

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ
КАФЕДРА АВТОМАТИКИ ТА РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ
ІМ. АКАД. І.І.МАРТИНЕНКА

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
ТВО Директора ННІ
_____ В.В. Каплун
“ ____ ” _____ 2020 р.

РОЗГЛЯНУТО І СХВАЛЕНО
на засіданні кафедри автоматики та
робототехнічних систем ім. акад.
І.І. Мартиненка
Протокол № ____ від __. __. 2020 р.
Завідувач кафедри
_____ В.П. Лисенко

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
„Моделювання і оптимізація систем керування”
підготовки здобувачів 1-го (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
Бакалавр

галузь знань 15 – Автоматика та приладобудування
спеціальність 151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології
спеціалізація _____
Факультет(ННІ) Енергетики, автоматики і енергозбереження
Розробник: проф. каф., д.т.н., проф. Шворов С.А.
(посада, науковий ступінь, вчене звання)

1. Опис навчальної дисципліни

„Моделювання і оптимізація систем керування”

(назва)

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень		
Галузь знань	15 «Автоматика та приладобудування» (шифр і назва)	
Напрямок підготовки		
Спеціальність	151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» (шифр і назва)	
Освітньо-кваліфікаційний рівень	бакалавр (бакалавр, спеціаліст, магістр)	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Вибіркова	
Загальна кількість годин	86	
Кількість кредитів ECTS	3	
Кількість змістових модулів	2	
Курсовий проект (робота) (якщо є в робочому навчальному плані)	- (назва)	
Форма контролю	Екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки	4	5
Семестр	8	9-10
Лекційні заняття	28 год.	8 год.
Практичні, семінарські заняття	_____ год.	6 год.
Лабораторні заняття	28 год.	6 год.
Самостійна робота	30 год.	18 год.
Індивідуальні завдання	_____ год.	_____ год.
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних самостійної роботи студента –	2 год.	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання дисципліни „Моделювання і оптимізація систем керування” є вивчення основ моделювання об'єктів автоматизації, методів оптимального управління та побудови оптимальних регуляторів в складних системах автоматизації біотехнічних об'єктів.

Завдання навчальної дисципліни полягають у вивченні:

- основ моделювання систем автоматичного керування (САК);
- методів оптимізації САК;
- методів синтезу лінійних систем;
- основ аналітичного конструювання регуляторів.

Дисципліна «Моделювання і оптимізація систем керування» забезпечує формування таких компетентностей:

- Здатність застосовувати знання математики, в обсязі, необхідному для використання математичних методів для аналізу і синтезу систем автоматизації.
- Здатність виконувати аналіз об'єктів автоматизації на основі знань про процеси, що в них відбуваються та застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем автоматичного керування.
- Здатність застосовувати методи системного аналізу, математичного моделювання, числові методи для розроблення математичних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен показати певні програмні результати, а саме:

вміти застосовувати методи системного аналізу, моделювання, числові методи для розроблення математичних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому та для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій.

3. Програма та структура навчальної дисципліни

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
Змістовий модуль 1. Моделювання та оптимізація САК												
Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни. Метод варіаційного числення.	6	2		4		2	6	2		4		2
Тема 2. Принцип максимуму Понтрягіна.	6	2		4		2	4			4		
Тема 3. Динамічне програмування (дискретна та неперервна форми).	8	2		4		4	6	2		4		2
Тема 4. Моделі в термінах вхід-вихід. Моделі в термінах вхід-стан-вихід.	6	2		4		2	4					2
Тема 5. Перехід від форми простору станів до одного диференціального рівняння та	6	2				2	6	2				2

передаточної функції.												
Тема 6. Побудова часових характеристик САК.	6	2				2	4					2
Тема 7. Побудова частотних характеристик САК.	6	2				2	6		2			
Разом за змістовим модулем 1	44	14		16		16	36	6	2	6		10
Змістовий модуль 2. Синтез лінійних систем та аналітичне конструювання регуляторів												
Тема 8. Керованість та спостережуваність лінійних САК	6	2				2	2	2	2			2
Тема 9. Постановка задачі синтезу лінійних систем. Оптимальний фільтр Вінера	6	2				2						
Тема 10. Побудова і застосування оптимального фільтра Вінера	6	2				2	2					2
Тема 11. Оптимальний фільтр Кальмана-Б'юсі	6	2				2	2					
Тема 12. Оптимальна фільтрація в дискретних лінійних системах	6	2		4		2	2		2			2
Тема 13. Постановка задачі та методи аналітичного конструювання регуляторів	6	2		4		2	12					2
Тема 14. Методи аналітичного конструювання регуляторів	6	2		4		2						
Разом за змістовим модулем 2	42	14		12		14	22	2	4			8
Усього годин	72	28		28		30	58	8	6	6		18

4. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
...		

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розрахунок регуляторів за допомогою класичного варіаційного числення.	2
2	Розрахунок регуляторів на основі використання принципу максимуму Понтрягіна.	2
3	Розрахунок регуляторів за допомогою методу динамічного програмування.	2

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Аналітичне конструювання регуляторів за допомогою класичного варіаційного числення за квадратним критерієм якості. Метод 1.	4
2	Аналітичне конструювання регуляторів за допомогою класичного варіаційного числення за квадратним критерієм якості. Метод 2.	4
3	Аналітичне конструювання регуляторів на основі принципу максимуму Понтрягіна за квадратичним критерієм якості. Метод 1.	4
4	Аналітичне конструювання регуляторів на основі принципу максимуму Понтрягіна за квадратичним критерієм якості. Метод 2.	4
5	Застосування методу динамічного програмування для аналітичного конструювання регуляторів. Метод 1.	4
6	Застосування методу динамічного програмування для аналітичного конструювання регуляторів. Метод 2.	4
7	Дослідження результатів моделювання та аналітичного конструювання регуляторів	4

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Методи моделювання СК	2
2	Імітаційні моделі СК	2

3	Аналітичні моделі СК	2
4	Автоматичні регулятори	2
5	Автоматичне регулювання параметрів технологічних процесів біотехнологічного виробництва	4
6	Методи оптимізації систем автоматичного управління та контролю	4
7	Лінійні моделі систем автоматичного управління.	2
9	Керованість та спостережуваність лінійних САК.	2
10	Лінійні системи з мінімальною середньоквадратичною похибкою.	4
11	Оптимальна фільтрація.	6
Разом		30

8. Індивідуальні завдання

Завдання № 1. Розробити лінійні моделі систем автоматичного управління.

План

1. Побудувати моделі в термінах вхід-вихід.
2. Основні властивості і характеристики.

Список рекомендованої літератури

1. Мартиненко І.І., Головінський Б.Л., Лисенко В.П., Решетюк В.М. Автоматизація технологічних процесів біотехнологічного виробництва. К.: Урожай, 1995.
2. Кузьменко Б.В., Лисенко В.П., Решетюк В.М. Моделювання технологічних процесів. К.: Фенікс, 2008.
3. Лисенко В.П., Шворов С.А. Моделювання та оптимізація систем керування. К.: Наук. світ, 2012.

Завдання № 2. Розробити моделі в термінах вхід-стан-вихід.

План

1. Побудувати моделі в термінах вхід-стан -вихід.
2. Основні властивості і характеристики.

Список рекомендованої літератури

1. Мартиненко І.І., Головінський Б.Л., Лисенко В.П., Решетюк В.М. Автоматизація технологічних процесів біотехнологічного виробництва. К.: Урожай, 1995.
2. Лисенко В.П., Шворов С.А. Моделювання та оптимізація систем керування. К.: Наук. світ, 2012.
3. Кузьменко Б.В., Лисенко В.П., Решетюк В.М. Моделювання технологічних процесів. К.: Фенікс, 2008.
4. Климентовський Ю.А., Гладкий А.М. Технічні засоби автоматики. К.: Фенікс, 2004.

Завдання № 3. Побудувати часові та частотні характеристики.

План

1. Побудувати часові характеристики СК.
2. Побудувати частотні характеристики СК.

Список рекомендованої літератури

1. Мартиненко І.І., Головінський Б.Л., Лисенко В.П., Решетюк В.М. Автоматизація технологічних процесів біотехнологічного виробництва. К.: Урожай, 1995.
2. Лисенко В.П., Шворов С.А. Моделювання та оптимізація систем керування. К.: Наук. світ, 2012.
3. Кузьменко Б.В., Лисенко В.П., Решетюк В.М. Моделювання технологічних процесів. К.: Фенікс, 2008.

Завдання 4. Синтезувати лінійну систему з мінімальною середньоквадратичною похибкою.

План

1. Побудувати оптимальний фільтр Віннера.
2. Побудувати оптимальний фільтр Кальмана-Б'юсі.

Список рекомендованої літератури

1. Лисенко В.П., Шворов С.А. Моделювання та оптимізація систем керування. К.: Наук. світ, 2012.
2. Мартиненко І.І., Головінський Б.Л., Лисенко В.П., Решетюк В.М. Автоматизація технологічних процесів біотехнологічного виробництва. К.: Урожай, 1995.
3. Кузьменко Б.В., Лисенко В.П., Решетюк В.М. Моделювання технологічних процесів. К.: Фенікс, 2008.

Завдання № 5. Автоматичне регулювання параметрів технологічних процесів біотехнологічного виробництва

План

1. Типові функціонально-структурні та структурно-алгоритмічні схеми САР.
2. Вплив динамічних характеристик об'єкта управління, сприймаючого елемента та виконавчого механізму на динаміку регулювання.

Список рекомендованої літератури

1. Мартиненко І.І., Головінський Б.Л., Лисенко В.П., Решетюк В.М. Автоматизація технологічних процесів біотехнологічного виробництва. К.: Урожай, 1995.
2. Кузьменко Б.В., Лисенко В.П., Решетюк В.М. Моделювання технологічних процесів. К.: Фенікс, 2008.

Завдання № 6. Загальні принципи побудови локальних систем автоматичного управління, контролю

План

1. Методи оптимізації систем автоматичного управління.
2. Принципи побудови локальних систем автоматичного контролю.

3. Зв'язок локальних систем з АСУ ТП.

Список рекомендованої літератури

1. Мартиненко І.І., Головінський Б.Л., Лисенко В.П., Решетюк В.М. Автоматизація технологічних процесів біотехнологічного виробництва. К.: Урожай, 1995.
2. Кузьменко Б.В., Лисенко В.П., Решетюк В.М. Моделювання технологічних процесів. К.: Фенікс, 2008.
3. Климентовський Ю.А., Гладкий А.М. Технічні засоби автоматики. К.: Фенікс, 2004.
4. Лисенко В.П., Шворов С.А. Моделювання та оптимізація систем керування. К.: Наук. світ, 2012.

ЗАДАЧІ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

1. Зобразити структурну функціональну схему автоматичної системи стабілізації температури повітря.
2. Побудувати оптимальний регулятор та проаналізувати його роботу.
3. Обґрунтувати перехід від одного диференціального рівняння чи передаточної функції до системи рівнянь у формі простору станів.
4. Обґрунтувати перехід від форми простору станів до одного диференціального рівняння та передаточної функції.
5. Побудувати таблицю істинності для операції ТА-НІ.
6. Побудувати часові та частотні характеристик СК.
7. Синтезувати лінійну систему з мінімальною середньоквадратичною похибкою.
8. Побудувати оптимальний фільтр Кальмана-Б'юсі.
9. Побудувати оптимальний фільтр Віннера.
10. Визначення понять: автомат, автоматичний пристрій, об'єкт управління, автоматична система.
11. Задана передатна функція аперіодичної ланки 1-го порядку із коефіцієнтами: $k = 0,5$ $T = 1\text{с}$. Побудувати АЧХ ланки.
12. Задана передатна функція аперіодичної ланки 1-го порядку із коефіцієнтами: $k = 0,5$ $T = 1\text{с}$. Побудувати ФЧХ ланки.
13. Задана передатна функція аперіодичної ланки 1-го порядку із коефіцієнтами: $k = 0,5$ $T = 1\text{с}$. Побудувати АФЧХ ланки.
14. Задана передатна функція інтегруючої ланки із коефіцієнтами: $k = 0,5$ $T = 1\text{с}$. Побудувати АЧХ ланки.

9. Контрольні питання, комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами.

1. Основні поняття оптимального керування.
2. Стислі відомості про математичні методи оптимального керування.
3. Постановка задачі оптимального керування та критерії оптимальності.
4. Задача максимальної швидкодії.
5. Задача мінімізації витрати палива.

6. Задача мінімізації енергії.
7. Мінімізація по інтегральних критеріях якості.
8. Задача аналітичного конструювання регуляторів.
9. Подання САК у просторі станів.
10. Лінійна система з одним входом та одним виходом.
11. Лінійна система з одним входом і одним виходом, у передаточній функції якої є полюси та нулі.
12. Приведення лінійних систем з одним входом та одним виходом до канонічних форм.
13. Керованість та спостережуваність лінійних систем.
14. Математичні методи розв'язку задач оптимального керування.
14. Варіаційне числення.
15. Принцип максимуму Л.С. Понтрягіна та проблема синтезу оптимального керування.
16. Динамічне програмування.
17. Розрахунок систем, оптимальних за швидкістю. Аналітичне конструювання регуляторів.
18. Математичне моделювання технологічних об'єктів.
18. Моделі в термінах вхід-вихід.
19. Моделі в термінах вхід-стан-вихід.
20. Взаємозв'язок диференціальних рівнянь і передаточних функцій.
21. Перехід від форми простору станів до одного диференціального рівняння та передаточної функції.
22. Перехід від одного диференціального рівняння чи передаточної функції до форми простору станів.
23. Побудова часових характеристик: по диференціальним рівнянням n -го порядку та передаточним функціям; по диференціальним рівнянням у формі простору станів.
24. Побудова частотних характеристик.
25. Нелінійні моделі систем управління.
26. Синтез лінійних систем з мінімальною середньоквадратичною похибкою.
27. Синтез при заданій структурі системи.
28. Синтез при довільній структурі системи.
29. Оптимальний фільтр Вінера.
30. Оптимальний фільтр Калмана-Бьюсі.

Форма 1.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
КАФЕДРА АРС ім. акад. І.І.Мартиненка

Факультет Е і А

Спеціальність АКІТ

Форма навчання стаціонарна (заочна)

Семестр Курс

Дисципліна: Моделювання і оптимізація систем керування

Викладач Шворов С.А.

„Затверджую”

Завідувач. кафедри _____

„_____” 202_ р.

ПАКЕТ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ Варіант № 1

1. Методи варіаційного числення

2. Оптимальний фільтр Вінера

7	Питання 1. Моделі типу «вхід-вихід» - це оператори безпосереднього перетворення:
1.	Початкових даних у вихідні;
2.	Вихідних змінних у вхідні;
3.	Вхідних змінних у вихідні;
4.	Вхідних даних у кінцеві.

	Питання 2. Перехідна характеристика $h(t)$ є реакцією системи на:
1.	Одиничну ступінчасту функцію-дію за умови нульових початкових умов;
2.	Одиничну ступінчасту функцію-дію за умови ненульових початкових умов;
3.	Періодичну функцію-дію за умови нульових початкових умов;
4.	Періодичну функцію-дію за умови ненульових початкових умов.

	Питання 3. Амплітудно-частотні характеристики подають у логарифмічному масштабі:
1.	$L(\omega) = 20 \ln A(\omega)$;
2.	$L(\omega) = 20 \lg A(\omega)$;
3.	$L(\omega) = 10 \ln A(\omega)$;
4.	$L(\omega) = 10 \lg A(\omega)$.

	Питання 4. Для скінченномірних систем стан подається у вигляді n -вимірного вектора $V(t)$, початковим є стан:
1.	$V = V(t), t \rightarrow t_0$;
2.	$V = V(t), t \rightarrow 0$;
3.	$V = V(t), t = t_0$;
4.	$V = V(t), t = 0$.

	Питання 5. Вираз $V(S) = (S \cdot I - A)^{-1} \cdot B \cdot F(S)$ є розв'язком системи алгебраїчних рівнянь – зображення:
1.	Вектора станів;
2.	Вектора – стрічки;
3.	Вектора – стовпця;
4.	Простору станів.

	Питання 6. Перехід від одного диференціального рівняння n -го порядку до системи рівнянь у нормальній формі простору станів є:
1.	Можливим;
2.	Однозначним;
3.	Неоднозначним;
4.	Неможливим.

	Питання 7. Формула обернення Рімана-Мелліна встановлює
--	--

	однозначну відповідність між оригіналом та зображенням у точках:
1.	Перегинів оригіналу;
2.	Екстремумів оригіналу;
3.	Розривів оригіналу;
4.	Неперервності оригіналу.

	Питання 8. Імпульсна перехідна функція (функція ваги) $\omega(t)$ є реакцією системи на δ -функцію за умови:
1.	Ненульових початкових умов;
2.	Нульових початкових умов;
3.	Наявності початкових умов;
4.	Відсутності початкових умов.

1	Питання 9. Вираз матричного експоненціалу (матриці переходу для випадку простих власних значень S_i) визначається за формулою:
1.	Лагранжа-Сільвестра;
2.	Вінера-Хопфа;
3.	Фоккера-Планка;
4.	Ейлера-Пуассона.

	Питання 10. Частотні характеристики системи управління у нормальній формі простору станів можна визначити безпосередньо після переходу до:
1.	Кореляційної функції;
2.	Рівняння динаміки;
3.	Передаточної функції;
4.	Рівняння у формі простору станів.

10. Методи навчання

При вивченні дисципліни використовуються 4 групи методів навчання:

▲ I група методів – методи організації та здійснення навчально-пізнавальної діяльності:

<i>Словесні</i>	<i>Наочні</i>	<i>Практичні</i>
- розповідь-пояснення - бесіда - лекція	- ілюстрація - демонстрація	- лабораторні роботи - практичні роботи - реферати
<i>Індуктивні методи</i>		<i>Дедуктивні методи</i>
узагальнення, пов'язані із проведенням експериментів на основі розрахункових даних		розвиток абстрактного мислення для засвоєння навчального матеріалу на основі узагальнень
<i>Репродуктивні методи</i>		<i>Творчі, проблемно-пошукові методи</i>
повторення готових розв'язків завдань, або робота за готовими прикладами		самостійна, творча пізнавальна діяльність
<i>Навчальна робота студентів під керівництвом НПП</i>		<i>Самостійна робота студентів</i>

▲ II група методів – методи стимулювання й мотивації навчально-пізнавальної діяльності:

<i>методи стимулювання інтересу до навчання</i>	<i>методи стимулювання обов'язку й відповідальності</i>
• створення ситуації інтересу при викладанні матеріалу • пізнавальні ігри • навчальні дискусії • аналіз життєвих ситуацій	• роз'яснення мети навчального предмета • вимоги до вивчення предмета (орфографічні, дисциплінарні, організаційно-педагогічні) • заохочення та покарання в навчанні

▲ III група методів – методи контролю (самоконтролю, взаємоконтролю), корекції (самокорекції, взаємокорекції) за ефективністю навчально-пізнавальної діяльності:

<i>Компетенції</i>	<i>Функції оцінювання навчальних досягнень студента</i>
• соціальні • полікультурні • комунікативні • інформаційні • саморозвитку та самоосвіти • компетенції, що реалізуються у прагненні та здатності до раціональної продуктивної, творчої діяльності	• контролююча; • навчальна • діагностично-коригуюча • стимулюючо-мотиваційна • виховна

▲ IV група методів – бінарні, інтегровані (універсальні) методи.

На практиці ми інтегруємо методи різних груп, утворюючи неординарні (універсальні) методи навчання, які забезпечують оптимальні шляхи досягнення навчальної мети.

Навчальні заняття слід проводити із застосуванням активних методів навчання.

10. Форми контролю

Проміжний контроль знань студентів здійснюється регулярно на лекційних і практичних заняттях шляхом їх опитування з пройденого матеріалу. Форма контролю знань із змістового модуля 1 – результати семінарських виступів, тестових завдань, виконання лабораторних робіт. Змістовий модуль 2 оцінюється за результатами виконання практичних робіт, тестових завдань, виконання лабораторних робіт.

Підсумковий контроль знань здійснюється **на екзамені**.

Оцінка **"Відмінно"** виставляється студенту, який протягом семестру систематично працював, на заліку показав різнобічні та глибокі знання програмного матеріалу, вміє вільно виконувати завдання, що передбачені програмою, засвоїв основну та знайомий з додатковою літературою, відчуває

взаємозв'язок окремих розділів дисципліни, їх значення для майбутньої професії, виявив творчі здібності в розумінні та використанні навчально-програмного матеріалу, проявив здатність до самостійного оновлення і поповнення знань.

Оцінка **"Добре"** виставляється студенту, який виявив повне знання навчально-програмного матеріалу, успішно виконує передбачені програмою завдання, засвоїв основну літературу, що рекомендована програмою, показав стійкий характер знань з дисципліни і здатний до їх самостійного поповнення та поновлення у ході подальшого навчання та професійної діяльності.

Оцінка **"Задовільно"** виставляється студенту, який виявив знання основного навчально-програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та наступної роботи за професією, справляється з виконанням завдань, передбачених програмою, допустив окремі похибки у відповідях на заліку та при виконанні екзаменаційних завдань, але володіє необхідними знаннями для їх подолання під керівництвом науково-педагогічного працівника.

Оцінка **"Незадовільно"** виставляється студенту, який не виявив достатніх знань основного навчально-програмного матеріалу, допустив принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань, не може без допомоги науково-педагогічного працівника використати знання при подальшому навчанні, не спромігся оволодіти навичками самостійної роботи.

Розподіл балів, які отримують студенти. Оцінювання студента відбувається згідно положенням «Про екзамени та заліки у НУБіП України» від 20.02.2015 р. протокол № 6 з табл. 1.

Оцінка національна	Оцінка ЄКТС	Визначення оцінки ЄКТС	Рейтинг студента, бали
Відмінно	A	ВІДМІННО – відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	90 – 100
Добре	B	ДУЖЕ ДОБРЕ – вище середнього рівня з кількома помилками	82 – 89
	C	ДОБРЕ – в загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок	74 – 81
Задовільно	D	ЗАДОВІЛЬНО – непогано, але зі значною кількістю недоліків	64 – 73
	E	ДОСТАТНЬО – виконання задовольняє мінімальні критерії	60 – 63
Незадовільно	FX	НЕЗАДОВІЛЬНО – потрібно працювати перед тим, як отримати залік (позитивну оцінку)	35 – 59
	F	НЕЗАДОВІЛЬНО – необхідна серйозна подальша робота	01 – 34

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): $R_{\text{дис}} = R_{\text{НР}} + R_{\text{АТ}}$.

11. Методичне забезпечення

1. Викладення навчального матеріалу повинно супроводжуватись використанням технічних засобів навчання;
2. Практичні навички відпрацьовуються шляхом виконання лабораторних робіт за допомогою ПЕОМ.

12. Рекомендована література

Основна

1. Лисенко В.П., Кузьменко Б.В., Головінський Б.Л. Оптимальні системи автоматичного управління. – К.: ВЦ НАУ, 2003. – 96 с.
2. Лисенко В.П., Шворов С.А. Моделювання та оптимізація систем керування. – К.: Наук світ, 2012. – 133 с.
3. Выбор регуляторов и специальные методы анализа систем автоматического регулирования: Методич. указания / Р. Д. Проценко, Ю. А. Тимошенко, Б. Л. Головинский, Е. М. Шукайло. – К.: УСХА, –1984. – 102 с.
4. Моделювання та оптимізація систем керування. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт / В.Є. Лукін, С.А. Шворов. – К.: Наук світ, 2012. – 54 с.
5. Лисенко В.П., Кузьменко Б.В., Ботвін Б.Л., Кондратюк В.Г. Математичні моделі технологічних процесів та розрахунки за ними на ПК. – К.: ВЦ НАУ, 2001. – 35 с.

Допоміжна

1. Моделирование сельскохозяйственных агрегатов и их систем управления / Под. ред. проф. А. Б. Лурье. – Л. : Колос, 1979. – 312 с.
2. Гуляев Г. А. Автоматизация процессов послеуборочной уборки и хранения зерна. – М.: Агропромиздат, 1990. – 240с.
3. Мартыненко И. И., Лысенко В. Ф. Проектирование систем автоматики. – М.: Агропромиздат, 1990. – 224 с.

13. Інформаційні ресурси

1. А. П. Мовчан, О. В. Степанець. Адаптивні та параметрично-оптимальні системи управління / <http://kpi.ua/filese/doc/>
2. Наукова бібліотека НУБіП України / http://irb.nubip.edu.ua/cgi-bin/irbis64r/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=NUBIP&P21DBN=NUBIP