

## ВИСНОВОК ПРО НАУКОВУ НОВИЗНУ, ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

Гогоці Олексія Георгійовича на тему **«Удосконалення режимних і конструктивних параметрів високотемпературних печей з електротермічним киплячим шаром для термічної обробки вуглецевих матеріалів»**, що подана на здобуття ступеня доктора філософії, за спеціальністю 144 – Теплоенергетика, галузі знань 14 – Електрична інженерія.

Дисертаційна робота Гогоці Олексія Георгійовича на тему **«Удосконалення режимних і конструктивних параметрів високотемпературних печей з електротермічним киплячим шаром для термічної обробки вуглецевих матеріалів»** виконана на кафедрі енергетичних систем та енергоменеджменту факультету прикладних комп'ютерних технологій Національної металургійної академії України подана на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 144 – Теплоенергетика. Тема дисертації затверджена Вченою радою Національної металургійної академії України, (протокол № 9 від 04 грудня 2017 р.). Для підготовки висновку про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації **«Удосконалення режимних і конструктивних параметрів високотемпературних печей з електротермічним киплячим шаром для термічної обробки вуглецевих матеріалів»** Вченою радою академії (протокол № 5 від 28 квітня 2021 р.) визначено, що попередня експертиза дисертації проводитиметься на кафедрі енергетичних систем та енергоменеджменту та призначено двох рецензентів:

- 1) д.т.н., проф. Єрьоміна О.О.;
- 2) к.т.н., доц. Шишко Ю.В.

### 1. Актуальність теми дослідження

Значний розвиток відновлювальних джерел енергії та їх використання у енергетиці, транспорті та інших галузях економіки потребують підвищення виробництва та якості акумуляторів. Однією з основних складових цих пристроїв є високочистий графіт з вмістом вуглецю 99,95 %. Тому виробництво такого високоякісного матеріалу є дуже актуальним завданням. Тема дисертаційної роботи Гогоці О.Г. саме спрямована на розвиток одного з провідних процесів вироблення високочистого графіту у електротермічному киплячому шарі (ЕКШ). Завдання, яке вирішено у роботі, спрямовано на підвищення ефективності роботи комплексів з високотемпературними печами ЕКШ шляхом удосконалення режимних та конструктивних параметрів процесу. Тому вважаємо, що тема дисертації є актуальною.

### 2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами академії

Дисертаційна робота виконана у відповідності з науковою тематикою кафедри енергетичних систем та енергоменеджменту Національної металургійної академії України, її результати були отримані при виконанні науково-дослідних робіт «Розроблення технології виробництва графіту для літій-іонних акумуляторів» (0118U005464), «Наукове обґрунтування та розробка ефективних тепло-масообмінних процесів в інноваційних металургійних технологіях» (0217U002973), міжнародного проекту GIPP № P482 «Переробка використаних батарей електричних приладів».

### 3. Наукова новизна отриманих результатів.

Наукова новизна результатів, одержаних у ході вирішення завдань дослідження полягає в наступному:

Вперше:

- на основі аналізу конструкцій печей з електротермічним киплячим шаром запропоновано їх класифікацію за конструктивними та технологічними параметрами в тому числі: за температурою термічної обробки, напрямом руху електричного струму через киплячий шар, типом газорозподільних решіток, організацією поточного процесу;



- на основі експериментальних досліджень визначено ефективний гідродинамічний режим роботи ЕКШ для високотемпературної обробки вуглецевих матеріалів, який повинен відповідати порозності шару  $\varepsilon = 0,55-0,65$  для робочої зони печі;

- на основі математичного моделювання отримано залежність безрозмірної середньомасової температури вуглецевого матеріалу при охолодженні в прямотрубному холодильнику від режимних і конструктивних параметрів його роботи (швидкості руху матеріалу, діаметру каналів охолодження, кількості секцій безперервного руху та їх висоти). Залежність може бути використана для оптимізації показників роботи холодильника подібного типу;

- запропоновано систему очищення та охолодження відхідних газів без їх допалення. Шляхом математичного моделювання визначено ефективність роботи радіаційного охолоджувача газів на рівні 65-85% в діапазоні параметрів: температура та витрати відхідних газів  $t_r = 2500-3000^\circ\text{C}$ ,  $V_r = 50-150 \text{ нм}^3/\text{год}$ , концентрації пилу  $\mu = 400-2000 \text{ г/нм}^3$ , діаметру часток пилу  $d_q = 100-300 \text{ мкм}$ .

#### **4. Практична цінність отриманих результатів**

Практична цінність отриманих результатів досліджень полягає у розробці:

- методики розрахунку теплового балансу печі ЕКШ для високотемпературної термічної обробки вуглецевих матеріалів;

- методики розрахунку перехреснотокowego холодильника готового продукту від температури  $900-1000^\circ\text{C}$  до  $300^\circ\text{C}$ , яку використано при проектуванні холодильника продуктивністю  $1000 \text{ кг/год}$ ;

- рекомендації щодо конструкції прямотрубного холодильника готового продукту з щільним шаром;

- залежностей для визначення ерозійного впливу вуглецевих матеріалів на трубчасті теплообмінні поверхні холодильника готового продукту в залежності від швидкості та тиску.

- Патентів на Електротермічну піч псевдозрідженого шару №107972, та Спосіб очищення високотемпературних газів від возгонів № 1477720.

#### **5. Використання результатів роботи**

Отримані результати роботи використано:

- при проектуванні пілотної печі ЕКШ продуктивністю  $10 \text{ кг/год}$  ТОВ «Центр матеріалознавства» м. Київ, що підтверджено актом впровадження (акт використання результатів роботи);

- в навчальному процесі при підготовці бакалаврів та магістрів за спеціальністю 144 – Теплоенергетика в Національній металургійній академії України (акт використання від 03.03.2021).

#### **6. Особиста участь автора**

Розглянувши звіт з використанням програми "AntiPlagiarism.NET" щодо перевірки на плагіат дисертаційної роботи, рецензенти дійшли висновку, що дисертаційна робота Гогоці Олексія Георгійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

#### **7. Перелік публікацій за темою дисертації:**

Основний зміст дисертації викладено у 18 наукових працях, в тому числі: 12 статей у наукових фахових виданнях, затверджених МОН України, 4 з яких опублікована у виданнях, що індексується у міжнародній наукометричній базі Scopus, 2 патенти України на корисну модель, 9 матеріалів праць і тез науково-технічних конференцій.



*Статті включені до наукометричної бази «Scopus»:*

1. Gubinskiy M.V., Fedorov S.S., Livitan N.V., Gogotsi A.G., Barsukov I.V., Rohathi U.S. Analysis of Energy Efficiency of Furnaces for High Temperature Treatment of Carbon Materials. Metallurgical and Mining Industry. 2013. №5(2), С.71-76. **(особистий внесок здобувача – аналіз ефективності термічної обробки вуглецевих матеріалів у електротермічному киплячому шарі)**
2. Fedorov, S.S., Rohatgi U.S., Barsukov I.V., Gubynskiy M.V., Barsukov M.G., Wells B.S., Livitan M.V., Gogotsi O.G. Ultrahigh-Temperature Continuous Reactors Based on Electrothermal Fluidized Bed Concept. Journal of Fluids Engineering. 2015. №138(4), 044502. doi:10.1115/1.4031689. **(особистий внесок здобувача – розробка методики розрахунку печей з електротермічним киплячим шаром)**
3. Gubynskiy M.V., Barsukov I.V., Gogotsi O.G., Fedorov S.S., Livitan M.V., Rohatgi, U.S. Electrothermal Fluidized Bed Furnace for Thermal Treatment of Recycled Battery Wastes. Proceedings of the ASME Fluids Engineering Division Summer Meeting. 2013. №1B. V01BT10A036. doi:10.1115/fedsm2013-16630. **(особистий внесок здобувача – результати експериментальних досліджень гідродинамічного режиму печей з ЕКШ)**
4. Fedorov S.S., Gubynskiy M.V., Barsukov I.V., Livitan M.V., Gogotsi O.G. and Rohatgi U.S. Modeling the Operation Regimes in Ultra-High Temperature Continuous Reactors. Proceedings of the ASME Fluids Engineering Division Summer Meeting. 2014, 1c, P. V01CT18A012. doi:10.1115/FEDSM2014-22161. **(особистий внесок здобувача – результати іспитів пілотної печі продуктивністю 10 кг/год)**

*Статті включені до переліку фахових МОН України:*

1. Губинский, М.В., Федоров, С.С., Ливитан Н.В., Хейфец Р.Г., Гогоци А.Г. Выбор аэродинамических режимов работы высокотемпературных печей электротермического кипящего слоя. Metallургическая теплотехника: сборник трудов Национальной металлургической академии Украины, Днепропетровск, 2012, №4(19), С.55-61. **(особистий внесок здобувача – вибір гідродинамічного режиму роботи печей з ЕКШ)**
2. Бродниковский, Н.П., Гогоци, А.Г., Мазур, П.В., Зозуля, Ю.И., Малиновский, Б.Н., Самелюк, А.В., Губинский, М.В., Федоров, С.С. Изнашивание ферритной и аустенитной сталей при воздействии незакрепленных частиц кокса. Электронная микроскопия и прочность материалов: сборник научных трудов. Київ, 2014, №20, С.172-178 **(особистий внесок здобувача – результати експериментальних досліджень зносу труб теплообмінника другого ступеня)**
3. Федоров, С.С., Губинский, М.В., Барсуков, И.В., Гогоци, А.Г., Форись С.Н. Анализ влияния состава углеродного сырья на угар углерода в электротермических печах кипящего слоя. Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика: збірник наукових праць. Дніпро, 2016, №8, С. 304-307. **(особистий внесок здобувача – визначення складу відхідних газів від печей з ЕКШ)**
4. Gubinskiy M., Fedorov S., Kremniova Ye., Gogotsi O. & Vvedenska, T. Mathematical modeling of electric conductivity of dense and fluidized beds. Power Engineering and Information Technologies in Technical Objects Control. London. 2016. P.173-180. **(особистий внесок здобувача – визначення електричного опору електротермічного киплячого шару від характеристик матеріалу і параметрів термічної обробки)**
5. Федоров С.С., Губинский М.В., Барсуков И.В., Гогоци А.Г., Форись С.Н. Анализ влияния состава углеродного сырья на угар углерода при высокотемпературной обработке в электротермических печах кипящего слоя. Теплотехника, энергетика та екологія в металургії: колективна монографія, Дніпро, 2017. С. 271-274. **(особистий внесок здобувача – визначення складу та кількості возгонів у відхідних газах печей ЕКШ)**
6. Дослідження сучасних технологій рафінування графітової сировини для виробництва анодів літій-іонних акумуляторів / С.С. Федоров, М.В. Губинський, А.В. Сибір,



- С.М. Форись, О.Г. Гогоці, А.Ю. Усенко *Металургійна та гірничорудна промисловість*. 2018. № 3. С. 74-84. (особистий внесок здобувача – визначення екологічних умов високотемпературної обробки вуглецевих матеріалів)
7. Федоров С.С., Сибір А.В., Губинський М.В., Губинський С.М., Форись С.М., Гогоці О.Г., Коваль С.В. Дослідження режимів роботи пілотної електротермічної печі киплячого шару продуктивністю 10 кг/год / *Металургійна та гірничорудна промисловість*. 2019. № 3-4. С. 48-55. (особистий внесок здобувача – узагальнення результатів іспитів пілотної печі продуктивністю 10 кг/год)
  8. Федоров С.С., Сибір А.В., Губинський М.В., Губинський С.М., Гогоці О.Г., Форись С.М. Дослідження процесу охолодження відхідних газів високотемпературних електротермічних печей киплячого шару, Системні технології. Дніпро. 2020 № 6 (131). С.107-122. DOI 10.34185/1562-9945-6-131-2020-10 (особистий внесок здобувача – результати моделювання охолодження відхідних газів в радіаційному охолоджувачі)
  9. Сибір А.В., Губинський М.В., Федоров С.С., Губинський С.М., Гогоці О.Г. Печі з електротермічним киплячим шаром. Конструктивні особливості. *Металургійна та гірничорудна промисловість*. 2020. № 2. С. 42-61. (особистий внесок здобувача – запропоновано класифікація печей з ЕКІШ)

*Доповіді на міжнародних конференціях:*

1. Губинский М.В., Федоров С.С., Ливитан Н.В., Барсуков И.В., Гогоци А.Г., Бродниковский Н.П. Печи для производства высокочистых углеродных материалов. Теория и практика тепловых процессов в металлургии: сборник докладов международной научно–практической конференции, Екатеринбург, 2012. С. 79-83. (особистий внесок здобувача – визначення електричного опору електротермічного киплячого шару від характеристик матеріалу і параметрів термічної обробки)
2. Кутицкая Е.А., Губинский М.В., Федоров С.С., Гогоци А.Г. Повышение эффективности системы очистки отходящих газов высокотемпературной печи для обработки углеродных материалов. Сборник докладов IV научно-практической конференции «Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве». Екатеринбург. 2015. С 62-65. (особистий внесок здобувача – результати розробки системи очищення та охолодження відхідних газів)
3. Тищенко Т.А., Федоров С.С., Губинский М.В., Безуглый В.А., Гогоци А.Г. Исследование охлаждения тонкодисперсного графита в рекуперативных теплообменниках. New technologies and achievements in metallurgy, material engineering and production engineering: Proceeding of XVII International Scientific Conference Częstochowa, 2016. С.564-574 (особистий внесок здобувача – результати моделювання охолодження графіту у рекуперативних холодильниках)

*Патенти:*

1. Електротермічна піч псевдозріженого шару: Пат. на корисну модель 107972 Україна: МПК F27B 15/00; № u201600086; заявл. 04.01.2016; опубл. 24.06.2016, бюл. № 12.
2. Спосіб очищення високотемпературних газів від возгонів: Пат. на корисну модель 1477720 Україна: МПК B01D 7/02, C22B 7/02; №u2020 06684; заявл. 16.10.2020; опубл. 09.06.2021, бюл. № 23

1. **ВИСНОВОК:** Вважаємо, що дисертаційна робота Гогоці Олексія Георгійовича на тему: «Удосконалення режимних і конструктивних параметрів високотемпературних печей з електротермічним киплячим шаром для термічної обробки вуглецевих матеріалів», що подана на здобуття ступеня доктора філософії, зі спеціальністю 144 – Теплоенергетика, галузь знань 14 – Електрична інженерія за своїми науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам пп. 9, 10, 11, 12

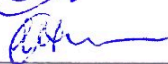
Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 06 березня 2019 р. №167 «Про проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії» зі змінами (Постанова Кабінету Міністрів України від 21 жовтня 2020 р. №979). Дисертація відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми Національної металургійної академії України зі спеціальності 144 – Теплоенергетика.

2. Рекомендувати до захисту дисертаційну роботу Гогоці Олексія Георгійовича на тему: **«Удосконалення режимних і конструктивних параметрів високотемпературних печей з електротермічним киплячим шаром для термічної обробки вуглецевих матеріалів»** на здобуття ступеня доктора філософії.

Рецензенти:

д.т.н., професор

к.т.н., доцент

Олександр Єрьомін

Юлія Шишко