне поєднання цих властивостей, що визначається багато в чому мікроструктурою матеріалу, дає змогу отримати оптимальні експлуатаційні показники виробів [4].

Для отримання керамічних фільтрів використовували субмікронні порошки оксиду алюмінію двох фаз:  $\gamma$  і  $\alpha$ . Спікання проводилося у високотемпературних печах NaberTherm (Німеччина).

Для зіставлення енерговитратності різних технологій під час виробництва фільтруючої кераміки була прийнята така розрахункова схема. По-перше, кожен варіант термічного циклу розглядався як сукупність стадій нагріву і високотемпературної витримки (стадія охолодження разом з пичю або поза нею не розглядалася, як така, що взагалі не потребує електроенергетичного супроводу або здійснюється з відносно невеликою енергоемністю такої підтримки). Послідовність стадій відповідає неспадаючій послідовності значень температури нагріву та високотемпературної витримки, певним чином заданих регламентом технологічного процесу. По-друге, спираючись на відомі підходи, що широко використовуються в розрахунках економічної ефективності нової техніки, де розрахункові (проектні) експлуатаційні енерговитрати термічного обладнання різних застосувань, конструкцій та типорозмірів приймаються пропорційними до встановленої потужності обладнання.

Зниження енергоспоживання при випалюванні можна досягти ускладненням конструкції печей, а значить підвищенням їхньої відпускної ціни та непродуктивних експлуатаційних витрат. З погляду споживача, економічна доцільність використання такого прогресивного, але дорогого обладнання виникає за досить великих обсягів замовлень і

сталому попиту. Крім того, з використанням обладнання підвищеної складності виникають додаткові питання резервування надійності технологічних систем, що включають його, вирішення яких також пов'язане з додатковими витратами, тим більше виправданими, чим більші і стабільніші масштаби виробництва.

Дещо вищий рівень питомого споживання енергії при використанні печей з рухомим подом без додаткових верхніх пальників порівняно із звичайними тунельними печами завдяки можливості більш ефективного використання залишкового тепла певною мірою компенсується в загальній структурі енерговитрат потокового виробництва (крім того, більш продуктивного при використанні схеми обміну висувними подами при розвантаженні–навантаженні печі).

На основі виконаної дослідно-лабораторної розробки та досліджень енергозберігаючих виробничих технологій пористої проникної алюмооксидної кераміки [5, 6], що пройшла промислово перевірку як фільтри при ратифікації рідкого алюмінію, а також з урахуванням світових тенденцій удосконалення техніки та технологій аналогічного застосування, розглянуто ряд напрямків додаткового зниження енерговитрат на випуск одного виробу та підвищення продуктивності виробництва при промисловому освоєнні запропонованих технологій. Удосконалення технології спікання пінокерамічних фільтрів шляхом використання іншої оксидної альтернативи та запропонованої моделі оцінки енергоефективності виробництва дало змогу вибрати менш енергоємне обладнання та заощадити до 40 % електроенергії.

При проєктуванні та прогнозуванні нових та реконструйованих керамічних виробництв рекомендується, зокрема, звертати увагу на облік конструктивних, геометричних, температурних та енергетичних особливостей і можливостей печей, що розглядаються у взаємозв'язку зі структурно-параметричними характеристиками технологічних регламентів, що освоюються. Для виконання апріорних порівняльних оцінювань енергоємності та принципових технологічних поліваріантів та технічного середовища їх можливої реалізації запропоновано розрахункову схему, яка використана при аналізі конкретних ситуацій.

Найближчу перспективу подальшого розвитку розробок керамічних фільтрів для металургії рідкого алюмінію, у тому числі на алюмооксидній основі, мабуть, слід розглядати, перш за все, як промислове освоєння виконаних дослідно-лабораторних розробок. Надалі передбачається також виконання робіт з підвищення продуктивності фільтрації на основі стохастичної оптимізації пористих керамічних структур технологічними методами, тим самим більш повне використання потенційних можливостей поодиноких обсягів проникної пористої кераміки, подальший розвиток ресурсозберігаючих тенденцій.

## Список літератури

1. Gevorkyan E., Chmiel J., Wiśnicki B., Dzhuguryan T., Rucki M., Nerubatskyi V. Smart sustainable production management for city multifloor manufacturing clusters: An energy efficient approach to the choice of ceramic filter sintering technology. *Energies*. 2022. Vol. 15, Issue 17. 6443. DOI: 10.3390/en15176443.
2. Gevorkyan E., Nerubatskyi V., Chyshkala V., Gutsalenko Y., Morozova O. Determining the influence of ultra-dispersed aluminum nitride impurities on the structure and physical-mechanical properties of tool ceramics. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 6, No. 12 (114). P. 40–52. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.245938.
3. Krzysiak Z., Gevorkyan E., Nerubatskyi V., Rucki M., Chyshkala V., Caban J., Mazur T. Peculiarities of the phase formation during electroconsolidation of  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-ZrO}_2$  powders mixtures. *Materials*. 2022. Vol. 15, Issue 17. 6073. DOI: 10.3390/ma15176073.
4. Man Y., Ding G., Xudong L., Xue K., Qu D., Xie Z. A review on porous ceramics with hierarchical pore structure by 3D printing-based combined route. *Journal of Asian Ceramic Societies*. 2021. Vol. 9 (4). P. 1377–1389. DOI: 10.1080/21870764.2021.1981571.
5. Gevorkyan E., Mamalis A., Vovk R., Semiatkowski Z., Morozow D., Nerubatskyi V., Morozova O. Special features of manufacturing cutting inserts from nanocomposite material  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiC}$ . *Journal of Instrumentation*. 2021. Vol. 16, No. 10. P10015. DOI: 10.1088/1748-0221/16/10/P10015.