



# МЕТРОЛОГІЯ І СТАНДАРТИЗАЦІЯ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка</i>
Освітня програма	<i>Інженерія авіаційних та ракетно-космічних систем</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>Зкурс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ЄКТС/120 годин, 36 год. лекцій, 18 год. лабораторних робіт</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	<i>У відповідності до розкладу занять розміщеному на сайті <a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектори: д.т.н. Коробко Іван Васильович <a href="mailto:korobko.kpi@gmail.com">korobko.kpi@gmail.com</a> , к.т.н., доцент Гришанова Ірина Аркадіївна, <a href="mailto:irgryshanova@gmail.com">irgryshanova@gmail.com</a> Лабораторні: д.т.н. Коробко Іван Васильович <a href="mailto:korobko.kpi@gmail.com">korobko.kpi@gmail.com</a> к.т.н., Асистент Павлова Вікторія Віталіївна, <a href="mailto:xrumvik@gmail.com">xrumvik@gmail.com</a>
Розміщення курсу	<i>Дистанційний курс на платформі <a href="https://classroom.google.com/c/NTQ0MDIwNjcwNzEy?cjc=fgkctub">https://classroom.google.com/c/NTQ0MDIwNjcwNzEy?cjc=fgkctub</a></i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Мета дисципліни полягає в підготовці студентів до вирішення організаційних, наукових та технічних задач метрології і стандартизації при проектуванні, виробництві та експлуатації різноманітних засобів вимірювання в галузі космічної інженерії.

*Компетентності, які студент отримає під час вивчення дисципліни*

Здатність практично вирішувати питання, пов'язані з метрологічним забезпеченням систем і процесів комп'ютерної інженерії.

Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

Навички здійснення безпечної діяльності.

Здатність проектування засобів вимірювання для космічної інженерії з врахуванням вимог відповідних нормативно-правових документів та міжнародних стандартів.

*Програмні результати навчання*

Вміти застосовувати знання про основні принципи та методи вимірювання фізичних величин і основних технологічних параметрів для обґрунтування вибору засобів вимірювань та оцінювання їх метрологічних характеристик.

Вміти проводити експертизу та впроваджувати засоби вимірювання різного призначення, які використовуються у космічній інженерії, вносити зміни та пропозиції у конструкторську та технологічну документацію з метою підвищення якості виробів

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

Вивчення дисципліни базується на знаннях та вміннях отриманих під час вивчення «Фізики», «Вищої математики», «Матеріалознавства» тощо.

Для успішного вивчення дисципліни здобувачі вищої освіти повинні володіти навичками використання інформаційних технологій, здатністю до пошуку, опрацюванню та аналізу інформації з різних джерел.

Знання, вміння та навички отримані під час вивчення даної дисципліни можуть бути використані під час вивчення наступних дисциплін: «Льотні випробування», «Теорія автоматичного управління» тощо.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

*Розділ 1. Основи метрології і стандартизації.*

*Тема 1. Предмет і завдання метрології.*

*Тема 2. Вимірювані величини, їх значення та одиниці.*

*Тема 3. Єдина Міжнародна система одиниць вимірювань (МСВ).*

*Тема 4. Теорія вимірювань.*

*Тема 5. Засоби вимірювальної техніки.*

*Тема 6. Предмет і завдання стандартизації.*

*Розділ 2. Похибки вимірювань.*

*Тема 7. Похибки засобів вимірювання.*

*Тема 8. Похибки вимірювальних механізмів.*

*Тема 9. Методи зменшення похибок.*

*Розділ 3. Обробка результатів вимірювань.*

*Тема 10. Загальні питання обробки результатів вимірювань.*

*Тема 11. Методи обробки результатів вимірювань.*

*Розділ 4. Забезпечення єдності вимірювань.*

*Тема 12. Метрологічна атестація засобів вимірювання.*

*Тема 13. Метрологічне забезпечення виробництва.*

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

### **Базові**

1. *Метрологія та вимірювальна техніка : підручник / Є. С. Поліщук, М. М. Дорожовець, В. О. Яцук та ін. ; за ред. Є. С. Поліщука ; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. ун-т "Львів. політехніка". – 2-ге вид., доповн. та переробл. – Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2012. – 544 с.*
2. *Бичківський Р.В. та ін. Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2002. – 560 с..*
3. *Ціделко В. Д., Яремчук Н. А., Затока С. А., Бурченков Г. К., Шведова В. В., Стасевич В. А. Основи метрології та вимірювальної техніки : у 2 т.: навч. посіб. / В. Д. Ціделко, Н. А. Яремчук, С. А. Затока та ін. — К. : НТУУ «КПІ», 2013. — 1 т. — 236 с.*
4. *Володарський Є.Т., Кухарчук В.В., Поджаренко В.О., Сердюк Г.Б. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю. Навчальний посібник. – Вінниця: Велес, 2001. – 219 с.*
5. *Дорожовець М. та ін. Основи метрології та вимірювальної техніки: У 2 т. / М. Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник, В. Василюк, Р. Борек, А. Ковальчик; За ред.. Б. Стадника. — Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2005. — Т. 1. Основи метрології. — 532 с.*

### **Додаткові**

6. *Всесвітня історія метрології: від давнини до кінця XIX століття* / Величко О. М. — К. : Основа, 2006. — 422 с.
7. Цюцюра С. В., Цюцюра В. Д. *Метрологія, основи вимірювань, стандартизація та сертифікація: Навч. посіб.* — 3-тє вид., стер. — К.: Знання, 2006. — 241 с.
8. *Сертифікаційні випробування і метрологічне забезпечення : навч. посіб. [для студ. спец. "Якість, стандартизація та сертифікація", "Метрол. забезп. випробувань та якості продукції"]* / О. П. Чабан ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т "Львів. політехніка". — Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2013. — 330, [2] с.
9. ДСТУ 2681-94 *Державний стандарт України. Метрологія. Терміни та визначення.*

## Навчальний контент

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

#### Лекційні заняття

#### Розділ 1. Основи метрології і стандартизації.

Тема 1. Предмет і завдання метрології.

Тема 2. Вимірювані величини, їх значення та одиниці.

Лекція 1. Метрологія – наука про вимірювання. Фізичні величини.

Направленість метрології. Метрологія у структурі науки і виробництва. Основні задачі і проблеми метрології.

Поняття та класифікація фізичних величин. Основні величини і одиниці вимірювань. Розмірність фізичних величин, рівняння розмірності.

Тема 3. Єдина Міжнародна система одиниць вимірювань (МСВ).

Лекція 2. Єдина Міжнародна система одиниць вимірювань (МСВ).

Значення МСВ. Основні величини і одиниці МСВ, їх визначення. Правила встановлення похідних одиниць. Кратні та часткові одиниці.

Тема 4. Теорія вимірювань.

Лекція 3. Вимірювання.

Умови і постулати вимірювань. Види вимірювань. Теоретичні посилки для формування різних теорій вимірювань (фундаментальної, фізичної, прикладної, логіко-математичної).

Лекція 4. Загальні методи вимірювань.

Принципи одержання вимірювальної інформації. Класифікація методів вимірювання. Метод прямих вимірювань. Метод порівняння. Диференціальний метод.

Тема 5. Засоби вимірювальної техніки.

Лекція 5. Основні характеристики засобів вимірювання.

Види засобів вимірювання. Класифікація засобів вимірювання. Структурні схеми. Первинні перетворювачі. Статичні, динамічні і метрологічні характеристики.

Тема 6. Предмет і завдання стандартизації.

Лекція 6. Предмет і завдання стандартизації.

Цілі і завдання стандартизації. Основні терміни, визначення і поняття стандартизації. Принципи стандартизації. Методи стандартизації. Види і категорії стандартів.

#### Розділ 2. Похибки вимірювань.

Тема 7. Похибки засобів вимірювання.

Лекція 7. Похибки вимірювань.

Види похибок. Класифікація похибок. Причини похибок. Статичні, динамічні і статистичні похибки. Класи точності засобів вимірювання.

Лекція 8. Методи розрахунків похибок.

Методи розрахунків похибок: диференціальний, імовірнісний, геометричний, перетвореного механізму, план малих переміщень.

Лекція 9. Оцінка похибок засобів вимірювань.

Оцінка допустимих значень похибок вхідних параметрів по заданій похибці вихідного параметра. Коефіцієнти впливу первинних похибок. Загальна похибка функціонального перетворювача. Повна похибка засобу вимірювання. Граничні похибки.

Тема 8. Похибки вимірювальних механізмів.

Лекція 10. Похибки вимірювальних механізмів.

Типові функціональні схеми вимірювальних механізмів та її кінематичні пари. Похибки за рахунку зазорів, відхилень профілів контактуючих поверхонь. Похибки за рахунку мертвого ходу механізмів. Оцінка похибки за структурною схемою.

Тема 9. Методи зменшення похибок.

Лекція 11. Загальні методи зменшення похибок.

Застосування компенсаторів. Особливості вибору елементів для вимірювального ланцюга. Застосування кореляторів. Автоматична корекція адитивних і мультиплікативних похибок.

### **Розділ 3. Обробка результатів вимірювань.**

Тема 10. Загальні питання обробки результатів вимірювань.

Лекція 12. Точкова оцінка. Інтервальна оцінка.

Тема 11. Методи обробки результатів вимірювань.

Лекція 13. Виявлення промахів та грубих похибок. Моделювання залежності результатів вимірювань. Метод найменших квадратів. Депресійний метод. Кореляційний метод.

Лекція 14. Обробка прямих, опосередкованих, сукупних і сумісних вимірювань.

Визначення закону розподілу результатів вимірювань.

Лекція 15. Оцінка систематичних і випадкових похибок.

Оцінка достовірності результатів вимірювань. Визначення кількості вимірювань для забезпечення заданої достовірності оцінки.

### **Розділ 4. Забезпечення єдності вимірювань.**

Тема 12. Метрологічна атестація засобів вимірювання.

Лекція 16. Метрологічна атестація засобів вимірювання.

Метрологічна експертиза конструкторської і технологічної документації. Атестація засобів вимірювання. Сертифікація засобів вимірювання.

Лекція 17. Метрологічний ланцюг передачі одиниці вимірювань. Повірочні схеми засобів вимірювання.

Тема 13. Метрологічне забезпечення виробництва.

Лекція 18. Метрологічне забезпечення виробництва.

Види технічного контролю. Система технічного контролю на підприємстві. Статистичні методи контролю. Рівні жорсткості контролю. Довірчі інтервали оцінок. Об'єми контролю та визначення виборки для контролю партії виробів.

Метрологічна служба. Схема державної метрологічної служби. Основні метрологічні організації, їх підпорядкованість. Метрологічна служба на підприємстві

### **Лабораторні заняття**

Основні завдання циклу лабораторних занять полягають в тому, щоб навчити студентів застосовувати отримані теоретичні знання для розрахунку метрологічних характеристик засобів вимірювання, зокрема різноманітних похибок вимірювання, обробки результатів багатократних вимірювань, тощо.

Розділ 1. Основи метрології і стандартизації.

Тема 2. Вимірювані величини, їх значення та одиниці.

Тема 3. Єдина Міжнародна система одиниць вимірювань (МСВ).

**Лабораторне заняття 1.** Розмірність фізичних величин, рівняння розмірності. Перевід одиниць вимірювань з однієї системи в іншу.

Тема 5. Засоби виміральної техніки.

**Лабораторне заняття 2.** Статичні характеристики засобів вимірювань. Метрологічні характеристики засобів вимірювань.

Розділ 2. Похибки вимірювань.

Тема 7. Похибки засобів вимірювання.

**Лабораторне заняття 3.** Розрахунок похибок засобів вимірювань. Частина 1.

**Лабораторне заняття 4.** Розрахунок похибок засобів вимірювань. Частина 2.

Розділ 3. Обробка результатів вимірювань.

Тема 10. Загальні питання обробки результатів вимірювань.

**Лабораторне заняття 5.** Точкова оцінка. Інтервальна оцінка.

Тема 11. Методи обробки результатів вимірювань.

**Лабораторне заняття 6.** Визначення закону розподілу результатів вимірювань.

**Лабораторне заняття 7.** Оцінка достовірності результатів вимірювань. Виявлення промахів та грубих похибок.

**Лабораторне заняття 8.** Обробка прямих і опосередкованих вимірювань.

**Лабораторне заняття 9.** Обробка сукупних і сумісних вимірювань.

### **Індивідуальні завдання**

В якості індивідуального завдання передбачено розрахунково-графічну роботу (РГР).

Мета РГР: перевірка вміння студентів застосовувати отримані знання при вирішенні задач практичного характеру. Перелік задач надається окремо.

*Лабораторні заняття виконуються згідно графіку наданого викладачем.*

### **6. Самостійна робота студента/аспіранта**

*Самостійна робота студентів містить в собі підготовку до аудиторних занять, розрахунки завдань до лабораторних занять, роз'язок задач РГР.*

## **Політика та контроль**

### **7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Форми організації освітнього процесу, види навчальних занять і оцінювання результатів навчання регламентуються Положенням про організацію освітнього процесу в Національному технічному університеті України «Київському політехнічному інституті імені Ігоря Сікорського».

**Політика виставлення оцінок:** кожна оцінка виставляється відповідно до розроблених заздалегідь оголошених студентам критеріїв, а також мотивується в індивідуальному порядку на вимогу студента; у випадку не виконання студентом усіх передбачених навчальним планом видів занять до екзамену він не допускається; пропущені лабораторні заняття обов'язково мають бути відпрацьовані відповідно до графіку консультацій викладача

**Відвідування є обов'язковим** (за винятком випадків, коли існує поважна причина, наприклад, хвороба чи дозвіл працівників деканату). Якщо студент не може бути присутнім на заняттях, він все одно несе відповідальність за виконання завдань, що проводились на лабораторних заняттях.

**Порядок зарахування пропущених занять.** Відпрацювання пропущеного заняття здійснюється шляхом самостійного виконання завдання і його захисту відповідно до графіку консультацій викладача.

**Політика академічної поведінки та доброчесності:** конфліктні ситуації мають відкрито обговорюватись в академічних групах з викладачем, необхідно бути взаємно толерантним, поважати думку іншого. Плагіат та інші форми нечесної роботи неприпустимі. Цитування в письмових роботах допускається тільки із відповідним посиланням на авторський текст.

Недопустимі підказки і списування, при виконанні лабораторних робіт та екзаменаційної роботи.

**Норми академічної етики:** дисциплінованість; дотримання субординації; чесність; відповідальність; робота в аудиторії з відключеними або переведеними у режим тиші мобільними телефонами. Повага один до одного дає можливість ефективніше досягати поставлених командних результатів. При виконанні лабораторних робіт студент може користуватися ноутбуком.

**Дотримання академічної доброчесності студентів й викладачів** регламентується Кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут», Положенням про організацію освітнього процесу в КПІ ім. Ігоря Сікорського

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

### **Поточний контроль:**

*виконання лабораторних робіт*

Лабораторна робота оцінюється в 5 балів:

- повне та вчасне виконання завдання без помилок – 5 балів;
- повне та вчасне виконання завдання з незначними помилками – 4 бали;
- є певні недоліки у підготовці та/або виконанні роботи – 3 бали;
- робота не виконана – 0 балів.

Розрахунково-графічна робота.

Вона оцінюється 25 балами і складається з 5 завдань.

Ваговий бал кожної задачі – 5.

За звіт з розгорнутим поясненням і правильним ходом виконання завдань студент отримує 5 балів за кожне завдання (задачу). Якщо при розв'язку задачі зроблено деякі незначні помилки, студент отримує 4 бали. При одній суттєвій помилці студент отримує 3 бали за задачу. Якщо відповідь не є вичерпною, а також при відсутності розв'язку завдання студент отримує 2 бали за задачу. Якщо в наявності неправильна відповідь, а також при відсутності розв'язку завдання студент отримує 1 бал.

### **Календарний контроль**

Проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Умовою позитивного першого календарного контролю є отримання не менше 27 балів, другого – отримання не менше 45 балів.

### **Семестровий контроль - екзамен**

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає  $RC = 70$  балів.

Екзамен –  $RE = 30$  балів.

Таким чином, рейтингова шкала з дисципліни складає

$R = RC + RE = 100$  балів.

Студенти, які набрали протягом семестру необхідну кількість балів ( $RD \geq 0,9R$ ), тобто більше 63 балів мають можливість:

- отримати залікову оцінку так званим “автоматом” відповідно до набраного рейтингу;
- виконувати атестаційну екзаменаційну контрольну роботу з метою підвищення оцінки;

Екзаменаційна письмова робота містить три питання.  
Кожне запитання оцінюється в 10 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування – 10 - 8 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», або незначні неточності – 7...5 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки – 4...2 бали;

- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

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

**Складено:** професор , д.т.н. Коробко Іван Васильович, доцент кафедри космічної інженерії , к.т.н., с.н.с. Гришанова Ірина Аркадіївна,

**Ухвалено** кафедрою космічної інженерії (протокол № 15 від 07.06.2023р)

**Погоджено** Методичною комісією ІАТ (протокол № 6 від 22.06.2023 р)