



# ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ З ПАРАЛЕЛЬНОЮ КІНЕМАТИКОЮ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 - Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 - Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Конструювання та дизайн машин</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів ЄКТС, 150 годин, лекції – 36 год., практичні - 18 год., лабораторні – 18 год., СРС – 78 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен, МКР</i>
Розклад занять	<i>За розкладом на сайті університету. <a href="http://roz.kpi.ua/">http://roz.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: : к.т.н., ст. викл., Петришин Андрій Ігорович, e-mail: m.p3shka.a.i@gmail.com моб. (095) 701-79-45; (097) 697-10-04 Telegram/Viber Лабораторні і практичні: к.т.н., ст. викл., Петришин Андрій Ігорович, e-mail: m.p3shka.a.i@gmail.com моб. (095) 701-79-45; (097) 697-10-04 Telegram/Viber</i>
Розміщення курсу	<i>Ресурс «Електронний кампус», Google Classroom</i>

### Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна “Технологічне обладнання з паралельною кінематикою” присвячена вивченню обладнання нового покоління з мехатронними системами і стержневими механізмами паралельної структури (МПС), концепція побудови яких передбачає багатофункціональність (використання механізмів, які мають практичну можливість реалізації транспортних, допоміжних і технологічних операцій одним виконавчим органом) і багатопоточність (використання механізмів, які дозволяють реалізувати раціональний перерозподіл навантажень між декількома механізмами та його складовими елементами паралельними шляхами).

**Предметом** вивчення навчальної дисципліни є робоча машина, що здійснює основні (робочі) і додаткові (допоміжні) рухи з використанням механізмів паралельної структури (МПС), які виконані у вигляді штанг постійної і змінної довжини або їх комбінації.

**Метою** навчальної дисципліни «ТОПК» є формування компетентності і придбання студентами:

**знань** сучасних тенденцій верстатобудування, організації складних просторових рухів

виконавчих органів стержневих технологічних машин, кінематики і динаміки стержневих МПС, формоутворення і математичного модулювання складних поверхонь в технологічному обладнанні з МПС, прогнозування та перспектив його розвитку;

**вміння** розбиратися в принципі роботи технологічного обладнання з МПС, обирати систему управління і компонувати його приводи, вузли і механізми, моделювати робочий простір, виконувати кінематичні і силові, жорсткісні і точнісні розрахунки;

**навичок** в проектуванні, розрахунках, дослідженні та експлуатації технологічного обладнання нового покоління.

Дисципліна «Технологічне обладнання з паралельною кінематикою» відноситься до вибіркової дисципліни циклу професійної підготовки, вона самостійно не формує компетентностей, проте здатна підсилювати компетентності та результати навчання, які забезпечують нормативні освітні компоненти.

**Вивчення дисципліни сприяє підсиленню наступних компетентностей:**

**Загальні компетентності (ЗК)**

ЗК1. Здатність виявляти, ставити та вирішувати інженерно-технічні та науково-прикладні проблеми

ЗК3. Здатність генерувати нові ідеї (креативність)

ЗК6. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями

**Спеціальні (фахові) компетентності (ФК)**

ФК2. Здатність описати, класифікувати та змоделювати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні теорій та практик механічної інженерії, а також знаннях суміжних наук.

ФК5. Здатність застосувати сучасні інформаційні технології підтримки життєвого циклу виробів машинобудування на основі ефективного поєднання передових CAD / CAM / CAE / PDM / PLM рішень та електронного обміну даними

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

ФК11. Здатність створювати елементи інженерних конструкцій, орієнтованих на застосування адитивних процесів, обирати обладнання, матеріали та призначати режими виготовлення деталей

**Завершитись навчання має наступними програмними результатами:**

РН1. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання новітніх методів та методик проектування, аналізу і дослідження конструкцій, машин та/або процесів в галузі машинобудування та суміжних галузях знань.

РН3. Застосовувати системи автоматизації для виконання досліджень, проектно-конструкторських робіт, технологічної підготовки та інженерного аналізу в машинобудуванні

РН4. Використовувати сучасні методи оптимізації параметрів технічних систем засобами системного аналізу, математичного та комп'ютерного моделювання, зокрема за умов неповної та суперечливої інформації

РН5. Самостійно ставити та розв'язувати задачі інноваційного характеру, аргументувати і захищати отримані результати та прийняті рішення

РН8. Оволодівати сучасними знаннями, технологіями, інструментами і методами, зокрема через самостійне опрацювання фахової літератури, участь у науково-технічних та освітніх заходах

РН15. Застосовувати методи досліджень складних технічних систем, володіти навичками самостійного проведення досліджень та випробувань машин з використанням сучасного контрольованого обладнання та програмної обробки експериментальних даних

РН17. Використовувати спеціальне програмне забезпечення при проектуванні виробів і підготовці керуючих програм для адитивних машин, їх налагодження та управління процесом.

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

Дисципліна «Технологічне обладнання з паралельною кінематикою» базується на наступних дисциплінах

- Інтелектуальна власність та патентознавство
- Основи інженерії та технології сталого розвитку
- 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. Проблема і історія створення технологічного обладнання нового покоління

Тема 2. Принципи побудови механізмів паралельної структури (МПС)

Тема 3. Існуючі компоновки і конструкції технологічного обладнання з МПС

Тема 4. Області використання МПС крім верстатобудування

Тема 5. Модульний принцип побудови технологічного обладнання з МПС

Тема 6. Структурно-схемний синтез технологічного обладнання з МПС

Тема 7. Кінематика і робоча зона технологічного обладнання з МПС

Тема 8. Кінетостатика технологічного обладнання з МПС

Тема 9. Жорсткість і динаміка технологічного обладнання з МПС

Тема 10. Точність технологічного обладнання з МПС

Тема 11. Системи управління і контролю технологічного обладнання з паралельною кінематикою

Тема 12. Концепція створення верстатів нового покоління

Тема 13. Реалізація концепції при створенні малогабаритних настільних верстатів з МПС і комп'ютерним керуванням

Тема 14. Приводи технологічного обладнання з МПС

Тема 15. Конструювання і розрахунки затискних механізмів для високошвидкісної і прецизійної обробки

Тема 16. Конструювання і розрахунки механізмів для автоматичного завантаження і маніпулювання об'єктами

Тема 17. Конструювання, розрахунки і розширення функцій 3D-принтерів з МПС

Тема 18. Прогнозування і перспективи розвитку технологічного обладнання нового покоління

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

### **Основна література:**

1. Кузнецов Ю.М., Придальний Б.І., Гао Сінмінь Технологічне оснащення фрезерних верстатів: проектування, теорія, практика: Монографія – Луцьк: Вежа-Друк, 2023.-292 с.

2. Струтинський С.В., Гуржій А.А. Просторові системи приводів: Монографія – К.: Педагогічна думка, 2013. – 492 с.

3. Технологічне обладнання з ЧПК: механізми та оснащення: Навч. посібник для студентів ВНЗ /Ю.М.Кузнецов, О.Ф.Саленко, О.О.Харченко, В.Т.Щетинін .-Київ-Кременчук-Севастополь: Вид-во «Точка», 2014.-500 с.

4. Теорія технічних систем в аспектах досліджень та технічної творчості / Theory of Technical Systems in Aspects of Research and Technical Creativity: підручник для здобувачів освітніх рівнів бакалавра, магістра та доктора філософії за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» / Ю. М. Кузнецов, Б. І. Придальний. Луцьк : Вежа-Друк, 2023. – 284 с.

5. Теорія технічних систем / В.С. Ловеїкін, Ю.О. Ромасевич. – К.: ЦП „КОМПРИНТ”, 2017. – 291 с.

### **Додаткова література:**

1. Контрольно-вимірвальні системи технологічного обладнання: Навч. Посю /В.А.Крижанівський, Ю.М.Кузнецов, В.М.Бабич, А.М.Кириченко.-Кіровоград; КНТУ, 2005.-500 с.
2. Кузнецов Ю.М. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою: Лабораторний практикум (електрона версія), 2022. – 70 с.
3. Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Шевченко О.В., Волошин В.Н. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах: Монографія / Упоряд. Кузнецов Ю.М. – К.: - Тернопіль: Терно-граф, 2011. -692с.
4. Кузнецов Ю.М., Шибецький В.Ю. Робототехнічні системи і комплекси фармацевтичного і біотехнологічного виробництва: Навч. пос.-К.: ТОВ «ГНОЗИС», 2012. -335 с.
5. Кузнецов Ю.М., Придальний Б.І. Проектування цільових механізмів маніпулювання верстатів нового покоління./Під заг. редакцією проф. Ю.М. Кузнецова.-Луцьк: Вежа-Друк, 2014.
6. Кузнецов Ю.М. Приводи затискних механізмів металообробних верстатів: Монографія / Ю.М. Кузнецов, Б.І. Придальний; за заг. ред. проф. Ю.М. Кузнецова.- Луцьк: Вежа-Друк, 2016. – 352 с.
7. Павленко І.І., Мажара В.А. Роботизовані технологічні комплекси: Навчальний посібник.- Кіровоград: КНТУ, 2010.- 393 с.
8. Павленко І.І. Захватні пристрої роботів: Навчальний посібник.- Кіровоград: Видавець Лисенко В.Ф., 2015.- 368 с.
9. Павленко І. І. Дослідження робочого простору верстата з паралельною структурою / Павленко І. І., Вахніченко Д. В. // Вісник НТУУ «КПІ». Машинобудування : збірник наукових праць. – 2014. – № 2(71). – С. 66–70.
10. Павленко І. І. Особливості силового навантаження верстатів-гексаподів при свердлінні під кутом / Павленко І. І., Вахніченко Д. В. // Вісник НТУУ «КПІ». Машинобудування : збірник наукових праць. – 2015. – № 1(73). – С. 119–123.
11. Розробка технічних засобів проектування технологічного і верстатного обладнання каркасних просторових компоновок / Д. О. Дмитрієв, С. А. Русанов, А. А. Омельчук, Д. Д. Федорчук // Mechanics and Advanced Technologies. – 2017. – №3 (81). – Р. 54-62.
12. Струтинський, В. Б. Теоретичний аналіз жорсткості шестикоординатного механізму паралельної структури /В. Б. Струтинський, А. М. Кириченко / Вісник НТУУ "КПІ". Машинобудування. –2009. –№ 57. – С. 198-207.
13. Шинкаренко В.Ф. Основи теорії еволюції електромеханічних систем: Монографія. – К.: Наукова думка, 2002.- 288 с.
14. : Wang, L.; Li, M.; Yu, G. A Novel Error Sensitivity Analysis Method for a Parallel Spindle Head. Robotics 2023, 12, 129. <https://doi.org/10.3390/robotics12050129>
15. Fan S, Zhang L, Hu B, Shen G, Song G, Qiu J. Vibration modelling analysis of defective parallel robots as machine tools for aerospace parts machining. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture. 2023;0(0). <https://doi.org/10.1177/09544054231191632>

### **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.

#### **Лекції**

##### **Тема 1. Проблема і історія створення технологічного обладнання нового покоління**

**Лекція 1.** Вступ. Світові тенденції і перспективи розвитку сучасного машинобудування і його серцевини - верстатобудування. Загальні принципи і шляхи впровадження нових технологій. Еволюція верстатів, як складних технічних систем, що розвиваються. Мехатронні системи в

технологічному обладнанні. Структура і класифікація механізмів технологічного обладнання. Вимоги до металообробного обладнання сучасного виробництва. Проектні критерії синтезу нового високотехнологічного обладнання. Методи відбору рішень на різних етапах проектування нового технологічного обладнання.

## **Тема 2. Принципи побудови механізмів паралельної структури (МПС)**

**Лекція 2.** Порівняльний аналіз побудови традиційних механізмів і МПС. Структурний аналіз і умови працездатності МПС. Класифікація ознак верстатного обладнання на основі МПС. Методи перетворення рухів виконавчого органу у верстатах з МПС.

## **Тема 3. Існуючі компоновки і конструкції технологічного обладнання з МПС**

**Лекція 3.** Галузі використання МПС для металообробного і деревообробного обладнання. Верстатне обладнання із штангами змінної довжини. Верстатне обладнання із штангами постійної довжини. Верстати з гібридною кінематикою. Вплив напрямних МПС на компонування верстатів нового покоління.

## **Тема 4. Области використання МПС крім верстатобудування**

**Лекція 4.** Різні галузі використання МПС: аерокосмічна техніка, робото технічні та вимірювальні системи, транспортні засоби та сільськогосподарська техніка, медичне обладнання та електронна промисловість, спортивні тренажери та індустрія розваг.

## **Тема 5. Модульний принцип побудови технологічного обладнання з МПС**

**Лекція 5.** Модульна побудова технологічного обладнання з МПС. Набори модулів для обладнання з штангами змінної довжини (біподів, триподів, гексаподів). Набори модулів для обладнання з штангами постійної довжини (біглайдів, триглайдів, гексаглайдів). Набори модулів для обладнання з МПС типу «дельта», «ножиці».

## **Тема 6. Структурно-схемний синтез технологічного обладнання з МПС**

**Лекція 6.** Структура технологічного обладнання з МПС. Умовний запис кінематичних схем технологічного обладнання з МПС. Синтез структур технологічного обладнання з МПС. Кінематичні пари і кінематичні ланки технологічного обладнання з МПС. Приклади запису кінематичних схем.

## **Тема 7. Кінематика і робоча зона технологічного обладнання з МПС**

**Лекція 7.** Кінематичний аналіз МПС і матричний апарат однорідних перетворень. Розв'язання прямої та зворотної задачі кінематики. Пряма і зворотна задача кінематики плоского двохступеневого плоского МПС типу «дельта». Визначення функції положення і робочої зони виконавчого органу. Моделювання робочого простору верстата з МПС.

## **Тема 8. Кінетостатика технологічного обладнання з МПС**

**Лекція 8.** Методика і задачі кінетостатичного аналізу. Кінетостатичний аналіз і розрахунок плоского МПС. Загальний підхід до аналізу положення МПС. Кінетостатичний аналіз просторового МПС із штангами постійної довжини. Системи врівноваження і розвантаження МПС від статичного навантаження.

## **Тема 9. Жорсткість і динаміка технологічного обладнання з МПС**

**Лекція 9.** Побудова матриць форми, жорсткості і піддатливості елементів Обчислювання деформації ланок. Визначення похибки переміщення кінцевої ланки МПС. Побудова матриць мас і демпфування. Побудова динамічної моделі ланки і механізму для визначення їх пружних деформацій. Динамічні моделі стержневих механізмів із розімкнутими і замкнутими кінематичними контурній. Статичні і динамічні реакції. Постановка задачі динамічного аналізу механізму з жорсткими ланками. Використання принципу Гауса для моделювання динаміки маніпуляторів. Силовий і динамічний розрахунок стержневих механізмів на основі матричного методу і методу гвинтів. Приклад розв'язку задачі динаміки для механізму з шістьма ступенями вільності (платформа Стюарта і типу «гексаглайд»).

## **Тема 10. Точність технологічного обладнання з МПС**

**Лекція 10.** Визначення похибки переміщення вихідної ланки по заданим похибкам в кінематичних парах. Пружні деформації МПС. Загальні положення методу скінчених елементів при аналізі пружних деформацій МПС. Експериментальні дослідження точності позиціювання вихідної ланки МПС поступальної дії. Точність обробки деталі на верстаті з МПС. Аналіз факторів, що впливають на точність верстата каркасної компоновки. Температурні деформації у верстатах з МПС

і їх стабілізація. Способи усунення люфтів в МПС.

### **Тема 11. Системи управління і контролю технологічного обладнання з МПС**

**Лекція 11.** Засоби контролю геометричних параметрів поверхонь складної форми. Фізичні і математичні основи оптичних систем контролю. Контроль виробів складної форми в складі технологічних систем. Елементи штучного інтелекту в технологічних машинах. Системи зворотного зв'язку і діагностування.

### **Тема 12. Концепція створення верстатів нового покоління**

**Лекція 12.** Основні положення нової концепції проектування. Реалізація концепції компоновок верстатів з МПС. Багаторівневий морфологічний синтез верстатів нового покоління. Принципи створення і компоновки багатоцільових токарних і багатокоординатних свердлильно-фрезерних верстатів з МПС. Особливості агрегатно-модульного принципу побудови верстатів з МПС. Моделювання і визначення об'єму робочого простору технологічного обладнання з паралельною структурою. Приклади комп'ютерного моделювання і проектування верстатів нових компоновок з МПС.

### **Тема 12. Моделювання при проектуванні верстатів з МПС**

**Лекція 12.** Математична модель формоутворюючої системи верстата. Математична модель інструмента. Рівняння обробленої поверхні у формоутворюючому вигляді.

Задача формоутворення для металорізальних верстатів стержневого типу. Метод супроводжуючого трьохгранника для опису оброблюваної поверхні. Формування матриці опису оброблюваної поверхні. Планування траєкторії взаємного переміщення інструменту і деталі. Моделювання і визначення об'єму робочого простору технологічного обладнання з паралельною структурою. Приклади комп'ютерного моделювання і проектування верстатів нових компоновок з МПС.

### **Тема 13. Реалізація концепції при створенні малогабаритних настільних верстатів з комп'ютерним керуванням**

**Лекція 13.** Існуючі настільні верстати і галузі застосування. Структурно-схемний синтез настільних фрезерних верстатів з ЧПК на модульному принципі. Приклади синтезованих настільних верстатів каркасних компоновок з комп'ютерним керуванням. Система керування і програмно-математичне забезпечення настільних фрезерних верстатів з МПС.

### **Тема 14. Приводи технологічного обладнання з МПС**

**Лекція 14.** Загальні відомості по використанню приводів різних типів. Приводи головного руху. Приводи подач. Приводи допоміжних рухів. Задача управління виконавчими приводами при обробці складних поверхонь. Функціональна схема електроприводу з підпорядкованим регулюванням параметрів. Перспективні двигуни стержневих систем. Вибір електродвигуна і передавального відношення перетворювача руху. Розрахунок підсилювачів-перетворювачів електропривода. Датчики параметрів електропривода. Регулятори параметрів електропривода. Врахування впливу пружних механічних передач.

### **Тема 15. Конструювання і розрахунок затискних механізмів для високошвидкісної і прецизійної обробки**

**Лекція 15.** Затискні механізми (ЗМ) і вимоги до них. Силкові характеристики ЗМ і їх силкові портрети. Радіальна жорсткість і точність системи патрон-деталь (патрон-інструмент). Розрахунок жорсткості шпиндельного вузла з врахуванням піддатливості його елементів. Структурно-схемний синтез затискних патронів диференційно-морфологічним методом. Синтез високошвидкісних, швидкопереналагоджувальних, широкодіапазонних (в тому числі інструментальних) затискних патронів. Генетико-морфологічний підхід до синтезу ЗМ.

### **Тема 16. Конструювання і розрахунок механізмів автоматичного завантаження і маніпулювання об'єктами**

**Лекція 16.** Способи автоматичного маніпулювання об'єктами в технологічному обладнанні різного призначення. Класифікація способів автоматичного завантаження і зміни заготовок, інструментів, робочих органів і їх елементів. Захватні пристрої роботи, маніпуляторів та їх розрахунок.

### **Тема 17. Конструювання, розрахунки і розширення функцій 3D-принтерів з МПС**

**Лекція 17.** Адитивні технології і способи їх реалізації. Компонування 3D-принтерів і відомі виробники. 3D-принтери з МПС. Розширення функціональних можливостей 3D-принтерів з МПС. Гібридні 3D-принтери і перспективи їх удосконалення.

**Тема 18. Прогнозування і перспективи розвитку технологічного обладнання нових поколінь**

**Лекція 18.** Застосування теорії еволюції до створення, прогнозування і генетичного передбачення верстатів нових поколінь. Основи теорії еволюції електромеханічних систем. Застосування універсальних генетичних операторів при створенні верстатів нового покоління. Генетичний синтез вісесиметричних електромеханічних систем на прикладі мотор-шпинделів з різними опорами. Передумови для автоматизованого генетичного проектування верстатів та їх механізмів.

### **Лабораторні роботи**

Лабораторні роботи присвячені придбанню практичних навичок в налагодженні, дослідженні та роботі з технологічним обладнанням, оснащеним мехатронними системам, стержневими МПС, спеціальними механізмами і вузлами.

Тематика лабораторних робіт:

1. Вивчення, налагоджування і відпрацювання формоутворюючих рухів на триглайді пірамідальної компоновки
2. Дослідження точності позиціювання модуля лінійного переміщення
3. Вивчення, налагоджування і вирощування деталі на 3D-принтері з МПС
4. Дослідження силових характеристик високошвидкісного інструментального затискного патрону типу Coro Grip
5. Дослідження статичної жорсткості високошвидкісного інструментального затискного патрону типу Coro Grip
6. Дослідження статичної жорсткості самодіючого мотор-шпинделя
7. Вивчення, налагоджування і відпрацювання формоутворюючих рухів на п'ятикоординатній контрольно-вимірвальній машині

### **Практичні заняття**

Практичні заняття дають можливість студентам отримати вміння розрахунку, аналізу кінематики і динаміки стержневих механізмів, проектуванні компоновок і моделюванні робочого простору технологічного обладнання з паралельною кінематикою.

Тематика практичних занять:

1. Кінематичний аналіз L-координатного механізму (пряма задача) за допомогою ПЕОМ.
2. Вирішення зворотної задачі кінематики для L-координатного механізму за допомогою ПЕОМ.
3. Розрахунок робочого простору маніпуляторів із замкненими кінематичними контурами на ПЕОМ
4. Розрахунок робочого простору маніпуляторів із розімкнутими кінематичними контурами на ПЕОМ
5. Моделювання руху механізму з шістьма ступенями вільності на прикладі платформи Стюарта з допомогою Simulink.
6. Дослідження характеристик високошвидкісного затискного патрона токарного верстата (або інструментального патрона свердлильно-фрезерного верстата)
7. Структурний аналіз 3D-принтера на основі триглайду.
8. Кінематичний аналіз 3D-принтера на основі триглайду.
9. Порівняльний розрахунок статичної жорсткості самодіючого мотор-шпинделя з врахуванням піддатливості його елементів.

## **6. Самостійна робота студента**

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

## **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 лабораторних та 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:** лабораторні роботи, практичні заняття, модульна контрольна робота.

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

**Семестровий контроль:** екзамен.

#### **Оцінювання здобувача вищої освіти**

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

- 1) виконання і захист лабораторних робіт - 28 балів
- 2) виконання завдань на практичних заняттях - 12 балів;
- 3) виконання МКР - 20 балів;
- 4) відповідь під час екзамену – 40 балів.



### Виконання та захист лабораторних робіт

Ваговий бал однієї лабораторної роботи - 4 бали. Мінімальна кількість балів, яка повинна бути набраною, щоб лабораторна робота вважалась зарахованою складає 2,4 бали, тобто 60% від максимальної кількості. Роботи захищаються на наступних парах у визначені терміни.

#### Рейтингові бали за виконання та захист лабораторної роботи

Бали	Критерії оцінювання
4,0	Робота виконана повністю, зауважень немає, є відповіді на всі запитання.
3,6	Робота виконана з несуттєвими зауваженнями, у відповідях трапляються неточності.
3,2	Робота виконана з зауваженнями, є відповіді на більшість запитань.
2,8	Робота виконана з помилками, є відповіді лише на частину запитань.
2,4	Робота виконана із значними помилками, є відповіді лише на окремі питання.
0	Робота не виконана, звіт не представлений.

Мінімальна кількість балів за всі роботи:

$$r1_{min} = 2,4 \text{ бали} \times 7 \text{ робіт} = 16,8 \text{ балів.}$$

Максимальна кількість балів за всі роботи:

$$r1_{max} = 4 \text{ бали} \times 7 \text{ робіт} = 28 \text{ балів.}$$

### Виконання завдань на практичних заняттях

На практичних заняттях передбачається виконання 8 завдань, які оцінюються. Ваговий бал кожного завдання складає 1,5 бали.

#### Рейтингові бали за виконання практичного завдання

Бали	Критерії оцінювання
1,5	Завдання виконано повністю, зауважень немає, є відповіді на всі запитання.
1,4	Завдання виконано з несуттєвими зауваженнями, у відповідях трапляються неточності.
1,2	Завдання виконано з зауваженнями, є відповіді на більшість запитань.
1,0	Завдання виконано з помилками, є відповіді лише на частину запитань.
0,9	Завдання виконано із значними помилками, є відповіді лише на окремі питання.
0	Завдання не виконано.

Мінімальна кількість балів за всі завдання:

$$r2_{min} = 0,9 \text{ бала} \times 8 \text{ завд.} = 7,2 \text{ бали.}$$

Максимальна кількість балів за всі завдання:

$$r2_{max} = 1,5 \text{ бали} \times 8 \text{ завд.} = 12 \text{ балів.}$$

### 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) в обсязі 2 год. МКР відбувається у вигляді двох контрольних робіт по 1 годині кожна. Одна контрольна робота складається з кількох завдань. Завдання оновлюються кожного семестру. Ваговий бал однієї контрольної роботи – 10 балів.

Оцінювання контрольної роботи здійснюється відповідно до таблиці:

#### Рейтингові бали за одну контрольну роботу

Бали	Критерій оцінювання
10,0	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 дві контрольні роботи відповідно складає:

$$r_{3_{min}} = 6 \text{ балів} \times 2 \text{ роботи} = 12 \text{ балів}$$

Максимальна кількість балів за дві контрольні роботи відповідно складає:

$$r_{3_{max}} = 10 \text{ балів} \times 2 \text{ роботи} = 20 \text{ балів.}$$

### 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 за активну роботу щонайменше на 5-ти лекціях (запитання, прохання уточнити аспекти лекційного матеріалу, конструктивне заперечення викладеної інформації та участь в дискусіях).

Загальна сума заохочувальних балів не може перевищувати 10% від рейтингової шкали, тобто  $60 \times 0,1 = 6$  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.

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

Екзамен відбувається за розкладом екзаменаційної сесії, затвердженим директором інституту.

**Умови допуску до екзамену** – відсутність заборгованостей з робіт лабораторного практику, виконання МКР та 4 практичних завдань.

Екзамен проводиться в письмовій формі. Час написання екзамена складає не менше 60 хвилин. Екзаменаційне завдання складається з двох питань. Питання максимально оцінюється у відповідно 20 балів. Максимальна кількість балів отриманих за екзамен складає 40 балів:

$$r_{4_{max}} = 20 \text{ балів} \times 2 \text{ питання} = 40 \text{ балів.}$$

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

### Кількість балів за одне завдання білета

Бали	Критерій оцінювання
20,0	Відмінна відповідь (не менше 95% інформації), можливі несуттєві зауваження та неточності
18,0	Дуже добра відповідь (не менше 85% інформації), помилок немає, відповідь на переважну більшість питань, творче мислення
16,0	Добра відповідь (не менше 75% інформації), помилок немає, відповідь на більшість питань, окремі недоліки

14,0	Задовільна відповідь (не менше 65% інформації) є зауваження, відповідь на частину питань
12,0	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 та екзамену:

$$R = r1 + r2 + r3 + r4 = 28 + 12 + 20 + 40 = 100 \text{ балів}$$

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

### Робочу програму навчальної дисципліни (силабус) склали:

Професор кафедри КМ, доктор технічних наук

Юрій КУЗНЕЦОВ

Старший викладач кафедри КМ, кандидат технічних наук

Андрій ПЕТРИШИН

**Ухвалено** кафедрою конструювання машин

(Протокол № 7 від 20.12.2002р.)

**Погоджено** Методичною комісією НН ММІ

(Протокол № 4 від 22.12.2022р.)