

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**

Кафедра «Металорізальні верстати та інструменти»  
(найменування кафедри, яка відповідає за дисципліну)

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Декан \_\_\_\_\_

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025\_\_ року

**ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

ВКПП01 «Дослідження та випробування механічних систем»  
(шифр за відповідною освітньою програмою та назва навчальної дисципліни)

освітня програма (спеціалізація) Металорізальні верстати та системи  
(назва освітньої програми (спеціалізації))

спеціальність 133 Галузеве машинобудування  
(код і найменування спеціальності)

галузь знань 13 «Механічна інженерія»  
(код і найменування галузі)

ступінь вищої освіти магістр  
(назва ступеня вищої освіти)

2025\_\_ рік

програма з дисципліни « Дослідження та випробування механічних систем»  
(назва навчальної дисципліни)

спеціальності 133 Галузеве машинобудування,  
(код і найменування спеціальності)

освітня програма (спеціалізація) Металорізальні верстати та системи  
(назва освітньої програми (спеціалізації))

Розробник (и): Солоха В.В. доцент, канд.техн. наук, доцент  
(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Програма погоджена:

Завідувач кафедри М.В. Фролов  
 на якій виконується освітній компонент 2025

Гарант освітньої програми Михайло Фролов  
(і'мя прізвище) 2025

Схвалено науково-методичною комісією машинобудівного факультету  
(найменування факультету)

Протокол від « 26 » серпня 2025 року № 1

Голова науково-методичної комісії Василь Глушко  
(і'мя прізвище) 2025

## 1. Опис навчальної дисципліни

### Загальна характеристика

| <b>Обов'язковий освітній компонент</b> |                               |
|----------------------------------------|-------------------------------|
| Рівень вищої освіти                    | Другий (магістерський) рівень |
| Ступінь вищої освіти                   | Магістр                       |
| Галузь знань                           | 13 Механічна інженерія        |
| Спеціальність                          | 133 Галузеве машинобудування  |
| Обмеження щодо форм навчання           | Без обмежень                  |

| Найменування показників                      | Характеристика навчальної дисципліни |                       |
|----------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
|                                              | денна форма навчання                 | заочна форма навчання |
| Кількість кредитів                           | 6                                    |                       |
| Модулів                                      | 3                                    | -                     |
| Змістових модулів                            | 5                                    | -                     |
| Семестр                                      | 3                                    | 3                     |
| Загальна кількість годин                     | 180                                  |                       |
| з них аудиторних:                            | 58                                   | 6                     |
| лекції                                       | 30                                   | 4                     |
| практичні                                    | -                                    | -                     |
| лабораторні                                  | 28                                   | 2                     |
| семінарські                                  | -                                    | -                     |
| з них самостійної роботи:                    | 122                                  | 174                   |
| Занять на тиждень на тиждень                 | 4                                    | 6                     |
| Індивідуальні завдання                       |                                      |                       |
| Форма контролю                               | залік                                |                       |
| Курсова робота (проект)<br>(загальний обсяг) | -                                    |                       |

## **2. Мета навчальної дисципліни**

Метою вивчення дисципліни є вивчення методів дослідження механічних систем; способів експериментального дослідження та обладнання для його проведення; програмних методів дослідження та програмних продуктів для дослідження та опрацювання результатів дослідження.

## **3. Завдання вивчення дисципліни**

Основне завдання навчальної дисципліни є засвоєння основних принципів планування та проведення експерименту; вивчення основних фізичних принципів побудови чутливих елементів для проведення дослідження; напрацювання умінь проведення досліджень та випробувань металообробних верстатів.

## **4. Пререквізити і постреквізити навчальної дисципліни**

Пререквізити:

Вища математика;

Фізика;

Електротехніка і електроніка;

Металообробне обладнання.

## **5. Характеристика навчальної дисципліни**

Загальні компетентності:

ЗК1. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ЗК3. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

ЗК8. Здатність приймати обґрунтовані рішення;

Здатність проведення досліджень на відповідному рівні

Фахові компетентності:

ФК1. Здатність створювати, удосконалювати і застосовувати кількісні математичні, наукові і технічні методи та комп'ютерні програмні засоби, застосовувати системний підхід до розв'язання інженерних задач галузевого машинобудування, зокрема в умовах технічної невизначеності;

ФК2. Критичне осмислення передових для галузевого машинобудування наукових фактів, концепцій, теорій, принципів та здатність їх застосовувати для розв'язання складних задач галузевого машинобудування і забезпечення сталого розвитку;

ФК7. Здатність виконувати науково-практичні та прикладні дослідження в машинобудівній галузі.

ФК8. Здатність визначати критерії оптимальності, обмеження, фактори та моделі при пошуку оптимальних рішень та вирішувати задачі оптимізації чисельними методами; забезпечувати та підвищувати надійність виробів – в тому числі при вирішенні питань якості продукції.

ФК10. Здатність визначати техніко-економічну ефективність машин, процесів, устаткування й організації галузевого машинобудування та їхніх складників на основі застосовування аналітичних методів і методів комп'ютерного моделювання.

Очікувані програмні результати навчання:

РН1. Знання і розуміння засад технологічних, фундаментальних та інженерних наук, що лежать в основі галузевого машинобудування відповідної галузі;

РН4. Здійснювати інженерні розрахунки для вирішення складних задач і практичних проблем галузевого машинобудування;

РН10. Розуміти необхідність прийняття оптимальних рішень при вирішенні задач галузевого машинобудування; вміти формулювати критерії оптимальності, створювати, використовувати, аналізувати та досліджувати оптимізаційні моделі; здійснювати оптимізацію чисельними методами, в тому числі при вирішенні питань якості продукції. Вміти аналізувати, забезпечувати та поліпшувати експлуатаційні характеристики об'єктів та процесів галузевого машинобудування задля забезпечення їх надійності.

РН11. Здатність вибирати теоретичні та практичні методи дослідження, відповідні методи аналізу, застосовувати моделі та методи моделювання й виводити на передовий рівень рішення складних завдань і проблем в науково-дослідних та/або інноваційних сферах. Збирати і виражати наукову і спеціалізовану інформацію, використовуючи актуальні інформаційно-комунікаційні технології і пошукові системи.

## **1. Зміст навчальної дисципліни**

### **Змістовий модуль 1. Принципи планування експерименту**

Тема 1. Основні принципи планування експерименту.

Тема 2. Види математичних моделей в експерименті.

### **Змістовий модуль 2. Повний факторний експеримент**

Тема 3. Повний факторний експеримент. Властивості повного факторного експерименту.

Тема 4. Проведення експерименту. Обробка результатів експерименту.

### **Змістовий модуль 3. Техніка для проведення експериментів**

Тема 1. Вимірювальна техніка. Чутливі елементи для вимірювальних перетворювачів

Тема 2. Вимірювання механічних коливань.

### **Змістовий модуль 4. Дослідження металообробних верстатів**

Тема 3. Випробування і дослідження металорізальних верстатів.

Тема 4. Дослідження точності позиціонування верстатів. Умови проведення та розрахунок показників (iso 210-1,2).

Тема 5. Аналіз та оцінка динамічних характеристик верстатів

### **Змістовий модуль 5. Використання комп'ютерних програм для обробки даних експерименту.**

Тема 1. Численні методи розв'язання диференціальних рівнянь.

Тема 2. Система інженерного аналізу "ANSUS"

Тема 3. Робота в системі ANSYS.

## 2. 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</b>                                                                    |                 |              |          |          |          |          |              |              |           |           |           |           |
| <b>Змістовий модуль 1.1 Принципи планування експерименту</b>                       |                 |              |          |          |          |          |              |              |           |           |           |           |
| Тема 1. Основні принципи планування експерименту                                   | 18              | 2            |          |          |          | 16       | 18           | 2            |           |           |           | 16        |
| Тема 2. Види математичних моделей в експерименті.                                  | 18              | 2            |          |          |          | 16       | 18           |              |           |           |           | 18        |
| Разом за змістовим модулем 1                                                       | 36              | 4            |          |          |          | 32       | 36           |              |           |           |           | 34        |
| <b>Змістовий модуль 1.2 Повний факторний експеримент</b>                           |                 |              |          |          |          |          |              |              |           |           |           |           |
| Тема 3. Повний факторний експеримент. Властивості повного факторного експерименту. | 16              | 4            |          |          |          | 12       | 16           |              |           |           |           | 16        |
| Тема 4. Проведення експерименту. Обробка результатів експерименту.                 | 20              | 4            |          | 6        |          | 10       | 20           | 2            |           |           |           | 18        |
| Разом за змістовим модулем 2                                                       | 36              | 8            |          | 6        |          | 22       | 36           | 2            |           |           |           | 34        |
| <b>МОДУЛЬ 2</b>                                                                    |                 |              |          |          |          |          |              |              |           |           |           |           |
| <b>Змістовий модуль 3 Техніка для проведення експериментів</b>                     |                 |              |          |          |          |          |              |              |           |           |           |           |
| Тема 5. Вимірювальна техніка. Чутливі елементи для вимірювальних перетворювачів    | 22              | 2            |          | 4        |          | 16       | 22           |              |           |           |           | 22        |
| Тема 6. Вимірювання механічних коливань                                            | 14              | 2            |          |          |          | 12       | 14           |              |           |           |           | 14        |
| Разом за змістовим модулем 3                                                       | 36              | 4            |          | 4        |          | 28       | 36           |              |           |           |           | 36        |
| <b>Змістовий модуль 4 Дослідження металообробних верстатів</b>                     |                 |              |          |          |          |          |              |              |           |           |           |           |

|                                                                                                              |            |           |  |   |  |    |            |          |  |          |  |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|--|---|--|----|------------|----------|--|----------|--|------------|
| Тема 7. Випробування і дослідження металорізальних верстатів                                                 | 16         | 4         |  | 4 |  | 8  | 16         | 2        |  | 2        |  | 12         |
| Тема 8. Дослідження точності позиціювання верстатів. Умови проведення та розрахунок показників (iso 210-1,2) | 12         | 2         |  | 4 |  | 6  | 12         |          |  |          |  | 12         |
| Тема 9. Аналіз та оцінка динамічних характеристик верстатів                                                  | 8          | 2         |  |   |  | 6  | 8          |          |  |          |  | 8          |
| Разом за змістовим модулем 4                                                                                 | 36         | 8         |  | 8 |  | 20 | 36         | 2        |  | 2        |  | 32         |
| <b>МОДУЛЬ 3</b>                                                                                              |            |           |  |   |  |    |            |          |  |          |  |            |
| <b>Змістовий модуль 3.1 Використання комп'ютерних програм для обробки даних експерименту.</b>                |            |           |  |   |  |    |            |          |  |          |  |            |
| Тема 10. Численні методи розв'язання диференціальних рівнянь                                                 | 16         | 2         |  | 6 |  | 8  | 16         |          |  |          |  | 16         |
| Тема 11. Система інженерного аналізу "ANSUS"                                                                 | 10         | 2         |  |   |  | 8  | 10         |          |  |          |  | 10         |
| Тема 12. Робота в системі ANSYS                                                                              | 10         | 2         |  |   |  | 8  | 10         |          |  |          |  | 10         |
| Разом за змістовим модулем 5                                                                                 | 36         | 6         |  | 6 |  | 24 | 36         |          |  |          |  | 36         |
| <b>Усього годин</b>                                                                                          | <b>180</b> | <b>30</b> |  |   |  |    | <b>180</b> | <b>6</b> |  | <b>2</b> |  | <b>172</b> |

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

| № з/п | Тема                                                                        | Вид занять  | Орієнтовний зміст                                                                                                         |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Дослідження точності токарного верстата з ЧПК                               | лабораторні | Ознайомлення з методикою і засобами дослідження точності позиціонування токарного верстата з ЧПК шляхом експрес-перевірки |
| 2     | Випробування токарних верстатів на жорсткість                               | лабораторні | Ознайомлення з методикою вимірювання жорсткості вузлів токарних верстатів та побудовою графіків відтискання їх вузлів     |
| 3     | Виготовлення і градуювання термоелектричних термометрів (термопар)          | лабораторні | Ознайомлення з методами, засобами та технікою виміру температур, технологією виготовлення і градуювання термопар          |
| 4     | Розрахунок температурного поля і температурних деформацій шпинделя верстата | лабораторні | Ознайомлення з методикою розрахунків теплової поведінки шпинделя з використанням численних методів                        |
| 5     | Визначення теплопровідності стиків деталей верстатів                        | лабораторні | Ознайомлення з методикою і засобами дослідження теплопровідності контакту деталей металорізальних верстатів               |

### 4. Форми та методи контролю

Методами контролю є: усний контроль (усне опитування), письмовий, тестовий, програмований контроль, практична перевірка, а також методи самоконтролю і самооцінки.

### 5. Критерії оцінювання результатів навчання

Оцінювання здійснюється захистом студентами виконаних лабораторних робіт; проведення рубіжного контролю студентів у формі тестів.

Максимальна оцінка за лабораторну роботу – 5 балів. Мінімальна кількість балів, яка повинна бути набраною, щоб лабораторна робота була зарахованою – 3 бали, тобто 60% від максимальної кількості за одну роботу.

Виконавши і захистивши усі заплановані лабораторні роботи, студент може отримати максимально 25 балів ( $5 \cdot 5 = 20$ ), мінімальна кількість балів за лабораторні роботи 15 балів ( $5 \cdot 3 = 15$ ).

За тести рубіжного контролю та підсумкового контролю студент має можливість отримати 75 балів. Мінімальна кількість балів за тести повинна бути не меншою 45 балів, з тим, щоб підсумкова оцінка (бали за лабораторні роботи і за тест) була не меншою за 60 балів.

В разі, якщо студент не виконав і не захистив хоча б одну з запланованих лабораторних робіт, він не допускається до підсумкового (рубіжного) контролю.

### Шкала оцінювання студентів

| Сума балів за всі види навчальної діяльності | Оцінка ECTS | Оцінка за національною шкалою                              |                                                             |
|----------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
|                                              |             | для екзамену, курсового проекту (роботи), практики         | для заліку                                                  |
| 90 – 100                                     | A           | відмінно                                                   | зараховано                                                  |
| 85-89                                        | B           | добре                                                      |                                                             |
| 75-84                                        | C           |                                                            |                                                             |
| 70-74                                        | D           | задовільно                                                 |                                                             |
| 60-69                                        | E           |                                                            |                                                             |
| 35-59                                        | FX          | незадовільно з можливістю повторного складання             | не зараховано з можливістю повторного складання             |
| 0-34                                         | F           | незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни | не зараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни |

## **6. Політика курсу**

Відвідування лекцій чи відсутність на них, не оцінюється. Студентам доцільно відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання рубіжних і семестрового контрольних заходів. Відвідування лабораторних робіт є обов'язковим. У разі відсутності студента на лабораторній роботі, у тому числі і за станом здоров'я, йому необхідно пропущену роботу відпрацювати. Відпрацювання лабораторних робіт відбувається за розкладом викладача відповідно до його педагогічного навантаження. Звіт з лабораторних робіт захищається на останньому лабораторному занятті до початку заліку.

## **7. Методичне забезпечення**

1. Конспект лекцій з дисципліни “Дослідження та випробування механічних систем” для студентів спеціальності 133 “Галузеве машинобудування” за освітньою програмою “Металорізальні верстати та системи” /Укл. В.В. Солоха. - Запоріжжя: НУ“ЗП”, 2025. - с. 122

2. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Дослідження та випробування механічних систем” для студентів спеціальності 133 “Галузеве машинобудування” за освітньою програмою “Металорізальні верстати та системи” /Укл. В.В. Солоха. – Запоріжжя: НУ“ЗП”, 2025. – с.74.

3. Методичні вказівки до самостійної роботи студентів з вивчення дисципліни “Дослідження та випробування механічних систем” для студентів спеціальності 133 “Галузеве машинобудування” освітня програма “Металорізальні верстати та системи” всіх форм навчання /Укл. В.В. Солоха. – Запоріжжя: НУ“ЗП”, 2025. – с. 15

## **8. Перелік навчальної, наукової та довідкової літератури**

1. Астанін В. В. Дослідження та випробування механічних систем [Текст] : навчальний посібник / В. В. Астанін, Г. Й. Зайончковський, В. В. Солоха. – К.; НАУ, 2009 - 112 с.

2. Пальчевський Б.О. Дослідження технологічних систем (моделювання, проектування, оптимізація): Навч. посібник/ Б.О. Пальчевський. – Львів: Світ, 2001. – 232 с.

3. Струтинський В.Б. Математичне моделювання процесів і систем механіки: Підручник. - Житомир. ЖТУ. – 420 с. 2001 р.

4. Саленко О.Ф., Вакуленко С.В. Наукові дослідження складних технічних систем: навч. посібник. ч.1. для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / О.Ф. Саленко, С.В. Вакуленко. - Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 102 с.

5. Бойко І.А., Солоха В.В., Івченко Л.Й. Динамічний аналіз поворотного стола 5-координатного обробного центру. Вісник чернігівського державного технологічного університету. № 1 (71), 2014, стор. 134-143.

6 Температурні вимірювання: довідник / О.А. Геращенко, А.Н. Гордов, А.К. Єрьоміна, і інші; під ред. О.А. Геращенко. – К.: Наукова думка, 1999. - 704 с.

7. Метрологія та вимірвальна техніка: підручник / Є.С. Поліщук, М.М. Дорожовець, В.О. Яцук, та інші; - 2-е вид., доп. та перероб. - Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2012. – 544 с.

8. Montgomery, Douglas C. Design and analysis of experiments / Douglas C. Montgomery. — Ninth Edition. John Wiley & Sons, Inc. – 2017. - 749 p.

([https://www.researchgate.net/publication/362079778\\_Design\\_and\\_Analysis\\_of\\_Experiments\\_9th\\_Edition](https://www.researchgate.net/publication/362079778_Design_and_Analysis_of_Experiments_9th_Edition)).

9. Zienkiewicz O.C. and Taylor R.L. The Finite Element Method. First edition. V. 1: The Basis/ Zienkiewicz O.C., Taylor R.L. Butterworth-Heinemann, Oxford, 2000. – 708 p.

### **9. Рекомендовані інформаційні джерела**

10. Bernhard F. Handbuch der Technischen Temperaturmessung. Herausgeber F. Bernhard. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014 – 1631 p. <https://www.pdfdrive.to/dl/handbuch-der-technischen-temperaturmessung>

11. Analysis of Dynamic Characteristics and Evaluation of Dynamic Stiffness of a 5-Axis Multi-tasking Machine Tool by using F.E.M and Exciter Test. International Conference on Smart Manufacturing Application. April. 9-11, 2008. p. 565-569. <https://ieeexplore.ieee.org/document/4505589>

doi: [10.1109/ICSMA.2008.4505589](https://doi.org/10.1109/ICSMA.2008.4505589)

12. A. Erturk, H.N. Özguven, E. Budak, Analytical modeling of spindle–tool dynamics on machine tools using Timoshenko beam model and receptance coupling for the prediction of tool point FRF. International Journal of Machine Tools & Manufacture 46 (2006) 1901–1912

<https://www.sciencedirect.com/journal/international-journal-of-machine-tools-and-manufacture/vol/46/issue/15>