



**Оцінка відповідності та забезпечення точності вимірювань**  
**Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)**

**Реквізити навчальної дисципліни**

<b>Рівень вищої освіти</b>	<i>Другий (магістерський)</i>
<b>Галузь знань</b>	<i>16 Хімічна та біоінженерія</i>
<b>Спеціальність</b>	<i>161 Хімічні технології та інженерія</i>
<b>Освітня програма</b>	<i>Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології</i>
<b>Статус дисципліни</b>	<i>Вибіркова</i>
<b>Форма навчання</b>	<i>очна(денна)/дистанційна/змішана</i>
<b>Рік підготовки, семестр</b>	<i>1 курс, весняний семестр</i>
<b>Обсяг дисципліни</b>	<i>5,0 кредитів (150 годин)</i>
<b>Семестровий контроль/ контрольні заходи</b>	<i>Екзамен</i>
<b>Розклад занять</b>	<i>4 години на тиждень (3 години лекцій+1 година практичних занять)</i>
<b>Мова викладання</b>	<i>Українська</i>
<b>Інформація про керівника курсу / викладачів</b>	<i>Лектор: <a href="https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/vizytky/Ploskonos-Victor-Grigorovych.html">https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/vizytky/Ploskonos-Victor-Grigorovych.html</a> Практичні /Семінарські: <a href="https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/vizytky/Ploskonos-Victor-Grigorovych.html">https://eco-paper.kpi.ua/pro-kafedru/vykladachi/vizytky/Ploskonos-Victor-Grigorovych.html</a></i>
<b>Розміщення курсу</b>	<i><a href="https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=4395">https://do.ipu.kpi.ua/course/view.php?id=4395</a></i>

**Програма навчальної дисципліни**

**1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання**

*Знання, набуті в процесі вивчення навчальної дисципліни, складуть основу розуміння основних аспектів оцінки відповідності продукції, принципів та методів вимірювання фізичних величин; оцінки за використання моделей стану складних технологічних систем виробництва паперу та картону, природи похибок, які виникають в процесі проведення експериментів, застосовування методів теорії похибок для аналізу випадкових явищ; розрахунку та розрахунку мінімально можливих похибок експериментальних досліджень в лабораторних та промислових умовах.*

*Предмет навчальної дисципліни «Оцінка відповідності та забезпечення точності вимірювань» – Основні аспекти оцінки відповідності продукції вимогам регламентів та державних стандартів, маркування продукції знаками відповідності вимогам ДСТУ та відповідальність за порушення обов'язкових вимог стандартів; державний контроль і нагляд за дотриманням обов'язкових вимог стандартів. Основні визначення, принципи та об'єкти стандартизації; мета і сутність стандартизації, роль стандартизації у підвищенні ефективності розвитку народного господарства, міжнародне співробітництво в сфері стандартизації; міжнародна стандартизація в ISO та IES. Вимірювані фізичні величини; принципи та методи вимірювань фізичних величин; основні поняття теорії ймовірностей та статистики; засоби вимірювальної техніки (ЗВТ), їх класифікація та призначення; метрологія*

та забезпечення єдності та точності вимірювань; метрологічна атестація ЗВТ: методи повірки (калібрування) ЗВТ; оцінка похибок у випадку багаторазових прямих вимірювань; відносні похибки; систематичні похибки, проблема об'єднання результатів різних вимірювань; оцінювання характеристик похибок та розрахунок невизначеності вимірювань; порівняльний аналіз двох підходів до визначення характеристик точності вимірювань; ідентифікація характеристик складних систем з використанням принципів самоорганізації та топологічного методу аналізу.

Для успішного вирішення завдань фахівці мають вільно володіти інформацією, вміти вирішувати складні задачі моделювання ситуацій на найвищому науковому рівні.

### **Мета навчальної дисципліни «Оцінка відповідності та забезпечення точності вимірювань»**

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів **компетентностей**:

– Здатність самостійно розробляти технологічні проекти шляхом творчого застосування існуючих та генерування нових ідей;

– Здатність організовувати і управляти хіміко-технологічними процесами в умовах промислового виробництва та в науково-дослідних лабораторіях з урахуванням соціальних, економічних та екологічних аспектів;

- Здатність доводити до фахівців та нефахівців знання та власні висновки.

1.2. Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни «**Оцінка відповідності та забезпечення точності вимірювань**», студенти після її засвоєння мають продемонструвати такі **програмні результати навчання**:

- Здійснювати у науково-технічній літературі, патентах, базах даних, інших джерелах пошук необхідної інформації з хімічної технології, процесів і обладнання виробництв хімічних речовин та матеріалів на їх основі, систематизувати, і аналізувати та оцінювати відповідну інформацію;

- Уміти доносити зрозуміло і недвозначно професійні знання, власні обґрунтування і висновки до фахівців і широкого загалу, презентувати власні та колективні технологічні, в тому числі інноваційні, проекти;

- Уміти аналізувати, аргументувати, приймати рішення на основі аналізу складних технологічних систем виробництва картонно-паперової продукції з використанням комп'ютерних технологій, базових положень теорії похибок, закономірностей нормального закону розподілу випадкових величин та відповідного математичного апарату теорії похибок.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Вивчення дисципліни «**Оцінка відповідності та забезпечення точності вимірювань**» базується на засадах інтеграції різноманітних знань, отриманих студентами протягом бакалаврату та 1-го семестру навчання в магістратурі під час вивчення дисциплін інженерно-технічного спрямування. Дисципліна «**Оцінка відповідності та забезпечення точності вимірювань**» є основою, що має забезпечити розв'язання технічних проблеми та спрямована на глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та професійної практики.

## **1. Зміст навчальної дисципліни**

### **РОЗДІЛ 1. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ В СКЛАДНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ**

#### **Тема 1 Принципи, методи та основні положення точності вимірювань**

Принципи і методи вимірювань фізичних величин. Основні поняття теорії ймовірностей та статистики. Неминучість похибок під час вимірювань та важливість знати похибки. Оцінка похибки при відліку зі шкали. Оцінка похибок у випадку багаторазових прямих вимірювань.

#### **Тема 2 Принципи моделювання технологічних систем для визначення точності вимірювань**

Поняття моделювання складних технологічних систем в інженерній і науковій діяльності. Об'єкт дослідження. Види параметрів оптимізації і вимоги до них. Вибір моделі. Регресійний аналіз - один з методів моделювання процесів. Основні терміни та поняття регресійного аналізу. Метод найменших квадратів. Складання системи нормальних рівнянь (множинна регресія). Статистична обробка рівнянь регресії. Кореляційний аналіз. Множинна лінійна кореляція.

#### **Тема 3 Принципи математичної самоорганізації складних технологічних систем**

Принципи математичної самоорганізації складних технологічних систем. Метод групового врахування аргументів (МГУА). Критерії максимальної інформативності та шумостійкості експерименту. Методика обробки результатів експериментальних досліджень.

#### **Тема 4 Основні аспекти забезпечення точності вимірювань в складних технологічних системах**

Найкраща оцінка  $\pm$  відхилення. Значущі цифри при визначенні відхилення. Відмінність між результатами вимірювань. Порівняння двох значень: вимірюваного і теоретично відомого. Порівняння двох вимірюваних значень. Множення двох вимірюваних значень.

#### **Тема 5 Теоретичні аспекти розроблення формул для розрахунку в процесі багаторазових вимірювань з випадковими відхиленнями**

Поняття випадкових та систематичних похибок. Визначення середнього значення і стандартного відхилення. Стандартне відхилення – як похибка одиничного виміру. Стандартне відхилення середнього.

Формули суми та різниці вимірюваних величин. Формули множення та ділення вимірюваних величин, множення вимірюваної величини на точне число. Формули піднесення вимірюваної величини до ступеня. Розроблення узагальнюючої формули розрахунку суми, різниці, добутку і частки вимірюваних величин. Формули розрахунку точності вимірювань за використання задовільної функції однієї змінної. Формули розрахунку точності методом "крок за кроком". Розроблення узагальнюючої формули для розрахунку точності вимірювань в непрямих вимірюваннях.

#### **Тема 6 Теоретичні аспекти Закону нормального розподілу статистичної величини**

Гістограми і розподіл випадкових величин. Граничний розподіл випадкових величин. Нормальний розподіл випадкової величини. Обґрунтування формул розрахунку похибок на базі закону нормального розподілу: стандартне відхилення як 68% довірчий інтервал; середнього як найкращої оцінки.

#### **Тема 7 Розроблення та обґрунтування розрахунку довірчого інтервалу вимірювань**

Формули розрахунку та обґрунтування довірчого інтервалу.

#### **Тема 8 Розроблення та обґрунтування формул для відсіювання та об'єднання результатів різних вимірювань**

Проблема відсіювання даних. Критерій Шовене. Проблема об'єднання результатів різних вимірювань. Поняття критерію  $\chi^2$ . Ступені свободи і приведені значення  $\chi^2$ . Ймовірності для  $\chi^2$ .

#### **Тема 9 Порівняльні характеристики методик оцінювання точності вимірювань на основі поняття невизначеності**

Загальні поняття і визначення поняття невизначеності. Приклад оцінювання характеристик похибки та розрахунок невизначеності вимірювань. Порівняльний аналіз двох підходів до визначення характеристик точності вимірювань.

## **РОЗДІЛ 2. МЕТРОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ**

**Тема 1 Сутність метрологічного забезпечення оцінки відповідності продукції. Завдання та функції метрологічного забезпечення точності вимірювань.**

Системи фізичних величин та їх одиниць. Принципи та методи вимірювань фізичних величин. Засоби вимірювальної техніки (ЗВТ), класифікація ЗВТ та їх призначення. Структура та параметри засобів вимірювальної техніки. Показники точності та форми подання результатів вимірювань. Структура та функції метрологічної служби України. Закон про метрологію: основні поняття та визначення.

**Тема 2 Основи єдності та точності вимірювань для забезпечення оцінки відповідності продукції**

Метрологічне забезпечення єдності та точності вимірювань. Державний метрологічний контроль і нагляд. Державна метрологічна служба підприємства. Метрологічне забезпечення вимірювань - як наукова основа єдності та точності вимірювань. Державний метрологічний контроль і нагляд.

**Тема 3 Забезпечення точності вимірювань на базі метрологічної атестації, повірки та калібрування засобів вимірювальної техніки**

Метрологічна атестація, повірка та калібрування засобів вимірювальної техніки (ЗВТ). Методи повірки ЗВТ. Метрологічна атестація засобів вимірювальної техніки. Методи повірки (калібрування). Повірочні схеми. Метрологічна повірка засобів вимірювальної техніки. Види метрологічних повірок. Організація і порядок проведення метрологічної повірки.

**Тема 4 Роль міжнародних організацій з метрологічного забезпеченням точності вимірювань**

Міжнародні організації з метрологічного забезпеченням вимірювань. Міжнародна організація мір і ваг. Міжнародна організація законодавчої метрологічного забезпеченням вимірювань. Регіональні організації з метрологічного забезпеченням вимірювань. Метрологічне забезпечення вимірювань в країнах Західної Європи. Метрологічне забезпечення вимірювань в США. Метрологічне забезпечення вимірювань в деяких країнах східної та центральної Європи.

Метрологічна експертиза технічної документації. Загальні положення та завдання метрологічної експертизи. Організація і порядок проведення метрологічної експертизи. Метрологічна експертиза конструкторської документації. Метрологічна експертиза технологічної документації.

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

### **Базова література**

1. Нестерчук Д.М., Квітка С.О., Галько С.В.. Основи метрології та засоби вимірювань: навчальний посібник / – Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2017. - 256 с.
2. Боженко Л.І. Метрологія, стандартизація, сертифікація та акредитація. – Львів: Афіша, 2016. - 324 с.
3. Василевський О. М., Кучерук В.Ю., Володарський Є.Т. Основи теорії невизначеності вимірювань : Підручник / – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 230 с.
4. Єрмілова Н.В., Кислиця С.Г. «Основи стандартизації та метрології" : Навчальний посібник / – Полтава: ПолтНТУ, 2017. - 141 с.

### **Додаткова література**

5. Закон України про метрологію та метрологічну діяльність, № 1765, м.Київ, 15 червня 2004 р.
6. ДСТУ 3410-96 Система сертифікації УкрСЕПРО. Основні положення.
7. Володарський Є.Т., Кухарчук В.В., Поджаренко В.О., Сердюк Г.Б. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю. Навч.посібник для студентів техн.спеціал. ВНЗ. – Вінниця:, Видав. Держ,Технічн.Університету, 2011.-220 с.
8. ДСТУ 3651.2-97 Метрологія. Одиниці фізичних величин. Основні одиниці фізичних величин. Міжнародні системи величин. Основні положення, назви та позначення.
10. Примаков СП., Барбаш В.А. Технологія паперу і картону. К.: ЕКМО, 2002.-396 с.
11. ДСТУ 2926-94 Системи якості. Комплекси керування якістю системні технологічні. Основні положення.

## Інформаційні ресурси в Інтернеті

Електронні ресурси з курсу «Оцінка відповідності та забезпечення точності вимірювань», а саме:

- *силабус кредитного модуля,*
- *методичні вказівки до виконання лабораторних практикумів та виконання самостійної роботи*

розміщено за адресою <http://www.eco-paper.kpi.ua/for-student>, а також у електронному кампусі

Асоціація українських підприємств целюлозно-паперової галузі "УкрПапір" - [ukrbum@naverex.kiev.ua](mailto:ukrbum@naverex.kiev.ua)

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Лекційні заняття

Лекційні заняття спрямовані на:

- надання сучасних, цілісних, взаємозалежних знань з дисципліни «Оцінка відповідності та забезпечення точності вимірювань», рівень яких визначається цільовою установкою до кожної конкретної теми;
- забезпечення в процесі лекції творчої роботи студентів спільно з викладачем;
- виховання у студентів професійно-ділових якостей і розвиток у них самостійного творчого мислення;
- формування у студентів необхідного інтересу та надання напрямку для самостійної роботи;
- визначення на сучасному рівні розвитку науки в області метрології та точності вимірювань;
- відображення методичної обробки матеріалу (виділення головних положень, висновків, рекомендацій, чітко і адекватне їх формулювання);
- використання для демонстрації наочних матеріалів, поєднання, по можливості їх з демонстрацією результатів досліджень;
- викладання матеріалів досліджень чіткою і якісною мовою з дотриманням структурно-логічних зв'язків, роз'яснення всіх нововведених термінів і понять;
- доступність для сприйняття даною аудиторією.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
1	<b>РОЗДІЛ 1. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ В СКЛАДНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ</b> <b>Тема 1 Принципи, методи та основні положення точності вимірювань</b> <i>Лекція № 1. Вимірювані фізичні величини. Принципи та методи вимірювань фізичних величин. Основні поняття теорії ймовірностей та статистики..</i> <i>Література: [5] с.12-19; [7] с.6-14; [8] с.5-17.</i> <i>Лекція № 2. Помилки – як похибки. Неминучість похибок. Як важливо знати похибки. Оцінка похибки при відліку зі шкали. Оцінка похибок у випадку багаторазових прямих вимірювань.</i> <i>Література: [1] с.10-23; [2] с.6-14, [3] с.7-19, [4] с.128-134.</i> <i>Завдання на СРС. Загальні положення та класифікація похибок. Принципи та методи вимірювань фізичних величин. Системи фізичних величин та їх одиниць. Показники точності та форми подання результатів вимірювання. Загальні положення та класифікація похибок. Загальні положення та класифікація похибок.</i>	2

2	<p><b>Тема 2 Принципи моделювання технологічних систем для визначення точності вимірювань</b></p> <p>Лекція № 3. Поняття моделювання складних технологічних систем в інженерній і науковій діяльності. Об'єкт дослідження. Види параметрів оптимізації і вимоги до них. Вибір моделі. Регресійний аналіз - один з методів моделювання процесів. Основні терміни та поняття регресійного аналізу. Метод найменших квадратів. Складання системи нормальних рівнянь (множинна регресія). Статистична обробка рівнянь регресії. Кореляційний аналіз.</p> <p>Література: [4] с. 65-82.</p> <p>Завдання на СРС. Множинна лінійна кореляція.</p>	2
3	<p><b>Тема 3 Принципи математичної самоорганізації складних технологічних систем</b></p> <p>Лекція № 4. Принципи математичної самоорганізації складних технологічних систем. Метод групового врахування аргументів (МГУА). Критерії максимальної інформативності та шумостійкості експерименту.</p> <p>Література: [4] с. 88-102.</p> <p>Завдання на СРС. Методика обробки результатів експериментальних досліджень.</p>	2
4	<p><b>Тема 4 Основоволожні аспекти забезпечення точності вимірювань в складних технологічних системах</b></p> <p>Лекція № 5. Найкраща оцінка <math>\pm</math> точність. Відмінність між результатами вимірювань. Порівняння двох значень: виміряного і теоретично відомого. Порівняння двох виміряних значень.</p> <p>Лекція № 6. Порівняння двох значень: виміряного і теоретично відомого. Порівняння двох виміряних значень.</p> <p>Лекція № 7. Відносні похибки. Значущі цифри у відносних похибках. Множення двох виміряних значень</p> <p>Література: [5] с.31-57; [7] с.23-54; [8] с.39-68.</p> <p>Завдання на СРС. Порівняння двох значень: виміряного і теоретично відомого. Порівняння двох виміряних значень.</p>	4
5	<p><b>Тема 5 Теоретичні аспекти розроблення формул для розрахунку в процесі багаторазових вимірювань з випадковими відхиленнями</b></p> <p>Лекція № 8. Похибки суми та різниці виміряних величин. Множення та ділення виміряних величин. Множення виміряної величини на точне число. Піднесення виміряної величини до ступеня.</p> <p>Лекція № 9. Незалежні похибки при обчисленні суми виміряних величин. Узагальнюючі формули розрахунку суми, різниці, добутку і частки виміряних величин при незалежних похибках.</p> <p>Лекція № 10. Похибки при використанні задовільної функції однієї змінної. Метод розрахунку похибки "крок за кроком". Загальна формула для розрахунку похибок в непрямих вимірюваннях.</p> <p>Лекція № 11. Випадкові та систематичні похибки. Середнє значення і стандартне відхилення.</p> <p>Лекція № 12. Стандартне відхилення – як похибка одиничного виміру. Стандартне відхилення середнього. Систематичні похибки для експериментальних досліджень в учбових лабораторіях.</p> <p>Література: [5] с.106-130, [10] с.54-72, [6] с. 88-101.</p> <p>Завдання на СРС. Загальні відомості про похибки в непрямих вимірюваннях. Розуміння похибок в непрямих вимірюваннях на прикладах. Принцип арифметичної середини. Визначення гарантійного інтервалу результатів вимірювань. Підсумовування похибок вимірювань. Похибки прямих рівноточних вимірювань. Обробка і оцінка точності рівноточних вимірювань. Стандартне відхилення середнього на прикладах.</p> <p>Література: [5] с.61-77; [7] с.63-85; [8] с.69-88.</p>	6

6	<p><b>Тема 6 Теоретичні аспекти Закону нормального розподілу статистичної величини</b></p> <p>Лекція № 13. Гістограми і розподіл випадкових величин. Граничний розподіл випадкових величин. Нормальний розподіл випадкової величини.</p> <p>Лекція №14. Стандартне відхилення як 68% довірчий інтервал. Обґрунтування середнього <math>\bar{x}</math> як найкращої оцінки та <math>\sigma</math> - ширини граничного розподілу.</p> <p>Лекція № 15. Обґрунтування розрахунку похибок в непрямих вимірюваннях. Обґрунтування стандартного відхилення середнього.</p> <p>Література: [5] с. 148-172; [7] с. 78-95.</p> <p>Завдання на СРС. Закон розподілу ймовірностей при багаторазових вимірюваннях. Випадкові величини. Використання елементів теорії ймовірностей до результатів вимірювань. Повторення випробувань – біноміальний розподіл. Квадратична сума похибок і її обґрунтування. Загальний випадок. Визначення середньої квадратичної похибки.</p> <p>Література: [5] с.136-155, [3] с.54-72, [10] с. 88-101.</p>	2
7	<p><b>Тема 7 Розроблення та обґрунтування розрахунку довірчого інтервалу вимірювань</b></p> <p>Лекція № 16. Розрахунок та обґрунтування довірчого інтервалу.</p> <p>Література: [6] с. 123-155; [7] с. 108-123.</p> <p>Завдання на СРС. Довірчі інтервали. Необхідна кількість вимірювань випадкової величини.</p>	2
8	<p><b>Тема 8 Розроблення та обґрунтування формул для відсіювання та об'єднання результатів різних вимірювань</b></p> <p>Лекція № 17. Проблема відсіювання даних. Критерій Шовене. Проблема об'єднання результатів різних вимірювань.</p> <p>Література: [5] с. 178-192; [13] с. 98-137.</p> <p>Завдання на СРС. Проблема відсіювання даних з використанням критерію Шовене на прикладах. Проблема об'єднання результатів різних вимірювань на прикладах.</p>	2
9	<p><b>Тема 9 Порівняльні характеристики методики оцінювання точності вимірювань на основі поняття невизначеності</b></p> <p>Лекція № 18. Поняття критерію <math>\chi^2</math>. Ступені свободи і приведені значення <math>\chi^2</math>. Ймовірності для <math>\chi^2</math>.</p> <p>Лекція № 19. Приклад розроблення типової методики виконання вимірювань для визначення масової долі каоліну у водній суспензії.</p> <p>Лекція № 20. Загальні поняття і визначення поняття невизначеності. Приклад оцінювання характеристик похибки та розрахунок невизначеності вимірювань. Порівняльний аналіз двох підходів до визначення характеристик точності вимірювань.</p> <p>Література: [6] с. 168-182.</p> <p>Завдання на СРС. Коефіцієнт лінійної кореляції. кількісний критерій значимості <math>r</math>. Порівняльний аналіз двох підходів до визначення характеристик точності вимірювань</p> <p>Література: [5] с. 198-222; [7] с. 218-141.</p>	2

10	<p align="center"><b>РОЗДІЛ 2. МЕТРОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ</b></p> <p><b>Тема 1 Сутність метрологічного забезпечення оцінки відповідності продукції. Завдання та функції метрологічного забезпечення точності вимірювань.</b></p> <p>Лекція № 21. Завдання та функції метрології. Закон про метрологію: основні поняття та визначення.</p> <p>Література: [1] с.10-23; [2] с.6-14, [3] с.7-19, [4] с.128-134.</p> <p>Завдання на СРС Принципи та методи вимірювань фізичних величин.</p> <p>Лекція № 22. Засоби виміральної техніки, їх класифікація та призначення. Структура та параметри засобів виміральної техніки.</p> <p>Література: [1] с.30-43; [2] с.16-34, [4] с.137-149, [14] с.28-44.</p> <p>Завдання на СРС Показники точності та форми подання результатів вимірювань.</p> <p>Лекція № 23. Структура та функції метрологічної служби України.</p> <p>Література: [1] с.48-63; [2] с.36-44, [4] с.152-164, [14] с.48-64.</p> <p>Завдання на СРС Закон про метрологію: основні поняття та визначення.</p>	5
4	<p><b>Тема 2 Основи єдності та точності вимірювань для забезпечення оцінки відповідності продукції</b></p> <p>Лекція № 24. Метрологія як наукова основа єдності та точності вимірювань. Державний метрологічний контроль і нагляд.</p> <p>Література: [2] с.48-66; [3] с.56-74, [4] с.166-184, [14] с.68-86.</p> <p>Завдання на СРС Державна метрологічна служба підприємства (організації).</p>	2
5	<p><b>Тема 3 Забезпечення точності вимірювань на базі метрологічної атестації, повірки та калібрування засобів виміральної техніки</b></p> <p>Лекція № 25. Метрологічна атестація засобів виміральної техніки. Методи повірки (калібрування). Повірочні схеми.</p> <p>Література: [2] с.68-96; [3] с.76-94, [4] с.186-199, [14] с.88-106.</p> <p>Завдання на СРС Метрологічна повірка засобів виміральної техніки. Види метрологічних повірок. Організація і порядок проведення метрологічної повірки.</p>	2
6	<p><b>Тема 4 Роль міжнародних організацій з метрологічного забезпеченням точності вимірювань</b></p> <p>Лекції № 26-27. Міжнародна організація з метрології. Міжнародна організація мір і ваг. Міжнародна організація законодавчої метрології. Регіональні організації з метрології. Метрологія в країнах Західної Європи. Метрологія в США. Метрологія в деяких країнах східної та центральної Європи.</p> <p>Література: [2] с.98-126; [3] с.96-124, [4] с.202-249, [14] с.108-136.</p> <p>Завдання на СРС Метрологічна експертиза технічної документації. Загальні положення та завдання метрологічної експертизи. Організація і порядок проведення метрологічної експертизи. Метрологічна експертиза конструкторської документації. Метрологічна експертиза технологічної документації.</p>	3
	<b>Всього</b>	<b>36</b>



## Практичні заняття

У системі професійної підготовки студентів по даній дисципліні практичні заняття займають 15 % аудиторного навантаження. Вони закладають і формують основи кваліфікації студентів. Зміст цих занять і методика їх проведення повинні забезпечувати розвиток творчої активності особистості. Вони розвивають наукове мислення і здатність користуватися спеціальною термінологією, дозволяють перевірити знання, Тому даний вид роботи виступає важливим засобом оперативного зворотного зв'язку. Практичні заняття повинні виконувати не тільки пізнавальну і виховну функції, але й сприяти зростанню студентів як творчих працівників.

Основні завдання циклу практичних занять та лабораторних практикумів:

- допомогти студентам систематизувати, закріпити і поглибити знання теоретичного характеру в області стандартизації, метрології та точності вимірювань;
- навчити їх працювати з науковою та довідковою літературою;
- формувати вміння вчитися самостійно, тобто опановувати методами, способами і прийомами самонавчання, саморозвитку і самоконтролю.

№ з/п	Назва теми практичного заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
1	<p><b><u>Практичне заняття 1-2.</u></b></p> <p>Базові положення точності вимірювань. Уточнення причин виникнення випадкових та систематичних похибок. Вирішення ряду задач з метою оцінки похибок у випадку багаторазових вимірювань. Розрахунок відносної похибки та засвоєння правила визначення значущих цифр у кінцевих результатах.</p> <p>Література: [5] с.12-21; [7] с.6-14; [8]с. 16-23.</p> <p>Завдання на СРС. Уточнення причин виникнення похибок та вирішення задач для загальної оцінки похибок у випадку багаторазових вимірювань.</p>	4
2	<p><b><u>Практичне заняття 3-4.</u></b></p> <p>Вирішення задач у випадку непрямих вимірюваннях. Вияснення причин виникнення похибок за використання результатів вимірювань в операціях суми, різниці, множення та ділення</p> <p>Література: [5] с. 49-64; [7] с.16-22.</p> <p>Завдання на СРС. Похибки за непрямих вимірювань в лабораторних умовах.</p> <p><b>МКР-1 за темами розділів 1-2 - 1 година.</b></p>	4
3	<p><b><u>Практичне заняття 5-6.</u></b></p> <p>Уточнення причин виникнення та статистичний аналіз випадкових похибок. Вирішення задач з розрахунком середнього та стандартного відхилення.</p> <p>Література: [5] с.87-91, [7] с.34-43, [8] с. 49-54.</p> <p>Завдання на СРС. Засвоєння формул розрахунків середнього та стандартного відхилення в лабораторних умовах.</p>	4
4	<p><b><u>Практичне заняття 7-8-9.</u></b></p> <p>Засвоєння формули використання критерію Шовене. Вирішення задач на відсіювання «підозрілих» результатів вимірювання.</p> <p>Засвоєння формул та вирішення задач на об'єднання результатів вимірювання, проведених у різних випробувальних лабораторіях для визначення середнього та загальної похибки.</p> <p>Література: [5] с. 148-152; [8] с. 18-58.</p> <p>Завдання на СРС. Засвоєння формули відсіювання та об'єднання результатів вимірювання в лабораторних умовах.</p> <p><b>МКР-2 за темами розділу 3 - 1 година.</b></p>	6
	<b>Всього</b>	<b>18</b>

## 9. Самостійна робота студента/студентки

Самостійна робота займає 52 % часу вивчення кредитного модуля, включаючи і підготовку до екзамену. Головне завдання самостійної роботи студентів – це опанування наукових знань в областях, що не увійшли у перелік теоретичних основ шляхом особистого пошуку інформації, формування активного інтересу до творчого підходу у навчальній роботі. У процесі самостійної роботи в рамках освітнього компоненту студент повинен навчатися аналізувати сучасні методи оцінки точності метрологічних вимірювань та розробки математичних моделей.

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
<b>РОЗДІЛ 1. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ В СКЛАДНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ</b>		
1	<p><b>Тема 1 Принципи, методи та основні положення точності вимірювань.</b> Завдання на СРС. Загальні положення та класифікація похибок. Принципи та методи вимірювань фізичних величин. Системи фізичних величин та їх одиниць. Показники точності та форми подання результатів вимірювання. Загальні положення та класифікація похибок. Загальні положення та класифікація похибок. Література: [1] с.10-23; [2] с.6-14, [3] с.7-19, [4] с.128-134.</p> <p><b>Тема 2 Принципи моделювання технологічних систем для визначення точності вимірювань</b> СРС до теми 2 Показники точності та форми подання результатів вимірювань. Література: [1] с.30-43; [2] с.16-34, [4] с.137-149, [14] с.28-44.</p> <p><b>Тема 3 Принципи математичної самоорганізації складних технологічних систем</b> СРС до теми 3 Методика обробки результатів експериментальних досліджень. <b>Тема 4 Основоположні аспекти забезпечення точності вимірювань в складних технологічних системах</b> СРС до теми 4 Порівняння двох значень: виміряного і теоретично відомого. Порівняння двох виміряних значень Література: [2] с.48-66; [3] с.56-74, [4] с.166-184, [14] с.68-86.</p> <p><b>Тема 5 Теоретичні аспекти розроблення формул для розрахунку в процесі багаторазових вимірювань з випадковими відхиленнями</b> СРС до теми 5 Загальні відомості про похибки в непрямих вимірюваннях. Розуміння похибок в непрямих вимірюваннях на прикладах. Принцип арифметичної середини. Визначення гарантійного інтервалу результатів вимірювань. Підсумовування похибок вимірювань. Похибки прямих рівноточних вимірювань. Обробка і оцінка точності рівноточних вимірювань. Стандартне відхилення середнього на прикладах. Література: [2] с.68-96; [3] с.76-94, [4] с.186-199, [14] с.88-106.</p> <p><b>Тема 6 Теоретичні аспекти Закону нормального розподілу статистичної величини</b> СРС до теми 6 Закон розподілу ймовірностей при багаторазових вимірюваннях. Випадкові величини. Використання елементів теорії ймовірностей до результатів вимірювань. Повторення випробувань – біноміальний розподіл. Квадратична сума похибок і її обґрунтування. Загальний випадок. Визначення середньої квадратичної похибки. Література: [2] с.98-126; [3] с.96-124, [4] с.202-249, [14] с.108-136.</p> <p><b>Тема 7 Розроблення та обґрунтування розрахунку довірчого інтервалу вимірювань</b> СРС до теми 7. Довірчі інтервали. Необхідна кількість вимірювань випадкової величини.</p> <p><b>Тема 8 Розроблення та обґрунтування формул для відсіювання та об'єднання результатів різних вимірювань</b> СРС до теми 8. Проблема відсіювання даних з використанням критерію Шовене на прикладах. Проблема об'єднання результатів різних вимірювань на прикладах.</p>	30

	<p><b>Тема 9 Порівняльні характеристики методики оцінювання точності вимірювань на основі поняття невизначеності</b></p> <p>СРС до теми 9. Коефіцієнт лінійної кореляції. кількісний критерій значимості <math>r</math>. Порівняльний аналіз двох підходів до визначення характеристик точності вимірювань.</p>	
<b>РОЗДІЛ 2. МЕТРОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ</b>		
2	<p><b>Тема 1 Сутність метрологічного забезпечення оцінки відповідності продукції. Завдання та функції метрологічного забезпечення точності вимірювань.</b></p> <p>СРС до теми 1 Принципи та методи вимірювань фізичних величин. Показники точності та форми подання результатів вимірювань. Закон про метрологію: основні поняття та визначення.</p> <p>Література: [5] с.12-19; [7] с.6-14; [8] с.5-17.</p> <p><b>Тема 2 Основи єдності та точності вимірювань для забезпечення оцінки відповідності продукції</b></p> <p>СРС до теми 2 Державна метрологічна служба підприємства (організації).</p> <p>Література: [5] с.21-29; [7] с.16-21; [8] с.25-37.</p> <p><b>Тема 3 Забезпечення точності вимірювань на базі метрологічної атестації, повірки та калібрування засобів вимірювальної техніки</b></p> <p>СРС до теми 3 Метрологічна повірка засобів вимірювальної техніки. Види метрологічних повірок. Організація і порядок проведення метрологічної повірки.</p> <p>Література: [5] с.31-57; [7] с.23-54; [8] с.39-68.</p> <p><b>Тема 4 Роль міжнародних організацій з метрологічного забезпеченням точності вимірювань</b></p> <p><b>СРС до теми 4 Метрологічна експертиза технічної документації. Загальні положення та завдання метрологічної експертизи. Організація і порядок проведення метрологічної експертизи. Метрологічна експертиза конструкторської документації. Метрологічна експертиза технологічної документації.</b></p> <p>Література: [5] с.61-77; [7] с.63-85; [8] с.69-88.</p>	36
3	Підготовка до екзамену	30
	Всього годин	96

## Політика та контроль

### 10. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Правила відвідування занять та поведінки на заняттях

Відвідування занять є обов'язковим компонентом оцінювання. Студенти зобов'язані брати активну участь в навчальному процесі, не спізнюватися на заняття та не пропускати їх без поважної причини, не заважати викладачу проводити заняття, не відволікатися на дії, що не пов'язані з навчальним процесом.

#### Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

- заохочувальні бали можуть нараховуватись викладачем виключно за виконання творчих робіт з дисципліни або додаткового проходження он-лайн профільних курсів з отриманням відповідного сертифікату:

- <https://www.coursera.org/learn/research-methods>;
- <https://ru.coursera.org/learn/metodologiya-nauchnyh-issledovaniy-kotiki>.

Але їхня сума не може перевищувати 10 % від рейтингової шкали.

- штрафні бали в рамках навчальної дисципліни не передбачені.

### **Політика дедлайнів та перескладань**

У разі виникнення заборгованостей з навчальної дисципліни або будь-яких форс-мажорних обставин, студенти мають зв'язатися з викладачем по доступних (наданих викладачем) каналах зв'язку для розв'язання проблемних питань та узгодження алгоритму дій для відпрацювання.

### **Політика академічної доброчесності**

Плагіат та інші форми недоброчесної роботи неприпустимі. До плагіату відноситься відсутність посилань за використання друкованих та електронних матеріалів, цитат, думок інших авторів. Неприпустимі підказки та списування під час написання тестів, проведення занять; здачі заліку за іншого студента; копіювання матеріалів, захищених системою авторського права, без дозволу автора роботи.

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

### **Політика академічної поведінки і етики**

Студенти мають бути толерантним, поважати думку оточуючих, заперечення формулювати в коректній формі, конструктивно підтримувати зворотний зв'язок на заняттях.

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

## **8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом:

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи		
	Кредити	акад. год.	Лекції	Практичні	Лаб. практи.	СРС	МКР	ДКР	Семестровий контроль
3	5,0	150	36	18	-	96	1	–	Екзамен

**Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:**

Рейтинг з кредитного модуля складається з балів, що він отримує за роботу на практичних заняттях та виконання МКР.

Семестровим контролем є екзамен.

### **Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання**

Система рейтингових балів та критерії оцінювання:

Виконання завдань на практичних заняттях .

Таким чином, **ваговий бал** відповіді на практичному занятті ( $r_n$ ) = 4 бали. Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює:

$$4 \text{ бали} \times 9 = 36 \text{ балів.}$$

**Ваговий бал МКР-1 та МКР-2 ( $r_{\text{МКР}}$ ) = 7 балів кожна.** Максимальна кількість балів за всі контрольні роботи дорівнює: **7 балів  $\times$  2 = 14 балів.**

**Максимальна сума балів стартової складової протягом семестру дорівнює:**

$$(4 \times 9) + (2 \times 7) = 50 \text{ балів}$$

За умови гарної підготовки і активної роботи на практичному занятті (або лаб.практикумі) – 1 бал. Одному або двом кращим студентам на кожному практичному занятті може додаватися як заохочування 1 бал.

Необхідною умовою допуску до екзамену є стартовий рейтинг не менше 23 бали.

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 16 балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше  $0,5 \times 16 = 8$  балів.

За результатами 13 тижнів «ідеальний студент» має набрати 32 бали. На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше  $0,5 \times 32 = 16$  балів.

**Розмір екзаменаційної шкали складає  $R_E = 50$  балів (50% від  $R$ )**

**Умови допуску до екзамену:** стартовий рейтинг не менше 23 балів ( $r_c \geq 23$  бали, не менше 50% від  $R_c$ ).

**Критерії екзаменаційного оцінювання**

Екзаменаційний білет містить одне теоретичне питання, яке має **ваговий бал – 30**, та одне практичне завдання, яке має **ваговий бал – 25**. Максимальна кількість балів  $30 + 25 = 55$  балів.

**Система оцінювання теоретичних питань:**

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 30-28 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 23-22 бали;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 18-16 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

**Система оцінювання практичних занять (або лаб.практикумів):**

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 23-22 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 19-17 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 15-13 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Сума стартових балів і балів за відповіді на питання екзаменаційного білету переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
<i>95...100</i>	<i>відмінно</i>
<i>85...94</i>	<i>дуже добре</i>
<i>75...84</i>	<i>добре</i>
<i>65...74</i>	<i>задовільно</i>
<i>60...64</i>	<i>достатньо</i>
<i>RD &lt; 60</i>	<i>незадовільно</i>
<i>Не виконані умови допуску</i>	<i>не допущено</i>

## 11. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

### Перелік питань модульних контрольних робіт

#### Модульна контрольна робота (МКР-1)

1. Надати однозначне визначення терміну: «ОСНОВИ ОЦІНЮВАННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ».
2. Надати однозначне визначення, що таке відмінність результатів вимірювання.
3. Надати визначення, що таке відносна похибка ? Надати формулу відносної похибки.
4. Навести правило похибки добутку і ділення результатів непрямих вимірювань.
5. Навести правило похибки добутку результату непрямих вимірювань на точне число.
6. Навести узагальнюючі формули розрахунку добутку і частки виміряних величин за незалежних похибок.
7. Надати короткий опис формули розрахунку похибки в задовільній функції однієї змінної.
8. Надати пояснення, як змінюється довірчий інтервал в залежності від числа паралельних дослідів ?
9. Надати приклад вирішення проблеми відсіювання аномальних результатів. Навести критерій Шовене.
10. Надати приклад вирішення проблеми об'єднання результатів  $n$  –вимірювань. Навести правило об'єднання та формули для розрахунку середнього та загальної похибки.

#### Модульна контрольна робота (МКР-2)

1. Надати короткий опис основних завдань, які поставлені перед метрологічним забезпеченням вимірювань.
2. Надати короткий опис вирішення проблем, поставлених у завданнях з метрологічного забезпеченням вимірювань.
3. У відповідності із завданнями та функціями які види метрологічного забезпеченням вимірювань можна назвати.
4. Базуючись на положеннях закону «Про метрологію та метрологічну діяльність» дати визначення єдності вимірювань.
5. Надати визначення засобу вимірювальної техніки з гарантованою точністю.
6. Надати опис видів засобів вимірювальної техніки (ЗВТ).
7. Назвати, з яких причин всі ЗВТ підлягають обов'язковій державній відомчій повірці.
8. Описати, що становить основу державної системи забезпечення єдності вимірювань.
9. Надати короткий опис за рахунок чого досягається єдність вимірювань та дати визначення одностайності ЗВТ.
10. Надати короткий опис, що становить технічну основу метрологічного забезпечення.

### **Приблизний перелік питань, які виносяться на семестровий контроль:**

1. Обґрунтувати поняття точності вимірювання через абсолютну похибку.
2. Обґрунтувати використання відносної похибки у формулі розрахунку похибки при перемноженні результатів вимірювань.
3. Обґрунтувати правило розрахунку похибки, які використовуються під час вимірювання незалежних виміряних величин.
4. Обґрунтувати правило розрахунку похибки суми та різниці величин, правило похибки добутку і ділення результатів вимірювань, а також правило добутку результату вимірювань на точне число.
5. Обґрунтувати використанню правила розрахунку похибки при піднесенні виміряної величини до ступеня.
6. Обґрунтувати та надати формулу оцінювання похибки за використання задовільної функції однієї змінної у випадках непрямих вимірювань.
7. Обґрунтувати використання загальної формули для розрахунків похибок в непрямих вимірюваннях та методу «крок за кроком».
8. Обґрунтувати суть проблеми об'єднання результатів експерименту та визначитися із формулами розрахунку середнього зваженого.
9. Обґрунтувати та надати формулу розрахунку стандартного відхилення середнього.
10. Обґрунтувати та навести правило розрахунку похибки різниці результатів вимірювань.
11. Обґрунтувати та навести формули для розрахунку значення критерія  $\chi^2$ .
12. Обґрунтувати суть проблеми об'єднання результатів експерименту та визначитися із формулами розрахунку середнього зваженого.
13. Обґрунтувати та навести послідовність формул для розрахунку довірчого інтервалу.
14. Обґрунтувати схеми використання критерію Шовене.
15. Проаналізувати формулу оцінювання похибки за використання задовільної функції однієї змінної у випадках непрямих вимірювань.

### **Приблизний перелік задач**

1. Використати поняття точності вимірювання через відносну похибку для випадку, а саме: припустимо, що потрібно виміряти довжину 2 см з точністю 1%. З допомогою дерев'яної лінійки можна провести відлік з точністю до 1мм, а з допомогою мікроскопа – до 0,1 мм.

Чи можливо це зробити з допомогою дерев'яної лінійки? З допомогою мікроскопа?

2. Використати правило розрахунку похибки суми та різниці двох незалежних виміряних величин у випадку:

Лаборант змішує розчини хімічних реагентів із двох бутлів, попередньо вимірявши окремо маси цих наповнених і потім порожніх бутлів і одержавши в результаті:

$M_1$  - маса першого бутля і його вмісту =  $540 \pm 10$  г;

$m_1$  = маса першого порожнього бутля =  $72 \pm 1$  г;

$M_2$  = маса другого бутля і його вмісту =  $940 \pm 20$  г;

$m_2$  = маса другого порожнього бутля =  $97 \pm 1$  г.

Необхідно визначити повну масу хімічних реагентів, розрахувати похибку повної маси та записати кінцевий результат.

3. Використати правила розрахунку похибки, які використовуються під час вимірювання незалежних вимірних величин у випадку:

Спеціаліст отримав наступні результати вимірювань:

$a=5\pm 1$  см;  $b=18\pm 2$  см;  $c=12\pm 1$  см;  $t=3,0\pm 0,5$  с;  $m=18\pm 1$  г.

Використовуючи правила похибки суми (різниці) результатів вимірювань та добутку і ділення результатів вимірювань, розрахуйте похибки та відносні похибки (в %):

а)  $a+b+c$ ; б)  $a+b-c$ ; в)  $c*t$ ; г)  $4a$ ; д)  $b/2$  (де цифри 4 і 2 не мають похибки), е)  $m*b/t$ .

4. Скористатися правилами розрахунку: похибки суми та різниці величин, похибки добутку і ділення результатів вимірювань, добутку результату вимірювань на точне число під час розрахунку наступних виразів:

а)  $(5\pm 1)+(8\pm 2)-(10\pm 4)$ ; б)  $(5\pm 1)*(8\pm 2)$ ;

в)  $(10\pm 1)/(20\pm 2)$ ; г)  $2\pi*(10\pm 1)$  (цифри  $\pi$  і 2 не мають похибки).

5. Використати правило розрахунку похибки при піднесенні вимірної величини до ступеня у випадку, коли експериментатор визначає прискорення вільного падіння  $g$ , вимірюючи час  $t$  падіння каменю з висоти  $h$  ( $h$  визначається відомою формулою  $h=(1/2)g*t^2$ ).

Після декількох вимірювань часу він знаходить:

$t=1,6\pm 0,1$  с і вимірює висоту  $h$  як  $h=14,1\pm 0,1$  м.

6. Використати формулу оцінювання похибки за використання задовільної функції однієї змінної у випадку: кут  $\vartheta$  виміряли як  $125\pm 2$  град. Потім це значення використовується для розрахунку  $\sin(\vartheta)$ .

Необхідно розрахувати  $\sin(\vartheta)$  та похибку.

7. Використати загальну формулу для розрахунків похибок в непрямих вимірюваннях та методу «крок за кроком» на прикладі розрахунку певної величини  $s=a*b$ :

$a=10,0\pm 0,5$  Н;  $b=15\pm 1$  см.

8. Експериментатор вимірює густину рідини п'ять разів і отримує результати (в  $г/см^3$ ): 1,8; 2,0; 2,0; 1,9; 1,8.

Що можна сказати про найкращу оцінку і похибку, базуючись на його вимірах?

9. Розрахувати довірчий інтервал у випадку, коли експериментатор багатократно вимірює величину  $g$ , прискорення вільного падіння, і отримує результат  $9,5$  м/с<sup>2</sup> та стандартне відхилення, що дорівнює 0,1.

Якщо вважати, що результати його вимірювань розподілені нормально з центром, рівним прийнятому значенню  $9,8$  м/с<sup>2</sup> та шириною 0,1, то яка ймовірність отримання результату, який вирізняється від  $9,8$  м/с<sup>2</sup> так же (або більше), як результат експериментатора?

Приймаючи, що експериментатор фактично не зробив помилок, чи можна сказати, що, ймовірно, його експеримент підпав під вплив деяких невиявлених систематичних похибок?

10. Два вимірювання руйнівного зусилля  $P$  дають результати:  $334\pm 1$  і  $336\pm 2$ .

Чи можна вважати ці два результати несуперечливими?

Якщо так, то потрібно розрахувати найкращу оцінку показника  $P$  і його похибку.

11. Визначитися, чи потрібно відкидати сумнівний результат вимірювання у випадку:

Спеціаліст проводить вимірювання товщини картону  $H$  десять разів і отримує результати (у мм):

0,86; 0,83; 0,87; 0,84; 0,82; **0,95**; 0,83; 0,85; 0,89; 0,88.



а) Потрібно розрахувати середнє значення  $\bar{H}$  і стандартне відхилення  $\sigma_H$  цих результатів.

б) Якщо спеціаліст вирішить використати критерій Шовене, то чи повинен він відкинути результат **0,95** мм? Потрібно аргументувати поступок.

12. Використати формули розрахунку середнього значення і стандартного відхилення середнього для випадку:

Спеціаліст проводить вимірювання величини  $x$  п'ять раз і отримує результати: 5, 7, 9, 7, 8.

Необхідно розрахувати  $\bar{x}$  та стандартне відхилення  $\sigma_x$ . Порівняти два варіанти (з **N** і **N-1**) під час розрахунку  $\sigma_x$ .

13. Використати формулу оцінювання похибки за використання задовільної функції однієї змінної у випадках непрямих вимірювань: кут  $\vartheta$  виміряли як  $\theta = 20 \pm 3$  град. Потім це значення використовується для розрахунку  $\text{Cos} \theta$ .

Необхідно розрахувати  $\text{Cos} \theta$  та похибку.

14. Визначитися, чи потрібно відкидати сумнівний результат вимірювання у випадку:

Спеціаліст проводить 14 вимірювань періоду коливань генератора і отримує результати (в долях секунди): 7, 3, 9, 3, 6, 9, 8, 7, 8, **12**, 5, 9, 9, 3

Відчуваючи, що результат (**12**) завеликий, спеціаліст вирішує використати критерій Шовене. Чи відкине він цей результат? Скільки результатів, таким же чином відмінних від середнього, як **12**, йому слід очікувати?

15. Використати формулу оцінювання похибки за використання задовільної функції однієї змінної у випадках непрямих вимірювань: кут  $\vartheta$  виміряли як  $\theta = 20 \pm 3$  град. Потім це значення використовується для розрахунку  $\text{Cos} \theta$ .

Необхідно розрахувати  $\text{Cos} \theta$  та похибку.

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Склав** доцент, к.т.н., Плосконос В.Г.

**Ухвалено** кафедрою Е та ТРП (протокол № 17 від 23.05.2024)

**Погоджено** Методичною комісією ІХФ (протокол №11 від 28.06.2024 р.)