



# МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

|   |   |
|---|---|
| Рівень вищої освіти                               | Другий (магістерський)  |
| Галузь знань                                      | 13 Механічна інженерія  |
| Спеціальність                                     | 131 Прикладна механіка  |
| Освітня програма                                  | Прикладна механіка  |
| Статус дисципліни                                 | Вибіркова   |
| Форма навчання                                    | Очна (денна)  |
| Рік підготовки, семестр                           | 2 курс, викладається в одному семестрі (осінній)  |
| Обсяг дисципліни                                  | 5 кредитів ЄКТС, лекцій 36 год, лабораторних робіт 18 год, практичних 18 год., СРС 78 год.  |
| Семестровий контроль/<br>контрольні заходи        | Екзамен, МКР  |
| Розклад занять                                    | <a href="http://rozklad.kpi.ua/Schedules/">http://rozklad.kpi.ua/Schedules/</a>   |
| Мова викладання                                   | Українська  |
| Інформація про<br>керівника курсу /<br>викладачів | Лектор: кандидат технічних наук, доцент, Галецький Олександр Сергійович, <a href="mailto:haletsky_oleksandr@lil.kpi.ua">haletsky_oleksandr@lil.kpi.ua</a>   |
| Розміщення курсу                                  | <a href="https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&amp;sd=10257&amp;cm=42531&amp;rcms=all&amp;ssm=cm&amp;tree_list=">https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&amp;sd=10257&amp;cm=42531&amp;rcms=all&amp;ssm=cm&amp;tree_list=</a> |

### Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання і прогнозування енергоефективності мехатронних систем» (далі ММ і ПЕМС) складена відповідно до освітньо-наукової програми «Прикладна механіка» підготовки магістра з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».

**Метою навчальної дисципліни** є формування у студентів знань щодо особливостей роботи систем приводів та елементів управління приводами, вмінь раціональної побудови систем, прогнозування їх ефективності та здатностей: критичного аналізу та прогнозування параметрів працездатності нових та існуючих механічних конструкцій, машин, матеріалів і виробничих процесів машинобудування на основі знання та використання сучасних аналітичних та/або комп'ютеризованих методів і методик; розробляти системи керування для приводів; визначати динамічні характеристики гідравлічних та пневматичних елементів мехатронних систем; досліджувати елементи мехатронних систем при різних умовах роботи системи.

**Предметом навчальної дисципліни** є: принципи дії систем, що можуть застосовувати як класичні схеми керування так і різновидні види енергії для силових виконавчих операцій та елементів систем керування ними. Ці питання в даному курсі розглядаються комплексно з урахуванням сучасних вимог до знань з технічних, технологічних і економічних аспектів машинобудівної галузі.

**Знання:** основні досягнення у напрямку математичного аналізу механотронних систем; існуючі методика моделювання механотронних систем; існуючі методика аналізу механотронних систем; методи дослідження елементів механотронних систем.

**Уміння:** користуватись довідковою літературою та комп'ютерними засобами інформації; аналітично та чисельно представити елементи механотронної системи; за існуючими методиками та алгоритмами дослідити динамічні характеристики системи; визначити параметри складових елементів та системи в цілому.

**Досвід:** аналітично та чисельно представляти елементи механотронної системи; дослідження характеристик систем та складових елементів за різних умов роботи.

## 2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

Навчальна дисципліна є вибірковою компонентою освітньо-наукової програми «Прикладна механіка» і належить до циклу професійної підготовки. Для вивчення даної дисципліни необхідне успішне засвоєння навчального матеріалу першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. У свою чергу ця дисципліна може бути корисною для опанування освітніх компонентів: Наукова робота за темою магістерської дисертації. Частина 3. Науково-дослідна робота за темою магістерської дисертації, Науково-дослідна практика, Виконання магістерської дисертації.

## 3. Зміст навчальної дисципліни

1. Введення у предмет вивчення. Математичні моделі динамічних систем
2. Класифікація поведінки динамічних систем
3. Наближені методи дослідження нелінійних систем
4. Гамільтонові системи
5. Чисельні методи дослідження динамічних систем
6. Самоорганізація в нелінійних системах
7. Вимірювання та прогнозування
8. Нечіткі моделі

## 4. Навчальні матеріали та ресурси

### Основні література

1. Моделювання електромеханічних процесів і систем: Навч. посіб. / О.В. Данілін, В.М. Чермалих, П.В. Розен. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – 52 с.
2. Цифрові системи управління електроприводом: навч. посіб. / О.В. Чермалих, О.В. Данілін, І.Я. Майданський, А.В. Босак. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 72 с

### Додаткові література

3. Shuguang Li Particle robotics based on statistical mechanics of loosely coupled components / Shuguang Li, Richa Batra, David Brown, Hyun-Dong Chang, Nikhil Ranganathan, Chuck Hoberman, Daniela Rus & Hod Lipson // Nature, 2019 - nature.com;
4. Carmel Majidi Mechanics of fluid-elastomer systems in soft robotics / Carmel Majidi // Soft Machines Lab, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, United States // Available online 19 October 2018;
5. Maria Chiara Carrozza The Socialization of Robotics / Maria Chiara Carrozza // Scuola Superiore Sant'Anna The BioRobotics Institute Pisa Italy // 01 August 2018;
6. Лозинський А.О., Мороз В.І., Паранчук Я.С. Розв'язання задач електромеханіки в середовищах пакетів MathCAD і MATLAB: Навчальний посібник. – Львів: Видавництво Державного університету «Львівська політехніка», 2000. – 166 с.
7. Веб-сайт світової математичної енциклопедії - <http://planetmath.org>

Рекомендації та роз'яснення:

Жодне джерело, як і всі перелічені літературні джерела разом, не є достатнім для опанування дисципліни без виконання комплексу основних та кваліфікаційних лабораторних робіт

Всі базові літературні джерела є в бібліотеці КПІ та в методичному кабінеті кафедри

## Навчальний контент

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

#### ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ

| № з/п | Назва теми лекції та перелік основних питань<br>(перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС) |
|-------|---|
| 1     | Лекція 1. Вступ. Мета і предмет курсу. Основні визначення   |
| 2     | Лекція 2. Імітаційне, об'єктно-орієнтоване моделювання  |
| 3     | Лекція 3. Побудова математичних моделей технічних систем  |
| 4     | Лекція 4. Структурні схеми та дослідження технічних систем  |
| 5     | Лекція 5. Аналогове та цифрове моделювання  |
| 6     | Лекція 6. Основні алгоритми автоматичного регулювання   |
| 7     | Лекція 7. ПІД-регулятор в системах автоматичного регулювання  |
| 8     | Лекція 8. Реалізація нелінійних елементів різних типів  |
| 9     | Лекція 9. Побудова структурних схем в просторі станів   |
| 10    | Лекція 10. Апроксимація функцій   |
| 11    | Лекція 11. Чисельно-аналітичний метод комп'ютерного моделювання   |
| 12    | Лекція 12. Дискретна апроксимація лінійних функцій  |
| 13    | Лекція 13. Комп'ютерне моделювання за допомогою Z-перетворення  |
| 14    | Лекція 14. Аналіз механічних ланок пружних систем   |
| 15    | Лекція 15. Методи побудови моделей пружних систем   |
| 16    | Лекція 16. Математичні моделі електромеханічних систем  |
| 17    | Лекція 17. Багатомасові механотронні системи  |
| 18    | Лекція 18. Моделювання розгалужених систем  |

#### Самостійна робота студента

| № з/п | Вид самостійної роботи            | Кількість годин СРС |
|-------|-----------------------------------|---------------------|
| 1.    | Підготовка до лекційних занять    | 14                  |
| 2.    | Підготовка до лабораторних занять | 18                  |
| 3.    | Підготовка до практичних занять   | 18                  |
| 4.    | Підготовка до МКР                 | 4                   |
| 5.    | Підготовка до екзамену            | 24                  |
| 6.    | Всього                            | 78                  |

## Політика та контроль

### 6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу І-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях.
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені РСО дисципліни;
- використання засобів пошуку інформації на Google-сторінці викладача, в інтернеті;
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали.

### **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>

## **7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

*Поточний контроль:* виконання лабораторних робіт, виконання практичних робіт, МКР.

*Календарний контроль:* провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

*Семестровий контроль:* екзамен.

*Умови допуску до семестрового контролю:* мінімальний семестровий рейтинг більше 40 балів.

*Рейтинг студента* розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них до 60 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, які студент отримує за:

- звіт з лабораторних робіт (20 балів);
- звіт з практичних (20 балів);
- виконання модульної контрольної роботи (20 балів);
- екзамен (40 балів).

*Рейтингові бали за лабораторні роботи*

| <b>Бали</b> | <b>Критерії оцінювання</b>   |
|-------------|--|
| 20          | Роботи виконані повністю, зауважень немає, є відповіді на всі запитання.         |
| 18          | Роботи виконані з несуттєвими зауваженнями, у відповідях трапляються неточності. |
| 16          | Роботи виконані з зауваженнями, є відповіді на більшість запитань .              |
| 14          | Роботи виконані з помилками, є відповіді лише на частину запитань.               |
| 12          | Роботи виконані із значними помилками, є відповіді лише на окремі питання.       |
| 0           | Роботи не виконані, звіт не представлений.                                       |

*Рейтингові бали з практичних робіт*

| <b>Бали</b> | <b>Критерій оцінювання</b>   |
|-------------|--|
| 20          | Завдання виконані, зауважень немає, є відповіді на всі запитання.                  |
| 18          | Завдання виконані з несуттєвими зауваженнями, у відповідях трапляються неточності. |
| 16          | Завдання виконані з зауваженнями, є відповіді на більшість запитань.               |
| 14          | Завдання виконані з помилками, є відповіді лише на частину запитань.               |
| 12          | Завдання виконані із значними помилками, є відповіді лише на окремі питання.       |
| 0           | Завдання не виконані, звіт не представлений.                                       |

*Рейтингові бали за модульну контрольну роботу*

| <b>Бали</b> | <b>Критерій оцінювання</b>   |
|-------------|--|
| 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 |

*Критерій оцінювання екзамена. Екзаменаційний білет складається з двох завдань.*

*Кількість балів за одне завдання білета*

| <b>Бали</b> | <b>Критерій оцінювання</b>   |
|-------------|--|
| 20          | Відмінна відповідь (не менше 95% інформації), можливі несуттєві зауваження та неточності   |
| 18          | Дуже добра відповідь (не менше 85% інформації), суттєвих помилок немає, відповідь на переважну більшість питань, творче мислення |
| 16          | Добра відповідь (не менше 75% інформації), грубих 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  |

*Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:*

| <b>Кількість балів</b> | <b>Оцінка</b> |
|------------------------|---------------|
| 100-95                 | Відмінно      |
| 94-85                  | Дуже добре    |
| 84-75                  | Добре         |
| 74-65                  | Задовільно    |
| 64-60                  | Достатньо     |
| Менше 60               | Незадовільно  |
| Менше 40               | Не допущено   |

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

### ***Приклад екзаменаційного білета***

- 1. Математичні основи теорії можливостей.*
- 2. Методи синтезу вимірювально-обчислювальних систем.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус): «Математичне моделювання і прогнозування енергоефективності мехатронних систем»

### **Складено:**

доцентом кафедри ПГМ, к.т.н. Галецьким Олександром Сергійовичем

Ухвалено кафедрою ПГМ (протокол № 4 від 11.11.2022 року)

Погоджено Методичною комісією НН ММІ (протокол №4 від 22.12.2022)