



ІНЖЕНЕРНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО. ЧАСТИНА 1

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

• Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>132 Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>освітньо-професійна програма "Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів"</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ECTS, 36 годин лекцій, 18 годин практичних занять, 66 годин самостійної роботи</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / Модульна контрольна робота / Реферат</i>
Розклад занять	<i>Лекція -1 раз на тиждень, практичне заняття – 1 раз на два тижні rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н., доцент, Троснікова Ірина Юріївна, mail: itrosnikova@gmail.com</i> Практичні заняття: <i>к.т.н., доцент, Троснікова Ірина Юріївна</i>
Розміщення курсу	campus.kpi.ua , Інженерне матеріалознавство Інженерне матеріалознавство – Google Диск

• Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Вивчаючи дисципліну, здобувачі вищої освіти узагальнюють власні знання з різних дисциплін та долучаються до світового досвіду використання матеріалів з урахуванням знань щодо вивчення зв'язку між хімічним складом або природою матеріалу, технологією обробки, мікроструктурою та властивостями матеріалів.

Предметом навчальної дисципліни є використання отриманих знань при проектуванні та створенні матеріалів з необхідним комплексом експлуатаційних характеристик.

Метою дисципліни є розвиток у здобувачів вищої освіти загальних та фахових компетентностей, зокрема: здатності до абстрактного мислення, аналізу та синтезу; здатності застосовувати знання у практичних ситуаціях; здатності виявляти та ставити проблеми в сфері матеріалознавства, приймати ефективні рішення для їх вирішення; здатності до критичного аналізу та прогнозування характеристик нових та існуючих матеріалів, параметрів процесів їх отримання і обробки та використання у виробках (або у виробничих умовах); здатності обґрунтовано здійснювати вибір технологій виготовлення, оброблення, випробування матеріалів і виробів, для конкретних умов експлуатації; здатності організовувати та здійснювати комплексні випробування

матеріалів і виробів; здатності застосовувати системний підхід для розв'язання прикладних задач виготовлення, обробки, експлуатації та утилізації матеріалів та виробів; здатності розробляти та реалізовувати проекти в сфері матеріалознавства, а також дотичні до неї міждисциплінарні проекти; здатності аналізувати та прогнозувати фізико-механічні властивості порошкових композиційних та наноструктурованих матеріалів.

Після засвоєння навчальної дисципліни здобувачі вищої освіти повинні продемонструвати наступні результати: розуміти та застосовувати принципи системного аналізу, причинно-наслідкових зв'язків між значущими факторами та науковими і технічними рішеннями в контексті існуючих теорій; виявляти, формулювати і вирішувати матеріалознавчі проблеми і задачі; вільно спілкуватись державною та англійською мовами усно і письмово для обговорення професійних проблем і результатів діяльності у сфері матеріалознавства та ширшого кола інженерних питань, презентації результатів досліджень та інноваційних проектів; застосовувати сучасні інформаційні технології та спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач матеріалознавства; приймати ефективні рішення в нових ситуаціях або непередбачуваних умовах з урахуванням їх можливих наслідків, оцінювати і порівнювати альтернативи, оцінювати технічні, економічні, екологічні та правові ризики; наукові навички у галузі інженерії для того, щоб успішно проводити наукові дослідження як під керівництвом так і самостійно; розробляти та реалізовувати проекти у сфері матеріалознавства та дотичних до матеріалознавства міждисциплінарних напрямів, визначати цілі та потрібні ресурси, планувати роботи, організовувати роботу колективу виконавців, здійснювати захист інтелектуальної власності; використовувати сучасні методи для виявлення, постановки та розв'язування винахідницьких задач в галузі матеріалознавства; формулювати та розв'язувати науково-технічні задачі для розробки, виготовлення, випробування, сертифікації, утилізації матеріалів, створення та застосування ефективних технологій виготовлення виробів; планувати і виконувати експериментальні матеріалознавчі дослідження, обирати відповідні обладнання та методики, здійснювати статистичну обробку і статистичний аналіз результатів експериментів, обґрунтовувати висновки; обґрунтовано призначати та контролювати показники якості матеріалів та виробів; проектувати нові матеріали, розробляти, досліджувати та використовувати фізичні та математичні моделі матеріалів та процесів; здатність ефективно використовувати на практиці теоретичні концепції менеджменту та ділового адміністрування; розв'язувати прикладні задачі виготовлення, обробки, експлуатації та утилізації матеріалів та виробів; розробляти комплексний дизайн нових матеріалів і виробів на їх основі з урахуванням експлуатаційних властивостей та умов використання.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Дисципліна викладається в першому семестрі підготовки за освітньо-професійною програмою підготовки магістрів. Для успішного засвоєння дисципліни, студент повинен володіти набором компетентностей бакалаврського рівня, зокрема:

- здатністю виявляти та ставити проблеми в сфері матеріалознавства, приймати ефективні рішення для їх вирішення;
- здатністю до критичного аналізу та прогнозування характеристик нових та існуючих матеріалів, параметрів процесів їх отримання і обробки та використання у виробі (або у виробничих умовах);
- здатністю обґрунтовано здійснювати вибір технологій виготовлення, оброблення, випробування матеріалів і виробів, для конкретних умов експлуатації;
- здатність організовувати та здійснювати комплексні випробування матеріалів і виробів;

– здатність застосовувати системний підхід для розв’язання прикладних задач виготовлення, обробки, експлуатації та утилізації матеріалів та виробів.

Дисципліна забезпечує розширення інженерного кругозору в галузі матеріалознавства та інженерії матеріалів, чим формує набір компетентностей для подальшого вивчення дисциплін матеріалознавчого напрямку, а також виконання курсової роботи з дисципліни “Наукова робота за темою магістерської дисертації”, практики та виконання магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліна «Інженерне матеріалознавство» містить два змістовні модулі: «Інженерне матеріалознавство. Частина 1» та «Інженерне матеріалознавство. Частина 2».

Розділ 1. Поняття про функцію матеріалів

Розділ 2. Взаємозв’язок структури та властивостей матеріалів.

Розділ 3. Механічні властивості, які визначають механічну функцію матеріалів.

Розділ 4. Теплові (термічні) властивості, які визначають теплову функцію матеріалу.

Розділ 5. Електричні та магнітні властивості матеріалів, які визначають їх електромагнітну функцію.

Розділ 6. Механічні, теплові, електричні та магнітні властивості гетерофазних матеріалів.

Розділ 7. Управління структурними параметрами матеріалів в технологічних процесах.

Розділ 8. Полімери. Механічна поведінка полімерних матеріалів.

Розділ 9. Науково-дослідна робота за темою магістерської дисертації.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Інженерне матеріалознавство. Метали, полімери, кераміка, композити : підручник : пер. с рус. / Яків Семенович Карпов, Валентина Віталіївна Остапчук, Олена Георгіївна Попова, Ігор Михайлович Тараненко ; Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут" ; за ред. Яків Семенович Карпов. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харк. авіац. ін-т", 2020. – 383 с.
2. Дубовий О.М. Інженерне матеріалознавство: підручник/ О.М.Дубовий, Ю.А.Казимиренко, Н.Ю.Лебедєва, С.М.Самохін. – Миколаїв: НУК, 2009. – 444 с.
3. Лобода П.І. Спрямовано закристалізовані бориди: монографія / П.І. Лобода. – Київ, 2012. – 500 с.

Додаткова література:

4. Механіка руйнування та міцність матеріалів / Під ред. акад. Панасюка В.В. – Львів: Сполом, 2007. – 1066 с.
5. Неорганическоематериаловедение / Под ред. Г. Гнесина, С.С. Скорохода, т.1,2. - «Наукова думка». – Киев, 2008. – 889 с.
6. MartinHeilmaier. VorlesungWerkstofftechnikfürdieStudiengängeMaschinenbauundVerfahrenstechnik sowiefürLehramt an berufsbildenden Schulen / MartinHeilmaier. – Magdeburg, 2006.
7. Meetham G.W. VanderVoorde M.H. MaterialsforHighTemperatureEngineeringApplication / Meetham G.W. VanderVoorde M.H. – Verlag : Springer, 2000. ISBN: 3-540-66861-6. – 164 с.
8. Ashby M. F. MaterialSelectioninMechanicalDesign / M. F. Ashby. – Oxford: Butterworth-Heinemann, 2000.

Рекомендується ознайомитись зі змістом вказаних базових та додаткових джерел, більш глибоко опрацювати рекомендовані викладачем розділи, що відповідають тематиці лекцій та/чи практичних робіт. Для окремих розділів доцільно створити електронний конспект.

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Зміст лекційних занять

Лекція 1. Вступ. Вимоги до оформлення науково-дослідних та кваліфікаційних робіт (реферату за темою магістерської дисертації, курсової роботи, магістерської дисертації). Правила дотримання академічної доброчесності (академічний плагіат, самоплагіат, фабрикація, фальсифікація та списування). Класифікація матеріалів за функціональним призначенням. Механічна, теплова, електрична (магнітна), фізико-хімічна та інші функції матеріалів. Поліфункціональність. Класифікація неорганічних матеріалів по хімічному складу (металеві, неметалічні, композиційні матеріали). Можливість досягнення заданого комплексу властивостей для матеріалів різної хімічної природи. Література [1] с. 5-18, [3] с. 45-86, [4] с. 135-248, с. 430-458.

Лекція 2. Врахування хімічного складу і технології (логічна послідовність “склад – технологія – структура – властивості”). Структурні рівні матеріалу (атомно-кристалічна, дефектна, зернова та гетерофазна, мікроструктура, мезо- та макроструктура). Основні властивості, що визначаються кожним структурним рівнем. (Завдання на СРС. Поняття про структурну чутливість матеріалів.) Література [2] с. 10-63, [5] с. 53-76, с. 94-132, [6].

Лекція 3. Геометричне моделювання структури порошкових та композиційних матеріалів багатофазного середовища. Загальні положення та поняття. Геометричні моделі двохфазного середовища. (Завдання на СРС. Геометричне моделювання трьохфазного середовища.) Література [2] с. 65-103, [4] с.46-72.

Лекція 4. Механічні властивості та конструктивна міцність матеріалів. Пружні властивості матеріалів. Неповна пружність. Ефект Баушингера. Пластична деформація. Природа деформаційного зміцнення. Вплив різних факторів на пластичну деформацію матеріалів. Руйнування конструкційних матеріалів. Виникнення тріщин в металах і сплавах. Характеристика втомного руйнування. Залежність міцності і в'язкості руйнування металів від їх дислокаційної субструктури. Працездатність машин і механізмів. Службові властивості. Границя витривалості деталей. Фактори, які впливають на підвищення міцності матеріалів. Література [1] с.56-99, [2] с. 83-122, [3].

Лекція 5. Класифікація, способи визначення. Пружні властивості (модулі пружності) як основна функція матеріалу, конструкції. Кореляція модулів пружності і твердості матеріалів (приклади). (Завдання на СРС. Зв'язок між пружними модулями, акустичні властивості матеріалів.) Література [3] с. 12-66, [7] с.10-24.

Лекція 6. Властивості міцності матеріалів, міцність при різних видах навантаження. В'язкість руйнування (тріщиностійкість). Структурна чутливість механічних властивостей. Модуль пружності. Міцність. В'язкість. Моделювання фізико-механічних властивостей багатофазних матеріалів. **Тематична контрольна робота (1 година)** (Завдання на СРС. Ефективна провідність трьохфазних композитів. Розрахунок міцності армованих композиційних матеріалів. Розрахунок пружних характеристик композитів). Література [1] с. 19-28, [7] с. 12-36, [4] с. 52-86.

Лекція 7. Теплоємність матеріалів, її температурна залежність. Функція теплопоглинання. Теплопровідність і температуропровідність матеріалів, діапазон значень теплопровідності. (Завдання на СРС. Теплопровідні і теплоізоляційні матеріали.) Література [1] с. 157-165, [7] с. 7-18.

Лекція 8. Термічне розширення матеріалів, залежність від температури і природи міжатомних сил. Анізотропія коефіцієнту лінійного розширення. (Завдання на СРС. Функціональне призначення термдеформацій.) Література [1], [2] с.150-172, [5] с.157-165.

Лекція 9. Діелектрична проникність. Фізична природа, діапазон зміни. Комплексна діелектрична проникність, тангенс куту втрат. Інші діелектричні (п'єзоелектричні) і електроізоляційні властивості матеріалів. Електрична міцність ізоляторів. Електропровідність, електроопір, діапазон значень. Провідники і резистори, виділення джоулевої теплоти. Електричні нагрівачі. Література [5] с.148-157, [6] с.19-26.

Лекція 10. Магнітні властивості, феромагнетики. Основні параметри петлі гістерезису, магнітом'які та магнітотверді матеріали. Структурна чутливість електричних і магнітних властивостей. Література [1] с.85-99, [6] с.7-18, [7] с.20-36.

Лекція 11. Їхня залежність від властивостей фаз, що їх складають, та їхніх концентрацій. Принципи обчислення властивостей, врахування мікроструктури. Найпростіші співвідношення, різні види усереднення властивостей. Ефективні властивості композитів. Література [2] с. 555-574, [3] с. 25-39, [4] с.51-68.

Лекція 12. Теорія перколяції і її застосування до систем провідник – діелектрик. **Тематична контрольна робота (0,5 години)** (Завдання на СРС. Середньоквадратичні значення інтенсивності фізичних полів в неоднорідних матеріалах, оцінка критичних параметрів). Література [4] с.22-35, [6] с. 52-86, [7] с.10-24.

Лекція 13. Регулювання розміру зерна керамічних матеріалів при контрольованому спіканні (відвертання збірної рекристалізації при досягненні максимально можливої щільності). Регулювання розміру стабільних та метастабільних надтвердих фаз при спіканні під високим статичним або динамічним тиском. Література [3] с.167-188, [4] с.10-24, [7] с. 142-156.

Лекція 14. “Генетичний” та “реконструктивний” способи отримання наноструктурного стану. Управління матричністю структури композита при спіканні. Моделювання процесу формування структури порошкових і композиційних матеріалів під час спікання в полі температурного градієнту. Моделювання структури гетерофазних порошкових та композиційних матеріалів як неоднорідних конденсованих середовищ. Моделювання процесу формування структури під час спікання в полі температурного градієнту. Фізичний експеримент. Процес росту зерна при спіканні в умовах великого температурного градієнту і безперервного нагрівання. процесу очистки від домішок під час перекристалізації через розплав. Обчислювальний експеримент. Література [7], [8] с.9-25.

Лекція 15. Модель структури порошкового матеріалу. Моделювання процесу теплопередачі вздовж циліндричної пресовки із змінним поперечним перерізом та щільністю. Опис процесу спікання та формування мікроструктури порошкового матеріалу за механізмом поверхневої дифузії, рідкофазного спікання, дифузійно-в'язкого та в'язкого плину. Фізико-математична модель процесу капілярного транспорту. Література [1] с.18-27, [2] с. 55-62, [8] с. 43-52.

Лекція 16. Полімерні матеріали. Їх структура та властивості (Завдання на СРС. Фізична модель процесу спікання (теплопередачі, ущільнення, росту зерна, капілярного транспорту за умови спікання в присутності рідинної фази, самоармування), математичний опис процесів що впливають на формування пористої і зеренної структури, морфологію та хімічний склад фазових складових композиційного матеріалу). Література [1] с.65-72, [2] с. 103-116, [3], [5].

Лекція 17. Конструкційні матеріали. Односпрямовані композити. Конструкційна оксидна кераміка. Способи підвищення в'язкості руйнування кераміки. Трансформаційне зміцнення, армування. Конструкційна та інструментальна кераміка, принципи самоармування. Література [1] с.58-63, [2] с.85-96, [7] с.16-27, [8].

Лекція 18. Оптимізація структури і комплексу механічних властивостей твердих сплавів. Тверді сплави та псевдосплави як конструкційний і зносостійкий матеріал. **Тематична контрольна робота (0,5 години)**. Література [1] с. 11-20, [2] с.23-45.

Зміст практичних занять

Основні завдання циклу практичних занять є формування у студентів уявлень про взаємозв'язок між електронною будовою, структурою та властивостями матеріалів; отримання комплексу знань про керування властивостями матеріалів та виробів з них на основі фундаментальних знань, підкріплених практичними завданнями з відповідними розрахунками.

Практична робота №1. Будова атому та хімічний зв'язок в речовинах (2 години).

Практична робота №2. Кристалічна будова твердих тіл(2 години).

Практична робота №3. Взаємозв'язок між густиною та параметром кристалічної ґратки металів з різними типами структури (ОЦК, ГЦК та ГПУ ґратками) (2 години).

Практична робота №4. Взаємозв'язок між типом хімічного зв'язку та тиском, що створюють сили поверхневого натягу на частинки порошку з різною дисперсністю (2 години).

Практична робота №5. Теплові властивості металів сплавів та сполук. Задачі по розрахунку температурної залежності теплопровідності, теплоємності, коефіцієнтів термічного розширення та ін. (2 години).

Практична робота №6. Механічні властивості гетерофазних матеріалів в залежності від концентрації фазових складових та їх природи (2 години).

Практична робота №7. Механічні властивості гетерофазних матеріалів. Розрахунок залежності міцності, твердості, модулів пружності гетерофазних матеріалів в залежності від властивостей і концентрації фаз, що складають матеріал (2 години).

Практична робота №8. Теплові властивості гетерофазних матеріалів. Розрахунок узагальненої провідності гетерофазних матеріалів в залежності від властивостей і концентрації фаз, що складають матеріал (2 години).

Практична робота №9. Захист рефератів за темою магістерської дисертації (2 години).

Самостійна робота студента

- Самостійна робота студентів (загальна тривалість 66 годин) з дисципліни полягає в: самостійному опрацюванні літературних джерел для розширення розуміння лекційних тем, для фокусування розглянутих методів аналізу взаємного зв'язку властивостей матеріалів на власні наукові дослідження – в розрахунку 0,5години на лекційне заняття = 9 годин; підготовці до виконання практичних робіт, аналізі одержаних результатів та формулюванні висновків – в розрахунку 1 година на виконання практичної роботи = 8 годин; підготовці реферату – 10 годин; підготовці до модульної контрольної роботи (трьох тематичних контрольних робіт) – 9 годин; підготовці до підсумкової атестації – екзамену (30 годин).

● Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед студентом:

- Відвідування усіх видів занять є бажаним, але не обов'язковим, але пропущене лекційне заняття студент повинен відпрацювати шляхом написання тестування з кожної пропущеної теми, а завдання пропущеного практичного заняття студент повинен виконати в час, узгоджений з викладачем.

- Під час усіх видів аудиторних занять забороняється використання мобільних телефонів у звуковому режимі, дозволяється обмежене використання месенджерів у беззвучному режимі.

- Результати виконаних практичних робіт оформлюються у вигляді звітів, написаних від руки. Звіт супроводжується формулами, розв'язком задач, які підтверджують виконання завдань та одержані результати. За дистанційної форми навчання звіт може виконуватися як «від руки», так і в будь-якому текстовому редакторі і на перевірку надається у електронному вигляді. Безпосередній захист відбувається у формі співбесіди, запитань-відповідей. У разі дистанційної форми навчання звіти з практичних робіт

подаються у вигляді фото чи сканованих аркушів зошита на перевірку з подальшим обговорення у GoogleMeet.

- Заохочувальні бали можуть бути призначені за особливі успіхи у навчанні – застосування творчого підходу до виконання практичних робіт, у тому числі, використання даних для робіт з тематики власних наукових досліджень. Сумарна кількість заохочувальних балів може складати від 1 до 5 балів.

- Політикою дедлайнів передбачається необхідність своєчасного виконання завдань. Тестування за пропущену лекцію має бути пройдено не пізніше 2-х тижнів з часу пропущеної лекції. Звіти з практичних робіт виконуються і подаються на перевірку не пізніше 2-х тижнів з моменту завершення. Усі звіти з практичних робіт мають бути захищені до закінчення теоретичного навчання в семестрі.

- Усі учасники освітнього процесу: студенти в процесі вивчення дисципліни мають керуватись принципами академічної доброчесності, передбаченими «Кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/code>.

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

PCO з дисципліни розроблене за типом PCO-2 і складається з двох складових:

- стартової – оцінювання заходів поточного контролю впродовж семестру - максимально 60 балів;

- екзаменаційної – оцінювання окремих завдань на екзамені - максимально 40 балів.

Поточний контроль:

- активна участь на лекційних заняттях – 2 бали. Бали за опитування на пропущених лекціях компенсуються виконанням тестування (див. п.6).

- захист звітів з практичних робіт всього максимально 18 балів – максимум 2 бали з кожної роботи.

- модульна контрольна робота в вигляді 3 тематичних контрольних робіт (за розділами дисципліни) – <https://forms.gle/yXb5mzWvqi86FSv48>, <https://forms.gle/Ei4yRiL9yBUy9uq49>, <https://forms.gle/Gcn7qbyZJq2RJcZD8>, проводиться трьома частинами на 6-й, 12-й та 18-й лекції. Максимальна оцінка 10 балів за тематичну контрольну роботу, всього 30 балів.

- реферат та його захист – максимум 10 балів.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу: щоб отримати позитивний результат у першому календарному контролі, необхідно мати мінімум 10 балів (1 тематична контрольна робота та 4 практичні роботи), другого – мінімум 20 балів (2 тематичні контрольні роботи та 7 практичних робіт), які студент отримує за практичні роботи та тематичні контрольні роботи.

Семестровий контроль: екзамен. Мінімальна кількість балів, з якою студент допускається до складання екзамену, складає 30 балів. Екзамен проводиться у письмовій формі.

Бали за екзамен нараховуються за оцінювання теоретичних завдань (<https://forms.gle/yXb5mzWvqi86FSv48>, <https://forms.gle/Ei4yRiL9yBUy9uq49>, <https://forms.gle/Gcn7qbyZJq2RJcZD8>) - всього 20, та 2-х задач, відповідно:

- теоретичні завдання – 20 балів;
- задача 1 – 10 балів;
- задача 2 – 10 балів.

Оцінка за відповідь знижується – за принципові помилки у відповіді на 7-8 балів, за неправильне використання одиниць вимірювання на 3 бали, за неправильне використання термінів на 1 бал.

Після оцінювання відповідей на екзамені (виконання екзаменаційної контрольної роботи) підсумовуються стартові бали та бали за екзамен, зводяться до рейтингової оцінки та переводяться до оцінок за університетською шкалою (таблиця).

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Теми, що виносяться для самостійного вивчення, вказані у пп.5 та рекомендовано до опрацювання студентами протягом семестру.

Робоча програма навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри високотемпературних матеріалів та порошкової металургії, к.т.н., д.т.н. оцентом Тросніковою Іриною Юріівною.

Ухвалено кафедрою високотемпературних матеріалів та порошкової металургії (протокол № 17 від 26 червня 2024 р.)

Погоджено Методичною комісією Навчально-наукового інституту матеріалознавства та зварювання ім. Є.О. Патона (протокол №12/24 від 28 червня 2024 р.)