

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Навчально-науковий інститут автоматики, кібернетики та
обчислювальної техніки

Кафедра автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих
технологій

04-03-01



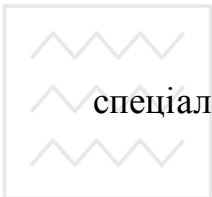
Національний університет
водного господарства
та природокористування

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з науково-педагогічної,
методичної та виховної роботи

_____ О.А. Лагоднюк
« ____ » _____ 20__ р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Основи релейного захисту та автоматизації енергосистем»



Національний університет
спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
та природокористування

Рівне – 2016

Робоча програма з дисципліни «Основи релейного захисту та автоматизації енергосистем» для студентів за спеціальністю 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. - Рівне: НУВГП, 2016. - 14с.

Розробник: Василець С.В., докт. техн. наук, доцент, доцент кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій.



Національний університет
водного господарства
та енергетичного машинобудування

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Протокол від «30» серпня 2016р. № 1.

Завідувач кафедри _____ д.т.н., проф. Древецький В.В.

Схвалено науково-методичною комісією за спеціальністю 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Протокол від «30» серпня 2016р. № 1.

Голова науково-методичної комісії

_____ д.т.н., проф. Древецький В.В.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів – 5	Галузь знань <u>14 - Електрична інженерія</u> (шифр, назва)	Нормативна	
Модулів - 1	Спеціальність <u>141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</u> (шифр, назва)	Рік підготовки:	
Змістовних модулів – 4		3-й	-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання:		Семестр	
Загальна кількість годин - 150		5-й	-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3,2 самостійної роботи студента – 5,6	Рівень вищої освіти: бакалавр	Лекції	
		34 год.	__ год.
		Практичні, семінарські	
		__ год	__ год
		Лабораторні	
		20 год.	__ год.
		Самостійна робота	
		96 год.	__ год.
		Індивідуальне завдання:	
		Вид контролю:	
	екз.		

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 36% до 64%

для заочної форми навчання –

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни є засвоєння студентами теоретичних основ та принципів технічної реалізації пристроїв релейного захисту електроенергетичних систем, освоєння базових схем побудови релейного захисту з використанням електромеханічних реле та цифрових пристроїв.

Завдання: оволодіти теоретичною базою та практичними вміннями для побудови систем релейного захисту об'єктів електроенергетики.

Професійні компетенції:

загально-професійні:

- уявлення про основи побудови та функціонування різного типу електричних станцій і підстанцій;
- здатність застосовувати сучасні експериментальні методи дослідження процесів, які супроводжують виробництво, передачу та розподіл електроенергії, навички роботи із сучасною апаратурою;
- сучасні знання про основи оптимального функціонування електроенергетичних об'єктів та систем;

спеціалізовано-професійні:

- здатність використовувати знання й уміння в галузі релейного захисту та автоматики енергосистем для вибору, впровадження та експлуатації засобів релейного захисту та автоматики;

В результаті вивчення даного курсу **студент повинен:**

знати:

- принципи побудови пристроїв релейного захисту;
- основні вимоги до релейного захисту енергосистем;
- принцип дії та особливості застосування електромеханічних реле різних типів;
- особливості побудови та функціонування релейний захист ліній електропередачі, силових трансформаторів і автотрансформаторів, синхронних генераторів;
- принципи виконання релейного захисту збірних шин електростанцій, підстанцій та електродвигунів;
- особливості функціонування цифрового релейного захисту;

вміти:

- використовувати знання й уміння в галузі релейного захисту та автоматики енергосистем для вибору, впровадження та експлуатації засобів релейного захисту та автоматики;
- створювати надійні системи релейного захисту об'єктів електроенергетики;
- використовувати знання для налагодження пристроїв релейного захисту.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1 - Загальні відомості про релейний захист

Тема 1. Принципи побудови релейного захисту.

Призначення релейного захисту. Історія розвитку релейного захисту. Пошкодження в електроустановках. Ненормальні режими. Основні вимоги, що пред'являються до пристроїв релейного захисту. Загальні принципи конструктивного виконання реле. Контакти реле.

Тема 2. Принцип дії та особливості виконання електромеханічних реле

Електромагнітні реле. Особливості роботи електромагнітного реле на змінному струмі. Конструкції реле, що функціонують на електромагнітному принципі. Проміжні реле (логічні елементи). Вказівне реле. Реле часу. Поляризовані реле.

Індукційні реле. Реле струму на індукційному принципі. Індукційні реле напрямку потужності. Магнітоелектричні реле. Реле опору. Реле з фільтрами симетричних складових

Тема 3. Структура релейного захисту

Структурні частини та основні елементи релейного захисту. Класифікація пристроїв релейного захисту. Захист запобіжниками та автоматичними вимикачами. Опис та зображення захисних схем. Джерела оперативного струму.

Тема 4. Первинні вимірювальні перетворювачі струму та напруги

Призначення первинних вимірювальних перетворювачів струму. Принцип роботи трансформатора струму. Розрахункова схема та векторна діаграма трансформатора струму. Режим роботи трансформатора струму. Похибка. Умовне та позиційне позначення. Схеми з'єднання обмоток трансформаторів струму. Перевірка трансформаторів струму.

Призначення первинних вимірювальних перетворювачів напруги. Принцип роботи електромагнітного трансформатора напруги. Режим роботи трансформатора напруги. Похибка. Умовне та позиційне позначення. Схеми з'єднання обмоток трансформаторів напруги. Організація та перевірка вторинних кіл. Ємнісні дільники напруги.

Змістовий модуль 2 - Релейний захист ліній електропередачі, силових трансформаторів і автотрансформаторів, синхронних генераторів

Тема 5. Струмові захисти ліній з одностороннім живленням

Пошкодження та особливості режимів ліній електропередачі. Струмові захисти ліній з одностороннім живленням: максимальний струмовий захист, струмова відсічка без витримки часу, комбінована відсічка за струмом та напругою, неселективна струмова відсічка без витримки часу, струмова відсічка з витримкою часу. Схеми струмових захистів.

Тема 6. Струмові захисти ліній з двостороннім живленням (струмові спрямовані захисти). Диференційні струмові захисти.

Особливості застосування струмових захистів в лініях з двостороннім живленням. Максимальний струмовий спрямований захист. Спрямовані струмові відсічки. Принципова схема струмового спрямованого захисту. Призначення та принцип дії диференційних захистів ЛЕП. Поздовжній диференційний захист. Поперечний диференційний захист.

Тема 7. Дистанційні захисти ЛЕП. Високочастотні захисти ліній.

Призначення та принцип дії дистанційного захисту. Основні органи дистанційного захисту. Характеристики органів опору. Пристрої блокування від хитань. Пристрої блокування за несправностей у колах змінної напруги. Загальна оцінка дистанційного захисту. Особливості високочастотних захистів ліній. Організація високочастотного калану захисту. Спрямований захист з високочастотним блокуванням. Диференційно-фазовий високочастотний захист. Загальна оцінка високочастотних захистів.

Тема 8. Релейний захист силових трансформаторів і автотрансформаторів

Основні види пошкоджень та особливості режимів роботи трансформаторів і автотрансформаторів. Захист трансформаторів за допомогою запобіжників. Струмові захисти трансформаторів від міжфазних к.з. Струмовий захист нульової послідовності від однофазних к.з. на землю на стороні НН. Диференціальний захист трансформаторів і автотрансформаторів. Газовий захист трансформатора. Захист від надструмів зовнішніх к.з. Захист від перевантажень.

Тема 9. Релейний захист синхронних генераторів

Види пошкоджень та особливості режимів роботи генераторів. Поздовжній диференційний захист генератора. Поперечний диференційний захист генератора. Захист від замикань на землю в обмотці статора генератора. Захист генератора від зовнішніх симетричних коротких замикань. Захист генератора від несиметричних режимів. Захист обмотки статора генератора від симетричних перевантажень, від підвищення напруги. захист генератора від замикань у колах збудження. Захист обмотки ротора генератора від перевантаження струмом збудження.

Змістовий модуль 3 – Релейний захист збірних шин електростанцій, підстанцій та електродвигунів

Тема 10. Релейний захист збірних шин електростанцій та підстанцій

Призначення захисту шин. Диференціальний захист шин, підвищення його надійності та чутливості. Схеми диференціального захисту шин. Диференціальний захист шин 110 кВ та вище з гальмуванням. Захист шин 6-10 кВ.

Тема 11. Релейний захист електродвигунів

Загальні вимоги до захисту електродвигунів. Основні види захистів двигунів. Захист від к.з. між фазами. Захист від перевантаження. Захист від замикання на землю. Захист від зниження напруги. Особливості захисту низьковольтних електродвигунів. Захист синхронних двигунів.

Змістовий модуль 4 – Використання мікропроцесорних пристроїв для реалізації функцій релейного захисту

Тема 12. Цифрові пристрої релейного захисту. Перетворення сигналів у вимірювальних органах цифрового релейного захисту

Особливості побудови цифрових пристроїв релейного захисту. Структура цифрових вимірювальних органів. Попередня обробка аналогових сигналів. Векторне відображення дискретизованих синусоїдальних сигналів. Алгоритми цифрового перетворення сигналів релейного захисту (обрахування середніх та діючих значень сигналів, обчислення векторів на основі миттєвих значень величин та їх похідних та ін.)

Тема 13. Вимірювальні органи цифрового релейного захисту

Вимірювальні органи однієї електричної величини. Цифрові вимірювальні органи напрямку потужності. Цифрові дистанційні органи. Трьохфазні дистанційні органи.

Тема 14. Характеристики та динамічні властивості цифрового релейного захисту

Рівняння та характеристики цифрових фільтрів. Частотні характеристики. Динамічні характеристики цифрових вимірювальних органів. Швидкодіючі обчислення векторів на основі фільтрів зі змінними коефіцієнтами. Алгоритми, що використовують критерії ідентифікації сигналів. Вплив режиму електромережі на динамічні властивості релейного захисту.

Тема 15. Струмові та струмові спрямовані цифрові захисти. Захист від теплового перевантаження.

Цифровий максимальний струмовий захист. Струмові захисти на основі вимірювання симетричних складових. Струмові захисти від однофазних замикань на землю в мережах з малим струмом замикання на землю. Захисти на основі контролю напруги мережі. Спрямовані струмові захисти. Захист від теплового перевантаження. Теплова модель вимірювання температури. Елементи реалізації цифрового струмового захисту. Струмовий захист та контроль числа ввімкнень електродвигуна.

Тема 16. Цифрові диференціальні захисти

Диференціальні захисти з використанням гальмування порівнювальними струмами. Чутливість та селективність диференціальних захистів з безпосереднім порівнянням струмів. Особливості виконання цифрових диференціальних захистів трансформаторів. Поздовжні диференціальні захисти високовольтних ліній. Диференціальні захисти ліній на основі обміну цифровими сигналами. Цифрові дистанційні захисти збірних шин.

4. 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	ср		л	п	лаб	інд	ср
Модуль 1												
Змістовий модуль 1 . Загальні відомості про релейний захист												
Тема 1. Принципи побудови релейного захисту	6	2				4						
Тема 2. Принцип дії та особливості виконання електромеханічних реле	16	4		6		6						
Тема 3. Структура релейного	6	2				4						
Тема 4. Первинні вимірювальні перетворювачі струму та напруги	8	2				6						
Разом за зм. модулем 1	36	10		6		20						
Змістовий модуль 2. Релейний захист ліній електропередачі, силових трансформаторів і автотрансформаторів, синхронних генераторів												
Тема 5. Струмові захисти ліній з одностороннім живленням	10	2		2		6						
Тема 6. Струмові захисти ліній з двостороннім живленням (струмові спрямовані захисти). Диференційні струмові захисти.	14	2		4		8						
Тема 7. Дистаційні захисти ЛЕП. Високочастотні захисти ліній.	10	2		2		6						
Тема 8. Релейний захист силових трансформаторів і автотрансформаторів	6	2				4						
Тема 9. Релейний захист синхронних генераторів	6	2				4						
Разом за зм. модулем 2	46	10		8		28						
Змістовий модуль 3. Релейний захист збірних шин електростанцій, підстанцій та електродвигунів												
Тема 10. Релейний захист збірних шин електростанцій та підстанцій	6	2				4						
Тема 11. Релейний захист електродвигунів	10	2		2		6						
Разом за зм. модулем 3	16	4		2		10						
Змістовий модуль 4 – Цифровий релейний захист												
Тема 12. Цифрові пристрої релейного захисту. Перетворення сигналів у вимірювальних органах цифрового релейного захисту	10	2				8						
Тема 13. Вимірювальні органи цифрового релейного захисту	10	2		2		6						
Тема 14. Характеристики та динамічні властивості цифрового релейного захисту	10	2				8						

Тема 15. Струмові та струмові спрямовані цифрові захисти. Захист від теплового перевантаження.	12	2		2		8						
Тема 16. Цифрові диференціальні захисти	10	2				8						
Разом за зм. модулем 4	52	10		4		38						
Усього годин	150	34		20		96						

5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Випробування електромагнітного реле змінного струму	2	
2	Дослідження характеристик реле напрямку потужності	4	
3	Дослідження максимального струмового захисту лінії електропередачі	2	
4	Дослідження функціонування максимального струмового спрямованого захисту ліній електропередачі	4	
5	Дослідження роботи дистанційного релейного захисту	2	
6	Дослідження релейного захисту електродвигунів	2	
7	Дослідження роботи вимірювальних органів цифрового релейного захисту	2	
8	Дослідження функціонування цифрового максимального струмового захисту	2	
	Разом	20	

6. Самостійна робота

Самостійна робота є методом засвоєння студентом навчального матеріалу в час, вільний від обов'язкових навчальних занять. Самостійна робота студента над засвоєнням навчального матеріалу з навчальної дисципліни може виконуватися в бібліотеці, навчальних аудиторіях та в домашніх умовах.

Розподіл годин самостійної роботи для студентів денної форми навчання:

34 годин – опрацювання лекційного матеріалу, в тому числі:

17 годин – опрацювання матеріалу, що викладався на лекціях;

17 годин – опрацювання окремих питань, які не викладалися на лекціях;

24 годин – підготовка до лабораторних робіт, в тому числі:

12 годин – вивчення методичних вказівок перед проведення лабораторної роботи;

12 годин – підготовка звітів з лабораторних робіт;

26 годин – підготовка до контрольних заходів;

12 годин – підготовка до модульних контрольних робіт

Всього: 96 год.

6.1 Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
Матеріал, що викладався на лекціях			
1	Принципи побудови релейного захисту	1	
2	Принцип дії та особливості виконання електромеханічних реле	2	
3	Структура релейного захисту	1	
4	Первинні вимірювальні перетворювачі струму та напруги	1	
5	Струмові захисти ліній з одностороннім живленням	1	
6	Струмові захисти ліній з двостороннім живленням (струмові спрямовані захисти). Диференційні струмові захисти.	1	
7	Дистанційні захисти ЛЕП. Високочастотні захисти ліній.	1	
8	Релейний захист силових трансформаторів і автотрансформаторів	1	
9	Релейний захист синхронних генераторів	1	
10	Релейний захист збірних шин електростанцій та підстанцій	1	
11	Релейний захист електродвигунів	1	
12	Цифрові пристрої релейного захисту. Перетворення сигналів у вимірювальних органах цифрового релейного захисту	1	
13	Вимірювальні органи цифрового релейного захисту	1	
14	Характеристики та динамічні властивості цифрового релейного захисту	1	
15	Струмові та струмові спрямовані цифрові захисти. Захист від теплового перевантаження.	1	
16	Цифрові диференціальні захисти	1	
	Разом	17	
Питання, які не викладалися на лекціях			
1	Особливості функціонування релейного захисту при хитаннях	7	
2	Захист ліній надвисокої напруги	10	
	Разом	17	

7. Методи навчання

Лекції читаються з використанням мультимедійних проекторів для демонстрації технічних характеристик пристроїв, схем їх ввімкнення, прикладів використання, різноманітних графіків та діаграм. Під час лекцій проводиться дискусійне обговорення проблемних питань.

Лабораторні роботи виконуються з використанням віртуальних лабораторних стендів, зібраних з використанням програми MATLAB. Студенти отримують файли з моделями відповідних стендів для кожної лабораторної роботи.

8. Методи контролю

Для визначення рівня засвоєння студентами навчального матеріалу використовуються такі методи оцінювання знань:

- оцінювання за виконання лабораторних робіт;
- опитування при захисті лабораторних робіт;
- оцінки за модульні контрольні роботи;
- підсумковий екзамен.

Усі форми контролю включено до 100-бальної шкали оцінювання.

9. Розподіл балів, які отримують студенти

Основними критеріями, що характеризують рівень компетентності студента при оцінюванні результатів поточного та підсумкового контролів, є:

- виконання всіх видів навчальної роботи, передбачені робочою програмою навчальної дисципліни;
- глибина і характер знань навчального матеріалу за змістом навчальної дисципліни, що міститься в основних та додаткових рекомендованих літературних джерелах;
- вміння аналізувати явища, які вивчаються, у їх взаємозв'язку і розвитку;
- характер відповідей на поставлені питання (чіткість, лаконічність, логічність, послідовність тощо);
- вміння застосовувати теоретичні положення під час розв'язання практичних задач;
- вміння аналізувати достовірність одержаних результатів.

Оцінювання результатів поточної роботи (завдань, що виконуються на лабораторних заняттях, ІНДЗ, результати самостійної роботи студентів) проводиться за такими критеріями:

- 0% - завдання не виконано;
- 40% - завдання виконано частково та містить суттєві помилки методичного або розрахункового характеру;
- 60% - завдання виконано повністю, але містить суттєві помилки у розрахунках або в методиці;
- 80% - завдання виконано повністю і вчасно, проте містить окремі несуттєві недоліки (розмірності, висновки, оформлення тощо);
- 100% - завдання виконано правильно, вчасно і без зауважень.

До іспиту допускаються студенти, які виконали навчальний план, тобто виконали і захистили усі лабораторні роботи.

Розподіл балів по темам для стаціонару:

Поточне тестування та самостійна робота																Підсумковий екзамен	Сума
Зм. модуль 1				Зм. модуль 2					Зм. модуль 3		Зм. модуль 4						
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16		
1	11	1	2	5	6	5	2	2	3	5	3	5	3	5	1	40	100

T1, ..., T16 – теми змістових модулів

Розподіл балів, що присвоюються студентам за видами робіт:

Форма навчальної діяльності	Вид контролю	Максимальна кількість балів за одне заняття (один звіт з л.р.)	Кількість занять (звітів з л.р.)	Сума балів	Разом за формами навч. діяльності
Лекції	Відвідування	0,5	17	8,5	8,5
Лабораторні роботи	Робота під час занять	0,5	10	5	37
	Захист звіту	4	8	32	
Модульна контрольна робота №1 (8 тиждень)					7,25
Модульна контрольна робота №2 (15 тиждень)					7,25
Всього за поточну роботу					60
Підсумковий екзамен					40
Заохочувальні бали за участь в науковій і проектній роботі, доповідь на конференції, стаття, участь в олімпіаді					до 10
Всього за курс					100

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою
	для екзамену, курсового проекту (роботи), практики
90-100	відмінно
82-89	добре
74-81	
64-73	задовільно
60-63	
35-59	незадовільно з можливістю повторного складання
0-34	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

10. Методичне забезпечення


1. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Основи релейного захисту та автоматизації енергосистем», розміщені в університетській комп'ютерній мережі.

11. Рекомендована література

Базова

1. Кідиба В.П. Релейний захист електроенергетичних систем: Підручник. – Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2013. – 533 с.
2. Чернобровов Н.В. Релейная защита энергетических систем / Чернобровов Н.В., Семенов В.А. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 800с.
3. Шнеерсон Э.М. Цифровая релейная защита / Шнеерсон Э.М. – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 549.

Допоміжна

- 
- Національний університет водного господарства та природокористування
4. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учеб. для вузов / В.А. Андреев. – 4-е изд, перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2006. – 639 с.
 5. Басс Э.И. Релейная защита электроэнергетических систем: учеб. пособие / Басс Э.И., Дорогунцев В.Г.; под ред. А.Ф. Дьякова. – М.: Изд-во МЭИ, 2002. – 296с.
 6. Дьяков А.Ф. Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем: учеб. пособие для вузов. / А.Ф. Дьяков, Н.И. Овчаренко. – М.: Изд. дом МЭИ, 2008. – 336с.
 7. Циглер Г. Цифровая дистанционная защита: принципы и применение / Циглер Г.; пер. с англ. Под ред. Дьякова А.Ф. – М.: Энергоиздат, 2005. – 322с.
 8. Перехідні процеси в системах електропостачання / [Півняк Г.Г., Винославський В.М., Рибалко А.Я., Несен Л.І.]; за ред. академіка НАН України Г.Г. Півняка. - Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2002. – 597с.
 9. Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах: учеб. пособие / Куликов Ю.А. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 283 с.
 10. Reimert D. Protective relaying for power generation / Donald Reimert. – USA, FL, Boca Raton: CRC Press, 2006. – 561p.
 11. Preve C. protection of electrical networks / Christophe Preve. – GB: Antony Rowe Ltd, Chippenham, Wiltshire, 2006. – 508 p.

12. Інформаційні ресурси

1. Галузевий стандарт вищої освіти України. Освітньо-кваліфікаційна характеристика освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавра з напряму підготовки 6.050701 «Електротеніка та електротехнології» спеціальності «Електричні системи та мережі». Затверджено наказом Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України від 08 серпня 2012р. № 878. – Київ, 2012р. – 56с.

2. Освітньо-професійна програма підготовки бакалавра з напрямку підготовки 6.050701 «Електротеніка та електротехнології» спеціальності «Електричні системи та мережі». Затверджено наказом Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України від 08 серпня 2012р. № 878. – Київ, 2012р. – 84с.

3. Наукова бібліотека НУВГП – м. Рівне, вул. Олекси Новака, 75 <http://nuwm.edu.ua/naukova-biblioteka> (інформаційні ресурси у цифровому репозитиві)

4. Обласна наукова бібліотека – м. Рівне, майдан Короленка, 6.



Національний університет
водного господарства
та природокористування



Національний університет
водного господарства
та природокористування