



НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
УКРАЇНИ



Кафедра конструювання машин і  
обладнання

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Декан механіко-технологічного факультету  
Вячеслав БРАТІШКО  
“21” вересня 2023 р.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Декан факультету конструювання та дизайну  
Зіновій РУЖИЛО  
“12” вересня 2023 р.

«СХВАЛЕНО»  
на засіданні кафедри  
технічного сервісу та інженерного  
менеджменту ім. М.П. Момотенка  
Протокол № 1 від 11 серпня 2023 р.  
Завідувач кафедри  
Іван РОГОВСЬКИЙ

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**«МЕХАТРОНІКА ДЛЯ РОЗБУДОВИ ІННОВАЦІЙНОГО  
ПОТЕНЦІАЛУ ВИЩОЇ ОСВІТИ»**

(назва навчальної дисципліни)

Спеціальність: 133 – Галузеве машинобудування, 208 – Агроінженерія

Факультет: конструювання та дизайну, механіко-технологічний

Розробники: д.т.н., проф. Голуб Г.А. \_\_\_\_\_

д.т.н., проф. Ромасевич Ю.О. \_\_\_\_\_

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

Київ – 2023 р.

## 1. Опис навчальної дисципліни

### Мехатроніка для розбудови інноваційного потенціалу вищої освіти

(назва)

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь		
Освітній ступінь	<i>Магістр</i>	
Спеціальність	<i>133 – Галузеве машинобудування 208 – Агроінженерія</i>	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	<i>Вибіркова</i>	
Загальна кількість годин	<i>90</i>	
Кількість кредитів ECTS	<i>3</i>	
Кількість змістових модулів	<i>2</i>	
Курсовий проект (робота) (за наявності)	<i>-</i>	
Форма контролю	<i>Екзамен</i>	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Курс (рік підготовки)	<i>1</i>	<i>-</i>
Семестр	<i>1</i>	<i>-</i>
Лекційні заняття	<i>15 год.</i>	<i>-</i>
Практичні, семінарські заняття	<i>-</i>	<i>-</i>
Лабораторні заняття	<i>15 год.</i>	<i>-</i>
Самостійна робота	<i>60 год.</i>	<i>-</i>
Індивідуальні завдання	<i>-</i>	<i>-</i>
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	<i>-</i>	<i>-</i>

Робоча програма дисципліни „Мехатроніка для розбудови інноваційного потенціалу вищої освіти” підготовлена у рамках виконання грантового проекту HEI-TREATY „Nurturing deep tech talents for clean & sustainable energy transition / Розвиток глибоких технологічних талантів для переходу на чисту та стійку енергію ” (грантовий договір №101113035, ідентифікатор проекту 230047).

## 2. Мета, завдання та компетентності навчальної дисципліни

**Метою** вивчення дисципліни "Мехатроніка для розбудови інноваційного потенціалу вищої освіти" у рамках спеціальностей "Галузеве машинобудування" та "Агроінженерія" є надання студентам теоретичних знань та практичних навичок з інтеграції механічних, електронних та програмних компонентів для створення складних та функціональних мехатронних систем для розбудови інноваційного потенціалу вищої освіти. Основні **завдання** вивчення дисципліни в рамках спеціальностей "Галузеве машинобудування" та "Агроінженерія" включають:

1. Розуміння основних принципів та концепцій мехатроніки: студенти ознайомляються з принципами функціонування мехатронних систем, вивчають основи механіки, електроніки та керування;
2. Оволодіння теоретичними знаннями та навичками розробки мехатронних систем: студенти вивчають методи аналізу, проектування та моделювання мехатронних систем, включаючи вибір та інтеграцію компонентів, розробку керуючих алгоритмів та програмного забезпечення;
3. Вивчення сучасних технологій та трендів у мехатроніці: студенти досліджують сучасні досягнення у галузі мехатроніки, такі як робототехніка, автономні системи, штучний інтелект, інтернет речей та інші інноваційні розробки;
4. Розвиток практичних навичок та вмінь реалізації мехатронних систем: студенти здобувають практичний досвід у проектуванні, збиранні, налагодженні та тестуванні мехатронних пристроїв і систем. Вони вивчають процеси виробництва та оптимізації мехатронних систем, а також засвоюють методи технічного обслуговування та ремонту;
5. Сприяння розвитку творчого мислення та інженерної думки: студенти навчаються аналізувати проблеми, шукати інноваційні рішення та використовувати творчий підхід до проектування мехатронних систем.

Після успішного вивчення дисципліни студенти спеціальностей "Галузеве машинобудування" та "Агроінженерія" будуть мати необхідні знання та навички для проектування, виробництва та експлуатації складних мехатронних систем в різних галузях, таких як автоматизація агропромислового виробництва, робототехніка у аграрній сфері та багато інших.

Результатом проходження навчальної дисципліни "Мехатроніка для розбудови інноваційного потенціалу вищої освіти" є набуття компетентностей

згідно стандартів вищої освіти України за спеціальностями 133 – Галузеве машинобудування (затверджено Наказом Міністерства освіти і науки України № 1422 від 17.11.2020 р.) та 208 – Агроінженерія (затверджено Наказом Міністерства освіти і науки України № 965 від 10.07.2019 р.).

Компетентності	Зміст компетентності	
	Стандарт вищої освіти 133 - Галузеве машинобудування	Стандарт вищої освіти 208 - Агроінженерія
<b>Інтегральна</b>	Здатність розв'язувати складні завдання і проблеми галузевого машинобудування, що передбачають проведення дослідження та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.	Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у галузі агропромислового виробництва та у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.
<b>Загальні</b>	Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми. Здатність приймати обґрунтовані рішення. Здатність працювати в команді.	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. Знання та розуміння предметної області та розуміння аспектів професійної діяльності. Здатність приймати обґрунтовані рішення. Здатність працювати в команді. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
<b>Фахові (спеціальні)</b>	Здатність ставити, удосконалювати та застосовувати кількісні математичні наукові й технічні методи та комп'ютерні програмні засоби, застосовувати системний підхід для	Здатність здійснювати наукові та прикладні дослідження для створення нових та удосконалення існуючих технологічних систем сільськогосподарського призначення, пошуку оптимальних методів їх

	<p>розв'язування інженерних задач галузевого машинобудування, зокрема, в умовах технічної невизначеності. Здатність створювати нову техніку і технології в галузі механічної інженерії. Усвідомлення перспективних завдань сучасного виробництва, спрямованих на задоволення потреб споживачів, володіння тенденціями інноваційного розвитку технологій галузі. Здатність розробляти і реалізовувати плани й проекти у сфері галузевого машинобудування та дотичних видів діяльності, здійснювати відповідну підприємницьку діяльність.</p>	<p>експлуатації. Здатність застосовувати сучасні інформаційні та комп'ютерні технології для вирішення професійних завдань. Здатність проектувати й використовувати мехатронні системи машин і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Здатність прогнозувати і забезпечувати технічну готовність сільськогосподарської техніки. Здатність організовувати процеси сільськогосподарського виробництва на принципах систем точного землеробства, ресурсозбереження, оптимального природокористування та охорони природи; використовувати сільськогосподарські машини та енергетичні засоби, що адаптовані до використання у системі точного землеробства.</p>
--	---	---

### 3. Програма та структура навчальної дисципліни для:

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b><i>Змістовий модуль 1. Керовані приводи мехатронних систем</i></b>												
Тема 1. Керований електропривод постійного струму	14	2	2	-	-	10	-	-	-	-	-	-
Тема 2. Асинхронний електропривод з частотним регулюванням	18	4	4	-	-	10	-	-	-	-	-	-
Разом за змістовим модулем 1	32	6	6	-	-	20	-	-	-	-	-	-
<b><i>Змістовий модуль 2. Регулятори мехатронних систем</i></b>												
Тема 1. Класичний ПД-регулятор та його частинні випадки	13	3	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-
Тема 2. Особливості реальних ПД-регуляторів та їхні модифікації	12	2	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-
Тема 3. Методи налаштування ПД-регуляторів	19	2	7	-	-	10	-	-	-	-	-	-
Тема 4. Синтез оптимальних регуляторів	14	2	2	-	-	10	-	-	-	-	-	-
Разом за змістовим модулем 2	58	9	9	-	-	40	-	-	-	-	-	-
Разом за семестр	90	15	15	-	-	60	-	-	-	-	-	-
<b>Усього годин</b>	90	15	15	-	-	60	-	-	-	-	-	-

#### 4. Семінарські заняття – відсутні

#### 5. Практичні заняття

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	ШІМ-керування двигуном постійного струму	2
2.	Визначення оптимальних налаштувань частотно-керуваного асинхронного приводу	4
3.	Налаштування коефіцієнтів ПІД-регулятора за допомогою web-застосунку PID Tuner Controller	3
4.	Налаштування коефіцієнтів ПІД-регулятора з допомогою web-застосунку Wolfram Cloud	4
5.	Синтез оптимального лінійного регулятора (LQR)	2

#### 6. Лабораторні заняття – відсутні

#### 7. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Способи керування швидкістю двигунів постійного струму	10
2	Принципи роботи частотних перетворювачів	10
3	Особливості роботи компонентів ПІД-регулятора	10
4	Особливості апаратної реалізації ПІД-регуляторів	10
5	Програмні продукти для налаштування ПІД-регуляторів	10
6	Постановка задачі синтезу лінійно-квадратичного регулятора	10

#### 8. Зразки контрольних питань, тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами

1. Які вимоги пред'являють до приводів мехатронних систем?
2. З'ясуйте структуру електричного приводу, який входить у мехатронну систему.
3. В чому полягає принцип виникнення електромагнітного моменту у двигуні постійного струму?
4. Що таке кроковий електродвигун та в яких сферах мехатроніки його використовують?

# TREATY

5. Які способи регулювання асинхронного приводу вам відомі?
6. Які види частотного керування асинхронних двигунів вам відомі?
7. Вкажіть структуру частотного перетворювача
8. Поясніть принцип дії частотного перетворювача.
9. Які основні функції мають сучасні частотні перетворювачі?
10. Що таке інтелектуальний мехатронний модуль руху?
11. Що таке ПІД-регулятор?
12. Які основні компоненти класичного ПІД-регулятора?
13. Які функції виконують кожна з частин ПІД-регулятора?
14. Які основні завдання регулювання розв'язує класичний ПІД-регулятор?
15. Які параметри налаштовуються в ПІД-регуляторі?
16. Яким чином працює процес регулювання в класичному ПІД-регуляторі?
17. Що таке ПІД-контролер в контексті класичного ПІД-регулятора?
18. Які переваги має використання класичного ПІД-регулятора в порівнянні з іншими методами регулювання?
19. Як визначається початкове значення керуючого сигналу в ПІД-регуляторі?
20. Які основні функції виконує інтегральна складова ПІД-регулятора?
21. Які основні випадки використання класичного ПІД-регулятора в інженерії?
22. Які можливі проблеми або обмеження пов'язані з класичним ПІД-регулятором?
23. Яким чином вибираються коефіцієнти П, І і Д в ПІД-регуляторі?
24. Які методи налаштування ПІД-регулятора використовуються для досягнення оптимальної роботи системи?
25. Яким чином класичний ПІД-регулятор реагує на зміни вхідних сигналів?
26. Які основні алгоритми роботи ПІД-регулятора в реальному часі?
27. Яким чином можна підвищити стійкість і точність роботи класичного ПІД-регулятора?
28. Як використовується класичний ПІД-регулятор в системах автоматичного керування?
29. Яким чином обчислюється помилка регулювання і як вона використовується в ПІД-регуляторі?
30. Як впливають зміни в параметрах ПІД-регулятора на його роботу?
31. Чому інтегральна складова ПІД-регулятора важлива для усунення постійної помилки регулювання?
32. Які основні вимоги висуваються до сенсорів і вимірювальних пристроїв в системах з ПІД-регулятором?



# TREATY

33. Яким чином можна використовувати класичний ПД-регулятор для стабілізації системи?
34. Як вибрати оптимальний тип ПД-регулятора для конкретного завдання?
35. Як ПД-регулятори впливають на динаміку системи?
36. Як використовуються обмеження на величину керуючого сигналу в ПД-регуляторі?
37. Які приклади застосування класичного ПД-регулятора можна навести з реального життя?
38. Що таке налаштування ПД-регулятора і як воно впливає на його роботу?
39. Які основні компоненти ПД-регулятора потребують налаштування?
40. Які цілі налаштування ПД-регулятора можуть бути визначені для конкретної системи?
41. Які методи налаштування ПД-регуляторів існують?
42. Які параметри ПД-регулятора налаштовуються в методі налаштування за Зіглером-Нікольса?
43. Які переваги і обмеження властиві методу налаштування за Зіглером-Нікольса?
44. Що таке метод налаштування за критерієм мінімального часу перехідного процесу?
45. Які параметри ПД-регулятора визначаються в методі налаштування за критерієм мінімального часу перехідного процесу?
46. Як використовується метод налаштування за критерієм мінімального часу перехідного процесу для підвищення швидкості реакції системи?
47. Які методи налаштування ПД-регуляторів є ітеративними і чому вони важливі?
48. Що таке метод налаштування за критерієм мінімального перерегулювання?
49. Які параметри ПД-регулятора налаштовуються в методі налаштування за критерієм мінімального перерегулювання?
50. Як впливає метод налаштування за критерієм мінімального перерегулювання на перехідний процес системи?
51. Які обмеження можуть виникнути при використанні методу налаштування за критерієм мінімального перерегулювання?
52. Як використовується метод налаштування за критерієм мінімального перерегулювання для забезпечення стійкості системи?
53. Що таке метод налаштування за критерієм мінімального часу регулювання?
54. Які параметри ПД-регулятора визначаються в методі налаштування за критерієм мінімального часу регулювання?

# TREATY

55. Як використовується метод налаштування за критерієм мінімального часу регулювання для забезпечення реакції системи на зміни вхідних сигналів?
56. Які приклади застосування методів налаштування ПД-регуляторів в інженерії?
57. Як визначити оптимальні параметри ПД-регулятора для конкретної системи?
58. Яким чином можна враховувати нестационарність системи при налаштуванні ПД-регулятора?
59. Як використовувати налаштований ПД-регулятор для стабілізації системи?
60. Як вирішуються завдання налаштування ПД-регулятора для систем з великою затримкою?
61. Як визначити параметри інтегральної складової ПД-регулятора при налаштуванні?
62. Як впливає налаштування ПД-регулятора на точність регулювання?
63. Яким чином налаштування ПД-регулятора може бути адаптовано до змін у системі?
64. Як враховуються обмеження на величину керуючого сигналу при налаштуванні ПД-регулятора?
65. Як використовуються симуляційні моделі для налаштування ПД-регулятора?
66. Які практичні поради можна надати щодо налаштування ПД-регуляторів для покращення роботи системи?
67. Що таке синтез оптимального регулятора в контексті автоматичного керування?
68. Які основні цілі синтезу оптимального регулятора?
69. Які фактори враховуються при синтезі оптимального регулятора?
70. Які методи і алгоритми використовуються для синтезу оптимальних регуляторів?
71. Які основні критерії оптимальності визначаються при синтезі регулятора?
72. Що таке функціонал якості і як він використовується при синтезі оптимального регулятора?
73. Як визначити ваги компонентів функціоналу якості при синтезі оптимального регулятора?
74. Яким чином синтез оптимального регулятора відрізняється від класичних методів регулювання?
75. Як впливає вибір критерію оптимальності на характеристики регулятора?
76. Які основні класи оптимальних регуляторів існують?

77. Яким чином синтез оптимального регулятора може бути застосований до лінійних систем?
78. Які методи синтезу оптимальних регуляторів використовуються в нелінійних системах?
79. Як визначається математична модель системи при синтезі оптимального регулятора?
80. Які методи оптимізації використовуються для пошуку оптимального регулятора?
81. Які обмеження і обставини можуть впливати на синтез оптимального регулятора?
82. Яким чином технічні характеристики системи впливають на синтез оптимального регулятора?
83. Які переваги має використання оптимального регулятора в порівнянні з іншими видами регуляторів?
84. Які основні практичні застосування оптимальних регуляторів?
85. Як визначається динаміка системи при наявності оптимального регулятора?
86. Як враховуються шуми та випадкові впливи при синтезі оптимального регулятора?
87. Яким чином зміна цілей керування впливає на оптимальний регулятор?
88. Як визначити оптимальні параметри регулятора в реальному часі?
89. Як вирішуються проблеми з обчислювальною складністю при синтезі оптимального регулятора?
90. Яким чином оптимальний регулятор може бути використаний для підвищення стійкості системи?
91. Які можливі вади або недоліки виникають при застосуванні оптимальних регуляторів?
92. Як визначити критерії оптимальності для нелінійних систем?
93. Як враховуються вимоги до обмежень на керуючий сигнал при синтезі оптимального регулятора?
94. Як визначити вплив нестационарності системи на синтез оптимального регулятора?
95. Яким чином оптимальний регулятор може бути адаптований до змін у системі?
96. Які принципи роботи оптимального регулятора в реальному часі?

## 9. Методи навчання

При викладанні даної дисципліни використовуються словесні, наочні та практичні методи навчання.

## 10. Форми контролю

Система поточного, модульного та підсумкового контролю з початкової дисципліни.

Поточний контроль знань здійснюється за модульно-рейтинговою системою та передбачає усне експрес-опитування під час аудиторних занять, проведення 2 модульних контрольних робіт та виконання самостійних робіт. Мінімум балів при яких студент допускається до заліку становить 42 бали. Підсумковий контроль проводиться у формі екзамену із виконанням письмових завдань.

## 11. Розподіл балів, які отримують студенти

Оцінювання знань студента відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно з табл. 1 «Положення про екзамен та заліки у НУБіП України» (наказ про уведення в дію від від 26.04.2023 р. протокол № 10)

Рейтинг студента, бали	Оцінка національна за результати складання	
	екзаменів	заліків
90-100	Відмінно	Зараховано
74-89	Добре	
60-73	Задовільно	
0-59	Незадовільно	Не зараховано

Для визначення рейтингу студента (слухача) із засвоєння дисципліни  $R_{\text{дис}}$  (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи  $R_{\text{нр}}$  (до 70 балів):  $R_{\text{дис}} = R_{\text{нр}} + R_{\text{ат}}$ .

## 12. Навчально-методичне забезпечення

1. Ромасевич Ю. О. Електронний курс "Мехатроніка" Навчально-інформаційний портал НУБіП України [Електронний ресурс] / Ю. О. Ромасевич, В. В. Крушельницький – Режим доступу до ресурсу: <https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=5274>.

### 13. Рекомендовані джерела інформації

#### *Основна*

1. Мехатроніка: підручник / В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич, В.В. Крушельницький. – К.: ЦП „Компрінт”, 2020. – 404 с.
2. Мехатроніка [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Мехатроніка>.
3. Основи мехатроніки: навч. посіб. / О.М. Артюх, О.В. Дударенко, В.В. Кузьмін та ін. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 372 с.
4. THE MECHATRONICS HANDBOOK. Editor-in-Chief Robert H. Bishop. CRC PRESS. 2002. 1229 p.  
[http://www.sze.hu/~szenasy/Szenzorok%20%E9s%20aktu%E1torok/Szenzakt%20jegyzetek/Mechatronics\\_handbook%5B1%5D.pdf](http://www.sze.hu/~szenasy/Szenzorok%20%E9s%20aktu%E1torok/Szenzakt%20jegyzetek/Mechatronics_handbook%5B1%5D.pdf)

#### *Додаткова*

1. Основи мехатроніки: навчальний посібник / С.М. Пересада, М.В. Пушкар. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 137 с.
2. Сучасні електромехатронні комплекси і системи: навч. посібник / Т.П. Павленко, В.М. Шавкун, О.С. Козлова, Н.П. Лукашова; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 116 с.