МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МИТНОЇ СПРАВИ, МАТЕРІАЛІВ, ТЕХНОЛОГІЙ ТА ГОСТИННОСТІ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Декан факультету
_____ Валентина ТКАЧУК
«29» серпня 2026 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Перший проректор
_____ Надія КОВАЛЬЧУК
«29» серпня 2026 р.

СИЛАБУС

з освітнього компонента «Металознавство»
ступінь вищої освіти – бакалавр
галузь знань – 13 Механічна інженерія
спеціальність – 132 Матеріалознавство
освітня програма – Матеріалознавство

Кафедра матеріалознавства

Силабус склав(ла) доцент кафедри матеріалознавства, к.т.н., доцент Наталія ЗАЙЧУК

Силабус затверджений на засіданні кафедри матеріалознавства, протокол № 1/а від «29» серпня 2026 р.

Завідувач кафедри д.т.н., професор Наталія ІМБІРОВИЧ

Розглянуто та схвалено групою забезпечення освітньої програми «Матеріалознавство», протокол № 1 від «26» серпня 2026 р.

Гарант ОП «Матеріалознавство» к.т.н., професор Віталій КАШИЦЬКИЙ

Схвалено науково-методичною радою університету, протокол № 1/а від «29» серпня 2026 р.

Затверджений силабус онлайн:
https://e.lntu.edu.ua/syllabus/3746

Луцьк – 2026

СИЛАБУС ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА «Металознавство»

Освітня програма	Матеріалознавство
Галузь знань / Спеціальність	13 Механічна інженерія / 132 Матеріалознавство
Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Статус дисципліни	нормативна
Мова викладання	українська
Обсяг	8 кредитів ECTS / 240 годин, семестр 5
Форма контролю	екзамен
Викладач(і)	к.т.н., доцент Наталія ЗАЙЧУК електронна пошта: n.zaichuk@lntu.edu.ua

1. Мета і завдання дисципліни

Мета: Отримання теоретичних знань та практичних навичок в процесі вивчення природи сплавів на основі заліза (сталі та чавуни), вміння цілеспрямовано формувати їх будову, необхідні властивості залежно від хімічного складу, технологічної обробки, впливу експлуатаційних факторів. Практично вирішувати типові задачі з оптимізації вибору сплавів на основі заліза та формування у них необхідної структури та заданих властивостей, що забезпечують роботоздатність конструкцій, а також деталей машин та механізмів.

Завдання: – отримання знань з теорії кристалізації металів та сплавів, формування структури та її вплив на механічні властивості;
– отримання знань з теорії сплавів, принципів побудови основних типів подвійних та потрійних діаграм стану сплавів;
– отримання знань про структуроутворення залізовуглецевих сплавів, принципів класифікації і маркування, а також впливу на структуру та властивості різного роду домішок;
– отримання навичок аналізу структури та вивчення властивостей залізовуглецевих сплавів з метою правильного вибору складу сплаву для забезпечення високої конструкційної міцності виробів.

Пререквізити: Механічні властивості матеріалів, Фізико-хімічні властивості матеріалів

2. Компетентності

ІК — інтегральна компетентність: Здатність розв’язувати складні спеціалізовані задачі та проблеми, пов'язані з розробкою, застосуванням, виробництвом та випробуванням металевих, неметалевих та композиційних матеріалів і виробів на їх основі, у професійній діяльності та у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів фізики, хімії та механічної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

СК02 — Здатність забезпечувати якість матеріалів та виробів.

СК05 — Здатність застосовувати системний підхід до вирішення інженерних матеріалознавчих проблем.

СК06 — Здатність використовувати практичні інженерні навички при вирішенні професійних завдань.

3. Структура дисципліни, розподіл годин, зв'язок тем з компетентностями

№	Назва теми	Лекції денна/ заочна	Практ./ Семін. денна/ заочна	Лаб. денна/ заочна	Самост. робота денна/ заочна	Разом	Методи навчання	Методи оцінювання	ЗК та СК
Змістовий модуль 1. Властивості металів. Основи теорії сплавів									

№	Назва теми	**Лекції** денна/ заочна	**Практ./ Семін.** денна/ заочна	**Лаб.** денна/ заочна	**Самост. робота** денна/ заочна	**Разом**	**Методи навчання**	**Методи оцінювання**	**ЗК та СК**
1	Тема 1. Класифікація металів. Типи зв’язку. Атомно-кристалічна структура металів	2/–	4/–	4/2	10/18	20/20	МН1, МН2, МН3, МН4, МН5	МО2, МО4, захист практичної роботи	СК02, СК05, СК06
2	Тема 2. Будова металів. Ізотропія, анізотропія в кристалах і металах	2/–		4/–	10/18	16/18	МН1, МН2, МН3, МН4, МН5	МО2, МО4, захист практичної роботи	СК02, СК05, СК06
3	Тема 3. Кристалізація металів. Термодинамічні основи фазових перетворень металів	2/–	4/–	4/2	8/14	18/16	МН1, МН2, МН3, МН4, МН5	МО2, МО4, захист лабораторної роботи	СК02, СК05, СК06
4	Тема 4. Поняття про механічні, фізичні, хімічні та технологічні властивості металів і сплавів	2/–	4/2		8/14	14/16	МН1, МН2, МН3, МН4, МН5	МО2, МО4, захист практичної роботи	СК02, СК05, СК06
5	Тема 5. Теорія сплавів. Методи побудови діаграми стану сплавів	2/2	4/2	2/–	10/18	18/22	МН1, МН2, МН3, МН4, МН5	МО2, МО4, захист практичної роботи	СК02, СК05, СК06
6	Тема 6. Основні типи діаграм стану сплавів. Діаграми стану подвійних систей	2/–		2/–	8/14	12/14	МН1, МН2, МН3, МН4, МН5	МО2, МО4, захист практичної роботи	СК02, СК05, СК06
7	Тема 7. Діаграма стану залізо-вуглець, фазовий склад, структурні складові залізовуглецевих сплавів та їх властивості	2/–	4/2		14/14	20/16	МН1, МН2, МН3, МН4, МН5	МО2, МО4, захист лабораторної роботи	СК02, СК05, СК06
Змістовий модуль 2. Сталі та чавуни									
8	Тема 8. Фізичні методи дослідження структури металів і сплавів	2/2	–/2	2/–	8/14	12/18	МН1, МН2, МН3, МН4, МН5	МО2, МО4, захист практичної роботи	СК02, СК05, СК06

№	Назва теми	**Лекції** денна/ заочна	**Практ./ Семін.** денна/ заочна	**Лаб.** денна/ заочна	**Самост. робота** денна/ заочна	**Разом**	**Методи навчання**	**Методи оцінювання**	**ЗК та СК**
9	Тема 9. Вуглецеві сталі. Класифікація, маркування та використання	2/2	4/–	6/–	8/14	20/16	МН1, МН2, МН3, МН4, МН5	МО2, МО4, захист практичної роботи	СК02, СК05, СК06
10	Тема 10. Машинобудівні чавуни. Структура, властивості та використання	2/–	4/2		9/12	15/14	МН1, МН2, МН3, МН4, МН5	МО2, МО4, захист практичної роботи	СК02, СК05, СК06
11	Тема 11. Білі і половинчасті чавуни. Чавуни з особливими властивостями	2/–			6/12	8/12	МН1, МН2, МН3, МН4, МН5	МО2, МО4, реферат	СК02, СК05, СК06
12	Тема 12. Теорія легування. Класифікація легованих сталей та їх використання в машинобудуванні. Основи теорії легування сталей	2/–	4/–	2/2	8/14	16/16	МН1, МН2, МН3, МН4, МН5	МО2, МО4, захист лабораторної роботи	СК02, СК05, СК06
13	Тема 13. Конструкційні леговані сталі	2/–	4/–	4/–	8/12	18/12	МН1, МН2, МН3, МН4	МО2, МО4, захист лабораторної роботи	СК02, СК05, СК06
14	Тема 14. Інструментальні та спеціальні сталі	2/–	4/–		10/14	16/14	МН1, МН2, МН3, МН4	МО2, МО4, захист практичної роботи	СК02, СК05, СК06
15	Тема 15. Класифікація, маркування та призначення іноземних сталей та сплавів	2/–	5/2		10/14	17/16	МН1, МН2, МН3, МН4	МО2, МО4	СК02, СК05, СК06
	Разом	**30/6**	**45/12**	**30/6**	**135/216**	**240/240**			

Легенда: ЗК — загальна компетентність (номер за п. 2); СК — спеціальна (фахова) компетентність (номер за п. 2). Повне формулювання кожного коду наводиться в ОП / стандарті спеціальності.

Методи навчання: МН1 — словесний метод (лекція, дискусія, співбесіда тощо); МН2 — практичний метод (лабораторні та практичні заняття); МН3 — наочний метод (метод ілюстрацій і метод демонстрацій); МН4 — робота з навчально-методичною літературою (конспектування, тезування, анотування, рецензування, складання реферату); МН5 — відеометод у сполученні з новітніми інформаційними технологіями та комп'ютерними засобами навчання (дистанційні, мультимедійні, веб-орієнтовані тощо).

Методи оцінювання: МО2 — усне або письмове опитування; МО4 — тестування.

4. Результати навчання

ПРН09. Уміти експериментувати та аналізувати дані.

ПРН13. Розуміти будову металевих, неметалевих, композиційних та функціональних матеріалів

та обирати оптимальні методи модифікації їх властивостей. Кваліфіковано вибирати матеріали для виробів різного призначення.

ПРН15. Знати та застосовувати у професійній діяльності принципи проектування нових матеріалів.

ПРН16. Знати і використовувати методи фізичного і математичного моделювання при створенні нових та удосконаленні існуючих матеріалів, технологій їх виготовлення.

ПРН25. Знання основних груп матеріалів та здатність обґрунтовано здійснювати їх вибір для конкретного використання.

5. Цілі сталого розвитку

ЦСР 7 – Доступна та чиста енергія

ЦСР 8 – Гідна праця та економічне зростання

ЦСР 9 – Промисловість, інновації та інфраструктура

ЦСР 12 – Відповідальне споживання та виробництво

6. Неформальна освіта

Рекомендовані курси, тренінги, стажування та інші: результати навчання, здобуті у формальній, неформальній чи інформальній освіті, можуть бути визнані відповідно до процедур ЛНТУ. Підтвердженнями можуть бути сертифікати тематичних тренінгів, вебінарів чи онлайн-курсів разом з описом досягнутих результатів навчання та, за потреби, коротке верифікаційне завдання або портфоліо.

7. Критерії та форми контролю

Оцінювання — за 100-бальною шкалою (національна шкала / ЄКТС). Підсумковий бал = поточний контроль (30 %) + модульний контроль (30 %) + екзамен (40 %).

Академічна доброчесність: самостійне виконання завдань; коректне посилання на джерела; позначення частин тексту, згенерованих засобами ШІ. Порушення академічної доброчесності не толеруються.

8. Зміст тем

Тема 1. Класифікація металів. Типи зв’язку. Атомно-кристалічна структура металів

Значення металознавства як науки про структуру і властивості металів в сучасній техніці. Класифікація металів, їх природа та будова. Металічний стан, атомно-кристалічна будова металів, анізотропія, алотропічні перетворення. Дефекти кристалічної будови та їх вплив на будову і властивості металевих систем. Методів дослідження макро- та мікроструктури меткалів та сплавів.

Тема 2. Будова металів. Ізотропія, анізотропія в кристалах і металах

Атомно-кристалічна будова металів. Типи кристалічних ґраток та їх основні характеристики. Монокристали та полікристали. Кристалографічні площини й напрями. Поняття ізотропії та анізотропії властивостей металів. Причини виникнення анізотропії в монокристалах і полікристалічних матеріалах. Вплив кристалографічної текстури, пластичної деформації та термічної обробки на властивості металів.

Тема 3. Кристалізація металів. Термодинамічні основи фазових перетворень металів

Основи теорії кристалізації. Процеси зародження і росту кристалів. Особливості утворення структури виливків, вплив ступеня переохолодження на величину і число центрів кристалізації. Структура реальних ковальських та листових зливків, дендритна кристалізація. Умови утворення і властивості зливків зі стовбчастими та глобулярними структурами, текстура кристалізації.

Пружна та пластична деформація. Методи дослідження механічних і технологічних властивостей металів та сплавів. Основні механізми пластичної деформації. Процеси зміцнення під час пластичної деформації. Вплив температури і швидкості деформації на схильність до крихкого

руйнування. Процеси, що відбуваються під час нагрівання деформованих металів. Явища повернення та рекристалізації. Зміни макроструктури в процесі гарячої пластичної деформації.

Тема 4. Поняття про механічні, фізичні, хімічні та технологічні властивості металів і сплавів

Класифікація основних властивостей металів і сплавів. Механічні властивості: міцність, твердість, пластичність, пружність, в'язкість, витривалість. Фізичні властивості: густина, температури плавлення, тепло- та електропровідність, теплове розширення, магнітні властивості. Хімічні властивості: корозійна стійкість, окиснюваність, хімічна активність. Технологічні властивості: ливарні властивості, зварюваність, оброблюваність різанням, здатність до пластичного деформування та термічної обробки. Основні методи визначення властивостей металів і сплавів. Вплив хімічного складу, структури та умов експлуатації на властивості металевих матеріалів.

Тема 5. Теорія сплавів. Методи побудови діаграми стану сплавів

Основні поняття теорії сплавів. Компоненти, фази та структурні складові сплавів. Тверді розчини, хімічні сполуки та механічні суміші. Фазові перетворення у сплавах. Правило фаз Гіббса. Діаграми стану подвійних сплавів та їх класифікація. Основні типи діаграм стану: з необмеженою та обмеженою розчинністю компонентів, утворенням механічних сумішей і хімічних сполук. Методи експериментальної побудови діаграм стану. Термічний аналіз і криві охолодження сплавів. Критичні температури та критичні точки. Правило відрізків і визначення кількісного співвідношення фаз. Зв'язок діаграм стану зі структурою та властивостями сплавів.

Тема 6. Основні типи діаграм стану сплавів. Діаграми стану подвійних систей

Класифікація діаграм стану подвійних сплавів. Діаграми стану систем із необмеженою розчинністю компонентів у рідкому та твердому станах. Діаграми стану з утворенням механічних сумішей та обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані. Діаграми стану з утворенням хімічних сполук. Евтектичні та перитектичні перетворення.

Тема 7. Діаграма стану залізо-вуглець, фазовий склад, структурні складові залізовуглецевих сплавів та їх властивості

Діаграми стану залізо–цементит ($Fe–Fe_3C$) та залізо–графіт. Критичні точки й лінії діаграми стану. Фазові складові залізовуглецевих сплавів: ферит, аустеніт, цементит, рідка фаза. Структурні складові: перліт, ледебурит, первинний і вторинний цементит. Евтектичне, евтектоїдне та перитектичне перетворення. Класифікація сталей і чавунів за вмістом вуглецю та структурою. Формування мікроструктури сталей і чавунів під час охолодження. Вплив вмісту вуглецю та фазово-структурного складу на механічні й технологічні властивості залізовуглецевих сплавів.

Тема 8. Фізичні методи дослідження структури металів і сплавів

Класифікація фізичних методів дослідження металів і сплавів. Металографічні методи аналізу макро- та мікроструктури. Оптична й електронна мікроскопія. Растрова та просвічувальна електронна мікроскопія. Рентгеноструктурний і рентгенофазовий аналіз. Енергодисперсійний рентгенівський мікроаналіз. Методи визначення фазового складу, розміру зерен, морфології та розподілу структурних складових. Термічний і диференціальний сканувальний калориметричний аналіз. Дослідження структурних перетворень у металах і сплавах. Вибір методів дослідження залежно від структури та властивостей матеріалів.

Тема 9. Вуглецеві сталі. Класифікація, маркування та використання

Загальна характеристика та хімічний склад вуглецевих сталей. Класифікація сталей за вмістом вуглецю, призначенням, якістю та ступенем розкиснення. Конструкційні та інструментальні вуглецеві сталі. Принципи маркування вуглецевих сталей відповідно до національних і міжнародних стандартів. Вплив вуглецю, постійних домішок і структурних складових на механічні та технологічні властивості сталей. Особливості структури та властивостей низько-, середньо- і високовуглецевих сталей. Основні напрями застосування вуглецевих сталей у машинобудуванні та промисловості.

Тема 10. Машинобудівні чавуни. Структура, властивості та використання

Загальна характеристика та класифікація машинобудівних чавунів. Хімічний склад і особливості структуроутворення чавунів. Білі, сірі, високоміцні та ковкі чавуни. Форми графітових включень та їх вплив на механічні й експлуатаційні властивості. Металева основа чавунів: феритна, перлітна та феритно-перлітна структури. Вплив вуглецю, кремнію та легувальних елементів на структуру і властивості чавунів. Модифікування та термічна обробка чавунів. Принципи маркування машинобудівних чавунів. Основні сфери застосування чавунів у машинобудуванні та промисловості.

Тема 11. Білі і половинчасті чавуни. Чавуни з особливими властивостями

Класифікація, хімічний склад і особливості структуроутворення білих та половинчастих чавунів. Формування цементиту, ледебуриту та графітових включень. Вплив швидкості охолодження, вуглецю, кремнію та легувальних елементів на структуру і властивості чавунів. Леговані чавуни з особливими властивостями: зносостійкі, корозійностійкі, жаростійкі та жароміцні. Особливості структури та експлуатаційних характеристик спеціальних чавунів. Принципи маркування, вибору та застосування білих, половинчастих і спеціальних чавунів у машинобудуванні та промисловості.

Тема 12. Теорія легування. Класифікація легованих сталей та їх використання в машинобудуванні. Основи теорії легування сталей

Основні принципи та мета легування сталей. Класифікація легувальних елементів та їх вплив на структуру і властивості сталей. Розподіл легувальних елементів між фазами. Вплив легування на поліморфні перетворення заліза, стійкість аустеніту та прогартовуваність сталей. Карбідоутворювальні та некарбідоутворювальні елементи. Утворення легованого фериту, аустеніту, карбідів та інтерметалідних фаз. Класифікація легованих сталей за хімічним складом, структурою та призначенням. Принципи маркування легованих сталей. Взаємозв’язок хімічного складу, структури та експлуатаційних властивостей. Основні напрями використання легованих сталей у машинобудуванні.

Тема 13. Конструкційні леговані сталі

Характеристика та класифікація легованих конструкційних сталей (автоматні сталі, будівельні сталі, сталі, що цементуються, сталі, що поліпшуються, високоміцні сталі, пружино-ресорні сталі, підшипникові сталі, зносостійкі сталі). Властивості, структура і області застосування конструкційних легованих сталей.

Тема 14. Інструментальні та спеціальні сталі

Класифікація, хімічний склад і призначення інструментальних та спеціальних сталей. Вуглецеві, леговані та швидкорізальні інструментальні сталі. Сталі для різального, вимірювального та штампового інструменту. Особливості структури, термічної обробки та властивостей інструментальних сталей. Спеціальні сталі: корозійностійкі, жаростійкі, жароміцні, зносостійкі та сталі з особливими фізичними властивостями. Вплив легувальних елементів і структурно-фазового складу на експлуатаційні характеристики. Принципи маркування, вибору та застосування інструментальних і спеціальних сталей у машинобудуванні та промисловості.

Тема 15. Класифікація, маркування та призначення іноземних сталей та сплавів

Основні принципи класифікації та маркування сталей і сплавів за міжнародними та національними стандартами. Європейська система позначення сталей EN, американські системи AISI, SAE, ASTM та UNS, японська система JIS. Класифікація конструкційних, інструментальних, корозійностійких, жароміцних і спеціальних сталей. Особливості маркування легованих сталей та сплавів на основі нікелю, титану, алюмінію й міді. Визначення хімічного складу та призначення матеріалів за їх маркуванням. Порівняння вітчизняних та іноземних систем позначення сталей і сплавів. Вибір зарубіжних марок матеріалів відповідно до умов експлуатації та вимог машинобудування.

9. Опис ІЗ/КПІЗ

Не передбачено навчальним планом.

10. Загальні вимоги

Освітній процес регулюється академічними правилами ЛНТУ. Здобувачі освіти зобов’язані ознайомитися з вимогами, визначеними Кодексом академічної доброчесності ЛНТУ та Політикою етичного використання штучного інтелекту в ЛНТУ, і дотримуватися принципів академічної доброчесності та етичного використання штучного інтелекту в освітній діяльності.

Академічна доброчесність. Учасники освітнього процесу зобов’язані дотримуватися Закону України «Про академічну доброчесність» від 18.12.2025 № 4742-IX та внутрішніх нормативних документів ЛНТУ. Не допускаються академічний плагіат, фабрикація, фальсифікація, привласнення авторства, несамостійне виконання завдань, а також недоброчесне використання результатів, згенерованих штучним інтелектом.

Використання штучного інтелекту. Інструменти штучного інтелекту можуть використовуватися для пошуку ідей, пояснення методів, попереднього структурування, мовного редагування та допоміжного аналізу неконфіденційних даних, якщо конкретне завдання не передбачає повністю самостійного виконання. Здобувач освіти має зазначати використаний інструмент, мету та етап його застосування, перевіряти факти й розрахунки та самостійно обґрунтовувати висновки.

11. Література

І. Навчально-методичні матеріали та розробки

Праці автора силабуса:

1. Металознавство : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Матеріалознавство», «Індустріальний інжиніринг» спец. G8 Матеріалознавство галузь знань G Інженерія, виробництво та будівництво денної та заоч. форм навч. / уклад.: І. В. Боярська, Н. П. Зайчук. Луцьк : ЛНТУ, 2026. 121 с. URL: https://repository.lntu.edu.ua/handle/123456789/1912

Праці інших авторів:

2. Климов О. В., Лисиця О. В., Кононенко Ю. І. Металознавство для зварників: навчальний посібник. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2023. 227 с. http://eir.zntu.edu.ua/handle/123456789/11021.

3. Холявко В. В., Владимирський І. А. Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів: підручник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2023. 272 с.

4. Стальніченко О. І. Матеріалознавство та технологія матеріалів: підручник. 2024..

ІІ. Наукові праці

Праці автора силабуса:

5. Borovyk D., Yevdokymenko Yu., Kolotilo O., Frolov G., Terentiev O., Shymchuk S., Zaichuk N. Determination of the Temperature Dependence of the ThermalConductivity Coefficient of Plasma-Sprayed Coatings Based onZirconium Dioxide in the Temperature Range up to 1100°C. Solid State Phenomena. 2026. Vol. 385. P. 45-52. URL: https://repository.lntu.edu.ua/handle/123456789/5549

6. Zaichuk N., Shymchuk S., Pivnytskyi M., Shymchuk Y., Szczot J. An Increase in the Performance of Parts Made of Heat-Resistant Steels and Alloys. Advances in Design, Simulation and Manufacturing VI. DSMIE. 2023. P. 282–291. URL: https://repository.lntu.edu.ua/handle/123456789/4999

7. Stelmakh A., Kostunik R., Shymchuk S., Zaichuk N., Tkachuk A. Improvement of Operational Parameters for High-Precision Tribosystems. Advanced Manufacturing Processes IV eds. V. Tonkonogyi, V. Ivanov, J. Trojanowska, G. Oborskyi, I. Pavlenko. Cham : Springer, 2023. P. 370–379. (Lecture Notes in Mechanical Engineering). DOI: 10.1007/978-3-031-42775-6_36. URL: https://repository.lntu.edu.ua/handle/123456789/5129

8. Zaichuk N., Shymchuk S., Tkachuk A., Shymchuk Y., Badir K.K.: Improvement of Operating Properties of Heat-Resistant Alloys by the Structure Optimization. In: Tonkonogyi V., Ivanov V., Trojanowska J., Oborskyi G., Pavlenko I. (eds) Advanced Manufacturing Processes III. InterPartner 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. pp 383-392 (2022). URL: https://repository.lntu.edu.ua/handle/123456789/5379

9. Zaichuk, N., Shymchuk, S., Tkachuk, A., Feshchuk, Y., Szczot, J. Structure and Properties of Surface Bandage Shelves for the Gas Turbine Engine’s Blades. In: Ivanov V., Trojanowska J., Pavlenko I., Zajac J., Peraković D. (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing IV. DSMIE 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. (2021). Pp. 602-612. URL: https://repository.lntu.edu.ua/handle/123456789/5167

10. Umanskyi O., Zaichuk N., Shymchu S., Kostunik R., Terentier O. Ensuring Heat Resistance of Aviation Materials Using Protective Coatings Based on ZrO2. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Book Series. 6th Grabchenko’s International Conference on Advanced Manufacturing Processes, InterPartner 2024. Odesa. 10 September 2024 - 13 September 2024. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. 2024. P. 478-488. URL: https://repository.lntu.edu.ua/handle/123456789/5554

Праці інших авторів:

11. Vedani M. Metal Science in Modern Manufacturing Technologies. Cham: Springer, 2025. DOI: 10.1007/978-3-031-97125-9.

12. Perez N. Materials Science: Theory and Engineering. Cham: Springer, 2024. 917 p. DOI: 10.1007/978-3-031-57152-7.

III. Інформаційні ресурси

13. http://eir.zntu.edu.ua/handle/123456789/11021

14. https://rp.onmu.org.ua/handle/123456789/3993?utm