

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»  
Кафедра Технологія машинобудування

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан

“26” серпня 2025 року

## ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

OK7 ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ТА МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОНСТРУКЦІЙ  
(код і назва навчальної дисципліни)

освітня програма (спеціалізація) Технології машинобудування  
(назва освітньої програми)

спеціальність G9 Прикладна механіка  
(код і назва спеціальності)

галузь знань G Механічна інженерія  
(назва галузі знань)

ступінь вищої освіти другий (магістерський)

2025 рік

Програма з дисципліни «Дослідження фізичних та механічних властивостей конструкцій» спеціальності G9 Прикладна механіка, освітня програма (спеціалізація) – Технології машинобудування.

Розробник: Наталія ГОНЧАР, доцент кафедри технології машинобудування, к.т.н. доцент  
(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Програма погоджена:

Завідувач кафедри,  
на якій виконується освітній компонент

Сергій ДЯДЯ  
25.08. 2025 р.

Гарант освітньої програми

Павло ТРИШИН  
25.08. 2025 р.

Схвалено науково-методичною комісією машинобудівного факультету

Протокол від. 26.08 2025 року № 1

Голова науково-методичної комісії

Василь ГЛУШКО  
26.08 2025 р.

## Опис навчальної дисципліни

### Загальна характеристика

Обов'язковий освітній компонент	
Рівень вищої освіти	Другий
Ступінь вищої освіти	Магістр
Галузь знань	G Механічна інженерія
Спеціальність	G9 Прикладна механіка
Обмеження щодо форм навчання	Без обмежень

Найменування показників	Характеристика навчальної дисципліни	
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів	3	
Модулів	2	-
Семестр	1	1
Загальна кількість годин	105	
з них аудиторних:	36	8
<i>лекції</i>	24	6
<i>практичні</i>	-	-
<i>лабораторні</i>	12	2
<i>семінарські</i>	-	-
з них самостійної роботи:	69	97
Занять на тиждень	3	8
Індивідуальні завдання	-	
Форма контролю	іспит	
Курсова робота (проєкт) ( <i>загальний обсяг</i> )	-	

### 1. Мета навчальної дисципліни

**Мета дисципліни** – надання студентам цілісних знань та навичок щодо проведення необхідних експериментальних досліджень фізичних і механічних властивостей та якості поверхні деталей машин (такі як параметри шорсткості, наклепу, витривалості, залишкових напружень, мікро- та макроструктури тощо), їх ана-

лізу та вибору раціональних технологічних можливостей забезпечення найбільш сприятливих властивостей та параметрів деталей машин з точки зору підвищення їх експлуатаційних якостей.

## 2. Завдання вивчення дисципліни

**Завдання вивчення дисципліни «Дослідження фізичних та механічних властивостей конструкцій»** є підготовка висококваліфікованих фахівців, добре володіючих на сучасному рівні теоретичними основами використання фінішних методів в технологічному процесі обробки деталей для підвищення міцностної надійності, як параметру несучої здатності виробів.

## 3. Пререквізити і постреквізити навчальної дисципліни

Пререквізити – інформація про передумови вивчення цієї дисципліни для формування цілісної освітньої програми – наступні: теорія конструкційних матеріалів, матеріалознавство, деталі машин, технологічні основи машинобудування, теорія різання, технологія виготовлення деталей та складання виробів.

Знання, які студенти отримують при вивченні цієї дисципліни використовуються при виконанні магістерської роботи. Також ці знання студенти випускники зможуть використовувати для подальшої роботи на підприємствах машинобудівного профілю, для контрольних функцій та наукової діяльності.

## 4. Характеристика навчальної дисципліни

Дисципліна «Дослідження фізичних та механічних властивостей конструкцій» є однією з базових у теоретичній та практичній підготовці фахівця щодо проектування ефективних технологічних процесів (ТП) виготовлення деталей, складальних одиниць і виробів, використання прогресивних методів обробки, високопродуктивного технологічного обладнання та техніко-економічного обґрунтування прийнятих технологічних та технічних рішень.

Дисципліна «Дослідження фізичних та механічних властивостей конструкцій» є практично орієнтованим курсом для магістрів спеціальності «Прикладна механіка», який забезпечує засвоєння сучасних методів експериментального дослідження матеріалів та конструктивних елементів. Дисципліна формує практичні навички роботи з професійним обладнанням та методики оцінки параметрів властивостей деталей машин і конструкцій.

Перелік загальних компетентностей, яких набуває студент при вивченні дисципліни:

ЗК 1. Здатність виявляти, ставити та вирішувати інженерно-технічні та науково-прикладні проблеми.

ЗК 6. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК 8. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 10. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Перелік спеціальних (фахових) компетентностей, яких набуває студент при вивченні:

СК 1. Здатність застосовувати відповідні методи і ресурси сучасної інженерії для знаходження оптимальних рішень широкого кола інженерних задач із застосуванням сучасних підходів, методів прогнозування, інформаційних технологій та з урахуванням наявних обмежень за умов неповної інформації та суперечливих вимог.

СК 5. Здатність планувати і виконувати експериментальні дослідження, обробляти результати експерименту на основі використання сучасних інформаційних технологій та мікропроцесорної техніки, інтерпретувати результати натурних або модельних експериментів.

СК 9. Здатність визначати галузь застосування спеціальних технологій виготовлення деталей.

СК 11. Здатність прогнозувати параметри якості поверхні і поверхневого шару деталей машин після механічних та фінішних методів оброблення з метою забезпечення або підвищення експлуатаційних властивостей.

Очікувані результати навчання:

РН1. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання новітніх методів та методик проектування, аналізу і дослідження конструкцій в галузі машинобудування та суміжних галузях знань.

РН3. Застосовувати системи автоматизації для виконання досліджень та інженерного аналізу в машинобудуванні.

РН10. Вести пошук необхідної інформації в науково-технічній літературі, електронних базах та інших джерелах, засвоювати, оцінювати та аналізувати цю інформацію.

## 5. Програма навчальної дисципліни

***Модуль 1. Вступ. Загальні поняття та визначення. Експериментальні дослідження.***

**Тема 1 Якість поверхні. Основні показники якості. Підготовка проведення досліджень параметрів якості поверхні та фізико-механічних властивостей поверхневого шару.**

Поняття якості поверхні та точності обробки. Ідеальна та реальна поверхня. Поверхневий шар і його характеристики. Шорсткість - параметри Ra, Rz, Rmax, Sm, опорна довжина профілю. Хвилястість поверхні та її характеристики. Методи визначення шорсткості: візуальний, інструментальний, профілометричний. Вплив технологічних факторів на шорсткість. Методи зниження шорсткості.

Мета проведення експериментальних досліджень; натурні та лабораторні зразки; методики підготовки зразків та проведення досліджень параметрів якості поверхні,

напружено-деформованого стану деталей, властивостей поверхневого шару тощо. Зв'язок вищеназаних факторів з експлуатаційними властивості деталей машин.

Методи фінішної обробки та їх режими, що впливають на змінення вищеназаних параметрів, їх переваги та недоліки в технологічному, технічному, екологічному та економічному плані.

## **Тема 2 Фізико-механічний стан матеріалу поверхневого шару. Наклеп. Хімічний склад.**

Фізичні процеси в зоні різання. Пластична деформація та структурні зміни поверхневого шару. Наклеп - характеристики, методи визначення, косий шліф, градієнт наклепу. Його вплив на експлуатаційні властивості Мікротвердість та методи її вимірювання. Визначення глибини дефектного шару і досягнення серцевини матеріалу при вимірюванні мікротвердості на «косих» шліфах. Щільність дислокацій та дефекти кристалічної будови. Зміна хімічного складу поверхневого шару, сучасні методи.

Дослідницьке обладнання, контрольні пристрої тощо. Ознайомлення з нормативною документацією щодо зразків та проведення досліджень витривалості, шорсткості, мікротвердості тощо (зокрема ГОСТи та ДСТУ).

## **Тема 3. Методика збору та аналізу результатів досліджень. Залишкові напруження.**

Визначення кількості експериментів та кількості зразків в кожній партії; методика та послідовність проведення різноманітних експериментів; можливості автоматизації проведення експериментальних випробувань.

Оформлення протоколів випробувань на витривалість, досліджень мікротвердості, залишкових напружень, параметрів шорсткості тощо. Методи зменшення похибки експериментів; тензометрування.

Використання можливостей персональних комп'ютерів (ПК) і сучасних математичних комп'ютерних пакетів для прискорення проведення необхідних чисельних розрахунків та статистичної обробки отриманих результатів.

Класифікація залишкових напружень за Давиденковим (I, II, III роду). Методи визначення залишкових напружень: механічний (метод Давиденкова), рентгєнівський, оптичний, комп'ютерне моделювання. Пристрій ПИОН-1/2 для дослідження залишкових напружень. Епюри розподілу залишкових напружень. Вплив на експлуатаційні характеристики деталей.

## ***Модуль 2. Практичне забезпечення проведення експериментальних досліджень***

### **Тема 4. Реєстрація, обробка та аналіз результатів досліджень. Основні характеристики опору втомленості при періодичному навантаженні.**

Контроль за проведенням експерименту та реєстрація отриманих даних; визначення моменту зародження тріщини під час випробувань зразків на втомленість; вібропереміщення, віброприскорення. Поняття втомленості та опору втомленості. Етапи втомного руйнування. Малоциклова та багатоциклова втома. Циклічна довговічність. Крива втомленості (крива Веллера). Границя витривалості. Базове чис-

ло циклів. Фактори, що впливають на витривалість. Живучість конструкцій.

Розрахунки для отримання різноманітних залежностей: діагональ відбитку – мікротвердість – параметри наклепу; глибина та значення залишкових напружень із стрічки заміру прогину зразка; параметри шорсткості з профілограми; величини циклічних напружень з амплітуди коливань; відсоток площини, що займає фаза – з діагоналі або діаметру дискретних часток фази тощо.

Графічне представлення (візуалізація) результатів досліджень: отримання кривої втомленості, епюр залишкових напружень та інших залежностей в графічному виді. Отримання математичних залежностей після проведення статистичної обробки результатів досліджень; їх аналіз та систематизація в залежності від поставленої мети.

Використання сучасного комп'ютерного забезпечення для розрахунків, замірів, креслень та отримання графіків та таблиць.

### **Тема 5. Фазовий склад. Дослідження зломів матеріалів.**

Мікроструктура металів та сплавів. Методи дослідження мікроструктури: оптична металографія, електронна мікроскопія (РЕМ, ПЕМ), рентгеноструктурний аналіз. Підготовка металографічних шліфів. Травлення та декорування зразків. Автоматичний аналіз зображень. Фази, їх параметри та кількісні характеристики, їх визначення. Фрактографія - дослідження зломів матеріалів. Типи рельєфу поверхні руйнування.

### **Тема 6. Трибологічні властивості поверхневого шару.**

Основи трибології. Тертя, зношування та змащування. Механізми зношування. Методи дослідження трибологічних властивостей. Випробування на тертя та зношування. Вплив шорсткості, мікротвердості та інших факторів на трибологічні характеристики. Методи підвищення зносостійкості поверхонь.

Кожна тема включає теоретичну частину та відповідні лабораторні роботи для практичного засвоєння методів дослідження фізичних та механічних властивостей конструкцій.

## 6. Орієнтовний розподіл навчального часу

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		лк	пр	лаб	інд	с.р.		лк	пр	лаб	інд	с.р.
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>
<b>Модуль 1. Вступ. Загальні поняття та визначення. Експериментальні дослідження</b>												
Тема 1. Якість поверхні. Основні показники якості. Підготовка проведення досліджень параметрів якості поверхні та фізико-механічних властивостей поверхневого шару	20	4	–	2	–	14	20	2	–	–	–	18
Тема 2. Фізико-механічний стан матеріалу поверхневого шару. Наклеп. Хімічний склад	20	4	–	2	–	14	20	–	–	–	–	20
Тема 3. Методика збору та аналізу результатів досліджень. Залишкові напруження	15	4	–	2	–	9	15	2	–	–	–	13
Разом за змістовим модулем 1	55	12	–	6	–	37	55	4	–	–	–	51
<b>Модуль 2 Практичне забезпечення проведення експериментальних досліджень</b>												
Тема 4. Реєстрація, обробка та аналіз результатів досліджень. Основні характеристики опору втомленості при періодичному навантаженні	20	6	–	2	–	12	20	–	–	2	–	18
Тема 5. Фазовий склад. Дослідження зломів матеріалів	15	4	–	2	–	9	15	2	–	–	–	13
Тема 6. Трибологічні властивості поверхневого шару	15	2	–	2	–	11	15	–	–	–	–	15
Разом за модулем 2	50	12	–	6	–	32	50	2	–	2	–	46
Усього	105	24	–	12	–	69	105	6	–	2	–	97

### 7. Види навчальних занять та їх орієнтовний зміст

№ з/п	Тема	Вид занять	Орієнтовний зміст
1	Дослідження параметрів шорсткості поверхні плоских лабораторних зразків	<i>лабораторна</i>	Отримання та аналіз профілограм поверхні зразків, визначення основних характеристик шорсткості обробленої поверхні, аналіз отриманих результату коефіцієнта технологічної концентрації напружень
2	Визначення параметрів наклепу шляхом вимірювання мікротвердості «косого» шліфа	<i>лабораторна</i>	Робота з мікротвердоміром ПМТ-3 та визначення масштабу збільшення, методика виготовлення та дослідження «косого» шліфа, визначення основних параметрів наклепу поверхні, обробленої різними фінішними методами, побудова залежностей мікротвердості та наклепу по глибині поверхневого шару, аналіз отриманих результатів, розробка технологічних рекомендацій.
3	Дослідження напруженого стану поверхневого шару	<i>лабораторна</i>	Метод Давіденкова поширюючого зтравлювання на приборі ПИОН-2, підготовка зразків, побудова епюр залишкових напружень по глибині поверхневого шару партій зразків, оброблених різними зміцнювальними методами, аналіз отриманих результатів, технологічні рекомендації.
4	Визначення параметрів витривалості плоских лабораторних зразків з конструктивним концентратором напружень	<i>лабораторна</i>	Випробування на втомленість методом "сходинок" на стенді ВЭДС-100, тарування зразків та визначення напружень в небезпечному перерізі, розрахунок коефі-

			цієнтів лівої частини кривої втомленості, визначення границі витривалості для базової кількості циклів $2 \times 10^7$ , побудова кривих втоми різних партій зразків, оброблених різними зміцнювальньо-оздоблювальними методами аналіз отриманих результатів.
5	Дослідження мікроструктури поверхонь зразків та зломів матеріалів деталей після експлуатації та зразків після досліджень на втомленість	<i>лабораторна</i>	Аналіз структури поверхонь при різних оптичних збільшеннях, дослідження морфології $\gamma'$ -фази в жароміцних сплавах, визначення параметрів (підрахунок умовного вмісту фази) і порівняння мікроструктури поверхні, обробленої різними фінішними методами; фрактографічний аналіз поверхонь руйнування, визначення механізмів та причин руйнування деталей.
6	Дослідження трибологічних параметрів поверхневого шару	<i>лабораторна</i>	Випробування на зношування за схемою "диск-колодка", визначення коефіцієнтів тертя при різних навантаженнях та швидкостях, побудова залежностей інтенсивності зношування від параметрів режиму, аналіз отриманих результатів.
7	Технологічні методи фінішної обробки: полірування, доводка, суперфініш, віброабразивна та віхрєва обробка, дробострумова та піскоструминна, обробка в псевдозрідженому шарі абразиву (ПСА), гідро- та	<i>самостійна</i>	Ознайомлення з різноманітними фінішними оздоблювальньо-зміцнювальними методами обробки деталей машин. Класифікація та характеристики методів поверхневої обробки. Переваги та недоліки кожного методу з точки зору вивчених влас-

	пневмо-струмова обробка, ультразвукове зміцнення (УЗЗ), алмазне вигладжування та вигладжування роликми тощо.		тивостей поверхні та поверхневого шару. Можливості кожного методу при обробці важкооброблюваних матеріалів, жароміцних нікелевих та титанових сплавів, корозійностійких та жаростійких сталей. Комплексна обробка деталей.
8	Прискорені методи дослідження. Масштабний фактор тощо.	<i>самостійна</i>	Теоретичні основи прискорених випробувань. Масштабний фактор та його вплив на властивості матеріалів. Кореляційні залежності між лабораторними та експлуатаційними даними.
9	Математичні методи статистичної обробки. Параметри статистичних розрахунків результатів експериментальних досліджень. Середньоквадратичне відхилення (СКО). Особливості аналізу отриманих результатів для визначення послідовності технологічних методів в фінішній частині технологічного процесу виготовлення деталей машин, що потребують особливих властивостей поверхневого шару.	<i>самостійна</i>	Ознайомитись з методами статистичного аналізу, параметрами, які характеризують правильність розрахунків. Вибір методів обробки, які забезпечують сприятливі властивості поверхні і поверхневого шару деталей машин.

## 8. Форми та методи контролю

Методами контролю є:

- письмовий контроль (тестування) з кожної теми;
- захист звітів про виконання лабораторних робіт;
- захист контрольних робіт (заочна форма навчання).

Іспит – тестове завдання в кінці семестру.

## 9. Критерії оцінювання результатів навчання

### Критерії оцінювання

Поточне тестування та самостійна робота						Підсумковий тест (іспит)	Сума
модуль 1			модуль 2				
T1	T2	T3	T4	T5	T6	60	100
10	10	5	5	5	5		

T1, T2 ... T6 – теми занять.

## 10. Політика курсу

Під час навчання студенти зобов'язані дотримуватися академічної доброчесності:

- самостійно виконувати навчальні завдання, завдання поточного та підсумкового контролю;
- дотримуватися норм законодавства про авторське право;
- приймати активну участь у навчальному процесі;
- не запізнюватися на заняття, не пропускати заняття без поважних причин;
- самостійно і своєчасно вивчати матеріал пропущеного заняття;
- давати достовірну інформацію про результати власної навчальної діяльності.
- бути терпимим і доброзичливим до однокурсників та викладачів.

Щоб мати доступ до навчально-методичних розробок курсу необхідно мати особистий доступ до університетської навчальної платформи Moodle.

Додатково для комунікації із студентами викладачем організовується група в соцмережах Вайбер / Телеграм.

## 11. Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Дослідження фізичних та механічних властивостей конструкцій» для студентів спеціальності G9 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» галузі знань G «Механічна інженерія» всіх форм навчання / Укл.: Гончар Н.В., Кондратюк Е.В. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025. – 35 с.

2. Тексти (конспект) лекцій з дисципліни «Дослідження фізичних та механічних властивостей конструкцій» для студентів спеціальності G9 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. Е.В. Кондратюк, Н.В. Гончар, – НУ «Запорізька політехніка», 2025. – 59 с.

3. Методичні рекомендації до самостійної роботи з вивчення дисципліни «Дослідження фізичних та механічних властивостей конструкцій» для студентів спеціальності G9 «Прикладна механіка» освітньої програми «Тех-

нології машинобудування» галузі знань G «Механічна інженерія» всіх форм навчання / Укл. Н.В. Гончар, Е.В. Кондратюк – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2025. – 21 с.

## 12. Перелік навчальної, наукової та довідкової літератури

1. Гаврилюк В. Г., Кукляк М. Л. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання. Навчальний посібник для студентів механічних та машинобудівних спеціальностей. К : УМКВО, 1990. - 210 с.
2. Бучинський М.Я., Горик О.В., Чернявський А.М., Яхін С.В. Основи творення машин. Харків : Вид-во «НТМТ», 2017. - 448 с.
3. Опір матеріалів. Підручник /Г. С. Писаренко, О. Л. Квітка, Е. С. Уманський. За ред. Г. С. Писаренка - К.: Вища школа, 1993.
4. Pohanish, Richard P., and Christopher J. McCauley, eds. Machinery's Handbook Pocket Companion. Industrial Press Inc., 2000. - 352 p.
5. Musa, Hamldon. "Manufacturing engineering and technology." Pearson, 2009. - 1197 p.
6. Advances on mechanics, design engineering and manufacturing proceedings. Lecture notes in mechanical eEngineering. Springer International Publishing, 2016. - 1208 p.
7. Shajer, Gary S. Practical residual stress measurement methods. Wiley, 2013.
8. Colás, Rafael, and George E. Totten, eds. Encyclopedia of iron, steel, and their alloys (Online version). CRC Press, 2016.
9. Dr. Mark Krieg. Chemical, thermal or mechanical processes. International Surface Technology. 2008. №1. P. 52-54.
10. ДСТУ 2860–94 Надійність техніки. Терміни та визначення.
11. ДСТУ 2413-94 Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні. Терміни та визначення.
12. ДСТУ ISO 4287:2012 Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Структура поверхні. Профільний метод. Терміни, визначення понять і параметри структури.
13. ДСТУ ISO 6507-1:2007 Матеріали металеві. Визначення твердості за Віккерсом. Метод випробування.
14. ДСТУ 2494-94 Метали. Оброблення зміцнювальне. Терміни та визначення.
15. ДСТУ 2824-94 Розрахунки та випробування на міцність. Види і методи механічних випробувань. Терміни та визначення.
16. ДСТУ 2825-94 Розрахунки та випробування на міцність. Терміни та визначення основних понять.
17. ДСТУ 2823-94 "Зносостійкість виробів. Тертя, зношування та мащення. Терміни та визначення".
18. ДСТУ 7787:2015 "Забезпечення зносостійкості виробів. Метод випробування матеріалів на зношування під час фретингу та фретинг-корозії".

19. ДСТУ 2860-94 "Надійність техніки. Терміни та визначення".
20. ДСТУ 2962-94 "Організація промислового виробництва".
21. ISO 4287:1997/Cor 1:1998, IDT + ISO 4287:1997/Cor 2:2005, IDT).
22. ISO 468:1982 Surface roughness - Parameters, their values and general rules for specifying requirements.

### **13. Рекомендовані інформаційні джерела**

1. Шорсткість поверхонь. Техніка [Електронний ресурс] / [https://stud.com.ua/72514/tehnika/shorstkist\\_poverhon#goog\\_rewarded](https://stud.com.ua/72514/tehnika/shorstkist_poverhon#goog_rewarded) – Назва з екрану.
2. Загальні відомості про напруження і деформації. Ukraineana [Електронний ресурс] / <https://www.scribub.com/limba/ucraineana/52748.php> – Назва з екрану.
3. Розрахунок на опір втомі. [Електронний ресурс] / <http://bcoreanda.com/ShowObject.aspx?ID=109> – Назва з екрану.