

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05- 05.02/2/133.00.1/М /ОК 11-2024
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 1 2</i>

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**  
**для самостійної роботи**  
**з навчальної дисципліни**  
**«ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ НАУКОВИХ**  
**ДОСЛІДЖЕНЬ»**

для студентів освітнього рівня «Магістр»  
Спеціальність: 133 «Галузеве машинобудування»  
Освітньо-професійна програма «Галузеве машинобудування»  
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій,  
мехатроніки і робототехніки  
Кафедра механічної інженерії

Розробник:  
професор кафедри механічної інженерії,  
к.т.н., доц., ВИГОВСЬКИЙ Георгій

Житомир  
2024

**Виговський Г.М.** Методичні рекомендації для самостійної роботи з навчальної дисципліни «Експериментальні методи наукових досліджень» для студентів освітнього рівня «магістр» спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування». – Житомир: «Житомирська політехніка», 2024. –13 с.

Методичні рекомендації розроблено у відповідності до робочих навчальних програм дисципліни «Експериментальні методи наукових досліджень» та враховують сучасні вимоги щодо фахової підготовки магістрів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання.

Методичні рекомендації можуть бути використані студентами при підготовці магістерської роботи.

Розробник:  
к.т.н., доц., професор  
кафедри механічної інженерії

Виговський Георгій

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
ТЕМАТИКА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ.....	3
ПИТАННЯ ДО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ.....	5
ІНДИВІДУАЛЬНІ САМОСТІЙНІ ЗАВДАННЯ.....	9

## ВСТУП

**Мета вивчення дисципліни** «Експериментальні методи наукових досліджень» полягає в опануванні студентами методології проведення експериментів, їх планування та математичної обробки його результатів при виконанні науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт з метою підвищення продуктивності та якості обробки деталей.

**Завданнями вивчення навчальної дисципліни є:**

1. Вивчити сутність, та мету виконання наукових експериментів для процесів обробки деталей.

2. Отримати знання щодо методики проведення експериментів за призначенням об'єкта експерименту.

3. Набуття необхідних теоретичних знань з основ проведення експериментальних досліджень, методики обробки експериментальних даних; формування практичних навичок щодо використання статистично-математичних методів при проведенні наукових експериментів та розвиток у студентів креативного мислення в процесі розв'язування експериментальних задач.

## 1. ТЕМАТИКА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
<b>МОДУЛЬ 1</b>			
<i>Змістовий модуль 1. Мета та методологія експериментальних досліджень</i>			
1	<b>Основні відомості щодо організації та проведення науково-дослідної роботи</b> Види науково-технічного дослідження та їхня сутність. Дві основні стадії пізнання: теоретична та емпірична. Види наукових досліджень: фундаментальні та прикладні. Пошукові та тематичні фундаментальні дослідження. Ознаки прикладних досліджень. Загальнонауковий метод дослідження – експеримент, його визначення та мета. Методи емпіричного дослідження: спостереження, порівняння, експеримент, вимірювання, моніторинг. Експеримент, як планомірне	13	11

	<p>проведення спостереження, планомірна ізоляція та комбінація і варіювання умов з метою визначення залежних від них явищ. Стадії організації експерименту. Метод теоретичного дослідження – уявний експеримент. Моделювання, як універсальний метод наукового пізнання. Роль експериментальних досліджень у процесі пізнання людиною навколишнього світу. Поділ експериментів на натурні та модельні, активні та пасивні тощо. Основні означення та терміни.</p>		
2.	<p><b>Методи експериментального дослідження та основи експериментальної інформатики у машинобудуванні.</b>  Експеримент як спосіб створення бази даних. Відмінність від однофакторного експерименту багатофакторного, як методу всебічного дослідження об'єктів та процесів. Ефективність використання статистичних методів планування експерименту при дослідженні технологічних процесів. Характерні особливості процесу планування експерименту. Відмінності пасивних та активних експериментів. Найважливіші етапи постановки експерименту. Основні питання методології експериментальних досліджень. Експерименти природні та штучні, лабораторні та виробничі. Методологія експерименту: загальні принципи, структура, послідовність проведення. Основні етапи проведення експерименту. Розробка плану експерименту. Визначення мети і завдання експерименту, вибору варіюючих факторів, обґрунтування засобів вимірювання.</p>	11	15
3.	<p><b>Статистичні методи оцінки вимірювань.</b> Вимірювання, як основна складова частина будь-якого експерименту. Закономірності вимірювальних процесів: уміння правильно вимірювати величини, що досліджуються; оцінка похибок при вимірюваннях; обчислення значення величин з необхідною точністю; визначення найкращих умов вимірювань, при яких помилки будуть найменшими та виконання загального аналізу результатів вимірювань. Визначення абсолютних та відносних вимірювань. Систематичні та випадкові похибки. Теорія випадкових помилок при аналізі випадкових похибок. Інтервальна оцінка за допомогою довірчої вірогідності. Дисперсія та коефіцієнт варіації. Встановлення мінімальної кількості вимірювань. Методи графічного зображення результатів вимірювань. Методика проведення експерименту та послідовність випробувань.</p>	11	15
<b>МОДУЛЬ 2</b>			
<i>Змістовий модуль 2. Математичне планування оптимізаційних експериментів та їх обробка</i>			

4.	<b>Математичний метод планування експерименту.</b> Планування експерименту – процедура вибору числа і умов проведення дослідів необхідних і достатніх для вирішення поставленого завдання з необхідною точністю. Використання планування експерименту для пошуку оптимальних умов, інтерполяційних формул, вибору істотних чинників, оцінки і уточнення констант теоретичних моделей, вибору найсприятливіших з деякої множини гіпотез про механізм явищ, досліджень, діаграм склад – властивість тощо. Параметри оптимізації, фактори та їх рівні, математична модель, функція відгуку. Планування екстремального експерименту: вибір кількості та умов проведення дослідів, визначення параметру оптимізації. Вимоги до факторів експерименту.	11	15
5.	<b>Обґрунтування досліджуваного процесу.</b> Вибір моделі досліджуваного процесу. Геометричний аналог функції відгуку – поверхня відгуку. Використання простору фактору для знаходження параметра оптимізації. Побудова математичної моделі. Перевірка адекватності моделі експерименту. Мета виконання апроксимації функції, знаходження значень коефіцієнтів поліномів. Напрямок найшвидшого поліпшення параметра оптимізації – напрям градієнта. Вибір експериментальної області фактору простора. Вибір основних рівнів факторів та інтервалів варіювання.	9	15
6.	<b>Факторний експеримент.</b> Повний факторний експеримент. Матриця планування експерименту. Область експерименту. Геометрична інтерпретація повного факторного експерименту. Властивості повного факторного експерименту. Математична модель повного факторного експерименту. Визначення впливу факторів на параметр оптимізації за коефіцієнтами поліномів. Матриця планування експерименту без ефекту взаємодії факторів та з ефектом взаємодії. Застосування методу найменших квадратів для розрахунку коефіцієнтів поліномів. Розрахунок дисперсій адекватності. Дробовий факторний експеримент, його відмінності від повного факторного експерименту. Умовне позначення дробових реплік та число дослідів.	5	11
	<b>РАЗОМ</b>	60,0	82,0

## 2. ПИТАННЯ ДО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Табл. 2

№ п/п	Зміст питання
1.	Для вирішення яких задач технічної діагностики застосовують кореляційний метод?

2.	На чому базується спектральний або спектрально-кореляційний метод?
3.	Метод еталонних (типових) осцилограм застосовується для об'єктів у яких характерні які процеси?
4.	Що розраховують за силою $P_z$ ?
5.	Що розраховують за силою $P_y$ ?
6.	Що розраховують за силою $P_x$ ?
7.	Як зміниться сила $P_x$ зі зменшенням головного кута в плані?
8.	Як зміниться сила $P_y$ зі зменшенням головного кута в плані?
9.	Як зміниться сила $P_x$ зі збільшенням головного кута в плані?
10.	Який з факторів найбільше впливає на силу різання?
11.	Для чого необхідна тензометрія в машинобудуванні?
12.	Для чого у машинобудуванні використовують рентгенівські методи досліджень?
13.	Полярізаційно-оптичні методи досліджень базуються на вимірюванні механічних напруг у яких об'єктах?
14.	Що дозволяє визначити метод крихких покриттів?
15.	Що дозволяє визначити метод гальванічних покриттів?
16.	Індуктивні тензометри використовують для вимірювання деформацій при яких розмірах баз?
17.	На чому базується принцип роботи тензорезисторів?
18.	Для чого використовують п'єзоелектричні динамометри?
19.	Вимірювання пружно-пластичних деформацій у конструкціях виконують тензорезисторами із якою базою?
20.	Вимірювання пружно-пластичних деформацій конструкцій у зонах концентрації напруг виконують тензорезисторами із якою базою?
21.	Для чого застосовують емпіричний аналіз і синтез?
22.	Що є основним недоліком одно факторного експерименту?
23.	Що передбачає однофакторний експеримент?
24.	Чи є можливість при вивченні багатофакторної системи проводити ряд одно факторних експериментів та об'єднати їх?
25.	Чи придатні для практичного використання результати отримані при однофакторному експерименті для багатофакторних систем?
26.	Чи є доцільність використання статистичних методів планування експерименту для вивчення багатофакторних систем?
27.	Для аналізу чого використовують природні експерименти?
28.	В першу чергу штучні експерименти застосовують у яких науках або системах?
29.	Виробничі експериментальні дослідження мають на меті вивчити процес у яких умовах?
30.	Що є головною метою експериментальних досліджень?
31.	Як обираються варіючі фактори експерименту?
32.	Яка потрібна мінімальна кількість вимірювань при проведенні експериментів?

33.	Як називається вимірювання якщо вимірювана величина не змінюється?
34.	Якщо вимірювана величина змінюється як таке вимірювання називається?
35.	Як характеризується еталонне вимірювання?
36.	Як характеризуються відносні вимірювання?
37.	На що показує достовірність вимірювання?
38.	Коли виникають випадкові похибки?
39.	Для великої вибірки і нормального закону розподілу що є загальними оцінними характеристиками вимірювання?
40.	Якщо при побудові графіку декілька точок віддаляються від кривої що необхідно здійснити?
41.	Як називається об'єкт, на якому можливий активний експеримент?
42.	Якщо планування експерименту припускає активне втручання у процес і є можливість вибору в кожному досліді тих рівнів чинників, то такий експеримент називається?
43.	Що є параметром оптимізації?
44.	Яка назва безлічі значень, яких може набувати параметр оптимізації?
45.	Якщо фактор досліджень приймає одне або декілька значень, то такі значення називаються?
46.	Заміна однієї функції еквівалентною називається?
47.	Напрямок найшвидшого поліпшення параметра оптимізації моделі називається напрямом?
48.	Початкова точка для побудови плану експерименту називається?
49.	Якщо число факторів 4, які варіюються на двох рівнях, то кількість дослідів повного факторного експерименту складає?
50.	Якщо знак коефіцієнтів факторів плюс, то зі збільшенням значення фактора параметр оптимізації?
51.	Якщо знак коефіцієнтів факторів мінус, то зі збільшенням значення фактора параметр оптимізації?
52.	Якщо знак коефіцієнтів факторів плюс, то зі зменшенням значення фактора параметр оптимізації?
53.	Якщо знак коефіцієнтів факторів мінус, то зі зменшенням значення фактора параметр оптимізації?
54.	Для дробного (напіврепліка) факторного експерименту для 4 факторів кількість дослідів буде складати?
55.	Для дробного (напіврепліка) факторного експерименту для 5 факторів кількість дослідів буде складати?
56.	Для дробного (чвертьрепліка) факторного експерименту для 4 факторів кількість дослідів буде складати?
57.	Для дробного (чвертьрепліка) факторного експерименту для 5 факторів кількість дослідів буде складати?
58.	Для вимірювання осьової та радіальної складової сили різання які використовують динамометри?



59.	Для вимірювання швидкозмінних сил різання динамометри повинні мати в першу чергу які характеристики?
60	Перевірка адекватності моделі визначається за яким критерієм?
61	Для чого використовується метод часових інтервалів?
62	Для непрямого вимірювання зносу інструмента які можуть бути використані характеристики?
63	Як називається прилад для вимірювання сил різання?
64	На якому принципі засновані магнітопружні та індуктивні датчики?
65	Для досягнення малої інерційності частота власних коливань динамометра повинна бути?
66	Експеримент можна виконувати послідовною зміною факторів у межах однієї серії дослідів, або заміною фактора випадковим числом, в цьому випадку експеримент називається?
67	Найвища температура в зоні різання має місце у якій зоні різця?
68	Термоелектричний перетворювач - чутливий елемент, якій складається з двох електрично з'єднаних різнорідних металевих провідників (або напівпровідників) і перетворює значення контрольованої температури в ЕРС називається?
69	Провідники, які утворюють термопару та здатні генерувати максимально можливу термоЕРС і відрізняються стабільною відтворюваністю показників і тарувальною кривою, близькою до прямолінійної називаються?
70	Термопари, одним з термоелектродів яких є оброблюваний або інструментальний матеріал, називають?
71	При обробці металів різанням застосовуються термоелектроди (оброблюваний матеріал та матеріал інструмента) які утворюють?
72	За допомогою природної термопари вимірюється?
73	За допомогою цих термопар можна виміряти місцеву температуру у різці, виробі, деталях металорізального верстата, а також побудувати температурне поле, як всередині цих елементів, так і на їх поверхні. Як називаються ці термопари?
74	За допомогою перерізуваних термопар вивчають закономірність зміни температур на яких поверхнях інструмента?
75	Який метод використовують для вимірювання високих температур (більше 2000 °С) і забезпечення високої точності та стабільності результатів?
76	Вимірювально-обчислювальний комплекс, призначений для безконтактного одночасного вимірювання температури усіх точок поверхні об'єкта називається?
77	Які методи належать до непрямих засобів реєстрації температури в зоні різання?
78	Для дробного (напіврепліка) факторного експерименту для 5 факторів кількість дослідів буде складати?
79	Для дробного (напіврепліка) факторного експерименту для 5 факторів кількість дослідів буде складати?

80	Для дробного (чвертьрепліка) факторного експерименту для 6 факторів кількість дослідів буде складати?
81	Що є метою фундаментальних досліджень?
82	Мета прикладних досліджень?
83	Які існують методи емпіричних досліджень?
84	Мета уявних експериментів?
85	Сутність методу абстрагування при дослідженнях.
86	У чому сутність методів дослідження аналізу і синтезу?
87	Що являє собою метод моделювання?
88	Недоліки проведення однофакторних експериментів.
89	Чим пояснюється висока ефективність використання статистичних методів планування експерименту?
90	Різниця між проведенням пасивних та активних експериментів.
91	Послідовність етапів постановки експериментів для створення бази даних.
92.	Чим відрізняються природні та штучні експерименти?
93	Що є метою проведення виробничих експериментів?
94	Методологія експерименту передбачає які основні етапи?
95	Що є задачею планування експерименту?
96	З чого складається процедура вибору варіюючих факторів експерименту?
97	Процес знаходження якої-небудь фізичної величини дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів називається?
98	Як визначається похибка вимірювання?
99	Визначення точності вимірювання.
100	Які похибки виникають у процесі проведення експерименту?
101	Що характеризує дисперсія?
102	Який експеримент називається активним (керованим)?
103	Безліч значень, яких може набувати параметр оптимізації називається?
104	Простір, в якому будується поверхня відгуку називається?
105	Факторний експеримент, в якому реалізують всі можливі поєднання факторів називається?
106	На що вказують коефіцієнти при незалежних змінних експерименту?
107	Що представляє собою матриця планування експерименту?
108	Для перевірки гіпотези про адекватність можна використовувати критерій?
109	У чому відмінність повного факторного експерименту від дробового?
110	Перевірка значущості коефіцієнтів виконується за критерієм?

### 3. ІНДИВІДУАЛЬНІ САМОСТІЙНІ ЗАВДАННЯ

Індивідуальним самостійним завданням під час вивчення дисципліни «Експериментальні методи наукових досліджень» є вивчення основ планування

експерименту та освоєння методів складання плану-програми експерименту.

Виконання аналізу технології обробки деталей на обраному студентом підприємстві та прийняття рішення про необхідність оптимізації одної із операцій технологічного процесу.

Індивідуальне завдання повинно включати найменування теми дослідження, робочу гіпотезу, методику експерименту, перелік необхідних матеріалів, приладів, установок для виконання експерименту. У ряді випадків включають роботи по конструюванню і виготовленню приладів, апаратів, пристосувань.

Методика експерименту повинна містити систему прийомів або способів для послідовного найбільш ефективного експериментального дослідження, і включає: мету і задачі експерименту; вибір факторів варіювання; обґрунтування засобів і потрібної кількості вимірювань; опис проведення експерименту, обґрунтування способів обробки і аналізу результатів експерименту.

Визначення мети і задачі експерименту – один з найбільш важливих етапів. На основі аналізу інформації, гіпотези і теоретичних розробок необхідно обґрунтувати мету і задачі експерименту. Вся наукова інформація дозволяє в тому або іншому ступені судити про очікувані закономірності процесу, що вивчаються, а, отже, і визначити задачі експерименту.

У методиці детально проектують процес проведення експерименту. На початку складають послідовність (черговість) проведення операцій вимірювань і спостережень. Потім ретельно описують кожну операцію окремо з урахуванням вибраних засобів для проведення експерименту. Велику увагу приділяють методам контролю якості операцій, що забезпечують при мінімальній (раніше встановленому) кількості вимірювань високу надійність і задану точність.

Важливим етапом експерименту є вибір методів обробки і аналізу експериментальних даних. Результати експериментів повинні бути зведені в легкі для читання форми запису – таблиці, графіки, формули.

Особлива увага в методиці повинна бути приділена математичним методам обробки і аналізу дослідних даних – встановленню емпіричних залежностей, апроксимації зв'язків між варійованими характеристиками, знаходженню критеріїв і довірчих інтервалів тощо. На підставі проведених досліджень робляться висновки за проведеними експериментальними дослідженнями. Оформлення здійснюється у вигляді презентації, в якій відображаються всі етапи виконання роботи.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Абрамов В. І. Методологія системного підходу та наукових досліджень : навч.-метод. посібн. для самост. вивч. дисц. / В. І. Абрамов, В. Х. Арутюнов. - К. : КНЕУ, 2005. - 178 с.
2. Білуха М. Т. Методологія наукових досліджень : підручник / М. Т. Білуха. - К.: АБУ, 2002. - 480 с.
3. Бондаренко, Я. С., Кравченко С.В. Посібник до вивчення дисципліни «Статистичний аналіз даних»,. – Д: Ліра, 2018. – 40 с.

4. Важинський С.Е., Щербак Т.І. Методика та організація наукових досліджень : Навч. посіб. / С. Е. Важинський, Т.І. Щербак. – Суми: СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2016. – 260 с.

5. Герич М.С., Синявська О.О. Математична статистика: навч. Посіб. Ужгород: ДВНЗ «УжНУ» Антонюк В. С., Полонський Л. Г., Аверченков В. І., Малахов Ю. , 2021. 146 с.

6. Грабченко А.І., Федорович В.О., Гаращенко Я.М. Методи наукових досліджень: Навч. посібник. – Х.: НТУ "ХП", 2009. – 142 с.

7. Методи наукових досліджень: Конспект лекцій / Д.В. Ломотько, А.Л. Обухова, О.В. Ковальова, Я.В. Запара. – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – 79 с.

8. Методи та засоби експериментальних досліджень: навч. посіб./Г.Б. Параска, Д.В. Прибега, П.М. Майдан. – Київ: Кондор-Видавництво, 2017. – 138 с.

9. Методика та організація наукових досліджень : Навч. посіб./ С. Е. Важинський, Т.І. Щербак. – Суми: СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2016. – 260 с.

10. Методичні вказівки «Статистична обробка експериментальних даних» до виконання практичних робіт з дисципліни «Методи аналізу та автоматизованої обробки даних» для студентів спеціальностей 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка», 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» / уклад. Івашко А.В., Лунін Д.О., Євсін А.В. – Харків : НТУ «ХП». – 2024. – 69 с.

11. Методичні вказівки до виконання розрахункових завдань «Методи планування експерименту в хімічній технології» за курсами математичного та комп'ютерного моделювання для студентів хімічних спеціальностей усіх форм навчання / уклад. Т. Г. Бабак, О.А. Голубкіна, Є.Д. Пономаренко. – Харків : НТУ «ХП», 2017. – 72 с.

12. Методологія наукових досліджень: навч. посіб. /. Київ: НТУУ «КП», 2015. 276 с.

13. Методологія наукових досліджень: Навч. Посіб./А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, В.Д. Кишенько. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2018.– 352 с.

14. Мокін Б. І., Мокін О. Б. Методологія та організація наукових досліджень : навчальний посібник / Вінниця: ВНТУ, 2014. 180 с.

15. Основи наукових досліджень [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Г. Г. Стрелкова, М. М. Федосенко, А. І. Замулко, О. С. Іщенко. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 120 с.

16. Основи наукових досліджень: Навч. посібник/Ю.С. Грищук. – Харків: НТУ «ХП», 2008. – 232 с.

17. Планування експерименту. Методичні вказівки до самостійної роботи з курсів «Основи наукових досліджень» та «Сучасні методи наукових досліджень в обробці тиском»: для студентів освітньої програми «Прикладна механіка» денної і заочної форми навчання / уклад. В.І. Кузьменко, А.О. Окунь. – Харків : НТУ «ХП», 2021. – 44 с.

18. Смирний М. Ф. Основи наукових досліджень : конспект лекцій для студентів усіх форм навчання за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / М. Ф. Смирний ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-

ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 111 с.

19. Холодов А.М., Руднєв В.К., Гарнець В.М. Технічні основи створення машин. – Київ: НМКВО. 1992. – 288 с.