



НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ БІОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ПРОТЕЗУВАННЯ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	G Інженерія, виробництво та будівництво
Спеціальність	G9 Прикладна механіка
Освітня програма	Конструювання машин
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	5 кредити ЄКТС, 150 год., Лекції – 30 год., комп'ютерний практикум – 10 год., лабораторні – 20 год., СРС 90 год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен, МКР
Розклад занять	За розкладом на сайті університету. http://roz.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу/ викладачів	Лектори: д.т.н., проф. Саленко Олександр Федорович, д.т.н., проф. Пасічник Віталій Анатолійович, д.т.н., проф. Данильченко Юрій Михайлович Комп'ютерний практикум / Практичні заняття: д.т.н., проф. Саленко Олександр Федорович, д.т.н., проф. Пасічник Віталій Анатолійович, д.т.н., проф. Данильченко Юрій Михайлович Лабораторні роботи: д.т.н., проф. Саленко Олександр Федорович, д.т.н., проф. Данильченко Юрій Михайлович Кафедра: Корпус КПІ 1, кімната 224 e-mail: salenko2006@ukr.net, тел. +380686594795
Розміщення курсу	Ресурс «Електронний кампус», classroom google

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна «НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ БІОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ПРОТЕЗУВАННЯ» є вибірковою для підготовки магістрів за освітньою програмою «Конструювання машин».

Метою дисципліни є засвоєння основ сучасних методів, підходів та процедур щодо різних аспектів дослідження технічних біомеханічних систем, використовуваних у протезуванні, прогнозування їх поведінки у різних несталих умовах зовнішнього середовища, відмінностей стану пацієнтів, їх фізичної активності, оцінки надійності функціонування протезів, керування процесами їх виготовлення адитивними засобами в умовах активної дії збурюючих впливів.

Тож у студентів відповідно до освітньої програми «Конструювання машин» мають бути розширені компетентності щодо планування і проведення експериментальних досліджень, аналізу даних щодо поведінки біомеханічної системи, отриманих під час моніторингу роботи такої системи, вміння скорочувати число дослідів, знаходити оптимум, прогнозувати зміни у роботі системи в умовах невизначеності, вміти отримувати кількісні оцінки впливу чинників та визначити похибки

вимірів. Окрім того, студенти розширяють свої компетенції у розробці моделей біомеханічних виробів, спираючись на теорію поведінки некомпактного адитивного матеріалу. Поєднання лекційних занять курсу із практичними та лабораторними роботами дозволяє сформувати експериментальні навички: вміти проводити експерименти під наглядом наставника, описувати, аналізувати і критично оцінювати експериментальні дані, бути знайомим з найбільш важливими експериментальними методами. Використання засобів адитивних процесів вимагає володіння навичок створювати, оптимізувати та відтворювати різні біомеханічні засоби: імпланти, куксоприймачі, ортези і протези. Поряд із зазначеним студенти набудуть досвіду в питаннях формулювання складних проблеми оптимізації і прийняття рішень, а також інтерпретувати рішення у вихідних контекстах проблем. Вони також набудуть здатності досліджувати моделі технологічних систем для відтворення засобів протезування, що працюють в умовах невизначеності, для отримання оптимальних параметрів конструкції, технологічних режимів.

Предмет навчальної дисципліни: теоретичне, комп'ютерне та експериментальне дослідження сучасних науково-технічних проблем прикладної механіки і вирішення задач динаміки, міцності, оптимізації, ресурсу, надійності та безпеки конструкцій біомеханічних систем, використовуваних при протезуванні, отриманих у тому числі, адитивним виробництвом.

Дисципліна «НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ БІОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ПРОТЕЗУВАННЯ» відноситься до вибіркових дисциплін 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

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

ЗК2. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології

Фахові компетентності

ФК1. Здатність застосовувати відповідні методи і ресурси сучасної інженерії для знаходження оптимальних рішень широкого кола інженерних задач із застосуванням сучасних підходів, методів прогнозування, інформаційних технологій та з урахуванням наявних обмежень за умов неповної інформації та суперечливих вимог.

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.

ФК6. Здатність розробляти компоненти програмних комплексів при створенні електронних баз даних та "цифрових двійників" об'єктів і процесів машинобудування, використовуючи сучасні інструментальні засоби та технології програмування

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.

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

- PH4. Використовувати сучасні методи оптимізації параметрів технічних систем засобами системного аналізу, математичного та комп'ютерного моделювання, зокрема за умов неповної та суперечливої інформації
- PH13. Застосовувати сучасні інструментальні засоби та технології програмування при створенні електронних баз даних та "цифрових двійників" об'єктів і процесів машинобудування
- 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

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

Дисципліна «НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ БІОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ПРОТЕЗУВАННЯ» базується на нормативних дисциплінах:

- Інформаційні системи і технології в машинобудуванні;
- Оцінка відповідності продукції машинобудування та системи управління якістю;
- Основи інженерії та технології сталого розвитку;
- Дослідження, динаміка та надійність обладнання і машин.

У свою чергу дисципліна «НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ БІОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ПРОТЕЗУВАННЯ» може бути корисною для подальшої підготовки з дисциплін:

- Практика
- Виконання магістерської дисертації

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Основні принципи та підходи до наукових досліджень біомеханічних систем	
<i>Тема 1.1</i>	Загальні визначення складних біомеханічних систем. Біомеханіка опорно-рухового апарату. Фази та просторово-часові характеристики. Протези, ортези та інші засоби, що використовуються для відновлення рухомості кінцівок людини
<i>Тема 1.2</i>	Основи математичного опису складних біомеханічних систем. Принципи системного підходу. Енергетичний баланс рухомості людини. Вплив елементів біомеханічних систем на рухомість кінцівок
<i>Тема 1.3</i>	Постановка задач моделювання кінцівки для визначення статичних та динамічних навантажень протезу. Опис задач динаміки на основі найпростіших моделей (дво- та тримасових). Реологічні властивості імплантів та тканини людини
<i>Тема 1.4</i>	Системне моделювання. Побудова моделей складних біомеханічних систем. Дослідження складних біомеханічних систем на основі створених математичних та імітаційних моделей.
<i>Тема 1.5</i>	Математичні методи аналізу систем. Створення імітаційних моделей для симуляції поведінки складних систем
<i>Тема 1.6</i>	Біодинаміка рухових дій пацієнта. Опір середовища рухові тіла. Залучення сторонніх елементів у біомеханічну систему та їх вплив на точність та відтворюваність рухів
<i>Тема 1.7</i>	Складні біомеханічних системи з точки зору їх невизначеності. Застосування алгоритмів неявної логіки для аналізу систем. Поведінка адитованих матеріалів, використовуваних для імплантів, протезів та ортезів

Тема 1.8	Проблеми дослідження складних технічних систем в умовах невизначеності. Засоби планування експерименту та вилучення шумових впливів
Тема 1.9	Статистична перевірка масивів даних, засоби автоматичного зняття даних на основі сучасних технологій. Дисперсійний та регресійний аналізи засобами StatGraphics Centurion
Тема 1.10	Прийняття рішень при аналізі складних систем. Принципи постановки оптимізаційних досліджень. Планування та аналіз повнофакторного експерименту засобами StatGraphics.
Тема 1.11	Лінійне програмування та симплекс-метод для розв'язку задач оптимізації
Тема 1.12	Формування експлуатаційних показників готового біомеханічного виробу засобами адитивного виробництва
Розділ 2. Застосування методів наукового дослідження в аналізі біомеханічних систем	
Тема 2.1	Логіко-ймовірнісна теорія та її використання при дослідженні біомеханічних систем. Кінцівка з суглобом як складна біомеханічна систем з багатьма ступенями вільності. Дослідження складних біомеханічних систем за відсутності доступної інформації щодо структури і зв'язків.
Тема 2.2	Методи параметричної оптимізації структурно-складних технічних систем. Поняття про оптимізацію за певними критеріями. Опис заданих технічних рішень математичними співвідношенням.
Тема 2.3	Використання SciLab для вирішення задач моделювання у системах із нечітким визначенням параметрів

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література

1. Наукові дослідження складних технічних систем: навч. посібник. ч.1. для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / О.Ф. Саленко, С.В. Вакуленко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,7 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 102 с <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/cc5eb08c-378a-49ea-85b4-e284ba2f0147/content>
2. Лук'янова В.В. Комп'ютерний аналіз даних: навч. посібник / В.В. Лук'янова. – Київ: Видавничий центр "Академія", 2003. – 344 с. <https://opac.library.cv.ua/bib/44437>
3. Біомеханіка: конспект лекцій для студентів закладів вищої освіти спеціальності 122 «Комп'ютерні науки», освітня програма «Комп'ютерні науки в медицині» / укл. С. В. Подлесний. – Краматорськ : ДДМА, 2019. – 104 с. http://www.dgma.donetsk.ua/docs/kafedry/opm/metods/02_Biomekhanika_Konspekt.pdf
4. Пальчевський Б.О. Дослідження технологічних систем (моделювання, проектування оптимізація): Навч. посібник/ Б.О. Пальчевський <https://polka-knig.com.ua/book.php?book=150>
5. Павленко П.М. Інформаційні системи і технології : навч. посіб. / П. М. Павленко, С. Ф. Філоненко, К. С. Бабіч та ін. – К. : НАУ, 2013. – 324 с. <https://utek.uz.ua/wp-content/uploads/2024/10/YT-redaktsyya-v4.pdf>

Додаткова література

1. O. Salenko, M. Kryshchuk, N. Havrushkevych, H. Habuzian, and D. Dzhulii, "Rheological models of trabecular structures joint implants obtained by additive processes", Mech. Adv. Technol., vol. 8, no. 2(101), pp. 182–194, Jun. 2024. [https://doi.org/10.20535/2521-1943.2024.8.2\(101\).301666](https://doi.org/10.20535/2521-1943.2024.8.2(101).301666)
2. Cherniak, V., Salenko, O., Orel, V., Karpenko, K., & Pryiemska, V. (2024). SOUND METHODS OF DETECTING FRAGMENTS IN THE WOUND. SWorld-Ger Conference Proceedings, 1(gec34-00), 48–57. <https://doi.org/10.30890/2709-1783.2024-34-00-009>
3. Тимейчук О. Ю. Дослідження робочих процесів машин і методи оптимізації: навч. посібник/С. В. Кравець, О. П. Лук'янчук, О. Ю. Тимейчук. – Рівне : НУВГП, 2011. – 240 с.

4. Божанова, Т. А. Про узагальнені розв'язки однієї задачі векторної оптимізації на транспортних мережах [Електр. ресур] / Т. А. Божанова, П. І. // Динамические системы: зб. наук. праць. – 2010. – Вип. 28. – С. 48-62. – Режим доступу : http://www.dynsys.crimea.edu/issue/28/dynsys_28_bozhanova.pdf
5. D'Apice, C. Efficient Controls for Traffic Flow on Networks / C. D'Apice, P. I. Kogut, R. Manzo // Dynamical and Control Systems. – 16(2010). – No 3. – P. 407-437.
6. Jahn J. Vector Optimization: Theory, Applications and Extensions. – Berlin: Springer-Verlag, 2004. – 400 p.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття (30 год)

На лекціях подається теоретичний матеріал та наводяться приклади розв'язування основних тематичних задач. Під час лекційних занять розглядаються наступні питання:

- Складна технічна система як об'єкт дослідження. Ієрархічність складних технічних систем. Особливості взаємозв'язку компонентів у складних технічних системах. Забезпечення їх надійності. (2 год.)
- Основні проблеми теорії систем. Рангування систем, використовувані методи. Задачі розподілу ресурсів у системах. Прийоми моделювання систем. Декомпозиція системи. (2 год.)
- Основні принципи та прийоми декомпозиції. Інформаційний аспект вивчення складних технічних систем. Точність математичних та імітаційних описів. Проблеми збору інформації. (2 год.)
- Загальні визначення складних біомеханічних систем. Біомеханіка опорно-рухового апарату. Фази та просторово-часові характеристики. Протези, ортези та інші засоби, що використовуються для відновлення рухомості кінцівок людини. (2 год.)
- Основи математичного опису складних біомеханічних систем. Принципи системного підходу. Методи вивчення структури систем. Застосування теорії нечітких множин для розв'язку певного кола задач складних технічних систем Енергетичний баланс рухомості людини. (2 год.)
- Вплив елементів біомеханічних систем на рухомість кінцівок Огляд системного підходу та основні засади. Парадигма системного підходу. Використання системного підходу до питань опису складних технічних систем. Уявлення процесів, машин і агрегатів у вигляді складних технічних систем. (2 год.)
- Постановка задач моделювання кінцівки для визначення статичних та динамічних навантажень протезу. Опис задач динаміки на основі найпростіших моделей (дво- та тримасових). Реологічні властивості імплантів та тканини людини. (2 год.)
- Біодинаміка рухових дій пацієнта. Опір середовища рухові тіла. Залучення сторонніх елементів у біомеханічну систему та їх вплив на точність та відтворюваність рухів Математичний опис систем та їх властивостей. (2 год.)
- Складні біомеханічних системи з точки зору їх невизначеності. Застосування алгоритмів неявної логіки для аналізу систем. Поведінка адитованих матеріалів, використовуваних для імплантів, протезів та ортезів. (2 год.)
- Модель «чорної скрині» та опис поведінки передавальними функціями. Перетворення передавальних функцій, отримання законів поведінки складних технічних систем. (2 год.)
- Параметрична оптимізація складної системи. Монотонні та немонотонні логічні функції. Алгоритми ортогоналізації. Рекурентний алгоритм. Алгоритм нарощування шляхів. (2 год.)

- Статистична перевірка масивів даних, засоби автоматичного зняття даних на основі сучасних технологій. Дисперсійний та регресійний аналізи засобами StatGraphics Centurion. (2 год.)
- Методи параметричної оптимізації структурно-складних технічних систем Проблеми дослідження складних технічних систем в умовах невизначеності. Засоби планування експерименту та вилучення шумових впливів. (2 год.)
- Поняття про оптимізацію за певними критеріями. Опис заданих технічних рішень математичними співвідношенням. (2 год.)
- Логіко-ймовірнісна теорія та її використання при дослідженні біомеханічних систем. Кінцівка з суглобом як складна біомеханічна систем з багатьма ступенями вільності. Дослідження складних біомеханічних систем за відсутності доступної інформації щодо структури і зв'язків. (2 год.)

Основними завданнями циклу **практичних занять (комп'ютерних практикумів)** є поглиблення теоретичних знань, набуття навичок роботи з нормативно-технічною та довідниковою літературою та вирішення практичних задач наукового дослідження біомеханічних систем пацієнта, враховуючи отримання моделей, закономірностей, рівнянь обумовленості

Основні теми практичних занять та перелік основних питань (10 год):

- Методи описової статистики у пакеті STATGRAPHICS (2 год.)
- Використання відомих програмних пакетів для опису біомеханічних систем. Використання засобів SciLab, моделювання із елементами неявної логіки (2 год.)
- Однофакторний ранговий та дисперсійний аналіз у статистичному пакеті STATGRAPHICS (2 год.)
- Планування експериментів (модельних і натурних) та статистична обробка отриманих даних (2 год.)
- Scilab в моделюванні багатокомпонентних технічних системах (2 год.)

Лабораторні роботи (20 год)

На лабораторних роботах студенти опановують методики проведення досліджень біомеханічних систем у вигляді куксоприймачів, ортезів, протезів кінцівок і суглобів людини. Лабораторні роботи, розроблені та запропоновані студентам, мають індивідуальний, дослідницький характер. При цьому студенти набувають компетенцій у підготовці дослідних зразків, проведенні експериментів щодо оптимізації технологій виготовлення подібних засобів, випробування на міцність, деформівність; визначення щільності структури та точності відтворення заданих структур імплантів та протезів, а також їх метрологічного опрацювання.

Теми лабораторних робіт.

- Дослідження точності та структури надрукованої моделі імпланту або протезу. Відтворення моделі лабораторними засобами (потрібен мікроскоп, вимірювальна машина) - 2 год
- Порівняння механічних характеристик виробів, отриманих різними адитивними процесами та з різних матеріалів (розривна машина) – 4 год
- Відтворення трабекулярних структур біомеханічних систем, дослідження точності відтворення - 4 год
- Зняття характеристик статичного та динамічного навантаження біомеханічних компонентів в процесі експлуатації (засоби тензометричного або фотопружного типу) – 2 год.
- Реінженіринг у задачах ургентного протезування або стабілізації. Відтворення елементів біомеханічних систем за допомогою 3-д сканування – 4 год.

- Задачі динаміки на основі найпростіших біомеханічних моделей (дво- та тримасових). Опис явищ із застосуванням випадкових параметрів. Кінцівка людини з точки зору динаміки. (комп'ютерна техніка) – 2 год
- Реалізація математичної моделі багатомасової динамічної моделі із зовнішнім впливом в системі Simulink. Порівняння модельних результатів із натурними дослідженнями. Ідентифікація динамічних моделей біомеханічних систем – 2 год

6. Самостійна робота студента (90 год)

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 екзамену.

Тематика задач для самостійної роботи:

- Типи складних біомеханічних систем; людина, її рухові можливості в середовищі, відновлення функціонування після травм;
- Системний підхід до розгляду задач дослідження біомеханічних систем;
- Інформаційні технології, що використовуються для аналізу складних технічних систем;
- Методи і прийоми рангування факторів і систем;
- Сучасні моделі дослідження біомеханічних систем;
- Інформаційна технологія обробка даних;
- Статистичні прийоми відсіювання недостовірних даних та інформаційних викидів (похибок)
- Однокритеріальні та багатокритеріальні задачі вибору;
- Застосування методів пошуку раціональних рішень у певних класах задач;
- Розв'язок задач із теорією нечітких множин; типи логіко-ймовірнісних моделей;
- Застосування немонотонних функцій для опису задач досліджень;
- Застосування алгоритмів переводу функцій алгебри логіки у ймовірнісні функції;
- Використання ймовірнісних функцій в інженерній практиці
- Теорія автоматичного регулювання та її використання при вирішенні задач із обмеженою інформацією;
- Застосування прийомів імітаційного моделювання в інженерній практиці при створенні біомеханічних засобів

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.

Відвідування модульної контрольної роботи 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

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 (комп'ютерні практикуми), модульна контрольна робота.

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

Семестровий контроль: екзамен.

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

- виконання лабораторних робіт r_1 ;
- звіт з практичних робіт r_2 ;
- модульну контрольну роботу r_3 ;
- екзамен r_4 .

Додатково PCO передбачає можливість нарахування заохочувальних балів.

Лабораторні роботи (r_1)

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:

$$r1_{min} = 3 \text{ бали} \times 7 = 21 \text{ балів.}$$

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи:

$$r1 = 5 \text{ балів} \times 7 = 35 \text{ балів.}$$

Звіт з лабораторних робіт захищається на останньому лабораторному занятті.

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
15,0	Завдання виконані, зауважень немає, є відповіді на всі запитання.
13,5	Завдання виконані з несуттєвими зауваженнями, у відповідях трапляються неточності.
12,0	Завдання виконані з зауваженнями, є відповіді на більшість запитань.
10,5	Завдання виконані з помилками, є відповіді лише на частину запитань.
9,0	Завдання виконані із значними помилками, є відповіді лише на окремі питання.
0,0	Завдання не виконані, звіт не представлений.

Максимальна кількість балів становить:

$$r2 = 15 \text{ балів.}$$

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

$$r2_{min} = 0,6 \times 15 = 9 \text{ балів.}$$

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 розділом 1. Контрольна робота-2 виконується за розділом 2.

Одна контрольна робота складається з кількох завдань. Завдання оновлюються кожного семестру. Ваговий бал однієї контрольної роботи – 5 балів.

Оцінювання модульної контрольної роботи здійснюється відповідно до таблиці 3.

Таблиця 3

Рейтингові бали за одну контрольну роботу

Бали	Критерій оцінювання
5,0	Вірна відповідь більш, ніж на 95 % питань
4,5	Вірна відповідь більш, ніж на 85 % питань
4,0	Вірна відповідь більш, ніж на 75 % питань
3,5	Вірна відповідь більш, ніж на 65 % питань
3,0	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:

$$r3 = 5 \text{ балів} \times 2 = 10 \text{ балів}$$

Заохочувальні бали

Загальний рейтинг з дисципліни заохочувальні бали, які додаються до суми вагових балів усіх контрольних заходів.

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 та 13 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 та заохочувальних балів. Рейтингова оцінка доводиться до здобувачів на останньому занятті з дисципліни в семестрі.

Необхідною умовою допуску до екзамену є виконання та захист всіх лабораторних та практичних робіт (комп'ютерних практикумів) і рейтинг не менше 36 балів.

Екзамен відбувається за розкладом екзаменаційної сесії, затвердженим директором інституту. Час написання екзамену 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:

$$r_{4\max} = 40 \text{ балів.}$$

Критерій екзаменаційного оцінювання визначається як сума якості відповідей на кожне завдання білета за табл. 4.

Таблиця 4

Кількість балів за одне завдання білета

Бали	Критерій оцінювання
20	Відмінна відповідь (не менше 95% інформації), можливі несуттєві зауваження та неточності
18	Дуже добра відповідь (не менше 85% інформації), помилок немає, відповідь на переважну більшість питань, творче мислення
16	Добра відповідь (не менше 75% інформації), помилок немає, відповідь на більшість питань, окремі недоліки
14	Задовільна відповідь (не менше 65% інформації) є зауваження, відповідь на частину питань
12	Достатня відповідь (не менше 60% інформації), суттєві помилки, відповідь на окремі питання.
0	Відповідь невірна або менше 60% інформації, або вона відсутня

Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни

$$R = r_1 + r_2 + r_3 + r_4 = 35 + 15 + 10 + 40 = 100 \text{ балів}$$

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) склав:

Професор кафедри конструювання машин, доктор технічних наук, професор

Олександр САЛЕНКО

Професор кафедри конструювання машин, доктор технічних наук, професор

Віталій Пасічник

Професор кафедри конструювання машин, доктор технічних наук, професор

Юрій Данильченко

Ухвалено кафедрою конструювання машин

(Протокол №14 від 16.04.2025 р.)

Погоджено методичною комісією

навчально-наукового механіко-машинобудівного інституту

(Протокол №9 від 25.04.2025 р.)