

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**«ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «КИЇВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ»**  
Аерокосмічний факультет  
Кафедра прикладної механіки та інженерії матеріалів



**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Декан

Святослав ЮЦКЕВИЧ  
2026 р.



**РОБОЧА ПРОГРАМА**  
**навчальної дисципліни**  
**«Інженерія поверхні»**

Освітньо-професійна програма: «Прикладна механіка композиційних  
конструкцій та технічних систем»

Галузь знань: G «Інженерія, виробництво та будівництво»

Спеціальність: G 9 «Прикладна механіка»

Форма здобуття освіти	Сем.	Усього (год. / кредитів ECTS)	ЛКЦ	ПР.З	Л.З	СРС	ДЗ / РГР / К.р	КР / КП	Форма сем. контролю
Денна	5	120 / 4,0	32	–	32	56	–	–	Діф. залік – 5

Індекс: НБ-1- G9/25-2.1.16

Робочу програму навчальної дисципліни «Інженерія поверхні» розроблено на основі освітньо-професійної програми «Прикладна механіка композиційних конструкцій та технічних систем», навчальних та робочих навчальних планів № НБ-1-G9/25 та № РБ-1-G9/25 «Бакалавр» за спеціальністю G9 «Прикладна механіка» та відповідних нормативних документів.

Робочу програму розробив  
старший викладач кафедри

Світлана ФЕДОРЧУК

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні випускової кафедри освітньо-професійної програми «Прикладна механіка композиційних конструкцій та технічних систем», спеціальності G9 «Прикладна механіка» – кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів, протокол № 18 від « 17 » грудня 2025 р.

Гарант освітньо-професійної програми

Анатолій КОРНІЄНКО

Завідувач випускової кафедри

Оксана МІКОСЯНЧИК

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні науково-методично-редакційної ради Аерокосмічного факультету, протокол № 8 від « 18 »  
12 2025 р.

Голова НМРР

Катерина БАЛАЛАЄВА

Рівень документа – 3б

Плановий термін між ревізіями – 1 рік

**Контрольний примірник**

	Робоча програма навчальної дисципліни «Інженерія поверхні»	Шифр документа	КАІ РП 1.07.02-01-2025
		Стор. 3 із 11	

## ЗМІСТ

<b>Вступ</b> .....	4
<b>1. Пояснювальна записка</b> .....	4
1.1. Місце, мета, завдання навчальної дисципліни .....	4
1.2. Результати навчання, які дає можливість досягти навчальна дисципліна .....	4
1.3. Компетентності, які дає можливість здобути навчальна дисципліна .....	5
1.4. Міждисциплінарні зв'язки .....	8
<b>2. Програма навчальної дисципліни</b> .....	9
2.1. Зміст навчальної дисципліни .....	9
2.2. Модульне структурування та інтегровані вимоги до кожного модуля .....	10
2.3. Тематичний план .....	11
<b>3. Навчально-методичні матеріали з дисципліни</b> .....	
3.1. Методи навчання .....	12
3.2. Рекомендована література (базова і допоміжна) .....	
3.3. Інформаційні ресурси в Інтернеті.....	12
	12
<b>4. Рейтингова система оцінювання набутих здобувачем вищої     освіти знань та вмінь</b> .....	13

	Робоча програма навчальної дисципліни «Інженерія поверхні»	Шифр документа	КАІ РП 1.07.02-01-2025
		Стор. 4 із 11	

## ВСТУП

Робоча програма (РП) навчальної дисципліни «Інженерія поверхні» розроблена на основі «Методичних рекомендацій до розроблення і оформлення робочої програми навчальної дисципліни» та відповідних нормативних документів.

Робоча програма (РП) навчальної дисципліни «Інженерія поверхні» розроблена на основі «Методичних рекомендацій до розроблення і оформлення робочої програми навчальної дисципліни» та відповідних нормативних документів.

## 1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

### 1.1. Місце, мета, завдання навчальної дисципліни.

Дана навчальна дисципліна є теоретичною основою сукупності знань та вмінь, що формують профіль фахівця області з питань, які використовує інженерія поверхні, поглиблення знань щодо фізико-хімічних процесів, механізмів, закономірностей при створенні та нанесенні поверхневих шарів та формуванні властивостей поверхневих шарів.

Метою викладання дисципліни є вивчення фізико-хімічних процесів, механізмів та закономірностей, які відповідають за створення поверхні при базових методах її модифікації, легуванні та нанесенні покриття, а також вмінь і навичок аналізу та використання цих уявлень при визначенні методу модифікування поверхонь.

**Завданнями** вивчення навчальної дисципліни є:

- оволодіння основними методами інженерії поверхні (нанесення покриттів, модифікування поверхневого шару, технологічного забезпечення топографії поверхні і комбіновані процеси);
- оволодіння зв'язків між геометричними і фізико-механічними характеристиками поверхні з одного боку, та експлуатаційними властивостями поверхонь з іншого;
- оволодіння основ та шляхів досягнення якості деталей, механізмів та машин з шаром покриття або модифікованим шаром;
- набуття знання, які необхідні для вибору обладнання та розробці процесів інженерії поверхні ДМ і механізмів.

### 1.2. Результати навчання, які дає можливість досягти навчальна дисципліна (в сукупності з іншими освітніми компонентами).

В результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен набути такі навички:

- використовувати знання теоретичних основ механіки рідин і газів, теплотехніки та електротехніки для вирішення професійних завдань (ПРН2);
- знати та розуміти суміжні галузі (механіку рідин і газів, теплотехніку, електротехніку, електроніку) і вміти виявляти міждисциплінарні зв'язки прикладної механіки на рівні, необхідному для виконання інших вимог освітньої програми (ПРН9).
- описувати будову металів та неметалів та знати методи модифікації їх властивостей. Призначати оптимальні матеріали для елементів та систем авіаційної техніки та машинобудування з урахуванням їх структури, фізичних, механічних, хімічних та експлуатаційних властивостей, а також економічних факторів (ПРН17).
- обґрунтовано призначати клас матеріалів для елементів та систем авіаційної техніки та машинобудування. Демонструвати навички вибору методів модифікації їх властивостей (ПРН18).
- використовувати на практиці сучасні методи, способи та засоби проектування, виробництва, складання, випробування, сертифікації та ремонту систем та елементів конструкцій з композиційних та традиційних матеріалів (ПРН19).

### 1.3. Компетентності, які дає можливість здобути навчальна дисципліна.

В результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен набути такі навички:

	Робоча програма навчальної дисципліни «Інженерія поверхні»	Шифр документа	КАІ РП 1.07.02-01-2025
		Стор. 5 із 11	

– здатність розв’язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в прикладній механіці або у процесі навчання, що передбачає застосування певних теорій та методів механічної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов (ІК).

– знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК2).

– здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК4).

– здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК7).

– здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК12).

– здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки (ФК1).

– здатність використовувати основні теорії і практики в галузі трибології, знання основних тенденцій та наукових проблем в області підвищення зносостійкості і надійності деталей трибовузлів об’єктів машинобудування для прогнозування експлуатаційних властивостей технічних систем (ФК11).

– знання основних груп матеріалів, технологій виготовлення, оброблення, випробування матеріалів та виробів, здатність обґрунтовано здійснювати їх вибір для конкретного використання (ФК 12).

– здатність аналізувати існуючі процеси виробництва конструкцій з композиційних та традиційних матеріалів, проектувати сучасні ефективні процеси виробництва з використанням принципів ІТ-технологій (ФК14).

– уміння застосовувати сучасні експериментальні методи для оцінки якості композиційних та традиційних матеріалів в лабораторних умовах та в умовах виробництва зразків авіаційної техніки (ФК15).

**1.4. Міждисциплінарні зв’язки.** Дана дисципліна базується на знаннях таких дисциплін, як, «Фізика», «Вища математика», «Матеріалознавство» та є базою для вивчення таких дисциплін, як: «Конструювання машин і механізмів», «Проектування та конструювання виробів із композитів», «Експериментальні дослідження конструкцій із композиційних матеріалів».

## 2.1. Зміст навчальної дисципліни

Навчальний матеріал дисципліни структурований за модульним принципом і складається з одного навчального модуля, а саме: **Модуль №1 «Інженерія поверхні»** якій є логічно завершеною, відносно самостійною, цілісною частиною навчальної дисципліни, засвоєння якої передбачає проведення модульної контрольної роботи та аналіз результатів її виконання.

## 2.2. Модульне структурування та інтегровані вимоги до кожного модуля

### Модуль №1 «Інженерія поверхні»

#### Інтегровані вимоги модуля №1:

У результаті засвоєння навчального матеріалу навчального модуля №1 «Інженерія поверхні» студент повинен:

#### Знати:

– теоретичні основи інженерії поверхні;

– механіку, трибологію поверхні: процеси явища, ефекти що розвиваються в поверхневих шарах машин і механізмів; будову фазові перетворення, напружено-деформований стан та еволюцію поверхні в процесі технологічного впливу, зміцненні відновлення та тертя і зношування;

– технологічні основи інженерії поверхні на етапах проектування підготовки виробництва, при виготовленні деталі, при її зміцненні та відновлюванні.

#### Вміти:

– визначати метод надання поверхні функціональних властивостей шляхом нанесення покриття чи її модифікації і легування;

	Робоча програма навчальної дисципліни «Інженерія поверхні»	Шифр документа	КАІ РП 1.07.02-01-2025
		Стор. 6 із 11	

- визначати вимоги до структурного, фазового та хімічного складу покриття чи поверхні відповідно до функціональних умов експлуатації;
- визначати фізико-технічні характеристики для умов обраного методу, до сприяють отриманню якісного покриття чи модифікованої поверхні та визначати шляхи їх регулювання;
- оцінити ступінь проходження фізико-хімічних процесів, пов'язаних з формуванням покриття чи модифікуванням поверхні і визначити можливість їх розвитку і реалізації для заданих умов створення поверхонь;
- розрахувати основні термодинамічні та фізико-хімічні характеристики відповідні за якість покриття та поверхні і визначити їх установчі значення для наступного використання в обраних умовах створення поверхонь;
- проектувати поверхні, керувати та прогнозувати її властивості, оптимізувати технологічні впливи на робочу поверхню конкретних деталей.

### **Тема 1. Будова та властивості поверхні**

Основні поняття та визначення. Параметри стану поверхневого шару. Фізико-хімічні процеси, що відбуваються на поверхні твердого тіла (підложки) і покриття. Характеристика поверхні. Фізична неоднорідність поверхні. Хімічна неоднорідність поверхні. Поверхнева енергія кристалів та її роль при нанесенні покриттів. Явища на поверхні. Адсорбція та абсорбція. Адгезія та змочування. Нанесення покриттів як засіб зміни та відновлення фізико-хімічних властивостей поверхні твердого тіла. Класифікація покриттів. Основні вимоги до матеріалів та властивостей покриттів залежно від умов експлуатації деталей.

### **Тема 2. Методи інженерії поверхні**

Методи підготовки поверхні для нанесення покриттів. Загальні відомості щодо підготовки поверхні. Механічні способи обробки. Електроіскрова підготовка поверхні. Хімічні способи обробки. Критерії оцінки технологічних процесів нанесення покриттів. Класифікація методів інженерії поверхні.

### **Тема 3. Механічні методи зміцнення поверхневого шару**

Основи поверхневого пластичного деформування. Формоутворення тиском. Загальні відомості про поверхневе пластичне деформування. Поняття о поверхні (шарі). Класифікація та особливості застосування поверхневого пластичного деформування. Основні способи поверхневого пластичного деформування. Обкатування і розкочування поверхонь. Віброкатування і вібровигладжування поверхонь. Обробка дробом. Відцентрова ударна обробка. Зміцнення карбуванням. Обробка дротяним інструментом (щітками). Матеріали для виготовлення інструментів, що працюють методом поверхневого пластичного деформування.

### **Тема 4. Термічні методи нанесення покриттів.**

Особливості поверхневого загартування. Загартування в електроліті. Загартування з індукційним нагріванням. Поверхневе загартування з газополум'яним нагріванням. Плазмове поверхневе загартування. Поверхневе загартування при нагріванні лазером. Електронно-променева термообробка.

### **Тема 5. Термомеханічні методи обробки поверхневих шарів**

Напилення. Газотермічне напилювання. Газополум'яне напилення. Електродугове (електрометалізаційне) напилення. Високочастотне напилення. Плазмове напилення. Детонаційне напилення. Газодинамічне напилювання. Основні технологічні етапи нанесення газотермічних покриттів. Підготовка поверхні виробу до нанесення газотермічного покриття. Обробка газотермічних покриттів. Матеріали для напилення покриттів. Класифікація матеріалів для газотермічного напилення. Порошки чистих металів. Напилення оксидних покриттів. Напилення металідів, металоїдів і сплавів. Наплавлення. Газополум'яне наплавлення. Електродугове наплавлення. Вібродугове наплавлення. Наплавлення вкритим електродом. Дугове наплавлення під шаром флюсу. Електродугове наплавлення порошковим дротом (стрічкою). Наплавлення в

	Робоча програма навчальної дисципліни «Інженерія поверхні»	Шифр документа	КАІ РП 1.07.02-01-2025
		Стор. 7 із 11	

середовищі вуглекислого газу. Наплавлення у середовищі інертного газу. Плазмове наплавлення. Індукційне наплавлення. Електронно-променеве наплавлення. Лазерне наплавлення. Термомеханічне наплавлення. Матеріали для наплавлення.

#### **Тема 6. Хіміко-термічні методи нанесення покриттів.**

Основні види хіміко-термічна обробка. Цементация. Сталі для цементации. Азотування. Властивості азотованого шару. Сталі для азотування. Дефекти азотованого шару. Азотування тугоплавких металів. Способи одночасного насичення азотом та вуглецем. Борірування. Хромування. Властивості та галузі застосування хромованих сталей та сплавів. Силіціювання. Дифузійна металізація. Властивості матеріалів. Лазерне легування. Металургійні особливості лазерного легування. Лазерне легування неметалевими компонентами

#### **Тема 7. Електрохімічні методи нанесення покриттів**

Основні поняття про електрохімічні способи. Фізико-хімічні властивості та функціональне призначення гальванічних покриттів. Теоретичні відомості про електроосадження металів. Механізми процесів електрокристалізації при отриманні покриттів із розчинів. Гальмування при електрокристалізації. Формування покриття при електрокристалізації. Роль пасивування катода для формування покриття. Основні технологічні параметри електрохімічних способів одержання покриттів. Кристалічні структури гальванічних покриттів. Електролітичне осадження металів і сплавів. Осадження металів групи заліза. Залізнення. Кадмування. Нікелювання. Кобальтування. Хромування. Електролітичне міднення. Електролітичне цинкування. Композиційні електролітичні покриття. Електрохімічні полімерні покриття. Електроосадження з водних розчинів.

#### **Тема 8. Хімічні методи нанесення покриттів**

Способи нанесення хімічних покриттів із розчинів. Хімічне осадження з парової фази. Хімічне осадження з парової фази. Застосування CVD покриттів у машинобудуванні.

#### **Тема 9. Фізичні методи отримання покриттів**

Нанесення покриттів із використанням процесу випаровування. Процеси та механізми термічного випаровування. Основні закономірності випаровування. Формування покриттів під час термічного випаровування. Термічне випаровування. Електронно-променеве випаровування. Лазерне випаровування. Метод електродугового випаровування. Епітаксія молекулярним променем. Способи отримання покриттів іонним розпиленням вибуховим розпиленням. Сутність процесу вакуумного конденсаційного напилення. Принципова схема та обладнання вакуумного конденсаційного напилення вибуховим розпиленням. Застосування вакуумного конденсаційного напилення вибуховим розпиленням. Способи отримання покриттів іонним розпиленням. Основи іонного розпилення. Сутність фізичних явищ під час іонного розпилення. Зародження і ріст шару при іонному розпиленні. Катодне розпилення. Високочастотному розпиленні. Тріодна схема іонного розпилення. Магнетронне розпилення. Іонно-променеве розпилення. Способи нанесення покриттів іонним осадженням. Спосіб іонної імплантації (іонного легування). Застосування PVD покриттів.

#### **Тема 10. Принципи вибору матеріалу покриття і модифікованих шарів.**

Захисні покриття. Корозійностійкі покриття. Захист від корозії металевими покриттями. Неметалічні корозійностійкі покриття. Жаростійкі покриття. Зносостійкі покриття.

### **2.3. Тематичний план.**

№ пор	Назва теми (тематичного розділу)	Обсяг навчальних занять (год.)
-------	-------------------------------------	-----------------------------------

	Робоча програма навчальної дисципліни «Інженерія поверхні»	Шифр документа	КАІ РП 1.07.02-01-2025
		Стор. 8 із 11	

1	2	Усього	Лекції	Лаб./прак. заняття	СРС
<b>Модуль №1 «Інженерія поверхні»</b>					
1.1	Будова та властивості поверхні	7,5	2	2	3,5
1.2	Методи інженерії поверхні	4	2	–	2
1.3	Механічні методи зміцнення поверхневого шару	15	4	2 2	7
1.4	Термічні методи нанесення покриттів	9,5	2	2 2	3,5
1.5	Термомеханічні методи обробки поверхневих шарів	19	4	2 2 2	9
1.6	Хіміко-термічні методи нанесення покриттів	11	2	2 2	5
1.7	Електрохімічні методи нанесення покриттів	17	4	2 2	9
1.8	Хімічні методи нанесення покриттів	11	2	2 2	5
1.9	Фізичні методи отримання покриттів	17	6	2 2	7
1.10	Принципи вибору матеріалу покриття і модифікованих шарів	4	2	–	2
1.11	Модульна контрольна робота №1	5	2	–	3
<b>Усього за модулем № 1</b>		<b>120</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>56</b>
<b>Усього за навчальною дисципліною</b>		<b>120</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>56</b>

### 3. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ З ДИСЦИПЛІНИ

#### 3.1. Методи навчання

Для активізації навчально-пізнавальної діяльності студентів під час вивчення дисципліни застосовуються такі навчальні технології, як робота в малих групах, розв'язування ситуаційних завдань, лекції з використанням мультимедійних презентацій.

#### 3.2. Рекомендована література

##### Базова література

3.2.1. Методи дослідження фізико-механічних властивостей матеріалів: навч. посібник / Н.Р. Веселовська, Е.К. Посвятенко та ін. – Вінниця, 2018. – 150 с.

3.2.2. Прикладне матеріалознавство : підручник / О.В.Сушко, Е.К.Посвятенко, С.І.Лодяков та ін. – Мелітополь: ТОВ «Forward press», 2019. – 352 с.

3.2.3. Інженерія деталей, оброблених протягуванням: монографія / Посвятенко Е.К., Немировський Я.Б., Шейкін С.Е., Шепеленко І.В., Чернявський О.В. – Кропивницький : Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 466 с.

##### Допоміжна література

3.2.4. Лисін В. І., Коваленко І. В., Крюкова О. А. Хімія та фізика твердого тіла: навч. посіб. Київ: КНУТД, 2014. 102 с.

3.2.5. ISO 7539. Corrosion of metals and alloys. Stress corrosion testing. Part1-9.

	Робоча програма навчальної дисципліни «Інженерія поверхні»	Шифр документа	КАІ РП 1.07.02-01-2025
		Стор. 9 із 11	

3.2.6. Духота О.І. Дослідження властивостей покриттів, сформованих методами плазмового, газополуменевого і електродугового напилення / М.В. Кіндрачук, В.В. Харченко, Н.О. Науменко // Проблеми тертя та зношування - 2022.- №2 (95). С. 36 – 45.

[https://doi.org/10.18372/0370-2197.2\(95\).16555](https://doi.org/10.18372/0370-2197.2(95).16555).

3.2.7. Комбіновані методи інженерії поверхні: монографія / М.В. Кіндрачук, О.І. Духота, В.Є. Марчук, І.А. Гуменюк, В.В. Харченко. - К.: НАУ, 2024. – 160 с

3.2.8. Технологічне забезпечення зносостійкості деталей трибомеханічних систем дискретними поверхнями: монографія / М.В. Кіндрачук, В.Є. Марчук, О.І. Духота, О.В. Радіоненко.- К.: НАУ, 2020. – 204 с.

3.2.9. Surface Engineering of Modern Materials. Kapil Gupta. Springer Cham. 2021. 166 p. (<https://doi.org/10.1007/978-3-030-43232-4>)

### 3.3. Інформаційні ресурси в інтернеті

3.3.1. <https://er.nau.edu.ua/>

3.3.2. <https://www.imim.pl/PHD/www.imim-phd.edu.pl/contents/Lectures/MAJOR%20Novel%20technologies%20in%20surface%20engineering.pdf>.

3.3.3. <http://202.4.186.74:8004/oer/files/original/b655d49efebd970fd41968fdd857b2c9.pdf>.

## 4. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАБУТИХ ЗНАТЬ ТА ВМІНЬ ЗДОБУВАЧЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ

4.1. Оцінювання окремих видів виконаної студентом навчальної роботи здійснюється в балах відповідно до Табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Вид навчальної роботи	Максимальна кількість балів
	Денна форма здобуття освіти
	Модуль №1
Виконання та захист лабораторної роботи	5 семестр
	46×16=64 (сумарна)
<i>Для допуску до виконання модульної контрольної роботи №1 студент має набрати не менше</i>	38 балів
Виконання модульної контрольної роботи №1	16
<b>Семестровий екзамен</b>	20
<b>Усього за дисципліною</b>	100

4.2. Виконані види навчальної роботи зараховуються студенту, якщо він отримав за них позитивну рейтингову оцінку.

**Залікова рейтингова оцінка** визначається (в балах та за національною шкалою) за результатами виконання всіх видів навчальної роботи протягом семестру.

4.3. Сума рейтингових оцінок, отриманих студентом за окремі види виконаної навчальної роботи, становить поточну модульну рейтингову оцінку, яка заноситься до відомості модульного контролю.

4.4. Підсумкова семестрова рейтингова оцінка за національною шкалою та шкалою ECTS.

4.5. Підсумкова семестрова рейтингова оцінка заноситься до залікової книжки та навчальної картки студента, наприклад, так: **92/Відм./А, 87/Добре/В, 79/Добре/С, 68/Задов./D, 65/Задов./Е** тощо.

	Робоча програма навчальної дисципліни «Інженерія поверхні»	Шифр документа	КАІ РП 1.07.02-01-2025
		Стор. 10 із 11	

4.6. Підсумкова рейтингова оцінка з дисципліни дорівнює підсумковій семестровій рейтинговій оцінці. Зазначена підсумкова рейтингова оцінка з дисципліни заноситься до Додатку диплома.