

**ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Декан факультету ФІТА

Олег ПОЛІЩУК

Підпис

\_\_\_\_\_ 2025 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Інженерія поверхні**

Назва дисципліни

**Галузь знань** – G Інженерія, виробництво та будівництво

**Спеціальність** – G8 Матеріалознавство

**Рівень вищої освіти** – Другий (магістерський)

**Освітньо-професійна програма** – Триботехнічне матеріалознавство

**Обсяг дисципліни** – 4 кредити ЄКТС, **Шифр дисципліни** – ОФП.01

**Мова навчання** – українська

**Статус дисципліни:** обов'язкова (фахової підготовки)

**Факультет** – Інженерії, транспорту та архітектури

**Кафедра** – Трибології, автомобілів та матеріалознавства

Форма здобуття освіти	Курс	Семестр	Загальний обсяг		Кількість годин							Курсовий проєкт*	Курсова робота	Форма семестрового контролю		
			Кредити ЄКТС	Години	Разом	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття	Семінарські заняття	Самостійна робота, у т.ч. ІРС	Залік			Іспит		
															Курсовий проєкт*	Курсова робота
Д	1	1	6	180	50	16	34				130					+
<b>Разом ДФ</b>			<b>6</b>	<b>180</b>	<b>50</b>	<b>16</b>	<b>34</b>				<b>130</b>					<b>1</b>
З	1	1	6	180	18	10	8				162					+
<b>Разом ЗФ</b>			<b>6</b>	<b>180</b>	<b>18</b>	<b>10</b>	<b>8</b>				<b>162</b>					<b>1</b>

Робоча програма складена на основі освітньо-професійної програми «Триботехнічне матеріалознавство» за спеціальністю G8 «Матеріалознавство»



Робоча програма складена \_\_\_\_\_ д-р.техн.наук, проф. Олександр ДИХА  
 Підпис автора

Схвалена на засіданні кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства  
 Протокол від 28 серпня 2025 р. № 1. Зав. кафедри \_\_\_\_\_ Олександр ДИХА  
 Підпис

Робоча програма розглянута та схвалена вченою радою факультету інженерії, транспорту та архітектури  
 Протокол від 29 серпня 2025 р. № 1.

Голова вченої ради факультету \_\_\_\_\_ Олег ПОЛІЩУК  
 Підпис

## 2. ЛИСТ ПОГОДЖЕННЯ

Посада	Назва факультету	Підпис	Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
Завідувач кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства, д-р.техн.наук, проф.	Факультет інженерії, транспорту та архітектури		Олександр ДИХА
Гарант освітньо-професійної програми, д-р.техн.наук, проф.	Факультет інженерії, транспорту та архітектури		Ілона ДРАЧ

### 3 Пояснювальна записка

Дисципліна «Інженерія поверхні» є обов'язковою дисципліною фахової підготовки і займає провідне місце у підготовці здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Триботехнічне матеріалознавство» в межах спеціальності G8 «Матеріалознавство».

**Пререквізити** – вихідна.

**Постреквізити**– ОФП.04 Методи трибологічних випробувань матеріалів; ОФП.05 Переддипломна практика; ОФП.06 Кваліфікаційна робота

Відповідно до освітньої програми дисципліна має забезпечити:

**–компетентності:** Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК 01 ); Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 02 ); Прагнення до збереження навколишнього середовища ((ЗК 08 ); Здатність виявляти та ставити проблеми в сфері матеріалознавства, приймати ефективні рішення для їх вирішення (ФК 01); Здатність планувати та проводити дослідження в сфері матеріалознавства у лабораторних та виробничих умовах на відповідному рівні з використанням сучасних методів і методик експерименту (ФК 02); Здатність розробляти нові методи і методики досліджень, базуючись на знанні методології наукового дослідження та особливості проблеми, що вирішується (ФК 03); Здатність до критичного аналізу та прогнозування характеристик нових та існуючих матеріалів, параметрів процесів їх отримання і обробки та використання у виробі (або у виробничих умовах) (ФК 05); Здатність обґрунтовано здійснювати вибір технологій виготовлення, оброблення, випробування матеріалів і виробів, для конкретних умов експлуатації (ФК 09); Здатність застосовувати системний підхід для розв'язання прикладних задач виготовлення, обробки, експлуатації та утилізації матеріалів і виробів (ФК 11); Здатність розробляти та реалізовувати проекти в сфері матеріалознавства, а також дотичні до неї міждисциплінарні проекти (ФК 12); Здатність розробляти, аналізувати та впроваджувати інженерні рішення для модифікації поверхонь матеріалів, використовуючи високоенергетичні зміцнювальні технології з метою підвищення трибологічних характеристик та зносостійкості (УК 01); Здатність діяти на засадах сталого розвитку та громадянської відповідальності з урахуванням Цілей сталого розвитку, включаючи екологічну, економічну та соціальну складову професійної діяльності (УК 03).

**–програми результати навчання:** Розуміти та застосовувати принципи системного аналізу, причинно-наслідкових зв'язків між значущими факторами та науковими і технічними рішеннями в контексті існуючих теорій (ПРН 01); виявляти, формулювати і вирішувати матеріалознавчі проблеми і задачі (ПРН 02); приймати ефективні рішення в нових ситуаціях або непередбачених умовах з урахуванням їх можливих наслідків, оцінювати і порівнювати альтернативи, оцінювати технічні, економічні, екологічні та правові ризики (ПРН 05); розробляти та реалізовувати проекти у сфері матеріалознавства та з дотичних до матеріалознавства міждисциплінарних напрямів, визначати цілі та потрібні ресурси, планувати роботи, організовувати роботу колективу виконавців, здійснювати захист інтелектуальної власності (ПРН 07); застосувати методи LCA-аналізу, еко-аудиту, підходів стійкого розвитку під час розробки нових матеріалів та впровадження нових технологій (ПРН 09); формулювати та розв'язувати науково-технічні задачі для розробки, виготовлення, випробування, сертифікації, утилізації матеріалів, створення та застосування ефективних технологій виготовлення виробів (ПРН 12); обґрунтовано призначати та контролювати показники якості матеріалів та виробів (ПРН 14); проектувати нові матеріали, розробляти, досліджувати та використовувати фізичні та математичні моделі матеріалів та процесів (ПРН 15); розв'язувати прикладні задачі виготовлення, обробки, експлуатації та утилізації матеріалів і виробів (ПРН 17); збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її (ПРН 18); Розробляти комплексний дизайн нових матеріалів і виробів на їх основі з урахуванням експлуатаційних властивостей та умов використання (ПРН 19); формулювати, розробляти, обґрунтовувати та реалізовувати інженерні рішення щодо модифікації поверхонь матеріалів із застосуванням сучасних високоенергетичних зміцнювальних технологій для підвищення їх трибологічних властивостей і зносостійкості з урахуванням специфіки експлуатаційних умов (ПРН 20); планувати та здійснювати комплексні трибологічні

випробування матеріалів і покриттів, аналізувати та інтерпретувати результати для обґрунтування рішень щодо їх застосування, а також впроваджувати сучасні технології відновлення і підвищення зносостійкості деталей з урахуванням умов експлуатації (ПРН 21); обґрунтовувати та впроваджувати інженерні рішення у сфері матеріалознавства з урахуванням принципів сталого розвитку, включаючи відповідальне використання ресурсів, екологічну безпеку та соціальні аспекти, відповідно до Цілей сталого розвитку (ПРН 22).

**Мета дисципліни.** Формування уявлень і знань щодо сучасних технологій нанесення функціональних покриттів на деталях і конструкціях, управління параметрами формування та термодифузійної обробки нових складів покриттів для обґрунтованого вибору і оптимізації процесу їх нанесення та підвищення довговічності виробів при експлуатації.

**Предмет дисципліни.** Технологічна характеристика функціональних покриттів на основі сучасних методів модифікації поверхонь.

**Завдання дисципліни.** Надати студентам знання і практичні навички з аналізу умов роботи об'єкту модифікації, обґрунтованого вибору технологічного способу відновлення або підвищення зносостійкості поверхневого шару, призначення ефективного методу контролю якості поверхні.

**Результати навчання.** Після вивчення дисципліни здобувач має: розуміти та застосовувати принципи системного аналізу і встановлювати причинно-наслідкові зв'язки у науково-технічних задачах; виявляти, формулювати та розв'язувати матеріалознавчі проблеми; приймати обґрунтовані рішення в нових умовах із оцінюванням ризиків; розробляти та реалізовувати проекти, планувати роботи й організовувати діяльність виконавців; застосовувати підходи сталого розвитку, LCA-аналіз та екоаудит; розв'язувати задачі розробки, виготовлення, випробування та утилізації матеріалів і виробів; обґрунтовувати та контролювати їх показники якості; проектувати матеріали й використовувати фізико-математичні моделі процесів; розв'язувати прикладні задачі обробки та експлуатації матеріалів; здійснювати пошук, аналіз і оцінювання науково-технічної інформації; розробляти дизайн матеріалів і виробів з урахуванням умов експлуатації; впроваджувати інженерні рішення щодо модифікації поверхонь і підвищення трибологічних властивостей; планувати та проводити трибологічні випробування і впроваджувати технології відновлення зносостійкості; обґрунтовувати рішення з урахуванням екологічних, ресурсних і соціальних аспектів сталого розвитку.

#### 4 Структура залікових кредитів дисципліни

Назва розділу (теми)	Кількість годин, відведених на:					
	Денна форма			Заочна форма		
	лекції	лабор. роботи	СРС	лекції	лабор. роботи	СРС
Тема 1. Характеристика покриттів. Загальні питання. Різновиди форм та структури покриттів. Класифікація методів досліджень покриттів.	2	4	4	2		5
Тема 2. Види корозійних руйнувань покриттів, їх характеристика і упередження.	2	6	22	2	2	50
Тема 3. Теплозахисні, жаростійкі і теплоізоляційні характеристики покриттів. Умови зміцнення або незміцнення твердого тіла при нанесенні покриттів.. Втомна міцність деталей з покриттями.	2	6	8	2	2	13
Тема 4. Принципи побудови зносостійких композиційних покриттів. Електроізоляційні, провідні та оптичні покриття.	4	6	11	2	2	5
Тема 5. Попереднє створення відповідної структури основного матеріалу перед напиленням. Забезпечення стабільності	4	6	14	2	2	20

властивостей покриттів і композицій на їх основі в різних умовах експлуатації.						
Тема 6. Методи неруйнівного контролю. Механіка руйнування композиційних матеріалів.	2	6	9			15
<b>Разом:</b>	<b>16</b>	<b>34</b>	<b>130</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>162</b>

## 5 Програма навчальної дисципліни

### 5.1 Зміст лекційного курсу

Номер лекції	Перелік тем лекцій, їх анотації	Кількість годин
1	Основні визначення. Класифікація методів інженерії покриття. Основні способи нанесення покриттів. Сучасний стан і перспективи розвитку. Загальні принципи комбінованого зміцнення та захисту деталей машин та конструкцій. [7, с.9-12; 9, с.5-12; 13, с.8-81].	2
2	Конструкції покриттів. Покриття з багатокомпонентною структурою. Сумісність матеріалів основи і покриття з точки зору принципової можливості утворення покриття. Методи і особливості досліджень покриттів. Фактори, що впливають на міцність твердого тіла із штучним покриттям функціонального призначення. [13, с.183-190; 14, с.6-28], [1, с.300-308; 6, с.7-44; 7, с.9-83; 9, с.13-28, 134-144; 11, с.11-236]	2
3	Групи середовищ. Неактивні середовища; поверхнево-активні середовища; корозійно - активні середовища. Радіаційні середовища. Корозійна стійкість покриттів. [6, с.44-49; 12, с.204-208]	2
4	Покриття при високих температурах. Основні вимоги до високотемпературних покриттів. Міцність жароміцних і керамічних матеріалів. Фізико-механічні властивості композиційних матеріалів. Пластичність і повзучість матеріалів з покриттями. Пластичність осаджених плівок. Повзучість напилених покриттів. Міцність матеріалів з плазмовими покриттями при статичних випробуваннях. Руйнування матеріалів при втомі. Загальні поняття втоми. Кінетика тріщиноутворення і руйнування матеріалів з покриттями. [9, с.125-132; 10, с.140-156; 12, с.195-200], [5, с.168-184], [1, 258-262]	2
5	Твердість і знос. Розробка складу і структури зносостійких композиційних покриттів. Принципи проектування зносостійких покриттів. Жаростійкі електроізоляційні керамічні покриття. Оптичні покриття. Питомий електроопір металевих покриттів. [1, с.235-267; 9, с.50-125; 10, с.156-167; 12, с.190-195; 14, с.28-38], [9, с. 85-92; 15, с. 10- 85]	2
6	Способи наступної термодифузійної обробки покриттів. Методи контролю покриттів в різних умовах експлуатації. Хімічна стійкість, термомеханічна стійкість покриттів. Регулювання проникнення рідини, газів у покриття. [3, с.165-194; 5, 243-248], [3, с.208-225]	2

7	Загальні положення щодо внутрішнього тертя в твердих тілах. Методи визначення величини внутрішнього тертя. Дослідження матеріалів з покриттями методом внутрішнього тертя . Амплітудна та температурна залежності внутрішнього тертя конструкційних матеріалів з газотермічними покриттями [5, с.190-205, 214-224]	2
8	Критерії руйнування матеріалів з тріщиною. Тріщиностійкість (в'язкість руйнування) металів і сплавів з покриттями. [9, с.134-154; 16, с.130-156].	2
	<b>Разом</b>	<b>16</b>

#### Перелік оглядових лекцій для студентів заочної форми здобуття освіти

Номер лекції	Тема лекції	Кількість годин
1	Основні визначення. Класифікація методів інженерії покриття. Основні способи нанесення покриттів. Сучасний стан і перспективи розвитку. Загальні принципи комбінованого зміцнення та захисту деталей машин та конструкцій. [7, с.9-12; 9, с.5-12; 13, с.8-81].	2
2	Конструкції покриттів. Покриття з багатокомпонентною структурою. Сумісність матеріалів основи і покриття з точки зору принципової можливості утворення покриття. Методи і особливості досліджень покриттів. Фактори, що впливають на міцність твердого тіла із штучним покриттям функціонального призначення. [13, с.183-190; 14, с.6-28], [1, с.300-308; 6, с.7-44; 7, с.9-83; 9, с.13-28, 134-144; 11, с.11-236]	2
3	Покриття при високих температурах. Основні вимоги до високотемпературних покриттів. Міцність жароміцних і керамічних матеріалів. Фізико-механічні властивості композиційних матеріалів. Пластичність і повзучість матеріалів з покриттями. Пластичність осаджених плівок. Повзучість напилених покриттів. Міцність матеріалів з плазмовими покриттями при статичних випробуваннях. Руйнування матеріалів при втомі. Загальні поняття втоми. Кінетика тріщиноутворення і руйнування матеріалів з покриттями. [9, с.125-132; 10, с.140-156; 12, с.195-200], [5, с.168-184], [1, 258-262]	2
4	Твердість і знос. Розробка складу і структури зносостійких композиційних покриттів. Принципи проектування зносостійких покриттів. Жаростійкі електроізоляційні керамічні покриття. Оптичні покриття. Питомий електроопір металевих покриттів. [1, с.235-267; 9, с.50-125; 10, с.156-167; 12, с.190-195; 14, с.28-38], [9, с. 85-92; 15, с. 10- 85]	2
5	Способи наступної термодифузійної обробки покриттів. Методи контролю покриттів в різних умовах експлуатації. Хімічна стійкість, термомеханічна стійкість покриттів. Регулювання проникнення рідини, газів у покриття. [3, с.165-194; 5, 243-248], [3, с.208-225]	2
	<b>Разом</b>	<b>10</b>

## 5.2 Зміст лабораторних занять

### Перелік лабораторних занять для студентів денної форми здобуття освіти

№ лабораторного заняття	Тема лабораторного заняття	Кількість годин
1	Побудова структури та механізму створення покриття Літ.: [1] с.5-12;	6
2	Вибір складу, методів отримання та технології нанесення функціональних покриттів. Літ.: [1] с.13-19	8
3	Дослідження механічної та фізико-хімічної взаємодії компонентів основи та покриття. Літ.: [1] с.20-28;	8
4	Дослідження термодинамічних процесів при газотермічному напиленні Літ.: [1] с.29-33;	6
5	Дослідження процесу нагрівання частинок в плазмовому струмені. Літ.: [1] с. 34-40	6
<b>Разом</b>		<b>34</b>

### Перелік лабораторних занять для студентів заочної форми здобуття освіти

№ лабораторного заняття	Тема лабораторного заняття	Кількість годин
1	Вибір складу, методів отримання та технології нанесення функціональних покриттів. Літ.: [1] с.13-19	8
<b>Разом</b>		<b>8</b>

## 5.3 Зміст самостійної (у т.ч. індивідуальної) роботи

Самостійна робота студентів усіх форм здобуття освіти полягає у систематичному опрацюванні програмного матеріалу з відповідних джерел інформації, підготовці до лабораторних занять, виконанні індивідуальних завдань, тестування з теоретичного матеріалу тощо. Студенти заочної форми здобуття освіти виконують ще й контрольну роботу. Вимоги до її виконання та варіанти визначаються методичними рекомендаціями до виконання контрольних робіт, які кожний здобувач вищої освіти отримує у викладача у період настановної сесії. Крім цього до послуг студентів сторінка навчальної дисципліни у Модульному середовищі для навчання, де розміщені Робоча програма дисципліни та необхідні документи з її навчально-методичного забезпечення.

Номер тижня	Вид самостійної роботи	Кількість годин
1	Опрацювання теоретичного матеріалу, ознайомлення з матеріалами модульного середовища з дисципліни	8
2	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання лабораторної роботи №1	8
3	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до захисту лабораторної роботи № 1	8
4	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до захисту лабораторної роботи № 1	8
5	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання лабораторної роботи №2	8
6	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до захисту лабораторної роботи № 2	8
7	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до захисту лабораторної роботи № 2	8
8	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання лабораторної роботи №3	8

9	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до тестового контролю з тем 1-3	8
10	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання лабораторної роботи №4	8
11	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до захисту лабораторної роботи № 4	8
12	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до захисту лабораторної роботи № 4	8
13	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання лабораторної роботи №5	8
14	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до захисту лабораторної роботи № 5	8
15	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до захисту лабораторної роботи № 5	8
16	Опрацювання теоретичного матеріалу, та підготовка до тестового контролю з тем 4-5	8
17	Підготовка до підсумкового контролю	2
	Разом:	130

На самостійне опрацювання студентів виносяться визначені у методичних рекомендаціях до лабораторних занять та самостійної роботи питання з кожної теми. Керівництво самостійною роботою та контроль за виконанням індивідуального завдання здійснюється викладачем згідно з розкладом консультацій у позаурочний час.

Вимоги до виконання контрольної роботи (для студентів заочної форми здобуття освіти) та індивідуального домашнього завдання (для студентів денної форми здобуття освіти) викладені в Модульному середовищі для навчання на сторінці навчальної дисципліни.

## 6 Технології та методи навчання

Процес навчання з дисципліни ґрунтується на використанні традиційних та сучасних технологій, зокрема: лекції (з використанням методів проблемного навчання і візуалізації); лабораторні заняття (з використанням методів комп'ютерного моделювання, тренінгів, майстер-класів, практикумів), самостійна робота (опрацювання лекційного матеріалу), і мають за мету – оволодіння студентами спеціальною термінологією і набуття ними практичних навичок з технологічних методів створення функціональних покриттів за різними технологіями, у т. ч. з використанням сучасних технологій інженерії поверхні, користування інструментами, технологічним устаткуванням тощо.

Необхідні інструменти, обладнання: технологічне устаткування для нанесення покриттів, вимірювальний інструмент.

## 7 Методи контролю

Поточний контроль знань здобувачів вищої освіти здійснюється під час аудиторних лабораторних занять, а також у визначені дні проведення контрольних заходів, передбачених Робочою програмою навчальної дисципліни та графіком освітнього процесу. Зокрема, контроль може проводитись із використанням Модульного середовища для навчання.

До основних методів поточного контролю належать:

- усне опитування перед допуском до лабораторного заняття;
- оцінювання результатів захисту лабораторних робіт;
- тестовий контроль засвоєння теоретичного матеріалу з окремих розділів;
- оцінювання контрольних робіт (відповідно до графіка проведення лабораторно-екзаменаційних сесій для здобувачів заочної форми навчання).

Семестровий контроль проводиться у формі заліку. Підсумкова семестрова оцінка формується з урахуванням результатів поточного контролю.

Здобувач вищої освіти, який отримав за будь-який вид навчальної діяльності, передбаченої Робочою програмою, менше ніж 60 % від максимального можливого балу вважається таким, що має академічну заборгованість.

Ліквідація академічної заборгованості здійснюється під час екзаменаційної сесії або за окремим графіком, затвердженим деканатом, відповідно до положень «Положення про контроль і оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ».

## 8 Політика дисципліни

Політика навчальної дисципліни визначається системою вимог до здобувача вищої освіти, встановлених чинними нормативними документами Університету щодо організації та навчально-методичного забезпечення освітнього процесу.

Зокрема, передбачено:

- обов'язкове проходження інструктажу з техніки безпеки;
- обов'язкове відвідування занять з дисципліни;
- за наявності об'єктивних (документально підтверджених) причин – можливість проходження теоретичного навчання в онлайн-режимі за погодженням із викладачем.

Успішне опанування дисципліни та досягнення програмних результатів навчання вимагають від здобувача вищої освіти:

- попередньої підготовки до лабораторних занять (опрацювання теоретичного матеріалу, підготовки звіту (протоколу) роботи, підготовки до усного опитування для допуску до заняття згідно з Методичними рекомендаціями);
- активної участі у лабораторному занятті;
- якісного оформлення та захисту звіту (протоколу) за темою лабораторної роботи;
- участі у дискусіях та аналізі прийнятих рішень під час виконання лабораторних завдань.

Здобувачі вищої освіти зобов'язані дотримуватись встановлених термінів виконання всіх видів навчальної роботи відповідно до Робочої програми навчальної дисципліни. Захист лабораторної роботи вважається своєчасним, якщо він здійснений на наступному занятті після виконання роботи. У разі пропуску лабораторного заняття, здобувач зобов'язаний відпрацювати його у лабораторіях кафедри у термін, визначений викладачем, але не пізніше ніж за два тижні до завершення теоретичних занять у семестрі.

Засвоєння теоретичного матеріалу перевіряється за результатами тестування.

Самостійна робота здобувачів повинна виконуватись із дотриманням принципів академічної доброчесності. Забороняється списування, плагіат, підказки, а також використання штучного інтелекту без належного цитування. У разі порушення політики академічної доброчесності під час виконання будь-якого виду навчальної роботи, здобувач отримує незадовільну оцінку та зобов'язаний повторно виконати завдання відповідно до вимог Робочої програми. Будь-які форми порушення академічної доброчесності є неприпустимими.

У межах вивчення дисципліни передбачено визнання та зарахування результатів навчання, набутих шляхом неформальної освіти – зокрема на освітніх платформах (Coursera, EdX, Prometheus тощо); міжнародних агрегаторах онлайн-курсів (classcentral.com (<https://www.classcentral.com/subject/materials-science>), alison.com (<https://alison.com/tag/materials-science>), тощо), навчально-науково-виробничого центру (ННВЦ) систем автоматизованого проєктування (САПР) Хмельницького національного університету (Сертифікація SolidWorks). Такі результати можуть бути зараховані за умови, що вони відповідають тематиці або видам робіт із програми дисципліни, сприяють формуванню фахових компетентностей та підтверджують досягнення програмних результатів навчання. Детальні умови наведено у Положенні про порядок визнання та зарахування результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ.

## 9 Оцінювання результатів навчання студентів у семестрі

Оцінювання академічних досягнень здобувача вищої освіти здійснюється відповідно до «Положення про контроль і оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ».

Залежно від важливості окремих видів навчальної роботи, і їх ролі у формуванні компетентностей і результатів навчання, визначених освітньою програмою, розробники Робочої програми присвоюють кожному виду навчальної роботи (структурній одиниці) з дисципліни певну кількість балів. При поточному оцінюванні виконаної здобувачем роботи з кожної структурної одиниці і отриманих ним результатів викладач виставляє йому певну кількість балів із встановлених Робочою програмою для цього виду роботи. При цьому кожна структурна одиниця навчальної роботи може бути зарахована, якщо здобувач набрав не менше 60 відсотків (мінімальний рівень для позитивної оцінки) від максимально можливої суми балів, призначеної структурній одиниці.

Будь-які форми порушення академічної доброчесності *не допускаються*.

При оцінюванні результатів навчання здобувачів вищої освіти з будь-якого виду навчальної роботи (структурної одиниці) рекомендується використовувати наведені нижче узагальнені критерії:

**Таблиця – Критерії оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти**

Оцінка та рівень досягнення здобувачем запланованих ПРН та сформованих компетентностей	Узагальнений зміст критерія оцінювання
Відмінно (високий)	Здобувач вищої освіти глибоко і у повному обсязі опанував зміст навчального матеріалу, легко в ньому орієнтується і вміло використовує понятійний апарат; уміє пов'язувати теорію з практикою, вирішувати практичні завдання, впевнено висловлювати і обґрунтовувати свої судження. Відмінна оцінка передбачає логічний виклад відповіді мовою викладання (в усній або у письмовій формі), демонструє якісне оформлення роботи і володіння спеціальними приладами та інструментами, прикладними програмами. Здобувач не вагається при видозміні запитання, вміє робити детальні та узагальнюючі висновки, демонструє практичні навички з вирішення фахових завдань. При відповіді допустив дві–три несуттєві <i>похибки</i> .
Добре (середній)	Здобувач вищої освіти виявив повне засвоєння навчального матеріалу, володіє понятійним апаратом, орієнтується у вивченому матеріалі; свідомо використовує теоретичні знання для вирішення практичних задач; виклад відповіді грамотний, але у змісті і формі відповіді можуть мати місце окремі неточності, нечіткі формулювання правил, закономірностей тощо. Відповідь здобувача вищої освіти будується на основі самостійного мислення. Здобувач вищої освіти у відповіді допустив дві–три <i>несуттєві помилки</i> .
Задовільно (достатній)	Здобувач вищої освіти виявив знання основного програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та практичної діяльності за професією, справляється з виконанням практичних завдань, передбачених програмою. Як правило, відповідь здобувача вищої освіти будується на рівні репродуктивного мислення, здобувач вищої освіти має слабкі знання структури навчальної дисципліни, допускає неточності і <i>суттєві помилки</i> у відповіді, вагається при відповіді на видозмінене запитання. Разом з тим, набув навичок, необхідних для виконання нескладних практичних завдань, які відповідають мінімальним критеріям оцінювання і володіє знаннями, що дозволяють йому під керівництвом викладача усунути неточності у відповіді.
Незадовільно (недостатній)	Здобувач вищої освіти виявив розрізнені, безсистемні знання, не вміє виділяти головне і другорядне, допускається помилок у визначенні понять, перекручує їх зміст, хаотично і невпевнено викладає матеріал,

	не може використовувати знання при вирішенні практичних завдань. Як правило, оцінка «незадовільно» виставляється здобувачеві вищої освіти, який не може продовжити навчання без додаткової роботи з вивчення навчальної дисципліни.
--	---

### Структурування дисципліни за видами навчальної роботи і оцінювання результатів навчання студентів *денної* форми здобуття освіти у семестрі

Аудиторна робота					Контрольні заходи		Семестровий контроль	
Лабораторні роботи №:					Тестовий контроль:		Іспит	Разом балів
1	2	3	4	5	Т 1	Т 2		
Кількість балів за вид навчальної роботи (мінімум-максимум)								
4-8	4-8	4-8	4-8	4-8	8-10	8-10	24-40	<b>60-100</b>
<b>20-40</b>					<b>16-20</b>		<b>24-40</b>	

**Примітки:** Т – тема навчальної дисципліни;

#### Оцінювання результатів захисту лабораторної роботи

Виконана й оформлена відповідно до встановлених Методичними рекомендаціями вимог лабораторна робота комплексно оцінюється викладачем при її захисті з урахуванням таких критеріїв: самостійність та правильність виконання; повнота відповіді та знання методик діагностики систем автомобіля.

Результат виконання і захисту здобувачем вищої освіти кожної лабораторної роботи оцінюється відповідно до таблиці Критеріїв оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти та рівня досягнення здобувачем запланованих ПРН та сформованих компетентностей з присвоєнням йому відповідної суми балів.

У випадку виявлення здобувачем рівня знань, нижчого ніж 60 відсотків від максимального балу, встановленого Робочою програмою для кожної структурної одиниці, лабораторна робота йому **не зараховується** і для її захисту він має детальніше опрацювати матеріал з теми роботи, методику її виконання, виправити грубі помилки та повторно вийти на її захист у призначений для цього викладачем час.

#### Оцінювання результатів навчання з теоретичного матеріалу (тестовий контроль)

Кожний з двох тестів, передбачених Робочою програмою, складається із 20 тестових завдань, кожне з яких є рівнозначним. Максимальна сума балів, яку може набрати студент, складає 10 (кількість набраних балів за тестове завдання може бути різною).

Відповідно до таблиці структурування видів робіт за тематичний контроль здобувач залежно від кількості правильних відповідей може отримати від 6 до 10 балів.

#### Розподіл балів в залежності від наданих правильних відповідей на тестові завдання

Кількість правильних відповідей	0-10	11-13	14-16	17-20
Відсоток правильних відповідей	0-59	60-65	66-82	83-100
Кількість отриманих балів	0	8	9	10

На тестування відводиться 20 хвилин. Правильні відповіді студент записує у талоні відповідей. Студент може також пройти тестування і в он-лайн режимі у Модульному середовищі для навчання. При отриманні негативної оцінки тест слід перездати до терміну **наступного** контролю.

**Структурування дисципліни за видами навчальної роботи і оцінювання результатів навчання студентів заочної форми здобуття освіти**

Аудиторна робота	Самостійна, індивідуальна робота		Семестровий контроль	Разом
Лабораторні роботи * №:	Контрольна робота		Іспит	Сума балів
1	Повнота відповіді та якість виконання	захист роботи		
Кількість балів за кожний вид навчальної роботи (мінімум-максимум)				
12-20	12-20	6-10	30-50	60-100
<b>12-20</b>	<b>12-20</b>	<b>6-10</b>	<b>30-50</b>	

**Примітка.** \*Вимоги до оцінювання лабораторних робіт студента-заочника аналогічні вимогам, що пред'являються до здобувачів освіти денної форми

**Оцінювання контрольної роботи здобувачів, які навчаються за заочною формою здобуття освіти**

Контрольна робота передбачає виконання трьох завдань – два теоретичних і одне – практичне (практичне завдання передбачає процедуру діагностики певних систем автомобіля). Варіанти контрольних робіт і зміст завдань наводяться у модульному середовищі. При оцінюванні контрольної роботи враховуються: повнота відповіді на теоретичні питання; якість виконання практичного завдання; захист. Кожне з теоретичних питань оцінюється від 3 до 5 балів, а практичне 6-10 балами, загальна сума балів на позитивну оцінку становить від 12 до 20.

**Таблиця – Розподіл балів при оцінюванні завдань контрольної роботи**

Види завдань	Кількість балів для певного рівня досягнення результатів навчання		
	Достатній	Середній	Високий
Теоретичне питання № 1	3	4	5
Теоретичне питання № 2	3	4	5
Практичне завдання	6	8	10

**Примітка.** \*Позитивний бал за контрольну роботу, відмінний від мінімального (12 балів) та максимального (20 балів), знаходиться в межах 13-19 балів та розраховується як сума балів за усі структурні елементи (завдання) контрольної роботи.

Кожне завдання контрольної роботи здобувача вищої освіти оцінюється викладачем з використанням таблиці критеріїв оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти (щодо визначення достатнього, середнього та високого рівня досягнення здобувачем запланованих ПРН та сформованих компетентностей).

**Оцінювання результатів підсумкового семестрового контролю (іспит)**

Освітня програма передбачає підсумковий семестровий контроль з дисципліни у формі іспиту, завданням якого є системне й об'єктивне оцінювання як теоретичної, так і практичної підготовки здобувача з навчальної дисципліни. Складання іспиту відбувається за попередньо розробленими і затвердженими на засіданні кафедри білетами. Відповідно до цього в екзаменаційному білеті пропонується структури екзаменаційного білета, у якому теоретична частина навчальної дисципліни оцінюється у тестовій формі, а практичне завдання передбачає процедуру діагностики певних систем автомобіля. Визначена Робочою програмою позитивна загальна сума балів за підсумковий контроль у формі іспиту для денної форми коливається від 24 до 40 (для заочної – 30–50) і поділяється між практичною та теоретичною частинами у співвідношенні 50/50 відсотків, тобто як за тестовий контроль з теоретичної частини, так і за

виконання практичного завдання здобувач може набрати від 12 до 20 балів. Відповідно до встановлених вимог обсяг завдань має відповідати часу, який відводиться на їх виконання.

**Таблиця – Оцінювання результатів підсумкового семестрового контролю здобувачів денної форми навчання (40 балів для підсумкового контролю)**

Види завдань	Кількість балів для певного рівня досягнення результатів навчання		
	Мінімальний (достатній) бал	Потенційні позитивні бали (середній бал)	Максимальний (високий) бал
Теоретична частина (тест)	12	13-19	20
Практична частина	12	16	20
<b>Разом:</b>	24	*	40

**Примітка.** \*Позитивний бал за іспит, відмінний від мінімального (24 бали) та максимального (40 балів), знаходиться в межах 25-39 балів та розраховується як сума балів за усі структурні елементи (завдання) іспиту.

(Теоретична частина (тест передбачає 40 тестових завдань) та практична частина). При цьому відповідність набраних балів за тестове завдання, що виставляються здобувачеві (40 тестових питань, мінімум – 12 балів, максимум – 20 балів), становить:

Кількість правильних відповідей	0-22	23-24	25-26	27-28	29-30	31-32	33-34	35-36	37-38	39-40
Кількість отриманих балів	0	12	13	14	15	16	17	18	19	20

**Таблиця – Оцінювання результатів підсумкового семестрового контролю здобувачів заочної форми навчання (50 балів для підсумкового контролю)**

Види завдань	Для кожного окремого виду завдань		
	Мінімальний (достатній) бал (задовільно)	Потенційні позитивні бали* (середній бал) (добре)	Максимальний (високий) бал (відмінно)
Теоретична частина (тест)	12	13-19	20
Практична частина	18	24	30
<b>Разом:</b>	<b>30</b>	*	<b>50</b>

**Примітка.** \*Позитивний бал за іспит, відмінний від мінімального (30 балів) та максимального (50 балів), знаходиться в межах 31-49 балів та розраховується як сума балів за усі структурні елементи (завдання) іспиту.

При оцінюванні практичного завдання викладач керується узагальненими критеріями, наведеними у таблиці «Критерії оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти».

Підсумкова семестрова оцінка за інституційною шкалою і шкалою ЄКТС визначається в автоматизованому режимі після внесення викладачем результатів оцінювання у балах з усіх видів навчальної роботи до електронного журналу. Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС наведені нижче у таблиці «Співвідношення».

Семестровий іспит виставляється, якщо загальна сума балів, яку набрав студент з дисципліни за результатами поточного контролю, знаходиться у межах від 60 до 100 балів. При цьому за інституційною шкалою ставиться оцінка «відмінно/добре/задовільно», а за шкалою ЄКТС – буквене позначення оцінки, що відповідає набраній студентом сумі балів відповідно до таблиці Співвідношення.

**Таблиця – Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС**

Оцінка ЄКТС	Рейтингова шкала балів	Інституційна оцінка (рівень досягнення здобувачем вищої освіти запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни)	
		Залік	Іспит/диференційований залік
A	90-100	Зараховано	<i>Відмінно/Excellent</i> – високий рівень досягнення запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни, що свідчить про безумовну готовність здобувача до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом
B	83-89		<i>Добре/Good</i> – середній (максимально достатній) рівень досягнення запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни та готовності до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом
C	73-82		
D	66-72		
E	60-65		
FX	40-59	Незараховано	<i>Незадовільно/Fail</i> – Низка запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни відсутня. Рівень набутих результатів навчання є недостатнім для подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом
F	0-39		<i>Незадовільно/Fail</i> – Результати навчання відсутні

### 10 Питання для самоконтролю результатів навчання

1. Визначення поняття інженерії поверхні, інженерії покриття.
2. Дати характеристику покриттів.
3. Основні способи нанесення покриттів.
4. Основні методи обробки покриттів.
5. Класифікація покриттів за функціональним призначенням
6. Класифікація твердих матеріалів за макроскопічною будовою.
7. Класифікація композиційних покриттів.
8. Які покриття відносяться до керамічних?
9. Різновиди форм і структури покриттів.
10. Типові структури композиційних покриттів.
11. Основні методи дослідження матеріалів.
12. Особливості досліджень покриттів і композиційних матеріалів.
13. Класифікація методів досліджень фізико-механічних властивостей покриттів і матеріалів.
14. Характеристика фізичних методів дослідження.
15. Механічні методи досліджень покриттів і композицій.
16. Аспекти вибору матеріалів для покриттів
17. Фактори зовнішнього впливу на композиційний матеріал.
18. Техніко-економічні показники, що обумовлюють ефективність технології напилення.
19. Основні технологічні параметри, що визначають характеристики композицій.
20. Вимоги до покриттів функціонального призначення.
21. Матеріали, що використовуються для високотемпературних покриттів.
22. Особливість керамічних жароміцних матеріалів.
23. Основні вимоги до високотемпературних покриттів.
24. Критерії вибору матеріалів покриттів в залежності від властивостей покриттів.
25. Відмінність механічних властивостей керамічних і жароміцних матеріалів.
26. Основні особливості міцнісних властивостей КМ при статичних випробуваннях.
27. Умови зміцнення або не зміцнення твердого тіла при нанесенні покриттів.

28. Особливості повзучості матеріалів з плазмовими покриттями.
29. Суть інверсійних властивостей повзучості матеріалів з покриттями.
30. Характеристика кінетичної теорії повзучості і руйнування твердих тіл.
31. Основні поняття втоми матеріалів..
32. Причини підвищення або зниження границі втоми при наявності покриттів.
33. Вплив одно - і багатокомпонентних покриттів на границю втоми
34. Проаналізувати процес руйнування матеріалів з покриттями.
35. порівняльний аналіз впливу середовища на границю втоми матеріалів з покриттями і без них.
36. Порівняння твердості і зношування матеріалів.
37. Характеристика видів зношування.
38. Принципи проектування зносостійкого покриття.
39. Питання сумісності компонентів КП в умовах зношування.
40. Технологічні прийоми регулювання рівня зв'язку на границі покриття з основою.
41. Порівняльна характеристика теплоізоляційних і жаростійких покриттів
42. Формування жаростійких електроізоляційних керамічних покриттів
43. Залежність електроопору покриттів від технології нанесення.
44. Залежність оптичних властивостей покриттів від структури.
45. дати характеристику ізоляційним і діелектричним властивостям покриттів.
46. Загальна характеристика вимог до покриттів.
47. Попередня термодформаційна підготовка поверхні перед нанесенням покриттів.
48. Попереднє нанесення проміжних шарів – підшарів.
49. Напилення через легкоплавкий прошарок.
50. Напилення сумішей, що містять активні компоненти.
51. Технологічні прийоми регулювання рівня зв'язків на границі покриття – основа.
52. Осадження покриттів у твердій фазі.
53. Осадження покриттів в рідкій фазі.
54. Хімічне осадження з парової фази.
55. Фізичне осадження з парової фази
56. Границі стабільності фізико-механічних властивостей конструкційних матеріалів – як критерії міцності і надійності.
57. Сумісність матеріалів основи і покриття з точки зору принципової можливості утворення покриття. Підвищення стабільності шляхом просочення напилених покриттів розплавами металів.
58. Групи активуючих факторів, що впливають на саму можливість отримання стабільних композиційних покриттів із різнорідних компонентів.
59. Поняття граничного стабільного стану матеріалів з покриттям.
60. Що таке внутрішнє тертя твердих тіл?
61. Залежності внутрішнього тертя від амплітуди деформації.
62. Температурні спектри поглинання пружної енергії.
63. Високотемпературне внутрішнє тертя композиційних матеріалів.
64. Розкрити питання зернограничного внутрішнього тертя.
65. Визначити енергетичні критерії руйнування матеріалів.
66. Визначити силовий критерій руйнування матеріалів.

## **11 Навчально-методичне забезпечення**

Навчальний процес з дисципліни «Інженерія поверхні» повністю і в достатній кількості забезпечений необхідною навчально-методичною літературою. Зокрема, викладачами кафедри підготовлені і видані такі роботи:

1. Інженерія поверхні : методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» / О. В. Диха, В.А. Гончар, К.Е. Голенко. – Хмельницький : ХНУ, 2023. – 39 с.

2. Білик, І. І. Технологія нанесення покриттів та їх властивості навчальний посібник [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня магістр за освітньо-

професійною програмою «Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів» спеціальності 132 Матеріалознавство / І. І. Білик, С. О. Руденький ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 120 с. <https://ela.kpi.ua/bitstreams/cd9bb47c-d679-4186-90b0-dd25fe1b6a37/download>

## **12 Матеріально-технічне та програмне забезпечення дисципліни**

Фізико-технологічний центр ХНУ (НВК-2): устаткуванням для реалізації і дослідження вакуумно-дифузійних процесів модифікації поверхні металів у безводневому середовищі (системи підготовки газового середовища; системи циркуляції робочих газів; автоматичний контролер та технологічне і дослідницьке обладнання).

«Міжкафедральна науково-дослідна лабораторія ФІТА» (НВК-2): машина для дослідження матеріалів на тертя та зношування 2070 СМТ; машина для дослідження матеріалів на тертя 2168 УМТ; установка для досліджень фретингостійкості; установка «ЕЛФА-541» для нанесення покриттів з твердих сплавів карбідів вольфраму, молібдену, ніобію а також чистих металів; дифрактометр рентгенівський стаціонарний ДРОН-3М, комплекс для нанесення багат шарових покриттів вакуумно-конденсаційним способом; установка для імпульсного термозміцнення; вакуумний універсальний пост ВУП; растровий електронний мікроскоп РЕМ.

Інформаційна та комп'ютерна підтримка навчального процесу забезпечується на основі використання таких засобів:

- персональний комп'ютер, планшет, смартфон або інший мобільний пристрій;
- мультимедійний проектор;
- доступ до мережі Інтернет;
- можливість роботи з електронними освітніми ресурсами та презентаційними матеріалами.

Програмне забезпечення:

- використовуються програми пакету Microsoft Office (або їхні аналоги), браузер, засоби для перегляду презентацій та інші загальнозживані прикладні програми.
- спеціальне програмне забезпечення для вивчення навчальної дисципліни не є обов'язковим, за винятком випадків, передбачених індивідуальними завданнями або методичними рекомендаціями.

## **13 Рекомендована література:**

### **Основна**

1. К. А. Ющенко, Ю. С. Борисов, В.Д. Кузнецов, В.М. Корж Інженерія поверхні. Підручник – К.: НВП Видавництво „Наукова думка” НАН України, 2007. – 558 с.

2. Методи поверхневого зміцнення у процесі виготовлення деталей машин: навчальний посібник / [А.Г. Фесенкота ін.]; Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара. – Дніпропетровськ: РВВ ДНУ, 2015. – 103 с.

3. Каплун В.Г. Ионное азотирование в безводородных средах: монография / В.Г. Каплун. – Хмельницький: ХНУ, 2015. – 315 с.

4.Проектування устаткування для азотування і тліючому розряді: довідник / І.М. Пастух, Г.М.Соколова. – Хмельницький: вид. Ковальський В.В., 2017. – 108 с.

5.Упрочнение и реновации инженерной поверхности: [монография] / Коржик В.Н., Лихошва В.П., Тчащенко Э.А. [Национальная академия наук Украины, Физ.-технол. ин-т металлов и сплавов, Ин-т электросварки им. Е. О. Патона, Металерг. акад.]. – Киев: Наш формат, 2014. 565

6. Технологічне забезпечення довговічності технічних трибосистем : монографія / О. В. Диха, В. П. Свідерський, О. С. Дробот, Н. С. Машовець. – Хмельницький : ХНУ, 2021. – 178 с.

### **Додаткова**

7.Технологічне забезпечення підвищеної зносостійкості швидкорізальної сталі Р6М5 комбінованими методами поверхневого зміцнення: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.04 / Загребельний В.В.; Нац. авіаційний ун-т. – Київ, 2018. – 19 с.

8.Івашенко Є.В. Вплив комбінованої обробки електроіскрового легування з наступною лазерною обробкою на повітрі на властивості титанового сплаву VT1-0 / Є.В. Івашенко, І.В. Смоліна, Ю.М. Гаврилюк // Вісник КрНУ ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2012. - №6. – С. 17-21.

9.Закалов О.В. Основи тертя та зношування в машинах: навчальний посібник / О.В. Закалов, І.О. Закалов. – Тернопіль: ТНПУ ім. І. Пулюя, 2011. – 322 с.

Пастух І.М., Лук'янюк М. В., Курская В. О. Процес розмикання струму в установці для азотування в тліючому розряді з нестационарним живленням // Вісник ХНУ. – №5. – 2012. – Технічні науки. – С. 221-225.

10. Антипенко А. М., Белас О. М., Вотченко О. С. та ін. Основи трибології. Харків: ХНТУСГ, 2008. 342 с.

Dearnley PA (2017) Introduction to surface engineering. Cambridge University Press, Cambridge. <https://doi.org/10.1017/9781139031509>

11. Інженерія поверхні та реновація виробів: Матеріали 24-ї Міжнародної науково-технічної конференції, 26–27 червня 2024 р. – Київ: АТМ України, 2024. – 134 с.

#### **14 Інформаційні ресурси**

1 Модульне середовище для навчання. URL : <https://msn.khmnu.edu.ua/>

2 Електронна бібліотека університету. URL : [https://lib.khmnu.edu.ua/asp/php\\_f/page\\_lib.php](https://lib.khmnu.edu.ua/asp/php_f/page_lib.php)

3 Репозитарій ХНУ. URL : <https://library.khmnu.edu.ua/#>

4 Інженерія поверхні.

URL : <https://msn.khmnu.edu.ua/course/view.php?id=9002>