



# МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВУЗЛІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

## 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	4 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити ЄКТС, 120 год., лекції – 36 год., практичні – 18 год., лабораторні – 18 год., СРС 48 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	Лектор: д.т.н., проф.. Струтинський Василь Борисович <vbstrutynskiy@gmail.com> Практичні: кандидат технічних наук, доцент Кравець Олександр Михайлович Кафедра: Корпус КПІ 01, кімната 228а, тел. (044)204-82-55, 204-94-61 пошта: om_kravets@ukr.net ст. викл. Вакуленко Сергій Валентинович Кафедра: Корпус КПІ 01, кімната 228а, тел. (044)204-82-55, 204-94-61
Розміщення курсу	Google classroom

### Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна „Математичне моделювання вузлів технологічних систем" є вибірковою для підготовки бакалаврів за освітньою програмою «Конструювання та дизайн машин».

Вона продовжує і узагальнює одержання студентами взаємозв'язаних знань в галузях фізико-математичних та прикладних інженерних наук.

**ПРЕДМЕТОМ КУРСУ** є математичні моделі вузлів технологічних систем, методологія їх розробки і використання при проведенні наукових досліджень.

В курсі розглянуто загальні відомості про математичні моделі вузлів технологічних систем методику їх побудови та практичного використання із застосуванням сучасних пакетів програм для ЕОМ. Дані конкретні рекомендації по застосуванню одержаних знань і вмінь для виконання наукових робіт, зокрема при дослідженнях в рамках атестаційної роботи.

Значне місце в курсі відведено математичному моделюванню із застосуванням можливостей математичних пакетів, зокрема MathCAD та MATLAB останніх версій.

Цей курс дає потужний теоретико-практичний інструмент майбутньому спеціалісту фахівцю в галузі технічних наук.

Курс має практичне спрямування, зокрема він покликаний надати допомогу студенту при виконанні досліджень в рамках атестаційної роботи.

Комп'ютерний практикум спрямований на закріплення матеріалу що викладено на лекціях та практичне освоєння методів та задач математичного моделювання вузлів технологічних систем.

**ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ** сприяє набуттю студентами:

- здатності складати математичні моделі вузлів технологічних систем різного виду;
- навичок виконання розрахунків та числових експериментів вузлів технологічних систем з використанням сучасних математичних пакетів.

**ЗАВДАННЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ** полягає в набутті студентами:

- **знання** принципів побудови математичних моделей вузлів технологічних систем, особливостей алгоритмів і програм обчислювальних процедур, що реалізують процес математичного моделювання вузлів технологічних систем на сучасних ЕОМ;

- **вміння** поставити задачу моделювання та розробити математичну модель машини;

- **навичок** практичної роботи по математичному моделюванню вузлів технологічних систем на ЕОМ з використанням сучасних програмних середовищ.

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

Вивчення дисципліни сприяє **підсиленню наступних компетентностей**:

ФК 21. Здатність використовувати спеціалізовані математичні пакети прикладних програм для розроблення математичних моделей машинобудівних конструкцій з урахуванням специфіки їх функціонування та конструктивного виконання та інтегрувати проектні рішення у середовища автоматизованого проектування.

ФК 23. Здатність використовувати модулі інтерактивного проектування CAD/CAE систем для створення моделей вузлів та приводів технологічного обладнання, механізмів та машин на основі спеціалізованих автоматизованих розрахунків та комп'ютерної симуляції за заданими параметрами.

ФК 24. Здатність застосовувати під час конструювання виробів машинобудування методи художнього конструювання, інженерного та технологічного формоутворення, дизайну і ергономіки, та на їх основі створювати нові технічні об'єкти у середовищі систем автоматизованого проектування.

ФК 25. Здатність проектувати вироби машинобудування з урахуванням сучасних трендів у сфері дизайну, оцінювати їх естетичність, ергономічність та технологічність.

Завершитись навчання повинно наступними **програмними результатами**:

РН 28. Знати і вміти вибирати та використовувати спеціалізовані математичні пакети прикладних програм для розроблення математичних моделей машинобудівних конструкцій та їх інтеграції у середовища автоматизованого проектування при конструюванні технологічного обладнання та машин, враховувати специфіку їх функціонування.

РН 29. Знати і вміти вибирати та використовувати при вирішенні практичних завдань базові методи і прийоми розв'язку типових задач з обчислення функціональних параметрів деталей та вузлів, враховувати конструктивні особливості та специфіку їх функціонування.

РН 30. Знати і вміти при створенні моделей вузлів та приводів технологічного обладнання, механізмів та машин за заданими параметрами використовувати модулі спеціалізованих автоматизованих розрахунків та комп'ютерної симуляції інтерактивного проектування CAD/CAE систем.

РН 31. Навички конструювання виробів машинобудування у середовищі систем автоматизованого проектування з використанням методів художнього конструювання, інженерного та технологічного формоутворення, дизайну та ергономіки.

РН 32. Вміти проектувати сучасні за дизайном вироби машинобудування, з високим рівнем естетичності, ергономічності та технологічності.

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

Дисципліна "Математичне моделювання вузлів технологічних систем" має професійне спрямування і базується на наступних дисциплінах: «Теоретична механіка. Частина 1. Статика», «Теоретична механіка. Частина 2. Кінематика», «Теоретична механіка. Частина 3. Динаміка», «Теорія механізмів і машин», "Комп'ютерні технології проектування та дизайну. Частина 3. Симуляція роботи вузлів та механізмів машинобудівних конструкцій"

У свою чергу дисципліна " Математичне моделювання вузлів технологічних систем " може бути корисною для подальшої підготовки з дисциплін: «Дипломне проектування»

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **РОЗДІЛ 1. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛІНИ**

Тема 1.1 Види математичних моделей вузлів технологічних систем що використовуються при проектуванні конструюванні та технічному дизайні машин

Тема 1.2 Схеми і процедури процесу моделювання вузлів технологічних систем

Тема 1.3 Інструментарні та процедурні засоби математичного моделювання при проектуванні , конструюванні та технічному дизайні вузлів технологічних систем машин

### **РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ОКРЕМИХ ВУЗЛІВ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ МАШИН ПРИ ЇХ ПРОЕКТУВАННІ КОНСТРУЮВАННІ ТА ТЕХНІЧНОМУ ДИЗАЙНІ.**

Тема 2.1 Коливальні системи з одним ступенем вільності . Математичні моделі вузлів технологічних систем машин при їх проектуванні конструюванні та технічному дизайні.

Тема 2.2 Математична модель динамічної системи високоточного позиційного приводу.

Тема 2.3 Реалізація математичних моделей позиційних коливальних систем вузлів технологічних систем машин з одним ступенем вільності при їх проектуванні конструюванні та технічному дизайні

### **РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА БАЗОВИХ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПАРЦІАЛЬНИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ ВУЗЛІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ МАШИН**

Тема 3.1 Узагальнені розрахункові схеми парціальних динамічних систем машин подані у вигляді уніфікованих динамічних систем з двома ступенями вільності

Тема 3.2. Базові математичні моделі вузлів технологічних систем поступального та обертального руху

Тема 3.3 Математичне моделювання парціальних динамічних систем машин з двома ступенями вільності при їх проектуванні конструюванні та технічному дизайні .

### **РОЗДІЛ 4 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ БАГАТОМАСОВИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ МАШИН ПРИ ЇХ ПРОЕКТУВАННІ, КОНСТРУЮВАННІ ТА ТЕХНІЧНОМУ ДИЗАЙНІ.**

Тема 4.1 Побудова математичних моделей парціальних циклічних динамічних систем технологічних систем машин

Тема 4.2 Методи математичного моделювання складних багатомасових динамічних систем машин.

Тема 4.3 Використання математичних пакетів для моделювання динамічних систем машин при їх проектуванні, конструюванні та технічному дизайні.

Тема 4.4 Нелінійні моделі динамічних систем машин. Алгоритми моделювання

### **РОЗДІЛ 5 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ВУЗЛІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ІЗ ВРАХУВАННЯМ РОЗПОДІЛЕНОСТІ ЇХ ПАРАМЕТРІВ**

Тема 5.1 Методи математичного моделювання вузлів технологічних систем з розподіленими параметрами при їх проектуванні, конструюванні та технічному дизайні.

Тема 5.2 Визначення амплітудно-частотного спектру та модальний аналіз динамічних систем з розподіленими параметрами

Тема 5.3 Реалізація математичних моделей динамічних систем з розподіленими параметрами в програмних середовищах

### **РОЗДІЛ 6. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРИЧНИХ КОЛИВАНЬ У ВУЗЛАХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ МАШИН.**

- Тема6.1 Дія гіроскопічних моментів в просторових технологічних системах  
Тема6.2 Методи моделювання параметричних коливань в динамічних системах просторового руху.  
Тема6.3 Структурні математичні моделі параметричних коливань, перехресні зворотні зв'язки

## РОЗДІЛ 7 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВІБРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У ВУЗЛАХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ МАШИН

- Тема7.1. Математичне моделювання ударно-імпульсних вузлів і агрегатів технологічних систем машин  
Тема7.2. Стохастичні математичні моделі вібраційних процесів у континуальних технологічних системах  
Тема7.3. Математичне моделювання динамічних процесів мікрофрезерування

### 4. Навчальні матеріали та ресурси

#### Основна література:

1. Струтинський В.Б. Методологія наукових досліджень: Підручник з грифом «КПІ» ім. Ігоря Сікорського /Струтинський В.Б., Гуржій А.М./ Житомир: ПП «Рута», 2018 – 581с

#### Додаткова література

1. Струтинський В.Б. Вібраційні процеси механічної обробки: монографія / В.Б. Струтинський, І.В. Перфілов. - Київ: Хімджест. - 2015. – 579 с.
2. Струтинський В.Б. Мобільні промислові роботи: монографія /Струтинський В.Б., Гуржій А.М./ Житомир: ПП «Рута», 2018 – 542 с.
3. Струтинський В.Б. Визначення динамічних стохастичних сил різання, які виникають при обробці об'єктів на мобільних верстатах роботах шляхом розкладу сил та переміщень по кусково-постійним ортогональним функціям Уолша /Струтинський В.Б., Юрчишин О.Я., Гаврушкевич А.Ю., Полунічев В.Е./ Вісник Херсонського національного технічного університету. №4. – 2017. С. 111-120.
4. Strutinsky V. Application of hydraulic automation equipment for the efficiency enhancement of the operation elements of the mobile machinery/V. Strutinsky, L. Polishchuk, L. Kozlov, Yu. Burennikov, V. Kravchuk/ Publisher Politehnika Lubelska, Journal: Informatyka, Automatyka, Pomiaru w Gospodarce i Ochronie Środowiska 2019, Volume 9, nr 2, p. 72-78 DOI: 10.5604/01.3001.0013.2553.
5. Strutinsky V. The development of mechatronic active control system of tool spatial position in parallel kinematics machine tool /Strutinsky Vasil, Anatoliy Demyanenko/ Journal of Theoretical and Applied Mechanics, Vol.54, №3 (2016), pp. 757-768.
6. Strutinsky V.B. Determination of development grounds and characteristics of mobile multi-coordinate robotic machines for materials machining in field conditions /V.B. Strutinsky, A.A.Hurzhi, O.V. Kolot, V.E.Polunichev/ Науковий вісник Національного гірничого університету / Науково-технічний журнал №5 (155), 2016 (Дніпро), с.43-51.
7. Strutinsky V.B. Dynamic characteristics of a mobile robot manipulator built on the basis of a mechanism with parallel kinematic couplings /V.B. Strutinsky/ Зб.наукових праць «Сучасні технології в машинобудуванні», Харків, НТУ «ХПІ», 2018.– Вип.1 (13), с. 192-206.
8. Струтинський В.Б. Математичне моделювання динамічних характеристик багатокоординатних верстатів з використанням теорії нечітких множин / В.Б. Струтинський, Н.В. Гаврушкевич, В.Е. Полунічев// Технологічні комплекси, №1(9). – 2014. – С. 74-86.
9. Струтинський В.Б. Обґрунтування використання штучних нейронних мереж для компенсації кінематичних та динамічних похибок верстата паралельної кінематики /В.Б. Струтинський, А.С. Дем'яненко // Журнал інженерних наук. Технологія машинобудування, верстати та інструменти. – 2014. - №1. – С.6-11.
10. Струтинський В.Б. Обладнання для вібраційної обробки / Струтинський В.Б., Симонюк В.П., Денисюк В.Ю./ Збірник наукових праць «Перспективні технології та прилади», випуск №10(червень 2017), Луцьк, с.176-185.

11. Strutinsky V. Regularities in the occurrence and propagation of wave processes in the kinematic chains of a mobile robotic machine tool /V. Strutinsky, Yu. Burennikov, L. Kozlov/ Bulletin of the Polytechnic Institute of Jassy. Published by "Gheorghe Asachi" Technical University of Iași. 2017.
12. Strutinsky V. The development of mechatronic active control system of tool spatial position in parallel kinematics machine tool /Strutinsky Vasil, Anatoliy Demyanenko/ Journal of Theoretical and Applied Mechanics, Vol.54, №3 (2016), pp. 757-768.

## **Навчальний контент**

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

Лекції проводяться з використанням наочних засобів представлення матеріалу з використанням методичних матеріалів, доступ до яких наявний у студентів. Під час дистанційної форми навчання – у вигляді відеоконференцій із використанням презентаційних матеріалів.

Студенти залучаються до обговорення лекційного матеріалу та задають питання, щодо його сутності.

На лекційних заняттях проводиться вивчення наступного матеріалу:

#### **РОЗДІЛ 1. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛІНИ**

Мета, задачі і загальні положення дисципліни. Характеристика основних розділів. Методика роботи по вивченню дисципліни. Навчальна література (основна та додаткова). Основні етапи розробки та використання математичних моделей вузлів технологічних систем машин. Вимоги до моделей, зокрема по: точності, економічності, універсальності та інформативності. Схеми і процедури процесу моделювання при проектуванні конструюванні та технічному дизайні машин. Алгоритми і програми моделювання. Програмні продукти, які використовуються при вивченні дисципліни. Методика і використання програмних продуктів. Особливості застосування програмних продуктів при математичному моделюванні вузлів технологічних систем машин при їх проектуванні конструюванні та технічному дизайні.

#### **РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ОКРЕМИХ ВУЗЛІВ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ МАШИН ПРИ ЇХ ПРОЕКТУВАННІ КОНСТРУЮВАННІ ТА ТЕХНІЧНОМУ ДИЗАЙНІ.**

Моделювання і коливальних систем вузлів технологічних систем машин з одним ступенем вільності при їх проектуванні конструюванні та технічному дизайні. Спрощення математичних моделей шляхом лінеаризації. Спрощені варіанти математичних моделей динамічних систем з одним ступенем вільності. Зовнішні і внутрішні параметри. Інерційні дисипативні та деформативні параметри позиційних коливальних систем вузлів технологічних систем машин з одним ступенем вільності, що використовуються при їх проектуванні конструюванні та технічному дизайні.

Безрозмірні комплекси. Вузли технологічних систем машин призначені для точного позиціонування об'єктів. Конструкції приводів точного позиціонування. Параметри приводів. Математичні моделі. Реалізація математичних моделей позиційних коливальних систем з одним ступенем вільності. Математична модель динамічної системи високоточного позиційного приводу. Особливості застосування моделі. Методологія моделювання динамічних систем з одним ступенем вільності.

#### **РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА БАЗОВИХ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ПАРЦІАЛЬНИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ ВУЗЛІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ МАШИН**

Парціальні динамічні системи машин. Узагальнені розрахункові схеми парціальних динамічних систем. Базові математичні моделі. Узагальнені розрахункові схеми вузлів технологічних систем. Динамічні системи з двома ступенями вільності.

Системи поступального руху. Головна система координат. Зовнішні і внутрішні параметри. Інерційні дисипативні та деформативні параметри динамічної системи. Структурні математичні моделі. Математичні моделі вузлів технологічних систем обертального руху. Параметри динамічної системи. Приведення параметрів. Зв'язки в системах. Структурні методи моделювання. Системи зворотного зв'язку. Замикання структурних математичних моделей. Математичне моделювання динамічних систем машин при їх проектуванні конструюванні та технічному дизайні

## РОЗДІЛ 4 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ БАГАТОМАСОВИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ МАШИН ПРИ ЇХ ПРОЕКТУВАННІ, КОНСТРУЮВАННІ ТА ТЕХНІЧНОМУ ДИЗАЙНІ.

Складні багатомасові динамічні системи машин. Зосередження параметрів складних систем. Парціальні динамічні системи. Циклічні парціальні динамічні системи машин. Прямі та зворотні зв'язки в циклічних системах. Структурні методи моделювання циклічних систем. Власні і вимушені процеси в складних багатомасових динамічних системах машин.

Засоби для моделювання перехідних та усталених процесів. Моделювання усталених процесів. Лінійні моделі. Операторні методи математичного моделювання. Структурні методи математичного моделювання. Нелінійні моделі динамічних систем машин. Алгоритми моделювання. Використання математичних пакетів для моделювання динамічних систем машин при їх проектуванні, конструюванні та технічному дизайні.

## РОЗДІЛ 5 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ВУЗЛІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ІЗ ВРАХУВАННЯМ РОЗПОДІЛЕНОСТІ ЇХ ПАРАМЕТРІВ

Особливості проектування, конструювання та технічного дизайну вузлів технологічних систем з розподіленими параметрами, застосування математичного моделювання. Основні різновиди систем з розподіленими параметрами, аналітичні та числові моделі для їх дослідження. Частоти і форми коливань систем з розподіленими параметрами. Процедури і методи модального аналізу динамічних систем з розподіленими параметрами. Засоби математичних пакетів для математичного моделювання вузлів технологічних систем з розподіленими параметрами. Побудова і застосування математичних моделей динамічних систем з розподіленими параметрами в програмних середовищах

## РОЗДІЛ 6. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРИЧНИХ КОЛИВАНЬ У ВУЗЛАХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ МАШИН.

Причини виникнення параметричних коливань у вузлах технологічних систем машин. Дія гіроскопічних моментів в просторових технологічних системах. Взаємний вплив коливальних рухів по різних ступенях вільності. Методи моделювання параметричних коливань. Динамічні та математичні моделі для дослідження параметричних коливань. Структурні моделі параметричних коливань в динамічних системах просторового руху. Зворотні зв'язки у структурних моделях параметричних коливань, що мають місце у вузлах технологічних систем машин. Додатні перехресні зворотні зв'язки, умови стійкості коливальних процесів.

## РОЗДІЛ 7 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВІБРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У ВУЗЛАХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ МАШИН

Математичне моделювання інтегральних характеристик вузлів технологічних систем машин, що здійснюють просторові вібраційні переміщення. Моделювання ударно-імпульсних процесів із застосуванням символічних (узагальнених) функцій. Стохастичні математичні моделі процесів віброабразивної обробки. Дискретизація континуальної області робочого середовища технологічної системи. Стохастичні кінематичні та динамічні параметри та їх детерміновані еквіваленти. Розроблення математичної моделі процесу мікрорізання фрезами діаметром 0,2...0,8 мм. Математичне моделювання динамічних процесів мікрофрезерування

### **Практичні заняття**

*Рекомендований перелік практичних занять.*

1. Інструментарні та процедурні засоби математичного моделювання вузлів технологічних систем зосереджені в математичних пакетах MathCAD та MATLAB
2. Математичні моделі вузлів коливальних систем з одним ступенем вільності. Математична модель динамічної системи високоточного позиційного приводу.
3. Математичні моделі вузлів технологічних систем відповідні динамічній системі з двома ступенями вільності.
4. Математичне моделювання складних багатомасових динамічних систем машин
5. Математичне моделювання вузлів технологічних систем із врахуванням розподіленості їх параметрів
6. Математичне моделювання параметричних коливань у вузлах технологічних систем. Математичне моделювання вібраційних процесів у вузлах технологічних систем

На практичних заняттях застосовуються форми індивідуальної та колективної роботи (командна робота, парна робота) для реалізації завдань викладача на набуття навичок самостійної практичної роботи.

### **Лабораторні роботи**

На лабораторних роботах застосовуються форми індивідуальної та колективної роботи (командна робота, парна робота) для реалізації завдань викладача на набуття навичок самостійної практичної роботи.

*Теми лабораторних робіт:*

1. Вивчення засобів математичного моделювання в пакетах MathCAD та MATLAB
2. Побудова моделі динамічної системи високоточного позиційного приводу.
3. Визначення динамічних характеристик динамічної системи з двома ступенями вільності.
4. Дослідження багатомасових динамічних систем машин
5. Аналіз вузлів технологічних систем із врахуванням розподіленості їх параметрів
6. Математичне моделювання параметричних коливань у вузлах технологічних систем.

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 (програмні засоби, мобільні застосунки і ін.).

## **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.

## **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. 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. 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 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 роботи, модульна контрольна робота, експрес опитування за темою заняття.

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

**Семестровий контроль:** залік.

Рейтингова оцінка R студента з дисципліни складається з балів, які він отримує за:

- виконання лабораторних робіт r1;
- виконання практичних робіт r2;
- модульну контрольну роботу r3;
- залік r4.

Додатково PCO передбачає можливість нарахування заохочувальних та штрафних балів.

### ***Лабораторні роботи (r1)***

Ваговий бал однієї лабораторної роботи – 5 балів. Мінімальна кількість балів, яка повинна бути набраною, щоб лабораторна робота вважалась зарахованою складає 3 бали, тобто 60% від максимальної кількості за одну роботу (табл. 1).

Таблиця 1

Рейтингові бали за одну лабораторну роботу

Бали	Критерії оцінювання
5,0	Робота виконана повністю, зауважень немає, є відповіді на всі запитання.
4,5	Робота виконана з несуттєвими зауваженнями, у відповідях трапляються неточності.
4,0	Робота виконана з зауваженнями, є відповіді на більшість запитань .
3,5	Робота виконана з помилками, є відповіді лише на частину запитань.
3,0	Робота виконана із значними помилками, є відповіді лише на окремі питання.
0,0	Робота не виконана, звіт не представлений.



Мінімальна кількість балів за всі лабораторні роботи:

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

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи:

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

Звіт з лабораторних робіт захищається на останньому лабораторному занятті до початку заліку за курсом.

### **Звіт з практичних робіт (r2)**

Звіт з практичних робіт вміщує усі завдання, видані викладачем. Максимальна кількість балів за завдання нараховується за його правильне та своєчасне виконання. Терміни виконання завдань встановлюються викладачем на практичних заняттях. Оцінювання звіту здійснюється відповідно до таблиці 2.

Таблиця 2

Рейтингові бали за звіт 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.

Максимальна кількість балів становить:

$$r2 = 30 \text{ балів.}$$

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

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

### **Модульна контрольна робота**

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. Контрольна робота-1 виконується за розділами 1-4. Контрольна робота-2 виконується за розділами 5-7.

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

Оцінювання контрольної роботи здійснюється відповідно до таблиці 3.

Таблиця 3

Рейтингові бали за одну 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	Вірна відповідь менш, ніж на 60 % питань або студент був відсутній

Максимальна кількість балів за дві контрольні роботи відповідно складає:

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

### **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 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 останньому занятті з дисципліни в семестрі.

Необхідною умовою допуску до заліку є виконання та захист всіх лабораторних та практичних робіт.

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:

$r_4 = 40$  балів.

Критерій залікового оцінювання визначається як сума якості відповідей на всі завдання білета за табл. 4.

Таблиця 4

Кількість балів за всі 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.
0,0	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:

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

- із 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. 5).

Таблиця 5

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):**

Складено професором кафедри КМ, ММІ, д.т.н., проф. Струтинським В.Б.

Ухвалено кафедрою Конструювання машин (протокол № 6 від 15 .12. 2021 року)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 5 від 17.12.2021)