


Міністерство освіти і науки України  
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра Теоретичної механіки, машинознавства та роботомеханічних систем (№ 202)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Керівник проектної групи



(підпис)

Олег БАРАНОВ

(ініціали та прізвище)

«30» червня 2023 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Моделювання та дослідження технічних систем (КП)  
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»  
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 131 «Прикладна механіка»  
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: Роботомеханічні системи та комплекси  
(найменування освітньої програми)

**Форма навчання: денна**

**Рівень вищої освіти: другий (магістерський)**


**Харків 2023 рік**

Робоча програма «Моделювання та дослідження технічних систем»  
(назва дисципліни)

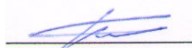
для студентів за спеціальністю 131 Прикладна механіка  
освітньою програмою Роботомеханічні системи та комплекси.

« 21 » 06 2023 р., – 10 с.

Розробник: Степаненко Д. Р., асистент каф. 202 \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали, посада, наукова ступінь та вчене звання)

  
(підпис)

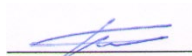
Баранов О. О., д.т.н., професор каф. 202 \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали, посада, наукова ступінь та вчене звання)

  
(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри Теоретичної механіки машинознавства та роботомеханічних систем  
(назва кафедри)

Протокол № 10 від «30» червня 2023 р.

Завідувач кафедри д.т.н., професор  
(назва кафедри, науковий ступінь та вчене звання завідувача)

  
(підпис)

О.О. Баранов \_\_\_\_\_  
(ініціали та прізвище)

## 1. Опис навчальної дисципліни

| Найменування показника   | Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти  | Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання) |
|--|---|---|
| Кількість кредитів – 2   | <p style="text-align: center;"><b>Галузь знань</b><br/> <u>13 «Механічна інженерія»</u><br/> <small>(шифр і найменування)</small></p> <p style="text-align: center;"><b>Спеціальність</b><br/> <u>131 «Прикладна механіка»</u><br/> <small>(код і найменування)</small></p> <p style="text-align: center;"><b>Освітня програма</b><br/> <u>Роботомеханічні системи</u><br/> <u>та комплекси</u><br/> <small>(найменування)</small></p> <p style="text-align: center;"><b>Рівень вищої освіти:</b><br/>                     другий (магістерський)</p> | Обов'язкова   |
| Кількість модулів – 1  |   | <b>Навчальний рік</b>                                       |
| Кількість змістовних модулів – 2   |   | 2023/2024   |
| Індивідуальне завдання _____<br><small>(назва)</small>   |   | <b>Семестр</b>  |
| Загальна кількість годин – 32/60   |   | 1-й   |
| Кількість тижневих годин для денної форми навчання:<br>аудиторних – 32<br>самостійної роботи студента – 28 |   | <b>Лекції*</b>  |
|  |   | _____ годин   |
|  |   | <b>Практичні, семінарські*</b>                              |
|  | 32 годин  |   |
|  | <b>Лабораторні*</b>   |   |
|  | _____ годин   |   |
| <b>Самостійна робота</b>   |   |   |
| 28 годин   |   |   |
| <b>Вид контролю</b>  |   |   |
| Диф. залік   |   |   |

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:  $32/28=1,14$ .

\* Аудиторне навантаження може бути збільшене або зменшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета вивчення** – формування моделей технічних систем та їх дослідження, оволодіння шляхами розробки моделей технічних систем.

**Завдання** – побудова моделей технічних систем, освоєння програмного продукту MATLAB для моделювання та дослідження технічних систем.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **компетентностей**:

### 1) Загальні компетентності (ЗК):

ЗК2. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ЗК3. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК4. Здатність розробляти проекти та управляти ними.

ЗК5. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

ЗК6. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК7. Здатність спілкуватися іноземною мовою.

### 2) Фахові компетентності спеціальності (ФК):

ФК3. Здатність до самостійної роботи і ефективного функціонування в якості керівника групи.

ФК4. Здатність зрозуміло і недвозначно доносити власні висновки, знання та пояснення до фахівців і нефахівців, зокрема і в процесі викладацької діяльності.

### Програмні результати навчання:

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

РН6. Розробляти, виконувати та оцінювати інноваційні проекти роботизації виробництва з урахуванням інженерних, правових, екологічних, економічних та соціальних аспектів.

РН9. Організувати роботу групи при виконанні завдань, комплексних проєктів, наукових досліджень, розуміти роботу інших, давати чіткі інструкції.

РН11. Розробляти управлінські та/або технологічні рішення за невизначених умов та вимог, оцінювати і порівнювати альтернативи, аналізувати ризики, прогнозувати можливі наслідки

**Міждисциплінарні зв'язки:** вивчення курсу «Проектування робототехнічних систем та комплексів» є базою для написання кваліфікаційної роботи.

### 3. Програма навчальної дисципліни

#### Змістовний модуль 1. Передпроектна стадія розробки.

**Тема 1. Завдання до курсового проекту.** Видача завдання до курсового проекту. Роз'яснення цілей і завдань при виконанні курсового проекту; правил оформлення і здачі курсового проекту. Складання графіку виконання курсового проекту.

**Тема 2. Передпроектна стадія розробки роботу та етап «Технічне завдання».** Вихідні данні для проектування. Стадія технічного завдання на проектування робота.

**Тема 3. Загальні проектні рішення.** Розробка концепції робота. Декомпозиція на принципах мехатроніки. Формування системи критеріїв якості. Вибір та оцінювання комплектуючих на етапі формування концепції. Формування загальних проектних рішень.

#### Змістовний модуль 2. Проектування механічної схеми маніпулятора робота.

**Тема 4. Проектування кінематичної моделі робота.** Послідовність прийняття проектних рішень. Вихідні данні для проектування. Опис кінематики метод матриць. Пряма та зворотна задача кінематики.

**Тема 5. Проектування механізмів робота.** Розрахунок приводів та їх регуляторів

**Тема 6. Розробка динамічної моделі мехатронного пристрою.** Вихідні данні для проектування. Проектування динамічної моделі робота в середовищі Matlab.

**Тема 7. Проектування механічної моделі мехатронного пристрою.** Розробка механічної моделі. Проектування сполучення з вихідною механічною ланкою. Опис приводів механізму.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

| Назви змістових модулів і тем  | Кількість годин |              |        |        |        |    |
|--|-----------------|--------------|--------|--------|--------|----|
|  | денна форма     |              |        |        |        |    |
|  | усього          | у тому числі |        |        |        |    |
| лекції   |                 | прак.р.      | лаб.р. | інд.р. | сам.р. |    |
| 1  | 2               | 3            | 4      | 5      | 6      | 7  |
| <b>Модуль 1</b>  |                 |              |        |        |        |    |
| <b>Змістовий модуль 1. Основи математичного моделювання.</b>                   |                 |              |        |        |        |    |
| Тема 1. Завдання до курсового проєкту.   | 4               |              | 2      | –      | –      | 2  |
| Тема 2. Передпроектна стадія розробки роботи та етап «Технічне завдання».      | 8               |              | 4      | –      | –      | 4  |
| Тема 3. Загальні проєктні рішення.   | 8               |              | 4      | –      | –      | 4  |
| Разом за змістовим модулем 1   | 20              |              | 10     | –      | -      | 10 |
| <b>Змістовий модуль 2. Моделі елементів та моделі паралельних розрахунків.</b> |                 |              |        |        |        |    |
|  |                 |              |        |        |        |    |
| Тема 4. Проектування кінематичної моделі робота.                               | 8               |              | 4      | –      | –      | 4  |
| Тема 5. Проектування механізмів робота.  | 8               |              | 4      |        |        | 4  |
| Тема 6. Розробка динамічної моделі мехатронного пристрою.                      | 10              |              | 6      | –      | –      | 4  |
| Тема 7. Проектування механічної моделі мехатронного пристрою..                 | 14              |              | 8      | –      | -      | 6  |
| Разом за змістовим модулем 2   | 40              |              | 22     | –      | -      | 18 |
| Усього годин   | 60              |              | 32     | –      | -      | 28 |

#### 5. Теми семінарських занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|-------|------------|-----------------|
| 1     |            |                 |
| 2     |            |                 |

## 6. Теми практичних занять

| № з/п | Назва теми   | Кільк. год. |
|-------|--|-------------|
| 1     | 2  | 3           |
| 1     | Структурна схема мехатронного пристрою.  | 2           |
| 2     | Передпроектна стадія розробки мехатронного пристрою та етап «Технічне завдання». | 2           |
| 3     | Загальні проектні рішення по виробу.   | 4           |
| 4     | Проектування робочих органів мехатронних машин.                                  | 4           |
| 5     | Проектування кінематичних моделей механізмів мехатронних машин.                  | 6           |
| 6     | Розробка динамічної моделі мехатронного пристрою.                                | 6           |
| 7     | Проектування механічної моделі мехатронного пристрою.                            | 8           |
|       | <b>Разом</b>   | <b>32</b>   |

## 7. Теми лабораторних занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|-------|------------|-----------------|
| 1     |            |                 |
| 2     |            |                 |

## 8. Самостійна робота

| № з/п | Назва теми  | Кількість годин |
|-------|---|-----------------|
| 1     | Проведення аналізу сучасного стану робототехніки. Розробка функціональної структури робота (Тема 1)         | 2               |
| 2     | Декомпозиція на принципах мехатроніки. (Тема 2)   | 4               |
| 3     | Розробка загальних технічних рішень по виробу (Тема 3)  | 4               |
| 4     | Розробка кінематичної схеми робота. Вирішення прямої та зворотної задач кінематики методом матриць (Тема 4) | 4               |
| 5     | Розробка моделі ДПТ та його ПД регулятора (Тема 5)  | 4               |
| 6     | Розробка динамічної моделі в середовищі Matlab (Тема 6)   | 4               |
| 7     | Розробка механічної 3D моделі стаціонарного робота (Тема 7)   | 6               |
|       | <b>Разом</b>  | <b>28</b>       |

## 9. Індивідуальні завдання

| № з/п | Назва теми   | Кількість годин |
|-------|--------------|-----------------|
| 1     |              |                 |
|       | <b>Разом</b> |                 |

## 10. Методи навчання

Проведення практичних занять, консультації, самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

## 11. Методи контролю

Проведення контролю виконання практичних завдань, перевірка курсової роботи, фінальний контроль – у вигляді диференційного заліку.

## 12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

### 12.1. Розподіл балів, які отримують студенти за виконання курсової роботи (проекту)

| Пояснювальна записка | Ілюстративна частина | Захист роботи | Сума |
|----------------------|----------------------|---------------|------|
| до 20__              | до 30__              | до 50__       | 100  |

### 12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

Вміти розробити математичну модель маніпулятора починаючи з кінематичної схеми, розрахунку приводів, прямої оборотної задачі, та моделі в середовищі Matlab.

Необхідний обсяг умінь для одержання позитивної оцінки:

Вміти створювати модель маніпулятора. Створювати візуальну модель маніпулятора в MatLab. Налаштовувати роботу моделі на задані параметри.

### 12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

**Задовільно (60-74).** Показати мінімум знань та умінь. Виконати всі індивідуальні завдання. Знати систему координат Денавіта-Хантерберга, та використовувати її для власних проектів. Уміти виконувати дії з матрицями та розраховувати пряму та обернену задачі. Уміти розрахувати та підібрати привід для маніпулятора. Виконувати моделювання в середовищі Matlab.

**Добре (75-89).** Твердо знати мінімум, захистити всі індивідуальні завдання, виконати всі КР, здати поза аудиторну самостійну роботу. Уміти: знаходити матрицю, обернену даній; розв'язувати системи алгебраїчних рівнянь. Розв'язувати задачі прикладного характеру і відтворювати 3Д моделі. Поєднувати 3Д моделі з моделями в Matlab і налаштовувати систему управління робота

**Відмінно (90-100).** Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та уміти застосовувати їх.



### Шкала оцінювання: бальна і традиційна

| Сума балів | Оцінка за традиційною шкалою  |               |
|------------|-------------------------------|---------------|
|            | Іспит, диференційований залік | Залік         |
| 90 – 100   | Відмінно                      | Зараховано    |
| 75 – 89    | Добре                         |               |
| 60 – 74    | Задовільно                    |               |
| 0 – 59     | Незадовільно                  | Не зараховано |

### 13. Методичне забезпечення

1. Роздавальний матеріал на кожному практичному занятті для виконання практичних робіт.
2. Робоча програма дисципліни.
3. Виконання типових завдань.

### 14. Рекомендована література

#### Базова

1. Пономаренко В.С. Методичні рекомендації до виконання курсової роботи для студентів напрямку підготовки «комп'ютерні науки» освітньо-кваліфікаційного рівня магістр / Укл. С. В. Мінухін, І. О. Золотарьова, С. В. Знахур, О. В. Дорохов. – Харків: Вид. ХНЕУ, 2001. – 48 с. (Укр. Мов.)
2. Дубовой В. М. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Комп'ютерне моделювання процесів і систем» (Частина 2). – Вінниця, 2000. – 21 с.
3. Дубовой В.М. Моделювання систем контролю та керування. – Вінниця: ВНТУ, 2005
4. Чорний О. П. Моделювання електромеханічних систем: Підручник [текст] / О.П. Чорний, А.В. Луговой, Д.Й. Родькін, О.В. Садовой. – Кременчук, 2001. – 410с.  
[https://elprivod.nmu.org.ua/files/modeling/%D0%A7%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%B9\\_%D0%9C%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%95%D0%9C%D0%A1.pdf](https://elprivod.nmu.org.ua/files/modeling/%D0%A7%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%9C%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%95%D0%9C%D0%A1.pdf)
5. MATLAB Simulink SimMechanics User's Guide COPYRIGHT 2001 – 2009 by The MathWorks. Ink. – 290 p.
6. Melchiorri C. Kinematic Model of Robot Manipulators. Presentation. Universit`a di Bologna. Електронний ресурс. Режим доступа: [http://www-lar.deis.unibo.it/people/cmelchiorri/Files\\_Robotica/FIR\\_04\\_Kinem.pdf](http://www-lar.deis.unibo.it/people/cmelchiorri/Files_Robotica/FIR_04_Kinem.pdf)

### Допоміжна

1. Губарев О.П., Левченко О.В. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу “Програмовані контролери в системах керування гідропневмоавтоматики” (частина 2) студентам, що навчаються за фахом “Гідравлічні і пневматичні машини”. – Київ, НТУУ “КПІ”, 2006.- 52 с.
2. TP201 Electropneumatics Basic level Workbook / Markus Pany, Sabine Scharf, Ralph-Christoph Weber, Frank Ebel - Festo Didactic SE, Rechbergst. 3, 73770 Denknendorf, Germany, 2016. – 121 с. - <https://www.festo-didactic.com/int-en/services/printed-media/workbooks/pneumatics/electropneumatics,basic-level-tp-201-workbook-541090.htm?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4zMj44NjMuNTM2MA>.
3. Marcus Hoffman FluidSIM Pneumatics User’s guide /Dr. Daniel Quratolo, Dr. Marcus Hoffman Dr. habil. Benno Stein «Festo». 2001. – 277 с. - [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiOh5Pi-aftAhWsl4sKHYUXBi8QFjAAegQI-AxAC&url=http%3A%2F%2Fwww.lagos.udg.mx%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fadjuntos%2Fmanualfluidsimeng.pdf&usg=AOvVaw1C\\_ iyGrF7NDK0wZ\\_Y2wC0O](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiOh5Pi-aftAhWsl4sKHYUXBi8QFjAAegQI-AxAC&url=http%3A%2F%2Fwww.lagos.udg.mx%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fadjuntos%2Fmanualfluidsimeng.pdf&usg=AOvVaw1C_ iyGrF7NDK0wZ_Y2wC0O)
4. Maxon motor [Электронный ресурс] Компания Maxon motor. Режим доступа: <http://www.maxonmotor.com/maxon/view/content/products>
5. Corke P. Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in MATLAB.– Springer, 2011.– 558 page.

### 15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри <http://k202.tilda.ws/>

Сайт дисципліни <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=2690>