



# ТОЧНІСТЬ ВЕРСТАТІВ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
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	1 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	5 кредитів ЄКТС, 150 год., лекції – 36 год., практичні – 36 год., СРС 78 год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік, МКР
Розклад занять	За розкладом на сайті університету. <a href="http://roz.kpi.ua">http://roz.kpi.ua</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекції: д.т.н., професор, Данильченко Юрій Михайлович, каб.232-1 e-mail: <a href="mailto:yumd@i.ua">yumd@i.ua</a> Практичні: к.т.н., ст. викладач, Петришин Андрій Ігорович, e-mail: <a href="mailto:M.p3shka.a.i@gmail.com">M.p3shka.a.i@gmail.com</a>
Розміщення курсу	Ресурс «Електронний кампус», Google Classroom

### Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна "Точність верстатів" призначена для розширення знань слухачів про систему розрахунку та оцінки вихідної точності верстатів.

**Метою дисципліни** є опанування системи розрахунку точності верстатів, яка дозволяє побудувати баланс точності верстата, з'ясувати вплив окремих факторів на точність обробленої поверхні, визначити похибку схеми формоутворення, діагностувати джерело похибки за результатами вимірювання оброблених на верстаті деталей шляхом встановлення зв'язку похибок положення вузлів й елементів верстата, викликаних різними фізичними причинами на похибки розмірів, розміщення і форми оброблених на верстаті поверхонь.

**Предмет навчальної дисципліни.** Методологія розрахунку точності верстатів шляхом створення математичних моделей формоутворення і встановлення зв'язку між похибками оброблення і вихідними параметрами технологічної обробної системи за показником точності

Дисципліна «Точність верстатів» відноситься до вибіркової дисципліни циклу професійної підготовки, і самостійно не формує компетентностей, проте здатна підсилювати компетентності та результати навчання, які забезпечує нормативна освітня компоненти, зокрема ОК4 «Дослідження, динаміка та надійність обладнання і машин».

**Вивчення дисципліни сприяє підсиленню наступних компетентностей:**

ФК8 Здатність розробляти програми і методики досліджень та випробувань машинобудівних виробів, засобів технічного оснащення, автоматизації та управління, розробляти фізичні та

математичні моделі досліджуваних машин, приводів, систем, процесів, виконувати заходи щодо вибору випробувального обладнання та організувати проведення експериментів з аналізом їх результатів.

ФК9 Здатність визначати динамічні характеристики та параметри надійності технологічного обладнання у його взаємодії з робочими процесами із використанням теоретичних та емпіричних методів дослідження.

**Завершитись навчання має наступними програмними результатами:**

PH15. Застосовувати методи досліджень складних технічних систем, володіти навичками самостійного проведення досліджень та випробувань машин з використанням сучасного контрольно-вимірювального обладнання та програмної обробки експериментальних даних.

PH16. Ідентифікувати фактори та дії, що впливають на динаміку та надійність технологічного обладнання, розробляти математичні моделі системи та її елементів, порівнювати результати теоретичних та експериментальних досліджень, визначати показники надійності технічних систем, аналізувати причини несправностей та відмов, впроваджувати методи відновлення працездатності.

**У результаті вивчення дисципліни студенти мають:**

**знати:**

- вихідні параметри верстата за показником точності;
- зв'язок між похибками обробки і вихідними параметрами верстата за показником точності;
- порядок визначення функції формоутворення верстата;
- порядок визначення зв'язків функції формоутворення з рівнянням номінальної оброблюваної поверхні;
- основні формули варіаційного методу розрахунку точності обробки на верстаті;
- методику математичного опису малих зміщень твердого тіла;
- методику запису рівнянь базових поверхонь та визначення похибок положення та розмірів оброблюваної поверхні.

**вміти:**

- визначати параметри траєкторій формоутворюючих вузлів верстата;
- записувати характеристичні коди формоутворюючої системи, функції формоутворення та рівняння номінальної оброблюваної поверхні у формоутворюючому вигляді;
- визначати зв'язки функції формоутворення з рівнянням оброблюваної поверхні;
- складати баланс точності верстата та визначати вектор похибки положення точки оброблюваної поверхні;
- складати рівняння базової оброблюваної поверхні;
- проводити оцінку похибки форми обробленої поверхні.

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

Дисципліна «Точність верстатів» базується на наступних дисциплінах:

- Інформаційні системи і технології в машинобудуванні
- Дослідження, динаміка та надійність обладнання і машин

У свою чергу дисципліна «Точність верстатів» може бути корисною для подальшої підготовки з дисциплін:

- Практика
- Виконання магістерської дисертації

**3. Зміст навчальної дисципліни**

Тема 1 Місце точності в експлуатаційних показниках верстата

Тема 2 Модель вихідної точності верстата

Тема 3 Розрахунок точності положення окремої ланки формоутворюючої системи верстата

Тема 4 Розрахунок точності оброблених поверхонь

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Основна література

1. Теорія формоутворення поверхонь – 1. Засоби обробленням різанням [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Технологія машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. Л. М. Данилова. – Електронні текстові дані (1 файл: 15,18 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 133 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47990>
2. Солодкий, В. І. Основи формоутворення поверхонь різанням [Електронний ресурс] : підручник для студентів технічних спеціальностей / В. І. Солодкий, Д. О. Красновид, О. А. Плівак ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл 13,97 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 440 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/27531>
3. Основи формоутворення поверхонь при механічній обробці. Навчальний посібник / Н.С.Равська, П.П.Мельничук, О.В.Мамлюк, Т.П.Ніколаєнко, О.А.Охріменко. – К: НТУ України «Київський політехнічний інститут», 2013. – 215 с. <http://repo.snau.edu.ua/handle/123456789/1799>
4. Дослідження та випробування верстатів і верстатних комплексів. Конспект лекцій для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». – Краматорськ, ДДМА, 2018 р. – 52 с. <http://www.dgma.donetsk.ua/docs/kafedry/kmsit/metod/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%20%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D0%B9%20%D0%94%D0%BE%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B4%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D1%82%D0%B0%20%D0%B2%D0%B8%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B1%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%96%D0%B2%20%D1%96%20%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%BD%D0%B8%D1%85%20%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%96%D0%B2%202018.pdf>
5. Бочков, В. М. Розрахунок та конструювання металорізальних верстатів [Текст] : підручник / В. М. Бочков, Р. І. Сілін, О. В. Гаврильченко ; за ред. Р. І. Сіліна. — Львів : Бескид Біт, 2008. — 448 с. <http://ктеп.kiev.ua/wp-content/uploads/2019/12/Bochkov-V.-M.-Rozrahunok-ta-konstruyuvannya-metalorizalnih-verstativ.pdf>

##### Додаткова література

1. Portman, V. (2018). Mechanics of Accuracy in Engineering Design of Machines and Robots: Volume I: Nominal Functioning and Geometric Accuracy. <https://doi.org/10.1115/1.861615>
2. Portman, V. (2019). Mechanics of Accuracy in Engineering Design of Machines and Robots Volume II: Stiffness and Metrology. <https://doi.org/10.1115/1.861691>
3. Reshetov, D. N., Portman, V. T., 1988, "Accuracy of Machine Tools", ASME Press, New York, NY, 304 pp. <https://discovery.kpi.ua/Record/000320239>
4. Radzevich, S.P. (2014). Generation of Surfaces: Kinematic Geometry of Surface Machining (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b16398>
5. Данильченко Ю.М., Кривошея А.В., Пастернак С.І., Короткий Є.В. Кінематика формоутворення циліндричних зубчастих коліс з заданим профілем дисковим інструментом // Вісник НТУУ «КПІ», сер. Машинобудування. – 2005. – № 46. – С. 104-108.
6. Кальченко В. Модульне 3D моделювання формоутворюючих систем шліфувальних верстатів, інструментів та оброблюваних поверхонь/ Вісник ТДТУ, 2005, том 10, № 2 – С. 68-78. [https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/31519/2/TSTUSJ\\_2005v10n2\\_Kalchenko\\_V-Module\\_3D\\_modelling\\_of\\_68-79.pdf](https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/31519/2/TSTUSJ_2005v10n2_Kalchenko_V-Module_3D_modelling_of_68-79.pdf)
7. Данильченко Ю.М., Кривошея А.В., Пастернак С.І. Математичне моделювання законів руху дискового інструменту при обробці зубчастих коліс довільного профілю // Вісник НТУУ «КПІ», сер. Машинобудування – 2006. – № 49. – С. 104-108.
8. Данильченко Ю.М., Пастернак С.І., Кривошея А.В. Продуктивність контурної обробки зубчастих ланок дисковим інструментом // Вісник НТУУ «КПІ», сер. Машинобудування. – 2008. – № 53. – С. 215-225.
9. Heisel, U., Pasternak, S., Storchak, M., Schaal, M., Danilchenko, Y. (2010). Modeling of gear machining with side milling tools. ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb. 105. 649-654.

[https://www.researchgate.net/publication/288546126\\_Modeling\\_of\\_gear\\_machining\\_with\\_side\\_milling\\_tools](https://www.researchgate.net/publication/288546126_Modeling_of_gear_machining_with_side_milling_tools)

10. Данильченко Ю.М., Кривошея А.В., Карська А.О., Сторчак М.Г., Пастернак С.І. Первинна генерація координатних кодів металорізальних верстатів // Сучасні технології в машинобудуванні: Зб. наук. праць. – Вип.6. – Харків: НТУ «ХП», 2011 – С. 23-28. [http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/19719/1/STvMS\\_2011\\_6\\_Danylchenko\\_Pervynna.pdf](http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/19719/1/STvMS_2011_6_Danylchenko_Pervynna.pdf)

11. Pasternak S., Danylchenko Yu., Heisel U. Machining strategies for gear cutting with disc-shaped milling tools // Вісник НТУУ «ХП», сер. Машинобудування. – 2015. - № (2) 74. - С.617-66. <https://journal.mmi.kpi.ua/article/view/44330/48750>

12. Pasternak S., Danylchenko Yu. Cutting forces in gear machining by disk milling cutters / Mechanics and Advanced Technologies. – 2018. - № (1) 82. - pp. 5-11. [http://journal.mmi.kpi.ua/article/view/118609/pdf\\_50](http://journal.mmi.kpi.ua/article/view/118609/pdf_50)

13. Theory and Practice of Gearing and Transmissions In Honor of Professor Faydor L. Litvin / Series: Mechanisms and Machine Science, Vol. 34, 1st ed. Springer, 2016 - 450 p: Chapter 21 - A. Krivosheya, Ju. Danilchenko, M. Storchak and S. Pasternak Design of Shaping Machine and Tooling Systems for Gear Manufacturing – pp. 425-450. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-19740-1\\_21](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-19740-1_21)

14. Данильченко Ю.М., Кривошея А.В., Щоголь А.О. Формоутворення зубчастого профіля черв'ячним інструментом // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС – 2023): матеріали тез доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 25–26 травня 2023 р.): у 2 т. / Національний університет «Чернігівська політехніка». – Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2023. – Т. 1. – С.226-227. <https://conference-chernihiv-polytechnik.com/kzyatps-2023-2/>

## Навчальний контент

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

Лекції проводяться з використанням наочних засобів представлення матеріалу та з використанням методичних матеріалів, доступ до яких наявний у студентів. Студенти залучаються до обговорення лекційного матеріалу та задають питання, щодо його сутності. На практичних заняттях застосовуються форми індивідуальної та колективної роботи (командна робота, парна робота) для реалізації завдань викладача та набуття навичок самостійної практичної роботи.

Під час вивчення курсу застосовуються стратегії активного і колективного навчання, які визначаються наступними методами і технологіями:

1) методи проблемного навчання (проблемний виклад, частково-пошуковий (евристична бесіда) і дослідницький метод);

2) особистісно-орієнтовані (розвиваючі) технології, засновані на активних формах і методах навчання ("мозковий штурм", "аналіз ситуацій" і ін.);

3) інформаційно-комунікаційні технології, що забезпечують проблемно-дослідницький характер процесу навчання та активізацію самостійної роботи студентів (електронні презентації, застосування на основі комп'ютерних і мультимедійних засобів практичних завдань, доповнення традиційних навчальних занять засобами взаємодії на основі мережевих комунікаційних можливостей (програми засоби, мобільні застосунки і ін.).

### Лекції

**Тема 1** Місце точності в експлуатаційних показниках верстата

1.1. Проблема точності у машинобудуванні і верстатобудуванні

Місце верстата в технологічній системі: структурна схема технологічної системи, система вимог до технологічної системи та верстата, показники та критерії працездатності верстата, вплив різних процесів на початкові параметри верстатів. Класи точності верстатів. Розмірні залежності в точності. Вплив точності виготовлення на роботу деталей машин та верстатів.

1.2. Параметри траєкторій формоутворюючих вузлів верстатів

Вихідні параметри верстата за показником точності: точність положення вузла верстата, форма траєкторії руху вузла верстата, взаємоположення траєкторій рухів формоутворюючих вузлів

верстатів. Зв'язок між вихідними параметрами верстата і похибками обробки (похибка розміру, відхилення форми, хвилястість та шорсткість, відхилення розміщення оброблених поверхонь). Вибір номенклатури вихідних параметрів верстата.

## **Тема 2** Модель вихідної точності верстата

### 2.1. Математична модель формоутворюючої системи верстата

Структура моделі точності верстата. Характеристичні коди формоутворюючої системи, зв'язок координатного коду з кодом компоновки верстата. Функція формоутворення. Перетворення систем координат, матриці перетворення координат та їх властивості. Модель ріжучого інструмента: точковий, однолезовий, багатолезовий, абразивний інструменти.

### 2.2. Аналіз оброблюваних поверхонь

Рівняння поверхні в просторі в параметричній формі. Зв'язок функції формоутворення з рівнянням оброблюваної поверхні. Зв'язки в формоутворюючій системі: зв'язки огинання, приховані та функціональні зв'язки.

### 2.3. Принцип розрахунку похибки положення точок оброблюваної поверхні

Варіація функції формоутворення, основні поняття. Визначення похибки положення точок оброблюваної поверхні: повна варіація функції положення, матриця варіації. Подання матриці варіацій у вигляді суми матриць деформацій, чистого переносу та чистого повороту. Правила знаків для складових матриць матриці варіації. Основні формули варіаційного методу розрахунку точності.

## **Тема 3** Розрахунок точності положення окремої ланки формоутворюючої системи верстата

### 3.1. Математичний опис малих зміщень твердого тіла

Матриця узагальненої похибки положення тіла. Математичний опис малого зміщення точки в заданому напрямку: переміщення поздовж заданого напрямку і кут повороту навколо заданої осі.

### 3.2. Принцип розрахунку точності положення окремої ланки формоутворюючої системи верстата

Принцип розрахунку геометричних похибок положення вузлів верстата: призначення комплексу перевірок точності переміщення вузла, визначення контрольованих параметрів, визначення координат точок вимірювання та вектору напрямку зміщення. Принцип розрахунку похибки положення вузла внаслідок пружних деформацій опор: визначення реактивних зусиль та моментів пружно-осьової, радіальної та пружно-поворотної опор; матриця жорсткості системи та її складові.

## **Тема 4** Розрахунок точності оброблених поверхонь

### 4.1. Баланс точності системи формоутворення, порядок розрахунку.

4.2. Рівняння базових поверхонь: середньо-квадратична і прилягаюча базові поверхні, розрахунок похибок положення та розмірів базових поверхонь, оцінка точності верстата (екстремальна оцінка та лінійна і квадратична інтегральні оцінки). Похибки схем формоутворення.

## **Практичні заняття**

Основними завданнями циклу практичних занять є поглиблення теоретичних знань, набуття навичок вирішення практичних задач.

Основні теми практичних занять та перелік основних питань:

### **Тема 1:** Запис рівняння оброблюваної поверхні з використанням функції формоутворення

Мета: Здобуття практичних навичок знаходження зв'язків функції формоутворення з рівнянням оброблюваної поверхні.

Порядок виконання:

1. Для заданої технологічної операції провести аналіз формоутворення, визначити склад технологічного модуля компоновки верстата, записати код компоновки та характеристичні коди формоутворюючої системи верстата.

2. Вибрати системи координат інструмента та заготовки та записати функцію формоутворення з врахуванням знаків переміщень.

3. Скласти математичну модель ріжучого інструмента та визначити радіус - вектор ріжучої точки інструмента в системі координат інструмента.

4. Записати функцію формоутворення з врахуванням математичної моделі інструмента та визначити радіус - вектор ріжучої точки інструмента в системі координат заготовки ( рівняння оброблюваної поверхні у формоутворюючому вигляді).

5. З врахуванням всіх змінних функції формоутворення визначити кількість зв'язків та виявити їх належність (зв'язки огинання, приховані або функціональні).

6. Визначити незалежні змінні та записати рівняння оброблюваної поверхні в параметричному вигляді.

Варіанти завдань:

- фрезерування площини прямозубою циліндричною фрезою;
- торцеве плоске шліфування;
- обробка фасонної поверхні шаровим шліфувальним кругом.

**Тема 2:** Розрахунок геометричних похибок положення вузлів верстата

Мета: Здобуття практичних навичок у розрахунку геометричних похибок положення вузлів верстата при вимірюванні в заданому напрямку малих змін положення тіла.

Порядок виконання:

1. Розробити схему контролю та призначити комплекс перевірок точності переміщення вузла верстата;
2. Визначити контрольовані параметри, координати точок вимірювання та вектора напрямку зміщення та занести ці дані в таблицю;
3. Записати математичну модель похибки положення тіла в заданому напрямку;
4. Скласти та розв'язати систему рівнянь для вимірюваних лінійних та кутових відхилень.

Варіанти завдань:

- точність поступального переміщення поздовжнього супорта токарного верстата;
- точність обертання шпиндельного вузла;
- контроль зміщень при безцентровому шліфуванні.

**Тема 3:** Розрахунок похибки положення вузла внаслідок пружних деформацій опор

Мета: Здобуття практичних навичок у розрахунку похибок положення вузла внаслідок пружних деформацій опор на прикладі розрахунку пружних переміщень жорсткого трьохопорного шпинделя.

Порядок виконання:

1. Розробити розрахункову схему жорсткого трьохопорного шпинделя на пружних опорах та вибрати систему координат;
2. Визначити координати точок закріплення пружних опор, вектори передаточних коефіцієнтів ( вектори напрямку деформацій та моменти цих векторів відносно осей координат), та занести ці дані в таблицю;
3. Розрахувати елементи матриці жорсткості системи;
4. Записати умову рівноваги при дії заданої системи зовнішніх сил та провести розв'язок системи рівнянь;
5. Визначити реакції опор.

**Тема 4:** Модель вихідної точності токарного верстата

Мета: Скласти векторний баланс точності токарного верстата при обробці довільної поверхні точковим інструментом та ознайомитись з методикою визначення параметрів середньо-квадратичної базової поверхні.

Порядок виконання:

1. Провести аналіз формоутворення на токарному верстаті, визначити склад технологічного модуля компоновки верстата, записати код компоновки та характеристичні коди формоутворюючої системи верстата.
2. Вибрати системи координат інструмента та заготовки та записати функцію формоутворення з врахуванням знаків переміщень.
3. Записати функцію формоутворення та визначити радіус - вектор ріжучої точки інструмента в системі координат заготовки ( рівняння оброблюваної поверхні у формоутворюючому вигляді).
4. Скласти векторний баланс точності при обробці точковим інструментом

5. З врахуванням всіх змінних функції формоутворення визначити кількість зв'язків та виявити їх належність (зв'язки огинання, приховані або функціональні), визначити незалежні змінні.
6. Визначити параметри базового середньоквадратичного циліндра:
- записати матрицю похибки положення системи координат;
  - записати повний диференціал радіус-вектора номінальної поверхні;
  - записати суму векторів похибок положення та розмірів;
  - визначити матрицю часткових похідних радіус – вектора базової поверхні;
  - визначити одиничний вектор нормалі до номінальної поверхні;
  - визначити складові матриці нормальних передаточних коефіцієнтів;
  - визначити похибки положення та розмірів.

## **6. Самостійна робота студента**

Години, відведені на самостійну роботу студента, призначені для опанування навчальної дисципліни, зокрема, підготовки до виконання завдань на практичних заняттях; підготовки до лекцій, модульної контрольної роботи та заліку.

## **Політика та контроль**

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

#### **Правила 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 екзаменаційного завдання та практичних робіт.

Відвідування практичних занять є обов'язковим. У разі відсутності студента на занятті, у тому числі і за станом здоров'я, йому необхідно пропущену роботу (завдання) відпрацювати.

Відвідування контрольних робіт є обов'язковим. Якщо студент пропустив контрольну роботу 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 робота не оцінюється. Перескладання модульної контрольної роботи на вищу оцінку не передбачено.

#### **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](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)**

**Поточний контроль:** практичні заняття, модульна контрольна робота.

**Календарний контроль:** провадиться 2 раз на семестр за встановленим графіком як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

**Семестровий контроль:** залік.

### Оцінювання здобувача вищої освіти

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, які він отримує за:

- 1) виконання завдань на практичних заняттях - 60 балів;
- 2) виконання МКР - 40 балів;

#### Виконання завдань на практичних заняттях

На практичних заняттях передбачається виконання 4 завдань, які оцінюються. Ваговий бал кожного завдання складає 15 балів.

#### Рейтингові бали за виконання практичного завдання

Бали	Критерії оцінювання
15	Завдання виконано повністю, зауважень немає, є відповіді на всі запитання.
14	Завдання виконано з несуттєвими зауваженнями, у відповідях трапляються неточності.
12	Завдання виконано з зауваженнями, є відповіді на більшість запитань.
10	Завдання виконано з помилками, є відповіді лише на частину запитань.
9	Завдання виконано із значними помилками, є відповіді лише на окремі питання.
0	Завдання не виконано.

Мінімальна кількість балів за всі завдання:

$$r1_{min} = 9 \text{ балів} \times 4 \text{ завд.} = 36 \text{ балів.}$$

Максимальна кількість балів за всі завдання:

$$r1_{max} = 15 \text{ балів} \times 4 \text{ завд.} = 60 \text{ балів.}$$

#### Модульна контрольна робота

Метою проведення модульної контрольної роботи є перевірка знань, засвоєних студентами в процесі вивчення відповідних розділів навчальної дисципліни. Робочим навчальним планом передбачено проведення однієї модульної контрольної роботи (МКР) обсягом 2 год. МКР складається з чотирьох завдань. Практична спрямованість завдань визначається тематикою магістерської дисертації. Ваговий бал кожного завдання – 10 балів.

Оцінювання кожного завдання здійснюється відповідно до таблиці:

#### Рейтингові бали за одну контрольну роботу

Бали	Критерій оцінювання
10	Вірна відповідь більш, ніж на 95 % питань
9	Вірна відповідь більш, ніж на 85 % питань
8	Вірна відповідь більш, ніж на 75 % питань
7	Вірна відповідь більш, ніж на 65 % питань
6	Вірна відповідь більш, ніж на 60 % питань
0	Вірна відповідь менш, ніж на 60 % питань або студент був відсутній

Мінімальна кількість балів за МКР:

$$r2_{min} = 6 \text{ балів} \times 4 \text{ завдання} = 24 \text{ бали.}$$

Максимальна кількість балів за МКР:

$$r2_{max} = 10 \text{ балів} \times 4 \text{ завдання} = 40 \text{ балів.}$$

#### Штрафні та заохочувальні бали

Загальний рейтинг з дисципліни включає штрафні та заохочувальні бали, які додаються до суми вагових балів усіх контрольних заходів. Нарахування штрафних балів не передбачено.

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.

Загальна сума заохочувальних балів не може перевищувати 10% від рейтингової шкали, тобто  $100 \times 0,1 = 10$  балів.

### Умови календарного контролю

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.

#### Необхідною умовою допуску до заліку є виконання всіх практичних робіт.

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 (практичні завдання) залишаються, а бали отримані за модульну контрольну роботу скасовуються.

Залікове завдання складається з чотирьох питань. Відповідь на питання оцінюється у 10 балів, відповідно максимальна кількість балів отриманих за залікове завдання складає 40 балів:

$$r_{3max} = 10 \text{ балів} \times 4 \text{ питання} = 40 \text{ балів.}$$

Критерій екзаменаційного оцінювання визначається як сума якості відповідей на кожне питання залікового завдання.

### Кількість балів за одне завдання залікового завдання

Бали	Критерій оцінювання
10,0	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	Задовільна відповідь (не менше 65% інформації) є зауваження, відповідь на частину питань
6,0	Достатня відповідь (не менше 60% інформації), суттєві помилки, відповідь на окремі питання.
0,0	Відповідь невірна або менше 60% інформації, або вона відсутня

### Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни

За результатами заходів поточного контролю з дисципліни, заохочувальних балів

- без залікової контрольної роботи:

$$R = r_1 + r_2 = 60 + (10 + 10 + 10 + 10) = 100 \text{ балів}$$

- із заліковою контрольною роботою:

$$R = r_1 + r_3 = 60 + 40 = 100 \text{ балів}$$

Для отримання відповідної оцінки з дисципліни студент має набрати певну кількість балів, згідно з таблицею перерахунку:

**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

### **9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

Завдання модульної контрольної роботи

1. Аналіз формоутворення (для деталі – представника)
  - 1.1. Схема обробки
  - 1.2. Формоутворюючі та інші виконавчі рухи у верстаті
  - 1.3. Склад технологічного модуля та модульного комплекту
2. Рівняння номінальної оброблюваної поверхні у формоутворюючому вигляді
  - 2.1. Координатний код формоутворюючої системи
  - 2.2. Модель формоутворюючої системи
  - 2.3. Аналіз зв'язків у формоутворюючій системі
3. Баланс точності верстата
  - 3.1. Векторний баланс
  - 3.2. Нормальний баланс
4. Оцінка вихідної точності верстата
  - 4.1. Рівняння базової поверхні
  - 4.2. Аналіз похибок форми оброблюваних поверхонь

Завдання на модульну контрольну роботу призначається відповідно до тематики магістерської дисертації згідно із наявними у студента матеріалами конструкторсько - технологічного характеру.

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

Професор кафедри конструювання машин, доктор  
технічних наук

Юрій ДАНИЛЬЧЕНКО

**Ухвалено** кафедрою конструювання машин- (Протокол №7 від 20.12.2022 р.)

**Погоджено** методичною комісією навчально-наукового механіко-машинобудівного інституту (Протокол №4 від 22.12.2022 р.).