

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ТЕХНОЛОГІЙ  
КИЇВСЬКИЙ ІНСТИТУТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ  
ФАКУЛЬТЕТ «ІНФРАСТРУКТУРА І РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ»  
КАФЕДРА «АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ  
ТЕХНОЛОГІЇ ТРАНСПОРТУ»

Затверджую

Завідувач кафедри АКІТТ

Олександр ГЕРЦІЙ

Протокол № 7 від 12 березня 2024 р.



ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Викладач	Кандидат технічних наук, доцент Кульбовський Іван Іванович
Контактний телефон	067-930-59-28
E-mail	<a href="mailto:kulbovskyi_ii@gsuite.duit.edu.ua">kulbovskyi_ii@gsuite.duit.edu.ua</a>
Навчальна дисципліна	Метрологія, стандартизація та технічні вимірювання
Офіційна назва освітньої програми	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Обсяг дисципліни в кредитах ECTS	6
Статус дисципліни	Цикл дисциплін загальної підготовки, вибіркова
Мова вивчення дисципліни	Українська

Мета вивчення дисципліни	Метою викладання навчальної дисципліни “Метрологія, стандартизація та технічні вимірювання” є ознайомлення студентів з науковими основами взаємозаміни, стандартизації і метрології та забезпечення єдності вимірювання в Україні, методами забезпечення взаємозамінності та методами вимірювання і контролю стосовно сучасних виробів машинобудування.
Інтегральна компетентність, загальні компетентності, спеціальні (фахові) компетентності	<p>Здатність розв’язувати спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми під час професійної діяльності у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів фізики та інженерних наук і характеризуються комплексністю та невизначеністю умов.</p> <p>ФК11. Здатність вирішувати практичні задачі із застосуванням систем автоматизованого проектування і розрахунків (САПР).</p> <p>ФК14. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов’язані з проблемами метрології, електричних вимірювань, роботою пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики.</p> <p>ФК17. Здатність розробляти проекти електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування із дотриманням вимог законодавства, стандартів і технічного завдання.</p> <p>ФК20. Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.</p>
Загальна компетентність	<p>ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p>ЗК05. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.</p> <p>ЗК07. Здатність працювати в команді.</p> <p>ЗК10. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.</p>
ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ЗА ТЕМАМИ	
ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ЗА ТЕМАМИ	

## Змістовий модуль 1. Основи метрології та технічні вимірювання

### Тема 1. Вступ. Мета та задачі курсу. Основні поняття, терміни та визначення.

Коротка характеристика машин і обладнання, вимоги підвищення робочих швидкостей, тиску, потужності. Комплексна механізація і автоматизація.

Роль вимог до якості, продуктивності і економічності виробництва і експлуатації машин і обладнання, ріст серійності і масовості їх виробництва за рахунок розширення галузевої і міжгалузевої спеціалізації і кооперування: постійне удосконалення і швидка зміна конструкцій випускаючих машин, викликаних високими темпами і обсягами робіт і науково-технічного прогресу. Проблема поліпшення якості машин і обладнання, економічності і їх виробництва, поліпшення експлуатації і її міжгалузевий характер, роль у вирішенні цієї проблеми взаємозамінності, стандартизації і контролю якості.

Поняття про взаємозамінність, стандартизацію та технічні вимірювання. Коротка історія метрології, взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань.

Закон України "Про метрологію та метрологічну діяльність".

### Тема 2. Метрологія та технічні вимірювання .

Основні поняття і визначення метрології та технічних вимірювань. Забезпечення єдності вимірювань в Україні. Метрологічна служба України

### Тема 3. Засоби вимірювальної техніки.

Класифікація засобів вимірювальної техніки. Механічні інструменти і прилади. Оптико-механічні і оптичні прилади. Автоматизація контролю розмірів і її призначення. Засоби для активного контролю. Поняття про самоналагоджування і адаптивні вимірювальні системи. Новітні тенденції у вимірювальній техніці. Застосування ЕОМ в лінійних вимірюваннях. Цифровий відлік результатів вимірювання і інше. Вибір засобів вимірювальної техніки в залежності від точності деталей і інших чинників. Допустимі похибки вимірювання. Встановлення приймальних границь. Виробничий і гарантійний допуски. Профілактика розмірного браку.

### Тема 4. Статистичний аналіз і оцінка похибок вимірювання.

Похибки вимірювання і їх види. Правила заокруглення результатів вимірювання. Систематичні і випадкові похибки вимірювання (виготовлення). Вилучення систематичних похибок. Промахи і великі похибки. Внесення відомчих поправок в результати вимірювання. Основні поняття теорії похибок. Обробка результатів вимірювання, які мають випадкові похибки. Гістограма і

емпірична крива. Встановлення подібності емпіричного розподілу передбаченому теоретичному закону ймовірності.

## Змістовий модуль 2. Єдина система допусків і посадок

Тема 5. Єдина система допусків і посадок. Основні норми взаємозамінності. Застосування в Україні єдиної системи допусків і посадок (ЄСДП). Основні норми взаємозамінності (ОНВ). Єдину систему конструкторської документації (ЄСКД). Єдину систему технологічної документації (ЄСТД) і інші. Гармонізація національних стандартів (ДСТУ) з міждержавними (ГОСТ), міжнародними (ISO), європейськими (E1M).

Єдині принципи побудови системи допусків і посадок (ЄСДП), Система отвору і система вала: діапазони розмірів (1... 3150, 3150...10 000, 10 000 ... 40 000, 20 ... 60 000, 20 ... 160 000 мм).

Градації розмірів від 1 до 3150 мм;

Основні відхилення отвору і вала. Нормальні умови вимірювання. Посадки. Типи посадок. Посадка з зазором. Метод розрахунку посадок з зазором. Посадки з натягом. Метод розрахунку посадок з натягом. Перехідні посадки. Позначення відхилень і допусків форми та розташування поверхонь. Позначення квалітетів, полів допусків і посадок на кресленнях. Вибір посадок в залежності від умов експлуатаційного призначення з'єднання.

Терміни та визначення. Види і ступінь взаємозамінності: зовнішня і внутрішня, повна і неповна (обмежена). Функціональна взаємозамінність. Зв'язок взаємозамінності з організацією виробничого процесу і експлуатацією машин і обладнання.

Номинальні розміри. Ряди переважних чисел. Нормальні лінійні розміри. Дійсні розміри, визначені з допустимою похибкою. Граничні розміри і граничні відхилення. Загальноприйняті системи створення посадок; система отвору і система вала. Умовні позначення граничних відхилень на схемах і кресленнях.

Основні експлуатаційні вимоги до гладких циліндричних з'єднань. Нормована і дійсна точність деталей машин загального машинобудування.

Функціональна взаємозамінність. Функціональний допуск розміру і функціональний допуск посадки. Експлуатаційний і конструктивний допуски, запас точності і коефіцієнт запасу точності. Вплив автоматизації складання машин на вибір допусків розмірів і форми деталей. Допуски і посадки деталей із пластмас.

Методи і засоби контролю гладких циліндричних з'єднань.

Тема 6.Калібри. Розрахунок гладких калібрів для контролю циліндричних валів і отворів.

Методи та засоби контролю гладких циліндричних деталей. Калібри і їх класифікація. Правила користування калібрів. Принципи конструювання калібрів. Допуски на виготовлення і знос калібрів. Маркування калібрів.

Тема 7. Нормування, методи і засоби контролю відхилення форми, розташування, хвилястості і шорсткості поверхні деталей і виробів.

Терміни та визначення. Класифікація відхилення геометричних параметрів деталей. Джерела виникнення відхилень геометричних параметрів. Система нормування відхилень форм і розташування поверхні. Залежні і незалежні допуски. Допуски розташування осей отворів для кріпильних деталей. Позначення на кресленнях відхилень форми і розташування поверхонь. Методи і засоби контролю відхилення форми, розташування і шорсткості поверхонь.

Змістовий модуль 3. Основні норми взаємозамінності деталей машин. методи і засоби

Тема 8. Допуски і посадки підшипників кочення та ковзання .

Терміни та визначення. Основні вимоги, до роботи підшипників кочення і ковзання. Класи точності підшипників кочення і їх вибір. Розрахунок посадок підшипників кочення, виходячи із функціонального призначення, режиму роботи і особливих вимог до підшипників. Умовні позначення посадок підшипників кочення на складальних кресленнях.

Тема 9. Розрахунок розмірних ланцюгів. Допуски розмірів, що входять в розмірні ланцюги.

Класифікація розмірних ланцюгів. Основні терміни і визначення. Розрахунок розмірних ланцюгів методом повної взаємозамінності максимуму - мінімуму. Повірковий розрахунок допусків складових ланок ймовірним методом. Спосіб досягнення точності замикання ланки методом компенсації. Конструкція компенсаторів. Розрахунок границь зміни розміру компенсатора. Економічна ефективність метода компенсації на стадії виготовлення і експлуатації. Використання статистичного моделювання на ЕОМ при розв'язанні розмірних ланцюгів у випадку непостійності розташування дільниць контакту складових деталей. Значення аналізу розмірних ланцюгів для поліпшення якості машин і зниження трудомісткості їх виготовлення. Терміни та визначення. Класифікація. Використання розмірного аналізу при ремонті машин.

Тема 10. Розміри конуса, взаємозамінність, методи і засоби контролю конічних з'єднань.

Терміни та визначення. Основні експлуатаційні вимоги до конічних з'єднань машин. Елементи конусів. Номінальний конус та номінальні розміри конуса. Реальний конус та реальні розміри конуса. Допуски конусів. Конічні посадки. Призначення точності конусів. Зв'язок між крутним моментом і точністю припасування конічних поверхонь. Методи і засоби вимірювання кутів і конусів. Контроль конусів синусною лінійкою, кутоміром, калібрами.

Тема 11. Основні норми взаємозамінності. Різьба і різьбові з'єднання. Методи і засоби контролю.

Терміни та визначення. Основні експлуатаційні вимоги до різьбових з'єднань. Різьба метрична - профіль, діаметри і кроки, основні розміри, допуски. Прийняті поля допусків і посадок. Класи і ступінь точності різьб. Довжина згвинчування. Позначення допусків і посадок метричних різьб. Вплив точності виготовлення різьби на міцність різьбових з'єднань, на самовідгвинчування і інші показники якості різьбових з'єднань. Коротка характеристика і допуски трапецоїдної, упорної, круглої і конічної різьб. Методи і засоби контролю різьби - диференційований і комплексний. Калібри для контролю різьби. Стандарти на конструктивні і технологічні елементи деталей машин. Деталі кріплення: для роз'єднуємих з'єднань та для створення різьбових з'єднань. Допоміжні деталі з'єднань: для фіксування взаємного розташування деталей і вузлів, для стопоріння різьбових з'єднань. Допуски деталей кріплення.

Тема 12. Основні норми взаємозамінності. Методи і засоби контролю шпонкових і шліцьових з'єднань.

Основні експлуатаційні вимоги до шпонкових і шліцьових з'єднань. Стандартизовані розміри шпонок і перерізів пазів: призматичних, клинових, сегментних, тангенціальних нормальних і тангенціальних посиленних.

Допуски і посадки, встановлені для призматичних і сегментних шпонкових з'єднань. Контроль шпонкових з'єднань. Основні розміри шліцьових з'єднань загального призначення з прямобічним профілем зубців. З'єднання шліцьове евольвентне з кутом профілю  $30^\circ$ . Вихідний контур і форма зубців. Номінальні діаметри, модулі і числа зубців.

Допуски і посадки шліцьових з'єднань з прямобічним профілем зубців. Методи центрування. Схеми розташування полів допусків валів і втулок і нецентруючих діаметрів. Рекомендовані посадки валів і втулок. Рекомендації по контролю шліцьових з'єднань. Комплексні калібри для контролю шліцьових валів і втулок. Визначення розмірів робочої частини калібрів і допусків.

Встановлення комплексних розмірів і вимірювальні величини шліцьових з'єднань з евольвентним профілем зубців.

Тема 13. Основні норми взаємозамінності. Методи і засоби контролю зубчастих коліс і передач.

Основні експлуатаційні і точнісні вимоги до зубчастих передач. Нормативні похибки зубчастих передач. Похибки, які впливають на плавність роботи передачі.

Бічний зазор і його вплив на працездатність передачі. Види спряження і гарантовані бічні зазори. Розрахунок відхилень міжосьової відстані.

Комбінування норм різних ступенів точності в залежності від експлуатаційного призначення передачі.

Допуски конічних і гіпоїдних зубчастих передач. Допуски циліндричних і

черв'ячних передач. Допуски на зубчасті рейки і зубчасті рейкові передачі. Особливості систем допусків на дрібномодульні зубчасті передачі. Позначення точності зубчастих коліс і передач на кресленнях..

Методи і засоби контролю зубчастих коліс і передач. Комплексний і диференціальний метод контролю. Контроль бокового зазора за допомогою тангенціальних зубомірів, кромкових штангензубомірів, зубомірних мікрометрів і індикаторних нормалемірів. Контроль кінематичної точності з допомогою нормалемірів і міжцентрометрів. Контроль плавності за допомогою крокометра для основного кроку і евольвентомірів. Контроль повноти контакту. Автоматичні засоби контролю зубчастих коліс і передач.

#### Тема 14. Науково-методичні основи стандартизації в машинобудуванні.

Типові положення про служби стандартизації та організаційна діяльність цих служб ВСМ, ГОС, БОС, ВС.

ВСМ - відділ (підрозділ) стандартизації міністерства (відомства) України.

ГОС - Головна організація з стандартизації. БОС - базова організація з стандартизації.

ВС - відділ (підрозділ) стандартизації у науково-виробничому об'єднанні, науково-дослідних (проектних) організаціях, на підприємствах (в установах).

Методи оптимізації параметрів об'єктів стандартизації - ПОС. Основи законодавства по стандартизації..

Програмні результати	<p>ПР02 Знати і розуміти теоретичні основи метрології та електричних вимірювань, принципи роботи пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики, мати навички здійснення відповідних вимірювань і використання зазначених пристроїв для вирішення професійних завдань.</p> <p>ПР08 Обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками.</p> <p>ПР10 Знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність.</p> <p>ПР18 Вміти самостійно вчитися, опановувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірювальною технікою та прикладним програмним забезпеченням.</p>
Форми поточного та підсумкового контролю	<p>Поточний контроль – 60 балів</p> <p>Проміжний контроль – 20 балів</p> <p>Підсумковий контроль – 20 балів</p>

#### КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ДИСЦИПЛІНИ ЗА ТЕМАМИ

- Лекції - (2 МКР x 5 балів)

- Лабораторні роботи - (8 завдань x 3 балів)
- Практичні роботи - (8 завдань x 3 балів)
- Домашня контрольна робота (1 проект x 12 балів)
- Проміжний контроль (2 ПК\*5 балів)
- Підсумковий контроль (залік) – 20 балів

### ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ: НАЦІОНАЛЬНА ТА ECTS

Оцінка за 100- бальною шкалою університету / Grade according to 100-points scale of university	Оцінка за національною шкалою / Grade according to the national scale		Оцінка за шкалою ЄКТС /Grade according to ECTS scale	Пояснення
	Диференційована оцінка/ Differentiated grade	Недиференційо вана оцінка /Undifferentiate d grade		
900-100 (творчий рівень) (creative level)	5 (відмінно) (excellent)	Зараховано Passed	A	«Відмінно» - теоретичний зміст курсу освоєний цілком, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом сформовані, всі навчальні завдання, які передбачені програмою навчання виконані в повному обсязі, відмінна робота без помилко або з одною незначною помилкою
82-89 (високий рівень)/(high level)	4 (добре) (good)		B	«Дуже добре» - теоретичний зміст курсу освоєний цілком, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, всі навчальні завдання, які передбачені програмою навчання виконані, якість виконання більшості з них оцінено числом балів, близьким до максимального, робота з двома-



				трьома незначними помилками
75-81 (достатній рівень)/(sufficient level)			C	«Добре» - теоретичний зміст курсу освоєний цілком, практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, всі навчальні завдання, які передбачені програмою навчання виконані, якість виконання жодного з них не оцінено мінімальним числом балів, деякі види завдань виконані з помилками, робота з декількома незначними помилками, або з однією/двома значними помилками
64-74 (задовільний рівень)/(satisfactory level)	3 (задовільно) / (satisfactory)		D	«Задовільно»- теоретичний зміст курсу освоєний не повністю, але прогалини не носять істотного характеру, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, більшість передбачених програмою навчання навчальних завдань виконано, деякі з виконаних завдань містять помилки, робота з трьома значними помилками
60-63 (задовільний рівень)/(satisfactory level)			E	«Достатньо» - теоретичний зміст курсу освоєний

				частково, деякі практичні навички роботи не сформовані, частина передбачених програмою навчання навчальних завдань не виконані, або якість виконання деяких з них оцінено числом балів, близьким до мінімального, робота, що задовольняє мінімум критеріїв оцінки.
35-59 (низький рівень)/(low level)	2 (незадовільно з можливістю повторного складання)/(unsatisfactory with the possibility of repass the exam)	Не зараховано з можливістю повторного складання заліку/(failed with the possibility to repass the credit	FX	«Умовно незадовільно» - теоретичний зміст курсу освоєний частково, необхідні практичні навички роботи не сформовані, більшість передбачених програм навчання, навчальних завдань не виконано, або якість їхнього виконання оцінено числом балів, близьким до мінімального; при додатковій самостійній роботі над матеріалом курсу можливе підвищення якості виконання навчальних завдань (з можливістю повторного складання), робота, що потребує доробки/
0-34 (незадовільний рівень)/(unsatisfactory level)	2 (незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни)/(unsatisfactory with the	Не зараховано – з обов'язковим повторним вивченням дисципліни/Failed with the compulsory	F	„Безумовно незадовільно” – теоретичний зміст курсу не освоєно, необхідні практичні навички роботи не сформовані, всі

	compulsory repeating of the course)	repeating of the course		виконані навчальні завдання містять грубі помилки, додаткова самостійна робота над матеріалом курсу не приведе до значимого підвищення якості виконання навчальних завдань, робота, що потребує повної переробки.
--	-------------------------------------	-------------------------	--	---

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

### Базова

1. Железна А.М., Кирилович В.А. «Основи взаємозамінності стандартизації та технічних вимірювань»: Навчальний посібник – К: Кондор, 2009 – 796 ст.
2. Саранча Г.А. Метрологія, стандартизація та управління якістю. К.: вид-во "Либідь" 1993. – 254 с.
3. Базієвський С.Д., Дмитришин В.Ф. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання: Підручник. – К.: Видавничий дім «Слово», 2004.-504 с.
4. Якимчук Г.К., Адаменко Ю.І., Плівак О.А. Допуски і посадки: Довідник – Ч. 1. – К.: Основа, 2011. – 96 с.
5. ДСТУ 1.5-93. Державна система стандартизації України. Загальні вимоги до побудови, викладення, оформлення та змісту стандартів.
6. ДСТУ 2413-94. Основні норми взаємозамінності (ОНВ). Шорсткість поверхні. Терміни та визначення.
7. ДСТУ 2498-94 ОЦВ. Допуски форми та розташування поверхонь. Терміни та визначення.
8. ДСТУ 2500-94. Єдина система допусків та посадок. Терміни та визначення. Позначення і загальні норми.
9. Закон України "Про метрологію та метрологічну діяльність".
10. Декрет Кабінету Міністрів України "Про стандартизацію і
11. сертифікацію".
12. ДСТУ 2681-94. Метрологія. Терміни та визначення.
13. ДСТУ 2682-94. Метрологія. Метрологічне забезпечення. Основні положення.
14. ДСТУ 3400-96. Метрологія. Державні випробування засобів вимірювальної техніки. Основні положення. Організація, порядок проведення і розгляду результатів.
15. Р 50-060-95. Метрологія. Типове положення про відомчі метрологічні служби.
16. ДСТУ 3215-95. Метрологія. Метрологічна атестація вимірювальної техніки. Організація та порядок проведення.
17. ДСТУ 3651.0-97. Метрологія. Одиниці фізичних величин. Основні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць. Основні положення, назви та позначення.

18. ДСТУ 3651.1-97. Метрологія. Одиниці фізичних величин. Похідні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць та позасистемні одиниці. Основні поняття, назви та позначення.

19. ДСТУ 3651.2-97. Метрологія. Одиниці фізичних величин. Фізичні сталі та характеристичні числа. Основні положення, позначення, назви та значення.

20. ДСТУ 3012-95. Підшипники кочення та ковзання. Терміни та

#### Допоміжна

1. Якимчук Г.К., Кирилюк Ю.Е., Саранча Г.А. «Взаємозамінність, стандартизація, метрологія та технічні вимірювання»: Підручник за ред. Г.К. Якимчука, - К.: «Основа», 2006 – 560 с.

2. Кульбовський І.І. Електронний навчально-методичний комплекс дисципліни «Метрологія, стандартизація та технічні вимірювання». Київський інститут залізничного транспорту ДУІТ. Інформаційно-методична база самостійної роботи студентів - платформа Moodle <https://irsz.duit.edu.ua/course/view.php?id=23>

#### Інтернет-ресурси

1. [www.ukrndnc.org.ua](http://www.ukrndnc.org.ua) - Українське агентство зі стандартизації
2. <http://metrology.kiev.ua/ru/> - Метрологія. Укрметртестстандарт
3. <http://portal.rada.gov.ua> - Офіційний веб-сайт Верховної Ради України.
4. <http://www.nau.ua> - Інформаційно-пошукова правова система «Нормативні акти України (НАУ)».