



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки України

**Національний університет водного господарства та
природокористування**

**Навчально-науковий інститут водного господарства та
природооблаштування**

Кафедра гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з науково-педагогічної,
методичної та виховної роботи

_____ О.А. Лагоднюк

„____” _____ 2018р.

01-06-46



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Program of the Discipline**

**МЕТОДИ ТЕРМОДИНАМІЧНОГО АНАЛІЗУ
СИСТЕМ І УСТАНОВОК**

Methods of thermodynamic analysis of systems and units

спеціальність 144 «Теплоенергетика»
speciality 144 «Heat power engineering»

Рівне-2018



Робоча програма навчальної дисципліни: «Методи термодинамічного аналізу систем і установок» для студентів, які навчаються за спеціальністю 144 «Теплоенергетика». – Рівне, НУВГП, 2018. - 16 ст.

Розробник: В.З. Кочмарський, канд. фіз. - мат. наук, доцент кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин.

Робоча програма схвалено на засіданні кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин.

Протокол від _____ 2018 року № _____.

Завідувач кафедри _____ (Рябенко О.А.)

Схвалено науково-методичною комісією за спеціальністю 144 «Теплоенергетика».

Протокол від _____ . 2018 року № ____.

Заступник голови науково-методичної комісії _____ О.Ю. Тимейчук



Вступ

Програма спеціальної навчальної дисципліни «Методи термодинамічного аналізу систем і установок» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістрів спеціальності 144 «Теплоенергетика». Програма дисципліни передбачає поглиблене розуміння першого та другого законів термодинаміки, розуміння понять ексергії як показника якості (перетворюваної частини енергії) та ентропії як індикатора необоротності процесів та характеристики ступеня розсіювання енергії (перетворення її в анергію) в теплотехнічних процесах. Курс «Методи термодинамічного аналізу систем і установок» є міждисциплінарним курсом підготовки магістрів за спеціальністю 141 «Теплоенергетика». Вивченню курсу передують: вища математика, фізика, хімія, гідрогазодинаміка та інформаційні технології.

Анотація

Вивчення дисципліни ґрунтується на засвоєнні методів енергетичного та ексергетичного аналізів шляхом складання відповідних балансів для закритих і відкритих систем і установок, акцентуючи увагу на їх термодинамічній неефективності, вміння визначати причини її виникнення і передбачити наслідки. В результаті ексергетичного аналізу знаходять шляхи зменшення втрат ексергії, формують процеси так, щоб мінімізувати втрати ексергії. Оволодіння фахівцями основами енергетичного та ексергетичного аналізів нерозривно пов'язане з умінням виконувати відповідні розрахунки та з їх фізичним тлумаченням, використовуючи відповідні критерії.

Основні поняття дисципліни використовуються при вивченні термо-молекулярної енергії, альтернативних джерел енергії, установок криогенної техніки, теплонасосних установок, низькотемпературних опалювальних систем, проектуванні і спорудженні теплоенергетичних об'єктів.

Ключові слова: термодинамічна система, енергія, ексергія, теплота, ентропія, баланси, ефективність, теплові установки, теплопередача.

Introduction

Program of special subject "Methods of thermodynamic analysis of systems and units" corresponds to educational and professional program for training masters by speciality 144 "Heat power engineering". The program stipulates deep comprehension of the first and the second laws of thermodynamics, notions of exergy as the indicator of quality (transformed part of energy) and entropy as indicator of inevitability of processes and characteristics of the degree of energy diffusion (transformation it into anergy) in heat technical processes. The course "Methods of thermodynamic analysis of systems and units" is interdisciplinary course for training masters by the speciality 141 "The heat power engineering". The course of study is preceded by the courses in higher mathematics, physics, chemistry and the information technologies.

Abstract

The study of the subject is based on mastering of energy and exergy analyses by means of compiling corresponding balances for open and closed systems and units paying attention to their thermodynamics inefficiency on the determine the reasons for the appearance and the foresee the consequences. The exergy analysis results in the ways of reducing exergy losses, formatting the processes in the way which allows minimizing exergy losses. Mastering of the foundations of energy and exergy analyses is connected with the ability to make corresponding calculations and their physical explanation by using corresponding criteria. Main notions of the subject are used while studying the following subjects: foundations of thermomolecular energy, alternative energy sources, units cryogen machinery, heating pumps units, lowtemperature heating systems, design and construction of the heat energy structures.

Key words: thermodynamic system, energy, exergy, heat, entropy, efficiency, heat power units, heat transfer.



Опис навчальної дисципліни «Методи термодинамічного аналізу систем і установок»

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів 4.5	Галузь знань 14 Електрична інженерія	Варіативна, за вибором ВНЗ
Модулів 1	Спеціальність: 144 «Теплоенергетика»	Рік підготовки
Змістовних модулів 2		5-й
		Семестр
Індивідуальне науково-дослідне завдання - немає		Лекції
		36 год.
Загальна кількість годин 135		Практичні
	18 год.	
Тижневих годин для денної форми навчання – 3,8 СРС – 5.8	Рівень вищої освіти: Магістр	Самостійна робота
		81 год.
		Індивідуальні завдання
		немає
		Вид контролю
		залік

Зауваження

Співвідношення годин аудиторних та самостійних занять:

40% до 60%;



Ріст споживання, водночас із збільшенням вартості, паливо-енергетичних ресурсів у промисловості, транспорті та побуті ставлять на перший план завдання їх ефективного використання в комплексі із захистом зовнішнього середовища від теплового забруднення та забруднення продуктами згоряння палива. Розв'язок вказаних проблем вимагає підготовки компетентних фахівців у галузі теплоенергетики - виробництва, перетворення, транспортування і використання теплоти за допомогою теплових машин, апаратів та установок. Фахівці повинні вміти робити енергетичний, особливо ексергічний, аналізи систем і установок, акцентувати увагу на їх термодинамічній неефективності, визначати причини її виникнення і передбачити наслідки. Результати ексергічного аналізу потрібно застосовувати для знаходження шляхів зменшення неефективності. Оволодіння фахівцями основами енергетичного та ексергічного аналізів нерозривно зв'язане з умінням виконувати відповідні розрахунки з їх тлумаченням на підставі відповідних критеріїв.

Метою викладання дисципліни є: довести до свідомості студентів те, що енергія поряд з кількісною характеристикою володіє якісною – ексергією. Що саме ексергія є основним рушієм сучасної техніки і важливо теплові процеси організовувати так, щоб мінімізувати втрати ексергії.. Саме такий підхід повинен лежати в основі методів сучасного теоретичного аналізу теплових процесів та розрахунків ефективності машин і установок, зокрема застосовуючи баланси енергії та ексергії.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен:

знати:

1. Правила складання рівнянь матеріального, енергетичного, ентропійного та ексергічного балансів.
2. Способи визначення ексергії речовини, теплоти, потоків речовини та хімічної ексергії палив.
3. Алгоритми визначення джерел термодинамічної неефективності у процесах перетворення теплоти в роботу.
4. Оцінювати величину термодинамічної ефективності теплотехнічних систем, використовуючи ексергічні критерії.
5. Правила виконання досліджень ймовірності існування певних систем, процесів, а також визначати межі досконалості існуючої чи проектованої системи (процесу).
6. Процедури визначення поділу можливої деструкції ексергії на усуну і неминучу.
7. Виконувати порівняльний аналіз різних способів генерації теплоти в системах опалення.



1. Виконувати розрахунки матеріальних, енергетичних, ентропійних і ексергійних балансів і тлумачити їх.
2. Розраховувати величини термодинамічних функцій, зокрема ексергії, які входять у відповідні балансові рівняння.
3. Розраховувати термодинамічну ефективність проточних систем.
4. Визначити ефективність і рівень термодинамічної досконалості різних технічних пристроїв перетворення енергії і речовини.
5. Знаходити вузли втрат ексергії в теплотехнічних системах та вишукувати способи удосконалення і оцінки граничних можливостей теплотехнічних систем і процесів у них, усуваючи ці втрати.
6. Виконувати аналіз та порівняння термодинамічної ефективності різноманітних систем тепlopостачання, зокрема низькопотенційних.

3 Програма дисципліни

Змістовий модуль I Загальні завдання термодинамічного аналізу систем. Перетворення енергії та речовини. Перший та другий закони термодинаміки. Матеріальні та енергетичні баланси. Ентропія.

Тема 1. Використання енергетичних балансів в інженерній практиці

Недоліки балансових співвідношень. Особливості реальних процесів у зв'язку з існуванням необоротностей. Роль необоротностей у зниженні енергетичної ефективності.

Тема 2. Перший закон термодинаміки

Матеріальний баланс. Характеристики одномірного потоку речовини. Рівняння нерозривності. Стаціонарний потік. Загальна форма енергетичного балансу. Особливості енергообміну відкритих (проточних) систем.

Тема 3. Передача енергії через границю потоку речовини

Передача енергії через границю системи з потоком речовини у формі технічної роботи і теплоти. Потоки роботи і теплоти. Часткова (алгебраїчна форма) для одного і декількох потоків речовини. Узагальнена форма рівняння першого закону термодинаміки.

Тема 4. Використання балансових рівнянь для проточних систем

Приклади застосування різних форм балансових рівнянь до важливих для практики стаціонарних проточних систем: адіабатні турбіни, теплообмінні апарати; складні відкриті системи (камера змішування, камера згоряння, випарник, парогенератор, осушник кондиціонера).



Тема 5. Другий закон термодинаміки

Суть другого закону. Поняття ентропії. Необоротність реальних процесів. Причини необоротності. Дисипація (розсіювання) енергії. Узагальнене тертя. Початковий постулат другого закону, два незалежні положення постулату.

Тема 6. Ентропія. Її фізичний зміст. Формулювання другого закону термодинаміки з використанням ентропії

Формальне означення ентропії. Ентропія - міра хаотичності руху мікрочастинок тіла. Виробництво (генерація, виникнення) ентропії в термодинамічній системі (ТДС) як наслідок необоротностей процесів.

Змістовий модуль II

Загальні форми ентропійного балансу. Поняття ексергії. Рівняння Гюї-Стодоли. Ексергія потоку речовини. Хімічна ексергія. Ексергічні показники ефективності основних поточних процесів.

Тема 7. Загальні форми ентропійного балансу

Загальні форми ентропійного балансу. Способи підведення і відведення ентропії, виробництво ентропії в системі; ентропія проточної системи. Одинарні потоки речовини і тепла. Декілька потоків речовини і потоків теплоти, що перетинають контрольну поверхню з різними температурами. Узагальнене рівняння ентропійного балансу.

Тема 8. Ентропійний баланс закритої системи

Генерація ентропії при перетворенні механічної енергії в електричну (електрогенератор), електричної енергії у механічну (електричний двигун). Перетворенні теплоти у механічну енергію (теплосилова машина).

Тема 9. Поняття ексергії

Перетворення енергії і другий закон термодинаміки. Впорядковані та невпорядковані форми енергії. Ексергія і анергія різних форм енергії. Енергійний і нетропічний баланси для обчислення ексергії і анергії теплоти.

Тема 10. Рівняння Гюї-Стодоли. Ексергія потоку речовини

Рівняння Гюї-Стодоли. Ексергія потоку речовини (ексергія ентальпії). Ексергійний і ентропійний баланси для обчислення ексергії і анергії ентальпії. Питома ексергія ентальпії, потік ексергії ентальпії. Формулювання першого і другого законів на мові понять ексергії і анергії.



Тема 11. Хімічна ексергія

Особливості оцінки хімічної ексергії. Стандартна хімічна ексергія. Стандартна хімічна ексергія газів та їх сумішей. Стандартна хімічна ексергія палива. Методи розрахунку стандартних ексергій.

Тема 12. Ексергічні показники ефективності основних поточних процесів

Середня термодинамічна температура. Втрата ексергії внаслідок передачі теплоти і тертя. Руйнування ексергії. Відносні ексергічні втрати. Основні принципи для оцінки і удосконалення термодинамічної ефективності. Спрощення при оцінці втрат ексергії. Зменшення втрат ексергії в процесах горіння, теплопередачі

Змістовий модуль III

Методи зниження необоротностей у вузлах теплотехнічних систем. Термодинамічний аналіз систем низькопотенціальної теплоти. Аналіз систем теплопостачання. Порівняння різних способів генерації теплоти.

Тема 13. Методи зниження необоротностей у вузлах теплотехнічних систем

Методи зниження необоротностей в основних вузлах паросилових установок. Втрати ексергій в парогенераторі і конденсаторі паросилової установки.

Тема 14. Термодинамічний аналіз необоротностей теплотехнічних систем

Заходи щодо зниження необоротностей. Нееквівалентність потоків ексергії на різних ділянках руху від виробників тепла до споживачів. Вплив втрат ексергії на різних ділянках на загальні показники системи.

Тема 15. Термодинаміка генерації низькопотенціальної теплоти

Теплота, як “суміш ” ексергії і анергії. Способи одержання заданого складу теплоти за допомогою ТЕЦ, ТНУ з механічним або електричним приводом, ТНУ з тепловим приводом. Схеми потоків ексергії і енергії.

Тема 16. Порівняння різних способів генерації теплоти

Одержання теплоти за допомогою електроопалення, опалювальної котельні (ідеалізованої і реальної). Схеми потоків ексергії і анергії. Порівняння опалювальної котельні та електроопалення, їх особливості.



Тема 17. Аналіз систем теплопостачання

Система теплопостачання на базі опалювальної котельні. Вплив необоротностей в котлі, теплових мережах і опалювальному приладі на ефективність роботи теплопостачання. Залежність ексергічного ККД котельні від температури теплоносія. Реконструкція котельні в міні ТЕЦ.

Тема 18. Порівняння енергетичних і ексергічних показників для систем низькотемпературного опалення

Система теплопостачання від теплонасосної установки (ТНУ). Енергетичні і ексергічні потоки в системі “ТНУ + КЕС”, ексергічний ККД, вплив необоротностей на ефективність системи. Порівняння виразів для визначення показників ефективності, ґрунтованих на енергетичних і ексергічних балансах, для різних систем низькотемпературного опалення.

4 Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Всього	Лекції	Практичн.	Лаб.роб.	Самост. робота
1	2	3	4	5	6
Змістовий модуль I. Загальні завдання термодинамічного аналізу технічних систем перетворення енергії і речовини. Перший та другий закони термодинаміки. Матеріальні та енергетичні баланси. Ентропія.					
Тема 1. Використання енергетичних балансів в інженерній практиці.	7	2	-	---	5
Тема 2. Перший закон термодинаміки.	8	2	2	---	4
Тема 3. Передача енергії через границю потоку речовини.	7	2	-	---	5
Тема 4. Використання балансових рівнянь для проточних систем	8	2	2	---	4
Тема 5. Другий закон термодинаміки.	7	2	-	---	5



Тема 6. Ентропія. Її фізичний зміст. Формулювання другого закону термодинаміки з використанням ентропії	8	2	2	-	4
Разом за змістовним модулем I	45	12	6	-	27
Змістовий модуль II. Загальні форми ентропійного балансу. Поняття ексергії. Рівняння Гюї-Стодоли. Ексергія потоку речовини. Хімічна ексергія. Ексергічні показники ефективності основних поточних процесів.					
Тема 7. Загальні форми ентропійно-го балансу.	6	2	-	---	4
Тема 8. Ентропійний баланс закритої системи.	9	2	2	---	5
Тема 9. Поняття ексергії.	7	2	-	---	5
Тема 10. Рівняння Гюї-Стодоли. Ексергія потоку речовини.	8	2	2	-	4
Тема 11. Хімічна ексергія.	7	2	-	-	5
Тема 12. Ексергічні показники ефективності основних поточних процесів.	8	2	2	-	4
Разом за змістовним модулем II	45	12	6	-	27
Змістовий модуль III. Методи зниження необоротностей у вузлах теплотехнічних систем. Термодинамічний аналіз систем низькопотенціальної теплоти. Аналіз систем теплопостачання. Порівняння різних способів генерації теплоти.					
Тема 13. Методи зниження необоротностей в теплотехнічних системах.	7	2	-	-	5



Тема 14. Термодинамічний аналіз необоротностей теплотехнічних систем	8	2	2	-	4
Тема 15. Термодинаміка генерації низькопотенціальної теплоти.	7	2	-	-	5
Тема 16. Порівняння різних способів генерації теплоти.	8	2	2	-	4
Тема 17. Аналіз систем теплопостачання	7	2	-	-	5
Тема 18. Порівняння енергетичних та ексергічних показників для систем низькотемпературного опалення.	8	2	2	-	4
Разом за змістовним модулем III	45	12	6	-	27
Всього	135	36	18	-	81

5 Теми практичних занять

№ п/п	Тема	Кількість годин
1	Тема 1. Розрахунок енергетичних балансів теплоенергетичних установок .	2
2	Тема 2. Застосування першого закону термодинаміки в інженерній практиці.	2
3	Тема 3. Розрахунки термодинамічних параметрів проточних систем.	2
4	Тема 4. Розрахунки втрат енергії на підставі ентропійних балансів у закритих системах.	2
5	Тема 5. Оцінка ефективності установок на підставі ексергічних критеріїв.	2
6	Тема 6. Зниження необоротностей в основних вузлах теплотехнічних систем (ПТУ, ГТУ, ТНУ).	3
7	Тема 7. Термодинамічний аналіз систем теплопостачання. Мінімізація втрат ексергії в системі.	2



8	Тема 8. Порівняння ефективності систем низькотемпературного опалення за термодинамічними показниками.	2
9	Тема 9. Термодинамічний аналіз і порівняння різних способів генерації теплоти.	2
Всього		18

6 Самостійна робота

Розподіл годин самостійної роботи для студентів денної форм навчання:

Підготовка до аудиторних занять – **0.5 год./1год. занять:**

- для денної форми навчання - **27 год.;**
- підготовка до контрольних заходів - **6 год. на кредит ЄКТС – 18 год.**

Опрацювання тем, або їх частин, що не викладаються на лекціях.

№ п/п	Тема	Кількість годин
1	Особливості енергетичних балансів реальних процесів у зв'язку з існуванням необоротностей.	3
2	Часткова (алгебраїчна форма) для одного і декількох потоків речовини. Узагальнена форма рівняння першого закону термодинаміки.	2
3	Приклади застосування балансових рівнянь до складних відкритих систем (камера змішування, камера згоряння, випарник, парогенератор, осушник кондиціонера).	3
4	Ентропія - мірило хаотичності руху мікрочастинок тіла. Генерація ентропії як наслідок необоротностей.	4
5	Декілька потоків речовини і потоків теплоти, що перетинають контрольну поверхню з різними температурами. Узагальнене рівняння ентропійного балансу.	3



6	Ексергія потоку речовини (ексергія ентальпії). Ексергійний і ентропійний баланси для обчислення ексергії і енергії ентальпії. Питома ексергія ентальпії, потік ексергії ентальпії.	4
7	Основні принципи оцінки і удосконалення термодинамічної ефективності. Оцінка знищення ексергії. Зменшення втрат ексергії у процесах горіння та теплопередачі.	3
8	Втрати ексергій у парогенераторі і конденсаторі паросилової установки. Заходи щодо зниження необоротностей в елементах паросилової установки.	3
9	Одержання заданого складу теплоти за допомогою ТЕЦ, ТНУ з механічним або електричним приводом, ТНУ з тепловим приводом.	2
10	Вплив необоротностей в котлі, теплових мережах і опалювальному приладі на ефективність роботи системи теплопостачання.	4
11	Енергетичні і ексергійні потоки в системі "ТНУ + КЕС", ексергійний ККД, вплив необоротностей на ефективність системи..	3
12	Порівняння ефективностей опалювальної котельні і електроопалення, їх особливості.	2
Всього		36

7 Індивідуальні завдання

Студенти представляють звіт про самостійну роботу за вказаними у п. 6 темами, що включає теоретичний аналіз питання та розрахунки відповідно до тем практичних занять. Звіт включає план, основну частину, висновки та список літератури. Оформлюється на стандартному папері формату А4 (210 x 297) з одного боку. Поля: верхнє, нижнє та ліве - 20 мм, праве - 10 мм. Звіт може бути рукописним або друкованим і виконується українською мовою. Захист звіту про самостійну роботу відбувається в усній формі на консультаційних заняття у терміни, спільно обумовлені студентом і викладачем.



8 Розподіл балів, які отримують студенти при поточному та підсумковому тестуванні (залік)

Поточне тестування та самостійна робота																		Сума
Змістовний модуль 1						Змістовний модуль 2						Змістовний модуль 3						
Т 1	Т 2	Т 3	Т 4	Т 5	Т 6	Т 7	Т 8	Т 9	Т 10	Т 11	Т 12	Т 13	Т 14	Т 15	Т 16	Т 17	Т 18	100
5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	7	5	6	

9 Шкала оцінювання

Сума балів за всіма формами навчальної діяльності	Оцінювання за національною шкалою (для заліку)
90 – 100	зараховано
82 – 89	
74 – 81	
64 – 73	
60 – 63	
35 – 59	не зараховано з можливістю повторної передачі
0 – 34	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

10 Методичне забезпечення дисципліни

Методичне забезпечення навчальної дисципліни складається з:

- робочої програми навчальної дисципліни;
- конспекту лекцій на паперовому носію;
- конспекту лекцій на електронному носію;
- методичних вказівок до виконання практичних робіт;
- друкованого роздаткового матеріалу;
- освітньо-професійної програми підготовки магістра.

11 Рекомендована література

Основна

1. Куделя П.П. Методи термодинамічного аналізу установок та систем. Конспект лекцій, - Київ, 2008р.- 127с.
2. Костенко Г.Н. Эксергетический анализ тепловых процессов и установок (теоретические основы вопроса). - Одесса, 1984г. -32 с.



3. Бородянский В.М., Фратшер В., Михалек К. Эксергетический метод и его приложения. - Москва; Энергоатомиздат, 1988 г. - 288 с.

4. Техническая термодинамика / Под ред. В.И.Крутова - Москва: Высшая школа, 1991. - 384 с.

5. Пеньков В.І. Технічна термодинаміка: Навчальний посібник / В.І. Пеньков. - Рівне: НУВГП, 2010. - 209 с. / [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://ep3.nuMTn.edu.ua/1683/>

6. Приходько М. А. Термодинаміка та теплопередача: Навчальний посібник / М. А. Приходько, Г. Г. Герасимов. - Рівне: НУВГП, 2008. - 250 с.: іл. / [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://ep3.nu4m.edu.ua/1847/>.

7. Герасимов Г. Г. Теоретичні основи теплотехніки: Навчальний посібник / Г. Г. Герасимов. — Рівне : НУВГП, 2011. - 382 с. : іл. / [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://ep3.nuMTn.edu.ua/4737/>.

Допоміжна

8. Андрищенко А.И. Методика расчета эффективности технологических процессов и производств. – Саратов: СПИ, 1989. – 240 с.

9. Степанов В.С. Анализ энергетического совершенства технологических процессов./ В.С. Степанов – Новосибирск: Наука, 1984. – 274 с.

10. Бородянский В.М. Эксергетический метод термодинамического анализа. – Москва: Энергия, 1973. – 296 с.

11. Степанов В.С., Степанова Т.Б. Эффективность использования энергии. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд.1994. -257 с.

12. Эксергетические расчеты технических систем: Справ. пособие / В.М. Бородянский, Г.П. Верхивер, Я.Я. Карчев и др. Под ред. А.А. Долинского, В.М. Бородянского. АН УССР. Ин-т техн. теплофизики. – Киев: Наук. думка. 1991. – 360 с.

12 Інформаційні ресурси

1. Наукова бібліотека НУВГП (м. Рівне, вул. Олекси Новака, 75) / [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://nuwm.edu.ua> /naukova-biblioteka.

2. Рівненська обласна універсальна наукова бібліотека (м. Рівне, пл. Короленка, 6) / [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://libr.rv.ua>.

3. Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадського (м. Київ, Голосіївський проспект, 3) [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/>.

4. Державна науково-технічна бібліотека України (м. Київ, вул. Антоновича, 180) / [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://gnbt.gov.ua/>.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

5. Науково-технічна бібліотека ім. Г.І. Денисенка Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (м. Київ, Проспект Перемоги, 37)/ [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://www.library.kpi.ua/>. <http://culonline.com.ua/http://ela.kpi.ua/handle/123456789/2145>.

6. Науково-технічна бібліотека Національного університету «Львівська політехніка» (м. Львів, вул. Професорська, 1) у [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://library.lp.edu.ua/ttp>.

7. Науково-технічна бібліотека Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (м. Харків, вул. Кирпичева, 2) / [Електронний ресурс]. - Режим доступу: bl@kpi.kharkov.ua, <http://repositorv.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/2810>.



Національний університет
водного господарства
та природокористування