



МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МАШИНОБУДІВНОГО ВИРОБНИЦТВА

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 - Механічна інженерія
Спеціальність	131 - Прикладна механіка
Освітня програма	Конструювання та дизайн машин
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна (денна)/дистанційна/змішана
Рік підготовки, семестр	3 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити ЕКТС, 120 год., Лекції – 36 год., практичні – 18 год., лабораторні – 18 год., СРС 48 год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік, МКР
Розклад занять	Лекції – 36 год., практичні – 18 год., лабораторні – 18 год. за розкладом Департаменту навчальної роботи КПІ ім. І. Сікорського http://roz.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу/ викладачів	Лекції, практичні та лабораторні: кандидат технічних наук, доцент Адаменко Юрій Іванович, кафедра конструювання машин НН MMI, корпус КПІ 22, кімната 611, yuriy.adamenko@ukr.net , кандидат технічних наук, доцент Майданюк Сергій Володимирович, кафедра конструювання машин НН MMI, корпус КПІ 22, кімната 610, maysv3@gmail.com завідувач Науково-дослідної (експериментальної) лабораторії вимірювальної техніки НН MMI Плівак Олександр Анатолійович корпус КПІ 22, кімната 610, aplivak@gmail.com
Розміщення курсу	Ресурс «Електронний кампус»

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна «Метрологічне забезпечення машинобудівного виробництва» є вибірковою для підготовки бакалаврів за освітньою програмою «Конструювання та дизайн машин».

Метою дисципліни є здатність здійснювати метрологічне забезпечення машинобудівного виробництва на всіх етапах життєвого циклу виробів.

Предмет навчальної дисципліни. Нормативна база з метрології. Методи вимірювання фізичних величин. Засоби вимірювання, їх характеристики. Похибки, невизначеність вимірювань. Обробка результатів вимірювань. Поняття метрологічного забезпечення виробництва. Метрологічна експертиза конструкторсько-технологічної документації. Правові основи забезпечення єдності вимірювань.

Дисципліна «Метрологічне забезпечення машинобудівного виробництва» відноситься до вибіркових дисциплін циклу професійної підготовки, і вона самостійно не формує окремих компетентностей, проте здатна підсилювати компетентності та результати навчання, які забезпечують нормативні освітні компоненти.

Вивчення дисципліни сприяє підсиленню наступних компетентностей:

Загальні компетентності

ЗК13. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

Фахові компетентності

ФК6. Здатність виконувати технічні вимірювання, одержувати, аналізувати та критично оцінювати результати вимірювань.

ФК9. Здатність представлення результатів своєї інженерної діяльності з дотриманням загальноприйнятих норм і стандартів.

Завершитись навчання має наступними програмними результатами:

РН7. 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 «Метрологічне забезпечення машинобудівного виробництва» базується на наступних дисциплінах:

- Технологія конструкційних матеріалів.
- Інженерна та комп'ютерна графіка.
- Метрологія, стандартизація і сертифікація

У свою чергу дисципліна «Метрологічне забезпечення машинобудівного виробництва» може бути корисною для подальшої підготовки з дисциплін:

- Деталі машин і основи конструювання. Курсовий проект.
- Дипломне проектування

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Метрологія та метрологічне забезпечення виробництва	
<i>Тема 1.1</i>	Нормативна база метрології. Метрологічне забезпечення виробництва.
<i>Тема 1.2</i>	Метрологічна система України.
<i>Тема 1.3</i>	Системи фізичних величин. Міжнародна система фізичних одиниць.
Розділ 2. Основні поняття про вимірювання, відтворення одиниць фізичних величин	
<i>Тема 2.1</i>	Види вимірювань, методи вимірювань, види контролю та їх характеристики.
<i>Тема 2.2</i>	Відтворення одиниць фізичних величин. Еталони. Повірка та калібрування засобів вимірювання.
Розділ 3. Обробка результатів вимірювання	
<i>Тема 3.1</i>	Похибки вимірювань. Класифікація похибок. Систематичні похибки.
<i>Тема 3.2</i>	Випадкові похибки. Закони розподілення випадкових величин.
<i>Тема 3.2</i>	Обробка результатів спостережень.

Розділ 4 Засоби вимірювання та їх повірка	
<i>Тема 4.1</i>	Засоби вимірювання, їх класифікація та метрологічні характеристики.
<i>Тема 4.2</i>	Механічні, оптико-механічні, пневматичні, електричні, фотоелектричні засоби вимірювання. Вибір засобів вимірювання.
<i>Тема 4.3</i>	Спеціальні засоби вимірювання, координатні вимірювання, розрахунок калібрів.
<i>Тема 4.4</i>	Метрологічне забезпечення контролю зубчастих коліс.
Розділ 5 Якість вимірювального процесу, метрологічна експертиза	
<i>Тема 5.1</i>	Якість вимірювань. Невизначеність вимірювання. Встановлення відповідності.
<i>Тема 5.2</i>	Метрологічна експертиза конструкторської та технологічної документації.
<i>Тема 5.3</i>	Стандарти системи ISO GPS: геометричні специфікації (характеристики) продукту.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

- Володарський Є.Т., Кухарчук В.В., Поджаренко В.О., Сердюк Г.Б. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю. Навчальний посібник. - Вінниця: ВДТУ, 2001. – 219 с.
- ДСТУ 2681-94 Метрологія. Терміни та визначення
- ДСТУ OIML D 2:2007 Метрологія. Узаконені одиниці фізичних величин
- ДСТУ OIML D 8:2008 Метрологія. Еталони. Вибір, визнання, застосування, зберігання та документація.
- ДСТУ OIML D 5:2007 Метрологія. Повірочні схеми для засобів вимірювальної техніки. Правила розроблення.
- ДСТУ 3741:2015 Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювання довжини.

Додаткова література

- ДСТУ OIML D 9:2008 Метрологія. Принципи метрологічного нагляду.
- ДСТУ OIML D 16:2008 Метрологія. Принципи забезпечення метрологічного контролю
- ДСТУ OIML D 27:2008 Метрологія. Повірка засобів вимірювальної техніки первинна за наявності у виробника системи управління якістю.
- ДСТУ-Н ПМГ 44:2013 Метрологія. Порядок визнання методик виконання вимірювання.
- ДСТУ OIML D 20:2008 Метрологія. Первинна та періодична повірка засобів вимірювальної техніки і контроль процесів вимірювання.
- ДСТУ-Н РМГ 51:2006 Метрологія. Документи до методик повірки засобів вимірювання. Основні положення.
- ДСТУ OIML R 34:2014 Метрологія. Класи точності засобів вимірювальної техніки.
- ДСТУ OIML G 19:2018 Роль невизначеності вимірювання під час прийняття рішень про оцінку відповідності в законодавчо регульованій метрології.
- ДСТУ ISO/TS 21749:2013 Невизначеність вимірювання в метрологічній практиці. Повторні вимірювання та ієрархічні експерименти.
- Ігнаткін В.У. Метрологічне забезпечення якості продукції. – Запоріжжя: Запорізький національний технічний університет, 2017. – 202 с.
- <https://www.iso.org/home.html>
- <http://uas.org.ua/ua/>
- <http://csm.kiev.ua/>

Наведена література знаходиться в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського та в мережі Internet.

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Під час лекційних занять розглядаються наступні питання:

- Фізичні величини та одиниці їх вимірювання. Системи фізичних величин. Міжнародна система фізичних одиниць.
- Нормативна база метрології. Метрологічне забезпечення виробництва.
- Види вимірювань. Рівноточні, нерівноточні, однократні, багатократні, статичні, динамічні, технічні, метрологічні, прямі, непрямі, спільні, сукупні. Методи вимірювань.
- Безпосередньої оцінки, метод порівняння з мірою, нульовий метод, контактний, безконтактний. Види контролю.
- Відтворення одиниць фізичних величин. Еталони. Повірка та калібрування засобів вимірювання. Повірочні схеми.
- Похибки вимірювань. Класифікація похибок. Систематичні похибки та методи їх усунення.
- Випадкові похибки. Причини виникнення похибок вимірювань. Закони розподілення випадкових величин. Надмірні похибки та методи їх вилучення.
- Обробка результатів спостережень. Оцінка похибок вимірювань. Обробка результатів вимірювань багаторазових прямих рівноточних, прямих нерівноточних, одноразових, непрямих.
- Засоби вимірювання. Класифікація засобів вимірювання. Міри, вимірювальні прилади, вимірювальні системи, автоматизовані та автоматичні засоби вимірювань.
- Метрологічні характеристики засобів вимірювання.
- Механічні засоби вимірювання: штангенінструменти, мікрометричні інструменти, важільно-механічні прилади.
- Оптико-механічні засоби вимірювань: оптиметри, інтерферометри, проектори, мікроскопи, координатно-вимірювальні машини.
- Пневматичні, електричні, фотоелектричні засоби вимірювання.
- Спеціальні засоби вимірювання. Калібри шліцьові, різьбові, їх розрахунок. Вибір засобів вимірювання.
- Метрологічне забезпечення контролю зубчастих коліс. Засоби та методи вимірювання параметрів кінематичної точності, плавності, контакту зубів та бічного зазору зубчастих коліс та передач.
- Якість вимірювань. Невизначеність вимірювання. Встановлення відповідності технічним специфікаціям.
- Метрологічна експертиза конструкторської та технологічної документації.

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 вирішувати питання метрологічного забезпечення машинобудівного виробництва.

Основні теми практичних занять та перелік основних питань:

- Розрахунок калібрів-пробок для контролю внутрішніх метричних різьб та калібрів-кілець для контролю зовнішніх метричних різьб.
- Проектування калібрів-пробок та калібрів-кілець для контролю метричної різьби.
- Розрахунок калібрів для контролю шліцьових отворів та валів. Розробка конструкції калібрів.
- Розрахунок калібрів для контролю конусів. Розробка конструкції калібрів.
- Розрахунок параметрів точності зубчастих коліс і передач.

- Обробка результатів прямих багаторазових вимірювань.
- Метрологічна експертиза конструкторської документації

Лабораторні роботи

На лабораторних роботах студенти опановують методики вибору засобів вимірювальної 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 заліку за курсом. Тематика лабораторних робіт охоплює основні розділи технічних вимірювань деталей машин.

- Повірка плоско-паралельних кінцевих мір довжини 5-го розряду.
- Повірка штангенциркуля. Вимірювання лінійних розмірів штангенінструментом.
- Повірка мікрометра. Вимірювання лінійних розмірів мікрометричним інструментом.
- Вимірювання кутових розмірів за допомогою кутоміра та мікроскопа.
- Вимірювання відхилень від прямолінійності за допомогою оптичної лінійки.
- Вимірювання параметрів точності зубчастих коліс, що характеризують бічний зазор у передачі.

6. Самостійна робота студента

Години, відведені на самостійну роботу студента, призначені для опанування навчальної дисципліни, зокрема, підготовка до виконання робіт на практичних заняттях; підготовка до лекцій та лабораторних робіт, а також підготовка до модульної контрольної роботи та заліку.

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, 2, і 3. Контрольна робота-2 виконується за розділами 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 заліку.

Відвідування практичних занять є вельми бажаним, оскільки на цих заняттях вирішуються типові інженерні задачі, які виносяться на залік. Також студенти мають можливість проконсультуватися з викладачем по всіх питаннях з дисципліни. Як правило, на останньому практичному занятті захищаються звіти з практичних робіт. Захист звіту з практичних робіт можливий і раніше, але обов'язково до початку заліку 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. Детальніше: НАКАЗ №НОН/228/2022 ВІД 21.07.2022 "Про затвердження нової редакції положення про апеляції в КПІ ім. Ігоря Сікорського", https://document.kpi.ua/2022_НОН-228

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 (r_1)

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 бали, тобто 60% від максимальної кількості за одну роботу. Мінімальна кількість балів за всі лабораторні роботи:

$$r1_{min} = 3 \text{ балів} \times 6 = 18 \text{ балів.}$$

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи:

$$r1 = 5 \text{ балів} \times 6 = 30 \text{ балів.}$$

Таблиця 1

Рейтингові бали за експрес-контроль до лабораторної роботи

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

Таблиця 2

Рейтингові бали за захист лабораторної роботи

Бали	Критерії оцінювання
3,0	Робота виконана повністю, зауважень немає, є відповіді на всі запитання.
2,85	Робота виконана з несуттєвими зауваженнями, у відповідях трапляються неточності.
2,4	Робота виконана з зауваженнями, є відповіді на більшість запитань.
2,1	Робота виконана з помилками, є відповіді лише на частину запитань.
1,8	Робота виконана із значними помилками, є відповіді лише на окремі питання.
0,0	Робота не виконана, звіт не представлений.

Звіт з практичних робіт (r_2)

Звіт з практичних робіт вміщує усі завдання, видані викладачем. Максимальна кількість балів за завдання нараховується за правильне та своєчасне виконання. Терміни виконання завдань встановлюються викладачем на практичних заняттях. Оцінювання звіту здійснюється відповідно до таблиці 3. Максимальна кількість балів становить:

$$r2 = 30 \text{ балів.}$$

Мінімальна кількість балів за звіт з практичних робіт складає не менше 60% від максимальної кількості:

$$r2_{min} = 0,6 \times 30 = 18 \text{ балів.}$$

Таблиця 3

Рейтингові бали з практичних робіт

Бали	Критерій оцінювання
30	Завдання виконані, зауважень немає, є відповіді на всі запитання.
27	Завдання виконані з несуттєвими зауваженнями, у відповідях трапляються неточності.
24	Завдання виконані з зауваженнями, є відповіді на більшість запитань.
21	Завдання виконані з помилками, є відповіді лише на частину запитань.
18	Завдання виконані із значними помилками, є відповіді лише на окремі питання.
0,0	Завдання не виконані, звіт не представлений.

Контрольні роботи (r3)

Одна контрольна робота складається з кількох завдань. Завдання оновлюються кожного семестру. Ваговий бал однієї контрольної роботи – 20.

Оцінювання контрольної роботи здійснюється відповідно до таблиці 4.

Максимальна кількість балів за дві контрольні роботи відповідно складає:

$$r3 = 20 \text{ балів} \times 2 = 40 \text{ балів}$$

Таблиця 4

Рейтингові бали за контрольну роботу

Бали	Критерій оцінювання
20	Вірна відповідь більш, ніж на 95 % питань
18	Вірна відповідь більш, ніж на 85 % питань
16	Вірна відповідь більш, ніж на 75 % питань
14	Вірна відповідь більш, ніж на 65 % питань
12	Вірна відповідь більш, ніж на 60 % питань
0,0	Вірна відповідь менш, ніж на 60 % питань або студент був відсутній

Штрафні та заохочувальні бали

Загальний рейтинг з дисципліни включає штрафні та заохочувальні бали, 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.

Заохочувальні бали можуть нараховуватися за виконання творчих робіт: робота у наукових гуртках з підготовкою матеріалів доповідей або статей для публікації, участь у наукових і науково-практичних конференціях і семінарах, олімпіадах з дисципліни, конкурсах робіт, рефератів та оглядів наукових праць, аналіз сучасної нормативно-правової бази з дисципліни у країні та її відповідність вимогам міжнародних стандартів тощо. Кількість нарахованих балів залежить від отриманих результатів.

Нарахування штрафних балів не передбачено.

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 залікового оцінювання

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

Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідно до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

Зі здобувачами, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому занятті з дисципліни в семестрі викладач проводить семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи.

У цьому випадку бали, отримані за індивідуальну роботу залишаються, а бали отримані за модульні контрольні роботи скасовуються.

Максимальна кількість балів, отриманих за залікову контрольну роботу, складає 40 балів:

$$r_4 = 40 \text{ балів}$$

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
40	Відмінна відповідь (не менше 95% інформації), можливі несуттєві зауваження та неточності
36	Дуже добра відповідь (не менше 85% інформації), помилок немає, відповідь на переважну більшість питань, творче мислення
32	Добра відповідь (не менше 75% інформації), помилок немає, відповідь на більшість питань, окремі недоліки
28	Задовільна відповідь (не менше 65% інформації) є зауваження, відповідь на частину питань
24	Достатня відповідь (не менше 60% інформації), суттєві помилки, відповідь на окремі питання.
0	Відповідь невірна або менше 60% інформації, або вона відсутня

Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни

1. За результатами заходів поточного контролю з дисципліни, заохочувальних та штрафних балів без залікової контрольної роботи:

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

2. За результатами заходів поточного контролю з дисципліни, заохочувальних та штрафних балів з заліковою контрольною роботою:

$$R = r_1 + r_2 + r_4 = 30 + 30 + 40 = 100 \text{ балів}$$

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

Доцент кафедри конструювання машин,
кандидат технічних наук

Сергій Майданюк

Ухвалено кафедрою конструювання машин

(Протокол №4 від 15.11.2023 р.)

Погоджено методичною комісією НН ММІ

(Протокол №4 від 22.12.2023 р.)