



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи
Національного університету
«Львівська політехніка»

д.т.н., проф. **Іван ДЕМИДОВ**
» _____ 2023 р.

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів докторської дисертації доцента кафедри фізики Державного вищого навчального закладу «Приазовський державний технічний університет», кандидата технічних наук, доцента ЧАБАК Юлії Геннадіївни на тему «Розвиток наукових основ підвищення експлуатаційних властивостей легованих чавунів вдосконаленням хімічного складу та обробкою поверхні висококонцентрованими джерелами енергії» (у вигляді наукової доповіді), поданої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.01 – матеріалознавство

Призначені рішенням Вченої ради Національного університету «Львівська політехніка» (протокол №2 від 20 червня 2023 р.) рецензенти, а саме:

- **ДУРЯГІНА Зоя Антонівна**, завідувачка кафедри матеріалознавства та інженерії матеріалів, доктор технічних наук, професор;
- **ТРОСТЯНЧИН Андрій Миколайович**, професор кафедри матеріалознавства та інженерії матеріалів, доктор технічних наук, доцент;
- **КЛИМ Галина Іванівна**, професор кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем, доктор технічних наук, професор,

розглянувши докторську дисертацію ЧАБАК Юлії Геннадіївни «Розвиток наукових основ підвищення експлуатаційних властивостей легованих чавунів вдосконаленням хімічного складу та обробкою поверхні висококонцентрованими джерелами енергії» (тему дисертації затверджено на засіданні Вченої ради Національного університету «Львівська політехніка» «20» червня 2023 р., протокол № 2), наукові публікації, в яких висвітлено основні наукові результати, а також за результатами фахового семінару кафедри матеріалознавства та інженерії матеріалів Інституту механічної інженерії та транспорту Національного університету «Львівська політехніка» (протокол № 11-23 від 28 вересня 2023 р.), підготували висновок про наукову новизну, теоретичне і практичне значення результатів докторської дисертації:

1. Дисертація ЧАБАК Юлії Геннадіївни, представлена на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.01 - матеріалознавство, є кваліфікаційною науковою працею, представленою у вигляді наукової доповіді, характеризується єдністю змісту, відповідає

принципам академічної доброчесності, підготована здобувачем самостійно. За обсягом, актуальністю, рівнем наукової новизни та практичної цінності робота відповідає вимогам п. 7–9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 1197 від 17 листопада 2021 року.

2. Актуальність теми дослідження. Дисертація спрямована на підвищення комплексу експлуатаційних властивостей білих легованих чавунів, які широко використовуються в різних сферах промисловості як матеріал трибологічного призначення, що має високий опір абразивному, абразивно-корозійному та ерозійному зношуванню. Ці сплави вміщують значну кількість легуючих елементів і мають високу вартість, отже їх використання має бути економічно обґрунтованим. Для досягнення максимальної ефективності необхідно підвищувати експлуатаційну довговічність та надійність чавунів шляхом оптимізації хімічного складу, структури та застосування зміцнювальних технологій. Одним із найбільш перспективних підходів в цьому напрямку є модифікування структури шляхом фазово-структурних перетворень в твердому і рідкому станах, а також нанесення захисних покриттів й поверхневого легування із застосуванням висококонцентрованих джерел енергії (сталий плазмовий струмінь, високоенергетичні плазмові імпульси, лазерний промінь). Дотепер перераховані методи інженерії поверхні дуже обмежено застосовувались для зміцнювальної обробки легованих чавунів, що зумовлює відсутність необхідних наукових напрацювань та реальних технологічних рішень в цьому напрямі. З урахуванням викладеного, дисертаційна робота має наукову й практичну цінність, а її результати є актуальними для підприємств різних галузей вітчизняної промисловості (гірничо-переробна, металургійна, цементна тощо), деталі й обладнання яких працюють в умовах інтенсивного зношування і потребують частой заміни.

3. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація виконана відповідно до тематики науково-дослідних робіт кафедри фізики ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет» та вміщує результати держбюджетних НДР, що фінансувались МОНУ: «Отримання імпульсно-плазмових композиційних покриттів із підвищеними експлуатаційними властивостями на основі високолегованих Fe-C сплавів» (№ держреєстрації 0116U005479, керівник, 2016-2018 рр.), «Створення функціональних покриттів на основі карбідів і карбоборидів елементів IV-VI груп застосуванням високоенергетичних плазмових імпульсів» (№ держреєстрації 0119U1000080, керівник, 2019-2021 рр.), «Розробка гібридних мультикомпонентних сплавів триботехнічного призначення та технології їх структурного модифікування застосуванням висококонцентрованих джерел енергії» (№ держреєстрації 0122U00035, керівник, 2022-2023 рр.), «Підвищення трибологічних властивостей легованих чавунів та сталей ледебуритного класу поверхневим модифікуванням з використанням плазмової обробки» (№ держреєстрації 0117U002270, виконавець, 2015-2017 рр.). В дисертації також використані результати наукового проекту «Отримання мультикомпонентних градієнтних покриттів і

модифікованих шарів на легованих інструментальних сталях та білих чавунах обробкою високоенергетичним імпульсно-плазмовим розрядом» (№ держреєстрації 0117U001793, 2017 р.), який одноосібно виконувався здобувачем за грантом Президента України для молодих вчених.

4. Особистий внесок здобувача в одержанні наукових результатів. Всі результати, що стосуються основного змісту дисертації і виносяться на захист, отримані здобувачем самостійно. Постановка задач і обговорення отриманих результатів виконані спільно зі співавторами статей. Здобувачка приймала участь у плануванні, підготовці та проведенні досліджень, виконувала аналіз та статичну (математичну) обробку результатів експериментів, готувала матеріали до публікації та доповідала результати досліджень на міжнародних наукових конференціях.

При проведенні досліджень, результати яких опубліковано у співавторстві, автору належать: опис фазово-структурного стану та міжфазного розподілу легуючих елементів (в сплавах, модифікованому шарі або покриттях) [2-4, 6-10, 12, 17-19, 22, 23, 25-28, 33, 36, 42]; визначення та опис механічних та трибологічних характеристик сплавів та покриттів [1, 7, 10, 21, 28, 29, 31]; розробка способів модифікування структури та поверхневого легування чавунів та сталей [9, 10, 15, 39]; розробка способу нанесення покриттів [8, 12, 35]; хімічний склад та конструкція катоду ЕАПП [4, 6, 7, 18, 25, 37, 43, 46, 47]; дослідження та опис вплив матеріалу катоду ЕАПП на характеристики імпульсно-плазмового покриття [14, 40]; розробка та аналіз математичних моделей нагріву поверхні при імпульсно-плазмовому модифікуванні [20, 24, 38]; аналіз результатів термодинамічного моделювання кристалізації сплавів [2, 13, 41]; розробка способу пост-плазмової термічної обробки [30, 33, 45]; розробка режиму попередньої термообробки чавуну перед плазмовим модифікуванням [44]; реалізація повного факторного експерименту [1]; розробка «гібридної» концепції легування зносостійких ливарних сплавів [2, 19]; встановлення механізму зношування поверхні сплавів [1, 11]; дослідження та опис кінетики структуроутворення в високохромистому покритті при пост-обробці [16]; аналіз сучасних напрямків в розробці сплавів триботехнічного призначення та плазмових технологій для модифікування металевих поверхонь [5, 48, 49].

5. Ступінь використання у дисертації матеріалів і висновків кандидатської дисертації здобувача. У докторській дисертації «Розвиток наукових основ підвищення експлуатаційних властивостей легованих чавунів вдосконаленням хімічного складу та обробкою поверхні висококонцентрованими джерелами енергії» матеріали кандидатської дисертації «Вдосконалення режимів термічної обробки високохромистих комплексно-легованих чавунів з метою покращення оброблюваності різанням» Чабак Юлії Геннадіївни не використовувались.

6. Ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків, які сформульовані в дисертації. Висвітлені в дисертації Чабак Ю.Г. наукові положення, висновки та рекомендації є експериментально і теоретично

обґрунтованими, достовірними та апробованими. Обґрунтування наукових положень, розвинутих в дисертації, базується на глибокому теоретичному аналізі досліджених явищ та процесів і комплексі експериментальних досліджень, які було проведено на сучасному рівні. Останнє підтверджується значним обсягом експериментальних досліджень, отриманих з використанням сучасного науково-дослідного обладнання, та забезпечується використанням фундаментальних положень теорії фазових перетворень в сплавах на основі заліза, а також зіставленням отриманих результатів з даними інших дослідників. Інтерпретація результатів досліджень узгоджується з існуючими теоретичними розробками в галузі триботехнічного матеріалознавства. Отримані результати апробовані на авторитетних міжнародних вітчизняних та закордонних конференціях.

7. Наукова новизна одержаних результатів.

У роботі вперше:

- встановлено можливість суттєвого (на порядок) зменшення розмірів структурних складових легованих чавунів та ледебуритних сталей плазмовим оплавленням поверхні, що приводить до нерівноважної кристалізації з формуванням дрібних ($SDAS=2-3$ мкм) дендритів аустеніту та евтектичних колоній із нанорозмірними волокнами карбідів. При цьому додаткове диспергування структури досягається при пост-плазмовій термообробці виділенням дрібних ($0,05-0,5$ мкм) вторинних карбідів; це дестабілізує аустеніт до мартенситного перетворення та забезпечує різке підвищення твердості оплавленого шару (від $350-400$ HV до $850-900$ HV).
- показано можливість формування тонких (кілька десятків мікрометрів) чавуноподібних Fe-C(B)-(Cr,W,V,Si,Mn) захисних покриттів при імпульсно-плазмовому нанесенні із застосуванням катодів, виготовлених із легованих сплавів з карбідною евтектикою. Покриття утворюється на металевій поверхні шляхом надшвидкої $(3-5)\times 10^6$ К/с кристалізації перенесених плазмою мікрокрапельних продуктів ерозії катоду та набуває метастабільної безкарбідної структури, що складається із пересичених вуглецем та легуючими елементами $\gamma(Fe)$ - та $\alpha(Fe)$ -твердих розчинів.
- визначено механізм та визначено кінетику структуроутворення у 28% Cr чавуні, синтезованому у вигляді покриття на металевій підложці. Показано, що карбіди хрому кристалізуються в чавуні в твердому стані при розпаді пересичених γFe - та αFe -твердих розчинів із реалізацією карбідних перетворень $M_3C \rightarrow M_7C_3 \rightarrow M_{23}C_6$. Встановлено, що при 950 °C розпад має згасаючу кінетику і завершується впродовж двох годин витримки, забезпечуючи збіднення аустеніту та його перетворення на мартенсит при охолодженні.
- встановлено, що в процесі плазмового перенесення відбувається насичення мікрокрапельних продуктів ерозії катоду ЕАПП вуглецем, який вивільняється при сублимації стінок камери плазмового прискорювача при короткотривалому ($0,5-1,0$ мс) електричному розряді. Відповідно, вміст вуглецю та об'ємна частка карбідів в покритті збільшуються у 2-2,3 рази відносно матеріалу катоду.
- показано можливість кристалізації в мультикомпонентних бор-вміщуючих чавунах гексагонального борокарбіду $M_2(B,C)_5$, що вміщує W, Mo та V у сумарній кількості 45-61 %. Цей борокарбід має твердість $2400-2800$ HV і

кристалізується у вигляді первинних включень призматичної форми або евтектичних волокон інвертованої евтектики з морфологією «Chinese-script».

Набули подальшого розвитку:

- наукові основи конструювання хімічного складу триботехнічних матеріалів. Зокрема показано, що запропонований «гібридний» підхід у розробці абразивостійких чавунів дозволяє формувати багатофазну структуру із карбоборидами $M_2(B,C)_5$, $M(C,B)$, $M_7(C,B)_3$, $M_3(C,B)$ у вигляді первинних включень та евтектик різної морфології. Дослідженням впливу бору (1,5-3,5 %) та вуглецю (0,3-1,1 %) на структуру й трибологічні властивості ливарного сплаву (%) Fe-5W-5Mo-5V-10Cr-2,5Ti показано, що збільшення їх вмісту сприяє переходу від евтектичного до заевтектичного типу структури та до трансформації типу евтектики відповідно до зміни її базового карбобориду у послідовності $M_2(B,C)_5 \rightarrow M_7(C,B)_3 \rightarrow M_3(C,B)$.

- закономірності структуроутворення у складнолегованих сплавах на основі заліза. Зокрема, встановлено, що при введенні Ti, W, Mo, V та Cr у кількості 2,5-10 % (кожного елементу) у Fe-C-B сплавах кристалізуються комплексно-леговані карбобориди нестехіометричного складу із суттєвою неоднорідністю в просторовому розподілі елементів: Mo та Fe – в евтектичному бороцементиті ($M_3(C,B)$); Ti, Mo та W – в дуплексному («shell/core») карбобориді $M(C,B)$; Cr, W та Mo – в первинному карбобориді $M_2(B,C)_5$.

8. Практичне значення одержаних результатів. Вперше запропоновано використання електротермічного аксіального плазмового прискорювача для поверхневого модифікування чавунів та нанесення трибологічних чавунних покриттів на металеву поверхню (патент України на винахід № 114678). Розроблено математичні моделі нагріву металеві поверхні при плазмовому модифікуванні та нанесенні імпульсно-плазмових покриттів. Запропоновано спосіб формування шаруватих зносостійких покриттів чередуванням матеріалу катоду при імпульсно-плазмовому нанесенні. Розроблено конструкцію композитного катоду ЕАПП, що дозволяє отримувати зносостійкі імпульсно-плазмові покриття без необхідності проведення пост-плазмової термообробки (патент України на винахід № 119011). Розроблено комбіновані (поверхнево-об'ємні) технології зміцнювальних обробок чавунів із застосуванням сталого плазмового струменя (або плазмових імпульсів) та пост-плазмової термічної обробки (патенти України на винахід № 114978, № 119082, № 121045). Реалізацією повного факторного експерименту оптимізовано хімічний склад «гібридних» мультикомпонентних сплавів для досягнення максимальної абразивної зносостійкості.

9. Повнота викладення матеріалів дисертації в опублікованих наукових працях.

Дисертація Чабак Ю.Г. містить особисто отримані здобувачем науково обґрунтовані результати, а кількість та якість наукових праць, опублікованих за її матеріалами, відповідають постанові Кабінету Міністрів України № 1197 від 17 листопада 2021 року «Деякі питання присудження (позбавлення) наукових ступенів», що затверджує «Порядок присудження та позбавлення наукового

ступеня доктора наук».

Основні положення й наукові результати дисертації викладено у 49 наукових публікаціях, серед яких: 25 статей у наукових фахових виданнях України та інших держав, які входять до міжнародних наукометричних баз Scopus та/або Web of Science (включаючи 12 статей у журналах з Q1 та Q2), 9 статей у наукових фахових виданнях України, 2 колективні монографії, 5 патентів України на винахід, 8 матеріалів і тез доповідей на міжнародних та вітчизняних конференціях.

Статті у періодичних виданнях, проіндексованих у базах даних Scopus та/або Web of Science:

1. **Chabak Y.**, Petryshynets I., Efremenko V., Golinskyi M., Shimizu K., Zurnadzhy V., Sili I., Halfa H., Efremenko B., Puchy V. Investigations of abrasive wear behaviour of hybrid high-boron multi-component alloys: Effect of boron and carbon contents by the factorial design method. *Materials*. 2023. Vol. 16. P. 2530. (Scopus, Q2) <https://doi.org/10.3390/ma16062530> (Здобувачем визначено та описано механічні та трибологічні характеристики сплавів; реалізовано повний факторний експеримент; описано механізм зношування поверхні сплавів).

2. Efremenko V. G., **Chabak Yu. G.**, Shimizu K., Golinskyi M. A., Lekatou A. G., Petryshynets I., Efremenko B. V., Halfa H., Kusumoto K., Zurnadzhy V. I. The novel hybrid concept on designing advanced multi-component cast irons: Effect of boron and titanium (Thermodynamic modelling, microstructure and mechanical property evaluation). *Materials Characterization*. 2023. Vol. 197. P. 112691. (Scopus, Q1) <https://doi.org/10.1016/j.matchar.2023.112691> (Здобувачем запропоновано «гібридну» концепцію легування зносостійких ливарних сплавів; проведено опис та оцінку фазово-структурного стану та міжфазного розподілу легуючих елементів в сплавах; проведено аналіз результатів термодинамічного моделювання кристалізації сплавів).

3. **Chabak Yu. G.**, Shimizu K., Efremenko V. G., Golinskyi M. A., Kusumoto K., Zurnadzhy V. I., Efremenko A. V. Microstructure and phase elemental distribution in high-boron multi-component cast irons. *International Journal of Minerals, Metallurgy, and Materials*. 2022. Vol. 29, no. 1. P. 78-87 (Scopus, Q1). <https://doi.org/10.1007/s12613-020-2135-8> (Здобувачем проведено опис та оцінку фазово-структурного стану та міжфазного розподілу легуючих елементів в мультikomпонентних чавунах).

4. **Chabak Y.**, Efremenko V., Zurnadzhy V., Puchý V., Petryshynets I., Efremenko B., Fedun V., Shimizu K., Bogomol I., Kulyk V., Jakubéczyová D. Structural and tribological studies of “(TiC+WC)/Hardened steel” PMMC coating deposited by air pulsed plasma. *Metals*. 2022. Vol. 12. P. 218 (Scopus, Q1). <https://doi.org/10.3390/met12020218> (Здобувачем розроблено хімічний склад та конструкцію катоду; описано фазово-структурний стан та міжфазний розподіл легуючих елементів в покритті).

5. **Chabak Yu. G.**, Zurnadzhy V. I., Golinskyi M. A., Efremenko V. G., Zaichuk N. P., Petryshynets I., Shymchuk S. P. Current functional materials for wear resistant casting: from multicomponent cast irons to hybrid high-boron alloys, *Progress in Physics of Metals*. 2022. Vol.23, no. 4. P. 583–612 (Scopus, Q1).

<https://doi.org/10.15407/ufm.23.04.583> (Здобувачем проведено аналіз сучасних напрямків в розробці сплавів триботехнічного призначення).

6. Efremenko V. G., **Chabak Yu. G.**, Fedun V. I., Shimizu K., Pastukhova T. V., Petryshynets I., Zusin A. M., Kudinova E. V., Efremenko B. V. Formation mechanism, microstructural features and dry-sliding behaviour of “Bronze/WC carbide” composite synthesised by atmospheric pulsed-plasma deposition. *Vacuum*. 2021. Vol. 185. P. 110031 (Scopus, Q1). <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2020.110031> (Здобувачем розроблено хімічний склад та конструкцію катоду електротермічного аксіального плазмового прискорювача).

7. **Chabak Y.**, Efremenko V., Džupon M., Shimizu K., Fedun V., Wu K., Efremenko B., Petryshynets I., Pastukhova T. Evaluation of the microstructure, tribological characteristics, and crack behavior of a chromium carbide coating fabricated on gray cast iron by pulsed-plasma deposition. *Materials*. 2021. Vol. 14, no. 12. P. 3400 (Scopus, Q2). <https://doi.org/10.3390/ma14123400> (Здобувачем розроблено конструкцію та хімічний склад наповнювача витратного катоду плазмового прискорювача; описано та оцінено фазово-структурний стан та міжфазний розподіл легуючих елементів в імпульсно-плазмовому покритті; визначено та описано механічні та трибологічні характеристики нанесеного покриття).

8. **Chabak Yu. G.**, Efremenko V. G., Shimizu K., Lekatou A., Pastukhova T. V., Azarkhov A. Yu., Zurnadzhy V. I. Comparative analysis of the microstructural features of 28 wt.% Cr cast iron fabricated by pulsed plasma deposition and conventional casting. *Journal of Materials Engineering and Performance*. 2018. Vol. 27, no. 2. P. 379-388 (Scopus, Q2). <https://doi.org/10.1007/s11665-017-3102-z> (Здобувачем проведено опис та оцінка способів нанесення покриття за допомогою електротермічного аксіального плазмового прискорювача; досліджено мікроструктурний та фазовий стани плазмового покриття).

9. Efremenko V. G., **Chabak Yu. G.**, Shimizu K., Lekatou A. G., Zurnadzhy V. I., Karantzalis A. E., Halfa H., Mazur V. A., Efremenko B. V. Structure refinement of high-Cr cast iron by plasma surface melting and post-heat treatment. *Materials & Design*. 2017. Vol. 126. P. 278–290 (Scopus, Q1). <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2017.04.022> (Здобувачем досліджено характер модифікації структури чавуну при використанні імпульсної плазми; описано та оцінено фазово-структурний стан та міжфазного розподілу хрому, марганцю та кремнію в шарі, модифікованому оплавленням та пост-плазмовою термічною обробкою).

10. Efremenko V. G., Shimizu K., Pastukhova T. V., **Chabak Yu. G.**, Kusumoto K., Efremenko A. V. Effect of bulk heat treatment and plasma surface hardening on the microstructure and erosion wear resistance of complex-alloyed cast irons with spheroidal vanadium carbides. *Journal of Friction and Wear*. 2017. Vol. 38, no. 1. P.58-64 (Scopus, Q2). <https://doi.org/10.3103/S1068366617010056> (Здобувачем запропоновано спосіб модифікування структури чавунів; досліджено механічні та трибологічні характеристики комплексно-легованих чавунів).

11. Efremenko V. G., Shimizu K., Pastukhova T. V., **Chabak Yu. G.**, Kusumoto

K., Efremenko A. V. Wear mechanism and chemical composition optimization of complex-alloyed cast iron with spheroidal vanadium carbide under conditions of abrasive erosion. *Journal of Friction and Wear*. 2017. Vol. 38, no. 2. P. 92-97 (Scopus, Q2). <https://doi.org/10.3103/S106836661702009X> (Здобувачем визначено та описано механізм зношування поверхні чавунів зі сфероїдальним карбідами ванадію).

12. Efremenko V. G., **Chabak Yu. G.**, Lekatou A., Karantzalis A. E., Shimizu K., Fedun V. I., Azarkhov A. Yu., Efremenko A. V. Pulsed plasma deposition of Fe-C-Cr-W coating on high-Cr-cast iron: Effect of layered morphology and heat treatment on the microstructure and hardness. *Surface and Coatings Technology*. 2016. Vol. 304. P. 293–305 (Scopus, Q1). <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2016.07.016> (Здобувачем запропоновано спосіб нанесення покриттів з використанням імпульсно-плазмового прискорювача; описано вплив об'ємної термічної обробки на мікроструктуру покриття з високохромистого чавуну).

13. **Chabak Yu. G.**, Golinskyi M. A., Efremenko V. G., Shimizu K., Halfa H., Zurnadzhy V. I., Efremenko B. V., Kovbasiuk T. M. Phase constituents modeling in hybrid multi-component high-boron alloy. *Physics and Chemistry of Solid State*. 2022. Vol. 23, no. 4, P. 714-719. (Scopus, Q4). <https://doi.org/10.15330/pcss.23.4.714-719> (Здобувачем описано та проаналізовано фазово-структурний стан гібридних мультикомпонентних сплавів в залежності від вмісту вуглецю та бору; проведено опис термодинамічних моделей кристалізації сплавів в рівноважних умовах).

14. **Chabak Yu. G.**, Fedun V. I., Efremenko V. G., Shimizu K., Petryshynets I., Zurnadzhy V. I., Dzherenova A. V. Effect of cathode material on microstructure status of the coating fabricated using an electro-thermal axial plasma accelerator. *Romanian Journal of Physics*. 2021. Vol. 66, no. 3-4. Article no. 501 (Scopus, Q3). https://rjp.nipne.ro/2021_66_3-4/RomJPhys.66.501.pdf (Здобувачем досліджено та описано вплив матеріалу аксіального катоду на структуру та характеристики імпульсно-плазмових покриттів).

15. **Chabak Yu. G.**, Efremenko V. G., Fedun V. I., Petryshynets I., Pastukhova T. V., Efremenko B. V., Kromka F., Tsvetkova E. V. Surface modification of grey cast iron by pulsed-plasma deposition and subsequent laser beam melting. *Journal of Nano- and Electronic Physics*. 2021. Vol. 13, no. 2, 02030 (7pp) (Scopus, Q3). [https://doi.org/10.21272/jnep.13\(2\).02030](https://doi.org/10.21272/jnep.13(2).02030) (Здобувачем досліджено процес поверхневого легування сірого чавуну лазерним оплавленням попередньо нанесеного імпульсно-плазмового покриття; досліджено модифікацію структури сірого чавуну).

16. Efremenko B. V., **Chabak Yu. G.**, Efremenko V. G., Fedun V. I., Pastukhova T. V., Halfa H. A., Azarkhov A. Yu., Vlasovets V. M. Kinetics of structure transformation in pulsed plasma high-Cr coating under post-heat treatment. *Functional Materials*. 2020. Vol. 27, no. 1. P. 117-124 (Scopus, Q4). <http://functmaterials.org.ua/contents/27-1/0> (Здобувачем досліджено та описано кінетику структуроутворення в високохромистому покритті при пост-плазмовій термічній обробці).

17. **Chabak Yu. G.**, Pastukhova T. V., Efremenko V. G., Zurnadzhy V. I., Fedun V. I., Tsvetkova E. V., Dzherenova A. V. Pulsed plasma surface modification of grey cast iron. *Journal of Physical Studies*. 2020. Vol. 24, no. 2. 2501 (8 p.) (Scopus, Q4).

<https://doi.org/10.30970/jps.24.2501> (Здобувачем досліджено та описано фазово-структурний стан та міжфазний розподіл легуючих елементів в модифікованому шарі чавуну з пластинчастим графітом).

18. Efremenko V. G., **Chabak Yu. G.**, Shimizu K., Pastukhova T. V., Espallargas N., Fedun V. I., Zurnadzhy V. I. Structural and phase elemental distribution in pulsed plasma coating deposited with cemented carbide cathode. *Journal of Nano- and Electronic Physics*. 2020. Vol. 12, no. 3. 03039 (6pp) (Scopus, Q3) [https://doi.org/10.21272/jnep.12\(3\).03039](https://doi.org/10.21272/jnep.12(3).03039) (Здобувачем розроблено хімічний склад матеріалу катоду та його конструкцію (у вигляді виробу із твердого сплаву ВК6) для використання в електротермічному аксіальному плазмовому прискорювачі; досліджено та описано фазово-структурний стан та міжфазний розподіл легуючих елементів в W-Co-C-покривті).

19. Efremenko V. G., Wu K. M., Shimizu K., Petryshynets I., Efremenko B. V., Halfa H., **Chabak Yu. G.**, Malyshevskiy A. A., Zurnadzy V. I. Charakterisierung der Mikrostruktur und Elementzusammensetzung von Gusseisen mit 15 Gew.-% Cr und 2 Gew.-% Mo mit Bor-Zusatz (Characterization of Microstructure and Phase Elemental Composition of 15 wt.% Cr – 2 wt.% Mo Cast Iron with Boron Addition). *Practical Metallography*. 2020. Vol. 57, Issue 10. P. 714-742 (Scopus, Q4) <https://doi.org/10.3139/147.110683> (Здобувачем використано «гібридний» підхід в легуванні високохромистого чавуну; досліджено та описано мікроструктурний стан та розподіл легуючих елементів в сплавах Fe-C-Cr-B).

20. **Chabak Yu. G.**, Fedun V. I., Efremenko V. G., Pastukhova T. V., Efremenko B. V. Plasma coating formation by the deposition of cathode material eroded through high-current pulsed discharge. *Problems of Atomic Science and Technology*. 2019. Vol. 5, no. 123. P. 167-174 (Scopus, Q3). <https://doi.org/10.46813/2019-123-167> (Здобувачем розроблено математичну модель та виконано моделювання процесу нанесення імпульсно-плазмового покриття металевої поверхні).

21. **Chabak Yu. G.** Microstructural features and tribological behaviour of low-alloyed steel modified by high-energy plasma pulse. *Journal of Nano- and Electronic Physics*. 2019. Vol. 11, no. 4. 04010(5pp) (Scopus, Q3). [https://doi.org/10.21272/jnep.11\(4\).04010](https://doi.org/10.21272/jnep.11(4).04010) (Здобувачем визначено та описано механічні та трибологічні характеристики низьколегованої сталі 75Г при сухому терті ковзанням в плазмово-модифікованому стані).

22. Efremenko V. G., **Chabak Yu. G.**, Karantzalis A. E., Lekatou A., Vakulenko I. A., Mazur V. A., Fedun V. I. Plasma case hardening of wear-resistant high-chromium cast iron. *Strength of Materials*. 2017. Vol. 49, Issue 3. P.446–452 (Scopus, Q3) <https://doi.org/10.1007/s11223-017-9886-0> (Здобувачем описано фазово-структурний стан та характер структуроутворення в високохромистому чавуні при модифікуванні сталюю плазмою).

23. **Чабак Ю. Г.**, Пастухова Т. В., Ефременко В. Г., Шимідзу К., Чейлях А. П., Зурнаджи В. И. Особенности формирования микроструктуры, элементного и фазового составов и свойств стали 170X14Г3С3Н1ФР1 в условиях литья и импульсно-плазменного напыления. *Металлофизика и новейшие технологии*. 2017. Вып. 39. С. 491-505 (Scopus, Q3) <https://doi.org/10.15407/mfint.39.04.0491> (Здобувачем досліджено та описано фазово-структурний стан та елементний розподіл легуючих елементів комплексно-легованої сталі ледебуритного типу після різних технологій виробництва).

24. **Chabak Yu. G.**, Fedun V. I., Pastukhova T. V., Zurnadzhy V. I.,

Berezhnyy S. P., Efremenko V. G. Modification of steel surface by pulsed plasma heating. *Problems of Atomic Science and Technology*. 2017. Vol. 110, no. 4. P. 97-102 (Scopus, Q3).

<https://www.researchgate.net/publication/319301972> Modification of steel surface by pulsed plasma heating (Здобувачем розроблено математичні моделі та змодельовано нагрів металевої поверхні при імпульсно-плазмовій обробці).

25. **Chabak Y. G.**, Fedun V. I., Shimizu K., Efremenko V. G., Zurnadzhy V. I. Phase-structural composition of coating obtained by pulsed plasma treatment using eroded cathode of T1 high speed steel. *Problems of Atomic Science and Technology*. 2016. Vol. 104, no. 4. P. 100-106 (Scopus, Q3).

<https://www.researchgate.net/publication/308634631> Phase-structural composition of coating obtained by pulsed plasma treatment using eroded cathode of T1 high speed steel (Здобувачем розроблено хімічний склад та конструкцію катоду плазмового прискорювача на основі швидкоріжучої сталі; проведено опис фазово-структурного стану та міжфазного розподілу легуючих елементів в покритті).

Статті у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України:

26. **Чабак Ю. Г.**, Пастухова Т. В., Зайчук Н. П., Ефременко Б. В., Ефременко В. Г. Структура литой износостойкой стали с высоким содержанием бора. *Міжвузівський збірник «Наукові нотатки»*. 2019. Вип. № 66. С. 367-372. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2019_66_58 (Здобувачем досліджено вплив бору на мікроструктурний стан зносостійкої сталі в литому стані).

27. **Чабак Ю. Г.**, Пастухова Т. В., Ефременко В. Г., Вакуленко И. А., Волосенко И. А. Композиционное импульсно-плазменное покрытие «Сталь Р18/чугун 230Х28Г3». *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету транспорту*. 2017. Вип. 3 (69). С.102-111. <https://crust.ust.edu.ua/items/a5b21fa0-e186-4fb5-bfe7-c6c88cc2c78f> (Здобувачем досліджено та описано механізм формування шаруватих імпульсно-плазмових покриттів на основі чередування різнорідних катодів).

28. **Чабак Ю. Г.**, Зурнаджи В. И., Зайчук Н. П., Пастухова Т. В., Ефременко В. Г. Абразивная износостойкость импульсно-плазменных покрытий, содержащих карбиды вольфрама и хрома. *Міжвузівський збірник «Наукові нотатки»*. 2017. Вип. 58. С. 308-314. https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/naukovi_notatky/issue/view/45/51 (Здобувачем визначено та описано трибологічні характеристики плазмово-імпульсних покриттів, що містять карбіди вольфраму та хрому).

29. Ефременко В. Г., **Чабак Ю. Г.**, Зайчук Н. П., Федун В. И. Абразивная износостойкость белого легированного чугуна, подвергнутого поверхностной плазменной закалке. *Наукові нотатки Луцького національного технічного університету*. 2016. Вип. 54. С.120-124. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2016_54_23 (Здобувачем визначено вплив плазмової обробки на фазово-структурний стан та трибологічні властивості легованого чавуну).

30. Ефременко В. Г., **Чабак Ю. Г.**, Пастухова Т. В., Зурнаджи В. И., Мазур В. А., Цветкова Е. В. Микроструктура хромо-ванадистого чугуна, формирующаяся при плазменной обработке поверхности и последующей

термической обработке. *Вісник Приазовського державного технічного університету*. 2016. Вип. 33. С. 50-58. http://nbuv.gov.ua/UJRN/vpdy_2016_33_7 (Здобувачем досліджено фазово-структурний стан поверхні хромо-ванадістого чавуну після плазмової обробки; запропоновано режим пост-плазмової термічної обробки чавуну).

31. **Чабак Ю. Г.**, Федун В. И., Ефременко Б. В., Зурнаджи В. И., Джеренова А. В., Волосенко И. А. Влияние материала катода и режимов импульсно-плазменной обработки на микроструктуру и микротвердость поверхности высокохромистого чугуна. *Вісник Приазовського державного технічного університету*. 2016. Вип. 32. С. 72-79. http://nbuv.gov.ua/UJRN/vpdy_2016_32_12 (Здобувачем визначено вплив матеріалу катода та режимів імпульсно-плазмового модифікування на микроструктурний стан та механічні властивості високохромистого чавуну).

32. **Чабак Ю. Г.** Використання металокерамічного твердого сплаву для імпульсно-плазмового нанесення зносостійких покриттів. *Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні*. 2017. Вип. 2. С. 58-61. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nmt_2017_2_12 (Здобувачем досліджено можливість використання металокерамічного твердого сплаву в якості катода для імпульсно-плазмового прискорювача; визначено фазово-структурний стан в покритті).

33. **Чабак Ю. Г.**, Федун В. И., Ефременко Б. В., Зусин А. М., Джеренова А. В. Влияние пост-термообработки на микроструктуру и микротвердость плазменного Fe-C-Mn-Cr-W-V покрытия. *Вестник Приазовского государственного технического университета. Серия: Технические науки*. 2017. Вып. 34. С. 46-53. http://nbuv.gov.ua/UJRN/vpdy_2017_34_8 (Здобувачем розроблено режими пост-плазмової термічної обробки покриттів; встановлено характер вплив параметрів пост-плазмової термічної обробки на микроструктуру та твердість Fe-C-Mn-Cr-W-V покриття, отриманого імпульсно-плазмовою обробкою).

34. **Чабак Ю. Г.** Влияние плазменной обработки на состояние упрочняющих фаз в Cr-Mn-Ni-Si-B стали ледебуритного класса. *Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні*. 2016. № 1. С. 24-27. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nmt_2016_1_7 (Здобувачем досліджено та описано вплив плазмової обробки на фазово-структурний стан карбідних фаз в сталі ледебуритного класу).

Патенти України на винахід:

35. Спосіб імпульсно-плазмової обробки металевої поверхні : патент 114678 Україна : С23С 14/22, С23С 14/34, С23С 14/56, С23С 4/06, Н01J 37/317. № и 2016 02566 ; Єфременко В. Г., **Чабак Ю. Г.**, Федун В. И., Єфременко Б. В., Волосенко И. А. заяв. 16.03.2016 ; опубл. 10.07.2017, Бюл. № 13. 3 с. (Здобувачем розроблено спосіб імпульсно-плазмової обробки металевої поверхні, що включає використання імпульсного плазмового розряду, що генерується між електродами електротермічного аксіального плазмового прискорювача, зокрема: запропоновано використання в якості матеріалу катода сплавів з карбідною евтектикою).

36. Спосіб поверхневої плазмової модифікації високолегованих чавунів : патент 114978 Україна : С21D 1/06, С21D 1/09, С21D 1/78, С21D 9/28. № а 2016 03504 ; Єфременко В. Г., **Чабак Ю. Г.**, Федун В. И., Зурнаджи В. И., Білозерцева Н.

М. заяв від 04.04.2016 ; опубл. 28.08.2017, Бюл. № 16. 4 с. (Здобувачем розроблено спосіб поверхневої плазмової модифікації високолегованих чавунів, зокрема: запропоновано температурний інтервал нагріву поверхні плазмовим струменем).

37. Спосіб комбінованої обробки металевої поверхні : патент 119082 Україна : С23С 14/48, С23С 4/10, С23С 4/134, С23С 14/56. № u 2017 05646 ; **Чабак Ю. Г.**, Єфременко В. Г., Пастухова Т. В., Федун В. І., Зурнаджі В. І. заяв. від 07.06.2017 ; опубл. 25.04.2019, Бюл. № 8. 4 с. (Здобувачем розроблено спосіб комбінованої обробки металевих поверхонь, зокрема: запропоновано режим пост-плазмової термічної обробки металовиробу).

38. Аксіальний електрод для імпульсно-плазмового нанесення покриття : патент 119011 Україна : H05H 1/34, H05H 1/54, С23С 16/513, С23С 16/515. № u 2017 10850 ; **Чабак Ю. Г.**, Єфременко В. Г., Зурнаджі В. І., Федун В. І., Пастухова Т. В. заяв. від 06.11.2017; опубл. 10.04.2019, Бюл. № 7. 4 с. (Здобувачем розроблено та запропоновано використання аксіальний електрод для імпульсно-плазмового нанесення покриття, зокрема: уточнено хімічний склад матеріалу катоду).

39. Спосіб імпульсно-плазмової обробки металевої поверхні : патент 121045 Україна: С23С 16/513, С23С 16/515, H05H 1/34, С23С 16/32, В22F 9/14. № а 2017 10851 ; Єфременко В. Г.; **Чабак Ю. Г.**; Пастухова Т. В.; Федун В. І.; Зурнаджі В. І.; Єфременко Б. В. заяв. від 06.11.2017 ; опубл. 25.03.2020, Бюл. № 6. 4 с. (Здобувачем розроблено спосіб імпульсно-плазмової обробки металевої поверхні, зокрема: запропоновано використання композитного матеріалу в якості катоду).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

40. **Chabak Yu.**, Zurnadgy V., Pastukhova T., Efremenko V. Carbides coatings deposited by new pulsed plasma technique. *Journal of Material Science and Engineering*, 2017, vol. 6, is.4, P. 34. (Proceedings of 3d Int. Conference and Expo on Ceramics and Composite Materials, June 26-27, Madrid, Spain). ISSN: 2169-0022 (Здобувач дослідив та описав трибологічні характеристики імпульсно-плазмового покриття, отриманого з використанням катоду, виготовленого з високолегованого сплаву з карбідною евтектикою).

41. Shimizu K., **Chabak Yu.G.**, Golinskyi M.A., Kusumoto K., Efremenko B.V., Zurnadzhy V.I., Efremenko V.G. Primary carboboride in hybrid (C/B)multi-component cast irons: morphology, microhardness and elemental composition. *The 12th International Symposium on the Science and Processing of Cast Iron*. 9-12 November 2021, Muroran city in Hokkaido, Japan (Здобувачем виконано аналіз термодинамічного моделювання кристалізації первинних боридів у гібридних високобористих сплавах).

42. **Чабак Ю. Г.**, Федун В. І., Зурнаджі В. І., Єфременко В. Г. Про використання металокерамічних твердих сплавів в якості катоду при імпульсно-плазмовому нанесенні трибологічних покриттів. *Матеріали для роботи в екстремальних умовах – 7* : матеріали Міжнародної науково-технічної конференції, 30 листопада – 2 грудня 2017 р. Київ. (Здобувачем описано результати енерго-дисперсійної спектроскопії покриттів, нанесених з використанням металокерамічного твердого сплаву).

43. **Чабак Ю. Г.**, Федун В. І., Пастухова Т. В., Єфременко В. Г. Умови формування плазмового покриття при імпульсному розряді. *Нові сталі та сплави і методи їх оброблення для підвищення надійності та довговічності виробів* : матеріали Міжнародної наукової конференції, 08-10 жовтня 2019 р. Запоріжжя. С. 164. (Здобувачем описано вплив конструкції катоду на механізм формування покриття при імпульсному розряді).

44. **Чабак Ю. Г.**, Пастухова Т. В., Зурнаджи В. І., Федун В. І., Єфременко В. Г., Джеренова А. В., Цветкова О. В. Імпульсно-плазмове модифікування сірого чавуну. *Матеріали для роботи в екстремальних умовах-10* : матеріали Міжнародної науково-технічної конференції, 10-11 грудня, 2020 р. Київ. С. 164. (Здобувачем запропоновано режим термічної обробки чавуну перед плазмовим модифікуванням).

45. **Chabak Yu. G.**, Efremenko V. V., Zurnadzhy V. I., Fedun V. I., Dzherenova A. V., Efremenko V. G. Effect of cathode material on pulse-plasma coating structure and cracking behavior. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту* : матеріали 81-ї Міжнародної науково-практичної конференції, 22–23 квітня 2021 р. Дніпро. С. 243. (Здобувачем запропоновано застосування пост-плазмової обробки для покращення властивостей покриттів, отриманих при використанні різного матеріалу катоду).

46. **Chabak Yu. G.**, Golinskyi M. A., Zurnadzhy V. I., Efremenko V. V., Efremenko V. G. Modelling of crystallization of multi-component high-boron alloy. *Нові сталі та сплави і методи їх оброблення для підвищення надійності та довговічності виробів* : матеріали XV Міжнародної науково-технічної конференції, 08-09 листопада 2022 р. Запоріжжя. С. 141. (Здобувачем визначено вплив хімічного складу мультикомпонентного сплаву, призначеного для використання в якості катоду імпульсно-плазмового прискорювача, на фазово-структурні перетворення при кристалізації).

47. **Чабак Ю. Г.**, Пастухова Т. В., Федун В. І., Булавка А. А. Микроструктура і износостойкість сталі 75Г, модифіцированої плазменним імпульсом. *Проблеми довговічності матеріалів, покриттів та конструкцій* : матеріали V-ї Міжнародної інтернет-конференції, 1-2 грудня 2017 р. Вінниця. С. 16. (Здобувачем досліджено вплив хімічного складу катоду на властивості сталі 75Г, модифікованої плазмовим імпульсом).

Монографії:

48. Vasily Efremenko, Oleksandr Cheiliakh, Oleksandr Azarkhov, Bohdan Efremenko, **Yuliia Chabak**, Vadym Zurnadzhy. State-of-the-art and innovative approaches in biomaterials and surface treatments for artificial implants. In Teaching and Subjects on Bio-Medical Engineering. Approaches and Experiences from the BIOART-project. Ed. by Peter Arras and David Luengo. Acco cv, Leuven (Belgium), 2021, pp. 301-342. (Здобувачем проаналізовано сучасні напрямки в розробці сплавів триботехнічного призначення та плазмових технологій для модифікації металевих поверхонь).

49. Єфременко В. В., Білик О. Г., Єфременко В. Г., **Чабак Ю. Г.**, Чігарьов В. В. Структурування в Fe-Cr-Ni-C покриттях, призначених для експлуатації в умовах абразивного та абразивно-ерозійного зношування. Монографія. Маріуполь: ПДТУ. 2020. 235 с. ISBN 978-966-604-241-8 (Здобувачем досліджено та проаналізовано структурування в чавунних

покриттях триботехнічного призначення, нанесених плазмовими технологіями).

10. Впровадження результатів наукових досліджень.

Розроблені технологічні схеми поверхневих плазмових обробок чавунів та запропоновані параметри технологій модифікування та нанесення композитних чавуноподібних покриттів із застосуванням плазмового нагріву успішно апробовані та впроваджені у виробництво на машинобудівних підприємствах України (ПАТ «НКМЗ», ПАТ «Енергомашспецсталь», ТОВ «ТВІНС-СЕРВІС ЛТД») та Польщі («RB SOLUTIONS SP. Z O.O.»). Також одержані результати досліджень впроваджено в навчальний процес підготовки бакалаврів/магістрів за напрямками 132 «Матеріалознавство» та 163 «Біомедичні інженерія» в ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет».

11. Апробація основних результатів дослідження на конференціях, симпозіумах, семінарах тощо. Основні наукові результати та положення дисертації були представлені, доповідалися та обговорювалися на міжнародних та вітчизняних конференціях: «Surfaces, Interfaces and Coating Technologies 2023 / PlasmaTech 2023 / Tribology 2023» Joint Conferences (Lisbon, Portugal, 2023), «Матеріали для екстремальних умов роботи» (Київ, (2017-2021), «Проблеми й перспективи розвитку залізничного транспорту», (Дніпро, 2017-2021), «Університетська наука» (Маріуполь, 2016-2023), «Перспективні технології на основі новітніх фізико-матеріалознавчих досліджень та комп'ютерного конструювання матеріалів» (Київ, 2019), «International Conference for Young Professionals in Physics and Technology» (Kharkiv, 2021), «Science and Processing of Cast Irons» (SPCI-XII) (Muroran, Japan, 2021), «Ceramics and Composite Materials» (Madrid, Spain, 2017), «Перспективні технології, матеріали і обладнання у ливарному виробництві» (Краматорськ, 2017), «Нові сталі та сплави і методи їх оброблення для підвищення надійності та довговічності виробів» (Запоріжжя, 2021, 2022), «Неметалеві вкраплення і гази у ливарних сплавах» (Запоріжжя, 2021), «Проблеми довговічності матеріалів, покриттів та конструкцій» (Вінниця, 2017).

12. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення. Дисертація (у вигляді наукової доповіді) викладена професійно, кваліфіковано та грамотно. Матеріали логічно систематизовані та коректно оформлені. За структурою, мовою та стилем викладення дисертація відповідає вимогам МОН України.

13. Відповідність принципам академічної доброчесності. У процесі перевірки на академічний плагіат дисертації Чабак Ю.Г. встановлено відповідність електронного варіанту дисертації, наданого здобувачем, паперовому варіанту дисертації. У результаті перевірки дисертації Чабак Ю.Г. академічного плагіату не виявлено.

14. Відповідність дисертації паспорту спеціальності, за якою вона представлена до захисту. Робота відповідає вимогам паспорту спеціальності

05.02.01 - матеріалознавство, зокрема напрямом досліджень: «Пошук принципів і шляхів створення нових прогресивних матеріалів», «Технічні, технологічні і захисні покриття конструкційних та технологічних матеріалів».

15. Характеристика здобувача, ступінь наукової зрілості. Проведені дослідження та опубліковані наукові праці характеризують Чабак Ю.Г. як кваліфікованого фахівця і дослідника. Здобувач на високому рівні володіє методологією наукових досліджень. Йй притаманне логічне мислення, вміння ставити наукові завдання та пропонувати нестандартні шляхи їх вирішення, виділяти основні та вторинні аспекти. Чабак Ю.Г. є сформованим, кваліфікованим науковцем з глибоким теоретичним та практичним рівнем підготовки.

ВИСНОВОК

Дисертація Чабак Юлії Геннадіївни «Розвиток наукових основ підвищення експлуатаційних властивостей легованих чавунів вдосконаленням хімічного складу та обробкою поверхні висококонцентрованими джерелами енергії» (у вигляді наукової доповіді) є завершеною науковою працею, виконаною здобувачем самостійно, у якій на основі розробленої концепції розв'язано актуальну науково-прикладну проблему підвищення комплексу експлуатаційних властивостей сплавів триботехнічного призначення, а саме легованих чавунів та сталей ледебуритного класу, вдосконалення їх хімічного складу та модифікування структури комплексною термічною обробкою із використанням плазмової та лазерної обробки поверхні, що має важливе значення для матеріалознавства.

У 49 наукових публікаціях повністю відображені результати дисертації, з них 25 статей у наукових фахових виданнях України та інших держав, які індексовані міжнародними наукометричними базами даних Scopus та/або Web of Science (включаючи 12 статей у журналах з Q1 та Q2), 9 статей у наукових фахових виданнях України, 2 колективні монографії, 5 патентів України на винахід, 8 матеріалів і тез доповідей на міжнародних та вітчизняних конференціях.

Дисертація підготовлена за спеціальністю 05.02.01 - матеріалознавство, відповідає паспорту спеціальності 05.02.01 - матеріалознавство (Перелік наукових спеціальностей, затверджений Наказом Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України 14 вересня 2011 року № 1057), та вимогам, які ставляться до робіт на здобуття наукового ступеня доктора наук, п. 7 та 9 Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 року № 1197.

З урахуванням актуальності теми дослідження, наукової новизни, теоретичного та практичного значення одержаних результатів, впровадження їх у практику, обґрунтованості висновків на основі одержаних достовірних результатів, особистому внеску здобувача у розв'язання важливої науково-технічної проблеми, достатньої повноти викладення матеріалів дисертації, що характеризується єдністю змісту, відповідності принципам академічної доброчесності, а також беручи до уваги наукову зрілість та професійні якості Чабак Юлії Геннадіївни, рекомендувати дисертацію «Розвиток наукових основ підвищення експлуатаційних властивостей легованих чавунів вдосконаленням хімічного складу та обробкою

поверхні висококонцентрованими джерелами енергії» для подання до розгляду у спеціалізовану вчену раду на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.01 – матеріалознавство.

Рецензенти:

Завідувачка кафедри
матеріалознавства та інженерії
матеріалів Національного
університету «Львівська політехніка»,
д.т.н., проф.



Зоя ДУРЯГІНА

Професор кафедри матеріалознавства
та інженерії матеріалів Національного
університету «Львівська політехніка»,
д.т.н., доц.



Андрій ТРОСТЯНЧИН

Професорка кафедри спеціалізованих
комп'ютерних систем Національного
університету «Львівська політехніка»,
д.т.н., проф.



Галина КЛИМ