

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан фізико-технічного факультету

 Анатолій САНІН

«16» вересня 2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ВК 3-G8-05 Сучасні технології поверхневого зміцнення

для здобувачів вищої освіти

вид дисципліни _____ *вибіркова* _____

навчальний рік 2025_/2026_

Розробник: Тетяна НОСОВА, доцент кафедри ракетно-космічних та інноваційних технологій; к.т.н., доц.



Робоча програма схвалена на засіданні кафедри ракетно-космічних та інноваційних технологій

Протокол від «11» вересня 2025 року № 2

Ухвалено на засіданні науково-методичної ради факультету фізико-технічного

Протокол від «16» вересня 2025 року № 1

Дніпро
2025

Опис навчальної дисципліни

| Навчальний рік викладання дисципліни | Курс | Семестр | Підсумковий контроль | | | | Індивідуальні завдання | | Кредитів ECTS | Обсяг роботи студента (години) | | | | | | |
|--------------------------------------|------|---------|----------------------|------------|-------|----------------|------------------------|-----------|---------------|--------------------------------|-------------------|--------|-------------------|---------------------|-------------|-------------------|
| | | | екзамен | диф. залік | залік | курсова робота | форма | кількість | | всього | аудиторні | | | | | самостійна робота |
| | | | | | | | | | | | всього аудиторних | лекції | практичні заняття | семінарські заняття | лабораторні | |
| 2025/26 | 2 | 3 | - | 3 | - | - | - | - | 5 | 150 | 38 | 30 | 8 | - | - | 112 |

1. Мета дисципліни.

Формування у студентів системи знань про фізико-хімічні основи та технологічні процеси модифікації поверхонь конструкційних матеріалів для підвищення їхньої зносостійкості, корозійної стійкості та довговічності.

2. Попередні вимоги до опанування навчальної дисципліни.

Опанування дисциплін: «Матеріалознавство», «Фізичні властивості та методи дослідження матеріалів», «Фізична хімія», «Технологія конструкційних матеріалів», «Термічна обробка».

3. Результати навчання за дисципліною.

| № | Результати навчання за дисципліною | Номери тем |
|---|--|------------------------|
| 1 | Здатність обирати оптимальний метод зміцнення залежно від умов роботи деталі. | Теми 1.1,1.2, 1.3 |
| 2 | Знання фізичних принципів лазерного, плазмового та іонно-імплантаційного впливу. | Теми 2.1,2.2 |
| 3 | Вміння аналізувати структуру та мікротвердість зміцнених шарів. | Теми 1.1,1.2 |
| 4 | Здатність обирати склад композиційних та наноструктурних покриттів для роботи в умовах екстремальних температур або агресивних середовищ. | Теми 3.1,3.3 |
| 5 | Вміння вирішувати проблеми адгезії та когезії зміцнених шарів, обираючи методи підготовки поверхні та перехідні підшари. | Теми 1.1, 3.1 |
| 6 | Здатність розробляти технологічний маршрут зміцнення деталі, враховуючи послідовність механічної та термічної обробки. | Теми 1.1,1.2, 1.3, 3.1 |
| 7 | Здатність інтерпретувати дані сучасних методів аналізу, таких як рентгеноструктурний аналіз (RSM) або скануюча електронна мікроскопія (SEM) для оцінки якості покриттів. | Теми 3.1,3.2 |
| 8 | Здатність діагностувати причини руйнування зміцнених шарів (відшарування, крихке розтріскування) та вносити корективи в технологічний процес. | Теми 1.1,3.2, 3.3 |

4. Структура навчальної дисципліни.

| № п/п | Номер і назва теми | Кількість годин* | | | | |
|--|---|------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| | | лекції | практичні заняття | семінарські заняття | лабораторні заняття | самостійна робота |
| 3 семестр | | | | | | |
| <i>Розділ 1. Традиційні та комбіновані методи зміцнення</i> | | | | | | |
| 1 | Тема 1.1 Класифікація методів модифікації поверхні. | 4 | 2 | | | 10 |
| 2 | Тема 1.2 Хіміко-термічна обробка (цементация, нітроцементация, азотування). | 4 | 2 | | | 10 |
| 3 | Тема 1.3 Методи поверхневого пластичного деформування (ППД) | 4 | - | | | 10 |
| <i>Розділ 2. Високоенергетичні методи обробки</i> | | | | | | |
| | Тема 2.1 Лазерне зміцнення та легування. | 4 | 2 | | | 10 |
| | Тема 2.2 Плазмове напилення та зміцнення. | 4 | 2 | | | 10 |
| | Тема 2.3 Електронно-променева обробка. | 4 | - | | | 10 |
| <i>Розділ № 3. Нанотехнології та іонна модифікація</i> | | | | | | |
| | Тема 3.1 Іонна імплантація та іонно-плазмове осадження. | 2 | - | | | 20 |
| | Тема 3.2 Нанесення функціональних наноструктурних покриттів. | 2 | - | | | 20 |
| | Тема 3.3 Композиційні та наноструктурні покриття для роботи в умовах екстремальних температур або агресивних середовищ. | 2 | - | | | 12 |
| Всього | | 30 | 8 | | | 112 |

Тематика практичних занять

| № Темі | Тематика (назва) практичного/ семінарського/ лабораторного/заняття | Кількість годин | Рекомендована література (№ з переліку) |
|-------------------------|--|-----------------|---|
| <i>Розділ 1.</i> | | | |
| Тема 1.1 | Аналіз умов експлуатації та вибір стратегії зміцнення. Визначення ключових механізмів зносу (абразивний, адгезійний, корозійний) для конкретних деталей (колінчастий вал, лопатка турбіни, штамповий інструмент) та підбір методу обробки. | 2 | основна 1, 3, 5, 7; додаткова 2, 4, 8, 10 |
| Тема 1.2 | Дослідження мікроструктури цементованих сталей. Вимірювання мікротвердості зміцнених шарів. | 2 | основна 8, 10, 12, 13; додаткова 1, 3, 5, 9 |
| <i>Розділ 2.</i> | | | |
| Тема 2.1 | Вивчення зон термічного впливу при лазерному зміцненні. Визначення адгезійної міцності плазмових покриттів. | 2 | основна 3, 4, 6, 8, 9; |

| | | | |
|---------------------|---|----------|---|
| | | | додаткова 1, 6, 7, 9 |
| Тема 2.2 | Вимірювання мікротвердості зміцнених шарів. | 2 | основна 1, 2, 4, 8, 9, 10, 12, 13; додаткова 2, 4, 7, 8, 10 |
| Всього годин | | 8 | - |

Тематика самостійної роботи

| № Теми | Тема самостійної роботи | Кількість годин | Рекомендована література (№ з переліку) |
|----------|---|-----------------|---|
| Тема 1.1 | Класифікація за джерелом енергетичного впливу. Висококонцентровані джерела енергії (ВКДЕ): Порівняльний аналіз фотонних (лазер), електронних, іонних та плазмових потоків. Хімічні та електрохімічні методи: Класифікація гальванічних, хімічних та анодно-оксидних процесів модифікації. | 10 | основна 1, 3, 5, 7; додаткова 2, 4, 8, 10 |
| Тема 1.2 | Систематизація процесів дифузійного насичення металами та неметалами. | 10 | основна 8, 10, 12, 13; додаткова 1, 3, 5, 9 |
| Тема 1.3 | Наноструктурування поверхні: Використання інтенсивної пластичної деформації для створення нанорозмірного зерна в поверхневому шарі. Класифікація методів поверхневого пластичного деформування (статичні, динамічні, ультразвукові). | 10 | основна 1, 3, 4, 6; додаткова 3, 7, 9 |
| Тема 2.1 | Технології "CLAD" (Laser Cladding): Лазерне наплавлення функціонально-градієнтних матеріалів для відновлення та зміцнення поверхонь. | 10 | основна 3, 4, 6, 8, 9; додаткова 1, 6, 7, 9 |
| Тема 2.2 | Гібридні методи зміцнення: Поєднання лазерного термічного зміцнення з попереднім нанесенням гальванічних чи плазмових покриттів. | 10 | основна 1, 2, 4, 8, 9, 10, 12, 13; додаткова 2, 4, 7, 8, 10 |
| Тема 2.3 | Взаємодія електронного променя з кристалічною решіткою металу (процеси гальмування, розсіювання та тепловиділення). Створення поверхневих сплавів із заданими властивостями шляхом введення порошкових добавок у зону дії променя. | 10 | основна 3, 4, 8, 10, 11; додаткова 1, 3, 7 |
| Тема 3.1 | Макро-, мікро- та наномодифікування: Систематизація методів залежно від товщини сформованого шару (від ангстремів до міліметрів). Градієнтні та багат шарові | 20 | основна 3, 4, 5, 10; додаткова 2, 3, 5, 8; |

| | | | |
|---------------------|---|------------|---|
| | структури: Класифікація методів, що дозволяють створювати плавний перехід властивостей від поверхні до основи. | | |
| Тема 3.2 | Кріогенне зміцнення інструментальних сталей: Вплив наднизьких температур на завершення аустенітно-мартенситного перетворення та зносостійкість. | 20 | основна 3, 4, 5, 7, 8, 10; додаткова 4, 5, 7, 9 |
| Тема 3.3 | Композиційні поверхневі шари: Методи армування поверхні твердими частинками (наприклад, карбідами). | 12 | основна 2, 4, 5, 7, 8, 10, 11; додаткова 2, 5, 8 |
| Всього годин | | 112 | |

5. Схема формування оцінки.

5.1 Шкала відповідності оцінювання:

| | | |
|-------------------------|--------------------|--------|
| Відмінно/Excellent | Зараховано/Passed | 90-100 |
| Добре/Good | | 82-89 |
| Задовільно/Satisfactory | | 75-81 |
| | | 64-74 |
| Незадовільно/Fail | Не зараховано/Fail | 60-63 |
| | | 0-59 |

5.2 Форми та організація оцінювання:

Поточний контроль:

| Форма оцінювання | Строки проведення оцінювання (тижні викладання) | Максимальна кількість балів |
|---|---|---------------------------------------|
| Оцінювання виконання, оформлення й захисту практичних робіт – 4 роботи | 1-4 | 40 балів (4 роботи x 10 балів) |
| Поточна перевірка знань за матеріалом тем, що були вивчені, та питаннями для самостійної роботи (теми 1.1-3.3) – 1 тестування | 11 | 20 балів (1 тестування x 20 балів) |
| Індивідуальне завдання (реферат/презентація, доповідь) | 15 | 40 |
| Максимальна кількість балів за поточне оцінювання | | 100 |

Семестровий контроль:

| Форма оцінювання | Максимальна кількість балів |
|------------------------|-----------------------------|
| Диференційований залік | 100 |

5.3 Критерії оцінювання:

| Критерії оцінювання знань здобувачів* |
|--|
| <i>Форма 1</i> Оцінювання виконання, оформлення й захисту практичних робіт |

| Бали | Критерій |
|--|---|
| При оцінюванні враховується: <ul style="list-style-type: none"> • правильність та точність виконання роботи; • осмислення та глибина розуміння досліджуваної проблеми, • уміння екстраполювати отримані знання на вирішення інших подібних проблем; обізнаність у поняттях наукової етики. | |
| 0 балів «незадовільно» | Здобувач неспроможний надати відповіді на запитання за темою практичної роботи; не розуміє цілі, задачі і зміст роботи, при цьому робота виконана невірно або робота не виконана. |
| 1-2 балів «незадовільно» | Робота виконана зі значними помилками, здобувач має поверхневе уявлення щодо мети та практичного призначення роботи, відсутня здатності до репродуктивного застосування знань |
| 3-5 балів «задовільно» | Робота виконана з помилками. Здобувач дає неповні відповіді лише на окремі запитання; відсутня ґрунтовна аргументація власної думки. |
| 6-8 балів «добре» | Здобувач дає відповіді не на усі запитання, іноді відповіді фрагментарні; аргументація власної думки не завжди доведена; наявне репродуктивне застосування знань. Практична робота виконана вірно або з незначними помилками. |
| 9-10 балів «відмінно» | Здобувач надає повні та ґрунтовні відповіді на всі запитання; демонструє уміння визначати головні та найбільш актуальні аспекти роботи; вдало аргументує власну думку; демонструє аналітичні навички в обговоренні переваг і недоліків кожного із трактувань обговорюваної проблеми; відмінна якість виконання практичної роботи. |
| Форма 2 Поточна перевірка знань за матеріалом тем, що були вивчені, та питаннями для самостійної роботи - тестування | |
| Бали | Критерій |
| 0-7 балів «незадовільно» | До 59% невірних відповідей |
| 8-12 балів «задовільно» | Від 60 до 74 % вірних відповідей |
| 13-18 балів «добре» | Від 75 до 89 % вірних відповідей |
| 19-20 балів «відмінно» | Від 90 до 100 % вірних відповідей |
| Форма 3 Оцінювання рівня виконання індивідуальних завдань ((реферат/презентація, доповідь) | |
| При оцінюванні враховується: <ul style="list-style-type: none"> • відповідність оформлення аналітичного огляду окресленим вимогам; • наявність орфографічних, пунктуаційних, стилістичних та інших помилок; • повнота висвітлення обраної теми; • логічність, послідовність та зрозумілість викладення матеріалу; • вміння узагальнювати, виокремлювати, порівнювати; • супроводження тексту результатами власних досліджень в якості прикладів (за можливості) або результатами сучасних інноваційних досліджень з літературних джерел. • актуальність та інноваційність викладеного матеріалу | |
| Бали | Критерій |
| 0-10 балів «незадовільно» | Наявність плагіату у роботі. Без права перескладання роботи |
| 11-18 балів «незадовільно» | Недбале оформлення роботи, зміст роботи не відповідає темі |
| 19-27 балів «задовільно» | В оформленні роботи наявні недоліки. Тема висвітлена не повно, або окремі питання змісту не відповідають темі. Здобувач не продемонстрував |

| | |
|---------------------------|--|
| | здатності систематизувати матеріал та робити власні висновки. У тексті відсутні приклади практичного застосування результатів досліджень. |
| 28-37 балів «добре» | Оформлення роботи відповідає усім вимогам, але наявні незначні недоліки. Тема висвітлена достатньо повно. Матеріал викладено логічно й послідовно, здобувач продемонстрував уміння робити власні висновки, але вони не завжди ґрунтовні. |
| 38-40 балів «відмінно» | В оформленні роботи ураховані усі вимоги. Тема висвітлена повно. Здобувач продемонстрував здатність до репродуктивного застосування знань, робить власні аргументовані висновки. Текст супроводжується вдалими прикладами. |

6. Методи навчання, інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна:

Методи навчання:

- самостійне навчання (опанування завдань для самостійної роботи у результаті аналізу та переосмислення рекомендованої навчальної та наукової літератури з інноваційної діяльності науковця).
- інтерактивне навчання (дискусії, співбесіди).
- словесні методи (лекції, пояснення)
- наочні методи (презентації).
- практичні методи (виконання практичних робіт та конкретних завдань).

Інструменти та обладнання: мультимедійне обладнання, твердоміри (Віккерса, Роквелла), металографічні мікроскопи.

Програмне забезпечення: MS Office 365, MS Teams, MS Forms, MS PowerPoint, MS SharePoint, Zoom.

7. Рекомендована література:

Основна:

1. Лахтін Ю. М., Леонтьєва В. П. Матеріалознавство: Підручник для вищих навчальних закладів. — К.: Вища школа, 2018. — 450 с.
2. Попов В. В. Технології поверхневого зміцнення деталей машин. — К.: Техніка, 2021. — 312 с.
3. Новіков В. Г. Лазерна та плазмова обробка матеріалів: Навч. посібник. — Дніпро: Вид-во ДНУ, 2020. — 188 с.
4. Башков О. В. Фізичні основи методів зміцнення металів та сплавів. — Суми: Університетська книга, 2019. — 256 с.
5. Коваленко В. С. Зміцнення поверхонь концентрованими потоками енергії. — К.: НТУУ «КПІ», 2018. — 204 с.
6. Терещенко Ю. М. Технологія нанесення захисних покриттів. — К.: Кондор, 2017. — 240 с.
7. Борисова А. Л. Нанесення покриттів плазмовими та газополум'яними методами. — К.: Наукова думка, 2021. — 192 с.
8. Корозія і захист матеріалів : навч. посіб. / А. Ф. Санін, С. О. Полішко, Т. В. Носова, С. І. Мамчур. – Дніпро : Ліра, 2023. – 52 с.
9. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Методи структурного аналізу матеріалів» / уклад.: А. Ф. Санін, С. О. Полішко, Т. В. Носова, С. І. Мамчур. – Дніпро : Ліра, 2023. – 32 с.
10. Калініна Н.Є., Никифорчин Г.М., Калінін О.В. Структура, властивості та використання конструкційних наноматеріалів.–Львів: Простір– М, 2017. – 290с.

11. Y. V. Tkachov, T.V.Nosova, O. V. Kalinin Enhancing the corrosion resistance of al-zn-mg-cu aluminum alloys through modification with titanium carbide powder. Системні технології. Т. 1, № 156. - 2025, С.–166-176.
12. Методичні вказівки для проведення лабораторних робіт з дисципліни «Корозія і захист матеріалів» /Частина 1 //Носова Т.В., С.І. Мамчур, С.О. Полішко, Дніпро: Ліра, 2025. - 40 с.
13. Методичні вказівки для проведення лабораторних робіт з дисципліни «Корозія і захист матеріалів» / Частина 2 // Носова Т.В., Мамчур С.І., Карпович І.І. Дніпро: Ліра, 2025. - 54 с.

Додаткова:

1. Григор'янц А. Г. Основи лазерної обробки матеріалів. — К.: Вища школа, 2016. — 280 с.
2. Духопел В. М. Іонно-плазмові технології в машинобудуванні. — Харків: ХАІ, 2020. — 144 с.
3. Киричок А. С. Ультразвукове зміцнення поверхонь. — Житомир: ЖДТУ, 2017. — 180 с.
4. Патон Б. Є. Нові технології в металургії та обробці металів. — К.: ІЕЗ ім. Патона, 2022. — 400 с.
5. Хіміко-термічна обробка металів і сплавів / за ред. Л. С. Ляховича. — К.: Наукова думка, 2015. — 230 с.
6. Пащенко В. М. Технологічне забезпечення експлуатаційних властивостей деталей машин. — К.: НТУ, 2018. — 212 с.
7. Степанов В. В. Захисні покриття в авіакосмічній техніці. — Дніпро: Пороги, 2019. — 156 с.
8. Погребняк А. Д. Наноструктурні покриття та нанотехнології: Навч. посібник. — Суми: СумДУ, 2021. — 220 с.
9. Федорченко В. І. Сучасні методи детонаційного напилення. — К.: Технологія, 2017. — 120 с.
10. Стукало В. А. Поверхневі явища в металургійних розплавах. — Дніпро: ДНУ, 2016. — 140 с.

8. Інформаційні ресурси:

1. Цифровий Репозиторій ДНУ <http://repository.dnu.dp.ua:1100/>
2. Наукова бібліотека ДНУ <https://www.dnu.dp.ua/view/biblioteka>, <http://lib.dnu.dp.ua/>