



МЕТРОЛОГІЯ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ І СЕРТИФІКАЦІЯ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 - Механічна інженерія
Спеціальність	131 - Прикладна механіка
Освітня програма	Усі освітні програми спеціальності «Прикладна механіка»
Статус дисципліни	Нормативна циклу професійної підготовки
Форма навчання	Очна (денна)/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	2 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4,5 кредитів ЄКТС, 135 год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен, МКР, РГР
Розклад занять	Лекції – 36 год., практичні – 18 год., лабораторні – 18 год. за розкладом Департаменту навчальної роботи КПІ ім. Ігоря Сікорського
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу/ викладачів	Лектор: кандидат технічних наук, доцент Адаменко Юрій Іванович Кафедра: Корпус КПІ 22, кімната б11, тел. (044)204-82-55 пошта: yuriy.adamenko@ukr.net Практичні: канд. техн. наук., доц. Адаменко Ю.І., ст.викл. Майданюк С.В. Лабораторні: канд. техн. наук., доц. Адаменко Ю.І., ст.викл. Майданюк С.В.
Розміщення курсу	Ресурс «Електронний кампус»

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна «Метрологія, стандартизація і сертифікація» є однією з базових у структурі підготовки бакалаврів у галузі механічної інженерії.

Метою дисципліни є засвоєння основ метрології, стандартизації та уміння застосовувати нормативну документацію з нормування точності деталей механізмів у своїй практичній діяльності під час проектування, виготовлення, сертифікації та експлуатації виробів машинобудування.

Предмет навчальної дисципліни. Основи метрології, стандартизації, основні норми взаємозамінності, положення державної системи стандартизації, нормування параметрів точності, методів і засобів контролю розмірів, відхилень форми, розташування та шорсткості поверхонь деталей, якість та сертифікація продукції.

У результаті вивчення дисципліни студент набуде наступних компетентностей:

Здатність

- Виконувати технічні вимірювання, одержувати, аналізувати та критично оцінювати результати вимірювань.
- Представлення результатів своєї інженерної діяльності з дотриманням загальноприйнятих норм і стандартів.

Знання

- Основних принципів взаємозамінності.
- Системи допусків і посадок ISO.
- Принципів нормування точності геометричних параметрів деталей машин.

- Основних метрологічних показників приладів, методів і засобів технічних вимірювань та обробки їх результатів.
- Науково-методичних основ стандартизації і сертифікації, їх роль у підвищенні якості машин та економічності виробництва.

Уміння

- Створювати і теоретично обґрунтовувати конструкції машин, механізмів та їх елементів на основі методів прикладної механіки, загальних принципів конструювання, теорії взаємозамінності, стандартних методик розрахунку деталей машин.
- Застосовувати нормативні та довідкові дані для контролю відповідності технічної документації, виробів і технологій стандартам, технічним умовам та іншим нормативним документам.

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

Дисципліна «Метрологія, стандартизація і сертифікація» базується на наступних дисциплінах:

- Вища математика.
- Загальна фізика.
- Теоретична механіка.
- Матеріалознавство.
- Інженерна та комп'ютерна графіка.
- Технологія конструкційних матеріалів.

У свою чергу дисципліна «Метрологія, стандартизація і сертифікація» є базою для подальшої підготовки з дисциплін:

- Процеси і технології формоутворення
- Конструкторське забезпечення інструментальних систем

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Основи метрології, стандартизації та сертифікації. Точність деталей машин

Тема 1.1 Поняття метрології, взаємозамінності, стандартизації та сертифікації

Тема 1.2 Точність та похибки деталей машин.

Розділ 2. Нормування розмірної точності деталей

Тема 2.1 Основи допусків, відхилень та посадок.

Тема 2.2 Система допусків *ISO* на лінійні розміри.

Тема 2.3 Вибір квалітетів і посадок.

Розділ 3. Нормування геометричної точності деталей

Тема 3.1 Допуски форми та розташування поверхонь.

Тема 3.2 Залежні допуски.

Тема 3.2 Шорсткість та хвилястість поверхні.

Тема 3.3 Структура поверхні.

Розділ 4 Нормування точності типових з'єднань

Тема 4.1 Допуски і посадки підшипників кочення.

Тема 4.2 Шпонкові, штифтові та шліцьові з'єднання.

Тема 4.3 Метричні різьби з зазором, з натягом та перехідні.

Тема 4.4 Трапецієподібні різьби.

Тема 4.5 Допуски кутів та конусів. Конічні з'єднання.

Тема 4.6 Система допусків зубчастих коліс і передач.

Розділ 5 Нормування точності геометричних параметрів на основі розрахунку розмірних ланцюгів

Тема 5.1 Класифікація розмірних ланцюгів. Метод повної взаємозамінності.

Тема 5.2 Методи неповної взаємозамінності.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

- Допуски, посадки та технічні вимірювання. Практикум. Частина 1 [Текст] : навч. посібн. / Ю.І. Адаменко, О.М. Герасимчук, В.А. Пасічник, Н.В. Мініцька, С.В. Майданюк, О.А. Плівак . – Іванофранківськ : Симфонія форте, 2016. – 164 с. ISBN 978-966-286-096-2
- Допуски, посадки та технічні вимірювання. Практикум. Частина 2 [Текст] : навч. посібн. / Ю.І. Адаменко, О.М. Герасимчук, В.А. Пасічник, Н.В. Мініцька, С.В. Майданюк, О.А. Плівак . – Іванофранківськ : Симфонія форте, 2016. – 188 с. ISBN 978-966-286-097-9
- Адаменко, Ю. І. Метрологія та стандартизація. Розрахунково-графічна робота [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / Ю. І. Адаменко, С. В. Майданюк, О. А. Плівак ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,11 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 157 с.
- Радкевич, Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебник для вузов. – Старый Оскол: ТНТ, 2010. – 540 с.

Додаткова література

- <https://www.iso.org/home.html>
- <http://uas.org.ua/ua/>
- <http://csm.kiev.ua/>

Наведена література знаходиться в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського (<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/9716>) та в мережі Internet.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Під час лекційних занять розглядаються наступні питання:

- Предмет і мета дисципліни. Основні положення метрології, взаємозамінності, стандартизації. Види та категорії стандартів. Рівні стандартизації. Сертифікація продукції.
- Похибки геометричної точності деталей машин, їх класифікація та причини виникнення. Систематичні та випадкові похибки при виготовленні деталей машин.
- Основні терміни та визначення системи допусків і посадок ISO, гладких циліндричних з'єднань (ГЦЗ), розміри, відхилення, допуски, системи посадок.
- Принципи побудови систем допусків та посадок гладких циліндричних з'єднань. Основні положення системи допусків і посадок ISO. Гармонізація національних стандартів з міждержавними, міжнародними.
- З'єднання, їх елементи та характеристики з'єднань (посадки) їх розрахунок. Розрахунки оптимальних натягів чи зазорів у трьох типах посадок: з натягом, з зазором, перехідних. Вибір квалітетів. Вибір посадок. Посадки рекомендовані та переважні.

- Вибір посадок для типових деталей машин – зубчастих коліс, шківів, муфт, кілець, втулок тощо в залежності від умов їх експлуатації.
- Точність форми поверхонь деталей. Допуски. Позначення допусків на кресленнях.
- Точність розташування поверхонь. Залежні та незалежні допуски. Позначення допусків на кресленнях.
- Шорсткість поверхонь. Нормування шорсткості. Позначення шорсткості на кресленнях.
- Підшипники кочення. Допуски та посадки підшипників кочення. Точність підшипників кочення та точність деталей, з'єднувальних з ними.
- Різьбові з'єднання. Взаємозамінність метричних різьб. Посадки різьб. Різьби з зазором, перехідні та з натягом. Трапецієподібні різьби. Контроль різьб. Позначення на креслениках.
- Шпонкові, штифтові та шліцьові з'єднання. Взаємозамінність шпонкових та шліцьових з'єднань з прямобічним профілем. Взаємозамінність шліцьових з'єднань з евольвентним та трикутним профілем.
- Допуски кутів та конусів. Конічні посадки. Методи і засоби вимірювання кутів і конусів.
- Взаємозамінність зубчастих коліс та передач. Норми кінематичної точності, норми плавності та контакту циліндричних зубчастих коліс та передач. Норми бічного зазору. Види спряжень. Методи та засоби контролю точності зубчастих коліс.
- Розмірні ланцюги, основні властивості. пряма та обернена задачі. Методи розрахунку.
- Вибір методу досягнення необхідної точності. Складання з повною та неповною взаємозамінністю. Розрахунок розмірних ланцюгів методом селективного складання, методом регулювання та припасування.

Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять – це поглиблення теоретичних знань, набуття навичок роботи з нормативно-технічною та довідниковою літературою та вирішення практичних задач, що дозволяють студентам обґрунтовано призначати посадки, допуски і граничні відхилення з метою забезпечення при проектуванні конкурентоздатної продукції.

Основні теми практичних занять та перелік основних питань:

- Розрахунок граничних розмірів, допусків, зазорів, натягів трьох типів посадок гладких циліндричних з'єднань.
- Призначення посадок з зазором та натягом, перехідних посадок. Вибір стандартних посадок з числа рекомендованих та переважних.
- Призначення посадок підшипників кочення, розрахунок їх характеристик.
- Розрахунок виконавчих розмірів калібрів-пробок граничних та калібрів-скоб для контролю точності отворів та валів.
- Розрахунок параметрів посадок різьбових деталей.
- Розробка робочих креслеників деталей машин.
- Розрахунок розмірних ланцюгів за методом повної взаємозамінності, ймовірнісним методом чи методом компенсаторів.

Лабораторні роботи

На лабораторних роботах студенти опановують методики вибору засобів виміральної техніки, методики та техніки вимірювань за допомогою універсальних та спеціальних засобів вимірювання, а також обробки отриманих експериментальних даних. Перед початком кожної лабораторної роботи студент проходить тестовий контроль. Якщо відповіді на тести подані після встановленого терміну, то вони не оцінюються. Тестові завдання складаються та оновлюються кожного семестру. Звіт з лабораторних робіт захищається на останньому лабораторному занятті

до початку екзамена за курсом. Тематика лабораторних робіт охоплює основні розділи технічних вимірювань деталей машин.

- Вимірювання дійсних розмірів зовнішніх циліндричних поверхонь (валів) за допомогою мікрометра та внутрішніх циліндричних поверхонь (отворів) за допомогою індикаторного нутроміра. Розрахунок характеристик посадок.
- Контроль калібрів-пробок за допомогою мініметра.
- Вимірювання відхилень форми циліндричних поверхонь на вертикальному оптичному мікрометрі.
- Вимірювання радіального та торцевого биття індуктивним датчиком.
- Вимірювання елементів зовнішньої метричної різьби на інструментальному мікроскопі.
- Вимірювання параметрів кінематичної точності прямозубих циліндричних зубчатих коліс.
- Вимірювання шорсткості поверхні, визначення параметрів шорсткості за профілографією.
- Вимірювання відхилень форми циліндричних поверхонь за допомогою кругломіра.
- Вимірювання відхилень розташування отворів на координатно-вимірювальній машині.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Розрахунково-графічна робота

Метою виконання розрахунково-графічної роботи є набуття практичних навичок розробки точності механізмів та деталей машин, вміння працювати зі стандартами, довідковою літературою та правильно оформлювати креслення та іншу документацію у відповідності до вимог чинних стандартів. Розрахунково-графічна робота має бути здана і захищена до початку екзамена.

Теми РГР включають розробку точності таких механізмів:

- коробок передач, подач та швидкостей металорізальних верстатів;
- редуктори механізмів;
- варіатори швидкості, привідні передачі;
- механізми реверсу, переключення подач, тощо.

Студенту видається складальне креслення механізму з поясненням його роботи, задається масштаб та інші вихідні дані

Розрахунково-графічна робота складається з таких основних розділів:

- призначаються номінальні розміри деталей у з'єднаннях. Проводиться розрахунок підшипників, розраховуються посадки, наводяться схеми розташування полів допусків підшипників;
- згідно зі стандартами та довідковими даними обґрунтовуються та призначаються поля допусків та посадки на з'єднання: гладкі, різьбові, шпонкові, шліцьові, тощо. Проводиться розрахунок посадок з зазором, з натягом, перехідних, дається схема полів допусків;
- для деталі, що вказує викладач, вибираються та обґрунтовуються допуски форми, розташування та шорсткість поверхонь, виконується робочий кресленик;
- розробляються інструменти для контролю розмірів деталей. Проводяться розрахунки калібра-пробки та калібра-скоби для контролю отворів та валів, наводяться схеми полів допусків;
- проводиться розрахунок різьбової посадки з зображення схеми полів допусків по профілю;
- проводиться розрахунок розмірного ланцюга за методом повної взаємозамінності

Контрольні роботи

Метою проведення контрольних робіт є перевірка знань, засвоєних студентами в процесі вивчення відповідних розділів кредитного модуля.

Робочим навчальним планом передбачено проведення однієї модульної контрольної роботи (МКР) в обсязі 2 год. МКР відбувається у вигляді двох контрольних робіт по 1 год. кожна. Контрольна робота-1 виконується за розділами 1 і 2. Контрольна робота-2 виконується за розділами 3, 4 і 5.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування занять

Відвідування лекцій чи відсутність на них, не оцінюється. Проте, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання.

Відвідування лабораторних робіт є обов'язковим. У разі відсутності студента на лабораторній роботі, у тому числі і за станом здоров'я, йому необхідно пропущену роботу відпрацювати. На одному занятті (2 год.) можна відпрацювати лише одну пропущену лабораторну роботу. Відпрацювання лабораторних робіт відбувається лише за розкладом викладача відповідно до його педагогічного навантаження. Звіт з лабораторних робіт захищається на останньому лабораторному занятті до початку екзамену.

Відвідування практичних занять є вельми бажаним, оскільки на цих заняттях вирішуються типові інженерні задачі, які виносяться на екзамен. Також студенти мають можливість проконсультуватися з викладачем по всіх питаннях з дисципліни. Як правило, на останньому практичному занятті захищаються РГР. Захист РГР можливий і раніше, але обов'язково до початку екзамену з дисципліни.

Відвідування модульних контрольних робіт є обов'язковим. Якщо студент пропустив МКР з поважних причин, наприклад, за станом здоров'я, то за наявності підтверджуючого документа (довідки) він може протягом тижня написати пропущену контрольну роботу. В іншому випадку МКР не оцінюється. Перескладання контрольної роботи на вищу оцінку є неможливим.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами. Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

Академічна доброчесність

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>

Норми етичної поведінки

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)

Лабораторні роботи (r₁)

Ваговий бал однієї лабораторної роботи – 5 балів, з них 2 бали – експрес-контроль, 3 бали – захист лабораторної роботи (табл. 1, табл. 2). Мінімальна кількість балів, яка повинна бути

набраною, щоб лабораторна робота вважалась зарахованою – 3,6 балів. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи: $r_1=5$ балів $\times 6 = 30$ балів.

Рейтингові бали за експрес-контроль до лабораторної роботи

Таблиця 1

Бали	Критерії оцінювання
2,0	Вірна відповідь на п'ять питань
1,6	Вірна відповідь на чотири питання
1,2	Вірна відповідь на три питання
0,0	Вірна відповідь менше, ніж на три питання

Рейтингові бали за захист лабораторної роботи

Таблиця 2

Бали	Критерій оцінювання
3,0	Зауважень до звіту нема, є відповіді на всі запитання
2,85	Несуттєві зауваження до звіту, відповіді на більшість запитань
2,4	Зауваження до отриманих результатів, відповідь на частину питань
2,1	Звіт має помилки, відповіді лише на окремі питання
1,8	Робота виконана, отримано вірні результати, але не захищена.
0,0	Робота не виконана, звіт не представлений

Розрахунково-графічна робота (r2)

Розрахунково-графічна робота складається з 8-ми завдань. Рейтингові бали нараховуються за кожне завдання. Максимальна кількість балів за завдання нараховується за правильне та своєчасне виконання. Терміни виконання завдань встановлюються викладачем на практичних заняттях.

Максимальна кількість балів становить: $r_2=20$ балів.

Контрольні роботи (r3)

Одна контрольна робота складається з кількох завдань. Завдання оновлюються кожного семестру.

Ваговий бал однієї контрольної роботи – 5 балів.

Оцінювання контрольної роботи здійснюється відповідно до таблиці 3.

Максимальна кількість балів за дві контрольні роботи відповідно складає:

$r_3=5$ балів $\times 2 = 10$ балів.

Рейтингові бали за контрольну роботу

Таблиця 3

Бали	Критерій оцінювання
5,0	Вірна відповідь більш ніж на 90 % питань
4,5	Вірна відповідь на 90 % питань
4,0	Вірна відповідь на 80 % питань
3,5	Вірна відповідь на 70 % питань
3,0	Вірна відповідь на 60 % питань
0	Вірна відповідь менш ніж на 60 % питань або студент був відсутній

Штрафні та заохочувальні бали

Загальний рейтинг з дисципліни включає штрафні та заохочувальні бали (табл. 4), які додаються або віднімаються від суми вагових балів усіх контрольних заходів. Загальна сума

штрафних балів не може перевищувати $60 \times 0,1 = (-6)$ балів. Загальна сума заохочувальних балів не може перевищувати $60 \times 0,1 = (+6)$ балів.

Таблиця 4

Дія	Бали
Несвоєчасне представлення результатів лабораторного заняття	мінус 1 бал (але в сумі не більш, ніж мінус 6)
Участь (перемога) в I етапі Всеукраїнської студентської олімпіади з дисципліни «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання»	плюс 1 бал за правильно виконане завдання, (але не більше, ніж плюс 6)
Застосування оригінального підходу при вирішенні задач	плюс 1 бал

Умови рубіжної атестації

Календарний контроль з навчальної дисципліни (освітнього компонента), проводиться як правило, на 7-8 та 14-15 тижнях кожного семестру. Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю з навчальної дисципліни є значення поточного рейтингу здобувача не менше, ніж 50 % від максимально можливого на час проведення такого контролю. Результати календарного контролю заносяться у модуль «Календарний контроль» Електронного кампусу.

Критерії семестрового оцінювання

Рейтингова система оцінювання складається з балів, отриманих здобувачем за результатами заходів поточного контролю, заохочувальних та штрафних балів. Рейтингова оцінка доводиться до здобувачів на останньому занятті з дисципліни в семестрі.

Друга складова – це екзаменаційна оцінка, призначена для оцінювання окремих завдань на екзамені.

Екзамен відбувається за розкладом екзаменаційної сесії, затвердженм директором інституту. Екзамен проводиться в письмовій формі. Час написання екзамена складає не менше 60 хвилин. Екзаменаційне завдання складається з чотирьох питань. Кожне питання максимально оцінюється у 10 балів. Максимальна кількість балів отриманих за залікову контрольну роботу складає 40 балів:

$$r4=10 \text{ балів} \times 4 \text{ питання} = 40 \text{ балів.}$$

Критерій залікового оцінювання визначається як сума якості відповідей на кожне завдання білета за табл. 5.

Таблиця 5

Кількість балів за одне завдання білета

Бали	Критерій оцінювання
10	Відмінна відповідь (не менше 95% інформації), можливі несуттєві зауваження та неточності
9,0	Дуже добра відповідь (не менше 85% інформації), помилок немає, відповідь на переважну більшість питань, творче мислення
8,0	Добра відповідь (не менше 75% інформації), помилок немає, відповідь на більшість питань, окремі недоліки
7,0	Достатня відповідь (не менше 60% інформації) є зауваження, відповідь тільки на частину питань
6,0	Задовільна відповідь (не менше 60% інформації), суттєві помилки, відповідь на поодинокі питання, не може пояснити результати
0	Відповідь невірна або менше 60% інформації, або вона відсутня

Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни

За результатами заходів поточного контролю з дисципліни, заохочувальних та штрафних балів та екзамена:

$$R = r_1+r_2+r_3+ r_4 = 30+20+(5+5) +40 = 100 \text{ балів}$$

Для отримання відповідної оцінки з дисципліни студент має набрати певну кількість балів, згідно з таблицею перерахунку (табл. 6).

Таблиця 6

Таблиця перерахунку рейтингових балів в оцінки

Рейтингова оцінка здобувача	Університетська шкала оцінок рівня здобутих компетентностей
95 ... 100	Відмінно
85 ... 94	Дуже добре
75 ... 84	Добре
65 ... 74	Задовільно
60 ... 64	Достатньо
Менше 60 балів	Незадовільно
Не виконані умови допуску до семестрового контролю	Не допущено

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус) склав:

Доцент кафедри конструювання машин, кандидат технічних наук

Юрій АДАМЕНКО

Ухвалено кафедрою конструювання машин (Протокол № 1 від 30.08.2021)

Погоджено методичною комісією механіко-машинобудівного інституту (Протокол № від)