МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
(повна назва підрозділу)

Кафедра автоматики
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖЕНО
Проректор з науково-педагогічної роботи
_____ Слободян С.О.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

Оптимальне керування об’єктами

Optimal control of objects

рівень вищої освіти — другий (магістерський)
перший (бакалаврський) / другий (магістерський)

тип дисципліни — вибіркова
обов'язкова/вибіркова

мова(и) викладання — українська
українська/англійська

Миколаїв – 2024

Робоча програма навчальної дисципліни «Оптимальне керування об'єктами»
(зазначається повна назва навчальної дисципліни)

яка входить до переліку дисциплін вибіркового курсу.

"04" 12 20 24 року. - 16 с.

Розробник: Білюк І.С., к.т.н., доцент, доцент кафедри автоматики
Розробник _____ І.С. Білюк, к.т.н., доцент

Проєкт робочої програми навчальної дисципліни «Оптимальне керування об'єктами» розглянуто на засіданні кафедри автоматики
Протокол № 6 від « 04 » 12 2024 р.
Завідувач кафедри _____ І.С. Білюк, к.т.н., доцент

Проєкт робочої програми навчальної дисципліни «Оптимальне керування об'єктами» розглянуто Методичною Радою Навчально-наукового інституту автоматики та електротехніки
Протокол № 05 від « 12 » 12 2024 р.
В.о. Голови _____ Д.О. Жук, к.т.н., доцент

Проєкт робочої програми навчальної дисципліни «Оптимальне керування об'єктами» погоджено з навчальним відділом
Начальник відділу _____ А.В. Лабарткава, к.т.н., доцент

Робоча програма навчальної дисципліни «Оптимальне керування об'єктами» затверджена Навчально-методичною радою НУК
Протокол № 10 від «23» 12 2024 р.
Голова НМР НУК _____

© НУК, 2024

ЗМІСТ

Стор.

Вступ 4
1. Опис навчальної дисципліни 5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни 6
3. Передумови для вивчення дисципліни 6
4. Очікувані результати навчання 6
5. Програма навчальної дисципліни 7
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування 10
7. Форми поточного та підсумкового контролю 11
8. Критерії оцінювання результатів навчання 14
9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна 15
10. Рекомендовані джерела інформації 16

ВСТУП

Анотація

Курс вивчає методи аналізу та синтезу оптимальних систем керування з бажаними показниками якості об’єктами різноманітного призначення.

Він знайомить студентів з основними поняттями теорії оптимального керування, модального керування та простором станів. Проаналізовано основні методи теорії оптимальних процесів, дано постановку основних завдань оптимального керування, необхідні умови оптимальності керування та математичний апарат, що дозволяє отримати рішення для різних класів задач.

Метою курсу є формування у студентів теоретичних знань з проектування оптимальних систем керування об’єктів та систем.

Курс призначений для студентів всіх спеціальностей.

Ключові слова: система автоматичного керування, датчик, показник якості керування, модальне керування, оптимальний процес.

Abstract

The course studies methods of analysis and synthesis of optimal control systems with desired quality indicators for objects of various purposes.

It introduces students to the basic concepts of the theory of optimal control, modal control and state space. The basic methods of the theory of optimal processes are analyzed, the main problems of optimal control are formulated, the necessary conditions for optimal control and the mathematical apparatus that allows obtaining solutions for various classes of problems are given.

The purpose of the course is to form in students’ theoretical knowledge of the design of optimal control systems for objects and systems.

The course is intended for students of all specialties.

Keywords: automatic control system, sensor, control quality indicator, modal control, optimal process.

1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td rowspan="2">Галузь знань,
спеціальність
(освітня програма),
освітній рівень</td><td colspan="2">Характеристика
навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td>денна
форма навчання</td><td>заочна
форма навчання</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Кількість кредитів – 5</td><td rowspan="3">Для всіх
галузей знань</td><td colspan="2" rowspan="2">Вибіркова</td></tr>
<tr></tr>
<tr><td>Модулів – 1</td><td colspan="2">Рік підготовки:</td></tr>
<tr><td>Змістових модулів – 2</td><td>1-й</td><td>1-й</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Електронний адрес РПНД
на сайті Університету</td><td rowspan="7">Для всіх
спеціальностей</td><td colspan="2">Семестри</td></tr>
<tr><td>1-й</td><td>1-й</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Індивідуальне науково-
дослідне завдання</td><td colspan="2">Лекції</td></tr>
<tr><td>30 год.</td><td>10 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Практичні</td></tr>
<tr><td>30 год.</td><td>10 год.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Загальна кількість годин –
150</td><td colspan="2">Лабораторні</td></tr>
<tr><td>0 год.</td><td>0 год.</td></tr>
<tr><td rowspan="7">Тижневих годин для
денної форми навчання:

аудиторних – 4;

самостійної роботи
студента – 6</td><td rowspan="7">Освітній рівень:
другий
(магістерський)</td><td colspan="2">Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>90 год.</td><td>130 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Індивідуальні завдання:
–</td></tr>
<tr><td colspan="2">Вид контролю</td></tr>
<tr><td>залік</td><td>залік</td></tr>
<tr><td colspan="2">Форма контролю</td></tr>
<tr><td colspan="2">комбінована</td></tr>
</table>

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Мета викладання дисципліни «Оптимальне керування об’єктами» - отримання студентами теоретичних знань з аналізу та синтезу оптимальних систем керування з бажаними показниками якості об’єктами різноманітного призначення. Студенти вивчатимуть основні поняття теорії оптимального керування, модального керування та простір станів.

3. Передумови для вивчення навчальної дисципліни

Не передбачено

4. Очікувані результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів таких результатів навчання:

- знати сучасні методи аналізу та синтезу оптимальних систем керування;
- знати особливості їх використання;
- вміти виконувати синтез систем керування з бажаними показниками якості;
- вміти обирати критерії оптимальності для різноманітних технічних об’єктів.

5. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Дослідження якісних властивостей систем керування

Тема 1. Подання технічних систем у вигляді диференціальних та різницевих рівнянь. [1], с. 8-12;
Тема 2. Перетворення моделей типу «вхід – вихід» на моделі у змінних стану [3], с. 2-5; [2], с. 3.
Тема 3. Подання систем керування у вигляді структурних схем. [3], с. 6-9
Тема 4. Постановка задач керування. Постановка задачі оптимального керування [3], с. 10-12
Тема 5. Узагальнені показники якості процесів керування. Поняття про оптимальне керування [3], с. 13-15
Тема 6. Керованість і спостережуваність систем керування [3], с. 13-19
Тема 7. Стійкість та чутливість систем керування. [3], с. 19-24

Змістовий модуль 2. Синтез оптимальних систем керування

Тема 8. Метод кореневого годографа. [3], с. 24-27
Тема 9. Типові закони керування (типові регулятори) [3], с. 27-31
Тема 10. Застосування методів варіаційного числення для розв’язування задач оптимального керування. [4], с. 41-43
Тема 11 Синтез оптимальних систем керування за допомогою варіаційних методів. [4], с. 42-44
Тема 12. Синтез оптимальних систем керування за допомогою принципу максимуму Л.С. Понтрягіна. [4], с. 43-48
Тема 13. Розв’язування задач оптимізації методом динамічного програмування. [4], с. 48-51
Тема 14. Адаптивні системи керування. Системи екстремального регулювання [4], с. 54-58

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин							
	денна форма				заочна форма			
	усього	у тому числі			усього	у тому числі		
		л	пр	с.р.		л	пр	с.р.
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Модуль1. Оптимальне керування об'єктами.								
Змістовий модуль 1. Загальні відомості про елементи систем автоматики.								
Тема 1. Подання технічних систем у вигляді диференціальних та різницевих рівнянь. [1], с. 8-12.	10	2	2	6	13	2	2	9
Тема 2. Перетворення моделей типу «вхід – вихід» на моделі у змінних стану. [3], с. 2-5; [2], с. 3.	10	2	2	6	12	1	1	10
Тема 3. Подання систем керування у вигляді структурних схем. [3], с. 6-9	10	2	2	6	10			10
Тема 4. Постановка задач керування. Постановка задачі оптимального керування. [3], с. 10-12	10	2	2	6	10			10
Тема 5. Узагальнені показники якості процесів керування. Поняття про оптимальне керування [3], с. 13-15	10	2	2	6	10			10
Тема 6. Керованість і спостережуваність систем керування. [3], с. 13-19	10	2	2	6	10			10
Тема 7. Стійкість та чутливість систем керування. [3], с. 19-24	15	3	3	9	10			10
Разом за змістовим модулем 1	**75**	**15**	**15**	**45**	**75**	**3**	**3**	**69**
Змістовий модуль 2. Спеціальні елементи систем автоматики.								
Тема 8. Метод кореневого годографа. [3], с. 24-27	15	3	3	9	12	1	1	10
Тема 9. Типові закони керування (типові регулятори) [3], с. 27-31	10	2	2	6	13	2	2	9

Тема 10. Застосування методів варіаційного числення для розв'язування задач оптимального керування. [4], с. 41-43	10	2	2	6	10			10
Тема 11. Синтез оптимальних систем керування за допомогою варіаційних методів. [4], с. 42-44	10	2	2	6	10			10
Тема 12. Синтез оптимальних систем керування за допомогою принципу максимуму Л.С. Понтрягіна. [4], с. 43-48	10	2	2	6	10			10
Тема 13. Розв'язування задач оптимізації методом динамічного програмування. [4], с. 48-51	10	2	2	6	10			10
Тема 14 Адаптивні системи керування. Системи екстремального регулювання. [4], с. 54-58	10	2	2	6	10			10
Разом за змістовим модулем 2	**75**	**15**	**15**	**45**	**75**	**3**	**3**	**69**
ІНДЗ (КР/КП)	–	–	–	–	–	–	–	–
Усього годин	**150**	**30**	**30**	**90**	**150**	**6**	**6**	**138**

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Подання технічних систем у вигляді диференціальних та різницевих рівнянь. [5], с. 8-13	4	2
2	Перетворення моделей типу «вхід – вихід» на моделі у змінних стану. [5], с. 9-26	4	1
3	Керованість і спостережуваність систем керування. [5], с. 26-40	4	
4	Стійкість та чутливість систем керування. [5], с. 40-60	3	
5	Метод кореневого годографа. [6], с. 3-11	4	1
6	Синтез оптимальних систем керування за допомогою варіаційних методів. [6], с. 28-39	4	2
7	Розв'язування задач оптимізації методом динамічного програмування. [6], с. 44-50	4	
8	Адаптивні системи керування. Системи екстремального регулювання. [6], с. 44-50	3	
	Разом	**30**	**6**

Самостійна робота

Розподіл годин самостійної роботи для студентів денної форми навчання:

– підготовка до лекційних занять – ***1 год/1 лекцію***;

– підготовка до практичних занять – ***1-2 год/1 заняття***;

– підготовка до контрольних заходів – ***15 - 30 год. на 1 захід***;

Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Підготовка до лекційних занять	30	30
2	Підготовка до практичних занять	45	60
3	Підготовка до заліку	15	28
4	Виконання домашньої контрольної роботи	-	20
	Разом	**90**	**138**

Індивідуальне науково-дослідне завдання

Не передбачено.

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування

Методи навчання:
- лекція;
- практична робота;
- інструктаж;
- робота з літературою;
- методи контролю і самоконтролю:
- контрольні роботи.

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання з дисципліни є:
- залік;
- усні відповіді;
- контрольні роботи;
- завдання на комп'ютерному обладнанні.

У процесі освоєння дисципліни здобувач має:

- виконати вісім окремих завдань, оформити паперовий аналітичний звіт у відповідності до цих завдань та представити на розгляд викладачу, який оцінює виконання кожної роботи та на основі усних відповідей визначає рівень розуміння виконаної роботи;

- скласти поточні модульні контролі за кожним змістовним модулем у вигляді стандартизованих тестів для оцінки рівня отриманих теоретичних знань; на проходження одного тесту надається 20 хвилин;

- скласти залік у вигляді усної відповіді на одне теоретичне питання та вирішення однієї практичної задачі; на підготовку надається одна година.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення студента оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки заключного заліку. У кожного компонента своя частка в загальній системі оцінок. У проміжних оцінках студент може набрати до 60 балів. Питома вага заключного заліку в загальній системі оцінок - 40 балів. Право здавати заключний залік дається студенту, якій з урахуванням максимальних балів проміжних оцінок набирає не менше 60 балів. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки заліку.

Поточний контроль передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми та набутих практичних навичок під час виконання завдань практичних робіт.

Зарахування кредитів навчального курсу можливо тільки після досягнення результатів, запланованих РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок, передбачених чинним законодавством.

Форми контролю результатів навчальної діяльності студентів та їх оцінювання

Критерії оцінювання виконання практичних робіт

Практична робота	Критерії оцінювання
5	Робота виконана у встановлений термін. Виконана самостійно, чітко сформульовані цілі, завдання та гіпотеза досліджень. Застосовувалися коректні методи обробки отриманих результатів. У висновках проведена коректна інтерпретація результатів. Надані часткові усні відповіді на запитання стосовно теоретичних основ роботи.
4	Робота виконана у встановлений термін. Студент виконує практичну роботу згідно з інструкцією; в цілому правильно складає звіт та робить висновки. Студент відмовляється надавати усні запитання.
3	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує практичну роботу згідно з інструкцією; складає звіт містить неточності у висновках та помилки. Надані повні усні відповіді на запитання стосовно теоретичних основ роботи.
2	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує практичну роботу згідно з інструкцією; складений звіт містить неточності у висновках та помилки. Надані часткові усні відповіді на запитання стосовно теоретичних основ роботи.
1	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує практичну роботу під керівництвом викладача; складений звіт містить неточності у висновках та помилки. Студент відмовляється надавати усні запитання.
0	Робота не виконувалася
	Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 40 балів (8 робіт по 5 балів).

Критерії оцінювання поточного модульного контролю у формі тестування

Правильних відповідей	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Бал	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

У відповідності до програми передбачено 2 поточних модульних контролі, таким чином максимальна оцінка за даний компонент програми 20 балів. Кожний тест передбачає 10 тестових запитань.

Домашня контрольна робота для заочників	**Критерії оцінювання**
5	Робота виконана у встановлений термін. Студент самостійно визначає тип задачі і раціонально розв'язує її. Може розв'язувати комбіновані задачі. Звіт відповідає встановленим вимогам.
4	Робота виконана самостійно з порушенням встановлених термінів. Студент самостійно визначає тип задачі і раціонально розв'язує її. Може розв'язувати комбіновані задачі. Звіт відповідає встановленим вимогам.
2	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент наводить потрібні формули. Розв'язує задачу користуючись алгоритмом. Складений звіт містить неточності у висновках та помилки
1	Студент складає скорочену умову задачі, робить обчислення лише за готовою формулою.
0	Студент не розв'язує задачі.
	Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 20 балів (4 роботи по 5 балів = 20 балів)

Критерії оцінювання заліку

Здобувач має відповісти на одне письмове питання та вирішити одну практичну задачу. Кожна відповідь на усне питання оцінюється максимум у 15 балів, вирішення кожної практичної задачі – у 25 балів. Загалом за залік можна отримати максимум 40 балів.

Відповідь на письмове питання	**Критерії оцінювання на заліку**
15	Відповідь надана повна, ґрунтовна, чітка, при наданні відповіді представлені необхідні математичні викладки та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, наведено приклади такого використання.
9	Відповідь надана повна, ґрунтовна, чітка, при наданні відповіді представлені необхідні математичні викладки та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, з наведенням прикладу такого використання виникли труднощі.

Відповідь на письмове питання	**Критерії оцінювання на заліку**
8	Відповідь надана повна, ґрунтовна, але спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, хоча при наданні відповіді представлені необхідні математичні викладки та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, наведено приклади такого використання.
7	Відповідь надана повна, ґрунтовна, але спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, хоча при наданні відповіді представлені необхідні математичні викладки та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, з наведенням прикладу такого використання виникли труднощі.
6	Відповідь надана не повна, але висвітлено більше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, представлені основні математичні залежності та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, наведено приклади такого використання.
5	Відповідь надана не повна, але висвітлено більше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, представлені основні математичні залежності та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, з наведенням прикладу такого використання виникли труднощі.
4	Відповідь надана не повна, висвітлено менше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, представлені деякі математичні залежності та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, наведено приклади такого використання.
3	Відповідь надана не повна, висвітлено менше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, представлені деякі математичні залежності та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, з наведенням прикладу такого використання виникли труднощі.
2	Відповідь надана не повна, висвітлено менше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, представлені деякі математичні залежності та схемні рішення, відсутні пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці.
1	Відповідь надана не повна, висвітлено менше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, не в змозі представити математичні залежності та схемні рішення, а також пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці.
0	Відповідь не надана взагалі або абсолютно не відповідає питанню.
	Максимальна оцінка студента за відповідь на усне питання 15 балів (1 питання по 15 балів).
25	Рішення представлене повне, коректне, з чіткими поясненнями, відповідь правильна.

Відповідь на письмове питання	**Критерії оцінювання на заліку**
20	Рішення представлене у вигляді формул, правильно використаних, але без пояснень, відповідь правильна.
15	Рішення представлене повне, коректне, з чіткими поясненнями, відповідь неправильна у зв'язку із помилками при виконанні розрахунків.
10	Рішення представлене у вигляді формул, правильно використаних, але без пояснень, відповідь неправильна у зв'язку із помилками при виконанні розрахунків.
5	Рішення представлене неповне, більш ніж наполовину, правильна відповідь відсутня.
0	Рішення не представлене взагалі або неповне, менш ніж наполовину.
	Максимальна оцінка студента за задачі 25 балів (1 задача по 25 балів).

8. Критерії оцінювання результатів навчання

		Денне відділення		Заочне відділення	
		Вид роботи	Кількість балів	Вид роботи	Кількість балів
ЗМ 1	Т1	Практична робота № 1	5	Практична робота № 1	5
	Т2	Практична робота № 2	5	Практична робота № 2	5
	Т3	Практична робота № 3	5	*Виконання домашньої контрольної роботи*	5
	Т4	Практична робота № 4	5	*Виконання домашньої контрольної роботи*	5
	ПМК	Тестування за темами ЗМ1	10	Тестування за темами ЗМ1	10
ЗМ 2	Т5	Практична робота № 5	5	Практична робота № 5	5
	Т6	Практична робота № 6	5	Практична робота № 6	5
	Т7	Практична робота № 7	5	*Виконання домашньої контрольної роботи*	5
	Т8	Практична робота № 8	5	*Виконання домашньої контрольної роботи*	5
	ПМК	Тестування за темами ЗМ2	10	Тестування за темами ЗМ2	10
Підсумковий контроль		Залік	40	Залік	40
Сума			**100**		**100**

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS
90-100	A
82-89	B
74-81	C
64-73	D
60-63	E
35-59	FX
0-34	F

9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна

1. Опорний конспект лекцій з дисципліни в електронному варіанті.

2. На практичних заняттях студенти використовують комп'ютери та отримують навички ефективного використання сучасних систем математичного моделювання.

3. Також комп'ютери використовуються для проведення поточного модульного контролю у формі перевірки навичок і вмінь роботи з необхідним спеціалізованим програмним забезпеченням.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Сучасна теорія керування: навч. посіб. / І.В. Новицький, С.А. Ус, м-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Дніпро : НГУ, 2017. – 263 с.

2. Оптимальне керування об'єктами : навчальний посібник / М. Я. Хлопенко, І. С. Білюк, В. В. Шевченко. – Миколаїв : НУК, 2013. – 172 с.

3. Клименко М.І., Швидка С.П., Кондрат'єва Н.О. Варіаційне числення та методи оптимізації. Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2020. 93 с.

4. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. − 2-ге вид., перероб. і доп. − К.: Либідь, 2007. − 656 с.

5. Оптимальні та адаптивні системи : навчальний посібник / С. В. Соколов. – Суми : Сумський державний університет, 2018. – 221 с.

6. Оптимальні системи управління: навч. посібник / О. А. Стенін [та ін.] ; «НТУУ КПІ». —Київ : КПІ, 2017. — 172 с.

Допоміжна література

7. Клименко М.І., Панасенко Є.В., Ткаченко І.Г. Оптимальне керування : конспект лекцій для здобувачів ступеня вищої освіти магістра спеціальності «Математика» освітньо-професійної програми «Математика». Запоріжжя : ЗНУ, 2023. 77 с.

8. Ладієва Л.Р. Оптимальне керування системами. Київ : Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського, 2000. 187 с.

9. Мартинюк П.М., Мічута О.Р. Методи оптимізації та дослідження операцій. Рівне : Національний університет водного господарства та природокористування, 2011. 283 с.