



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.

01-06-47

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

ТЕПЛОТЕХНІКА ТА ТЕРМОДИНАМІКА

Heat engineering and thermodynamics

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

speciality 141 “Electrical power engineering, electrical engineering and electromechanics”

Рівне-2018



Робоча програма «**Теплотехніка та термодинаміка**» для студентів, які навчаються за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Рівне , НУВГП, 2018. - 17 с.

Розробник: В.З. Кочмарський к.ф.-м.н., доцент, кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин.

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин.

Протокол від « ____ » _____ 2018 року № ____

Завідувач кафедри _____ (О.А. Рябенко).

Схвалена науково-методичною комісією за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Протокол від « ____ » _____ 2018 року № ____

Голова науково-методичної комісії _____ (С.В. Василець)



Вступ

Програма нормативної навчальної дисципліни «Теплотехніка та термодинаміка» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Програма передбачає комплексне вивчення інженерної термодинаміки, що ґрунтується на поняттях термодинамічної системи (ТДС), параметрах стану ТДС, вивченні законів і процесів найпростішої ТДС – ідеального газу. Курс «Теплотехніка та термодинаміка» є міждисциплінарним і фундаментальним курсом підготовки інженерів за спеціальністю «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Анотація

Вивчення дисципліни ґрунтується на засвоєнні емпіричного закону збереження енергії. Розумінні фізичного змісту функцій стану: внутрішньої енергії, ентальпії та ентропії. Оволодінні поняттями оборотних та необоротних процесів, першого та другого начал термодинаміки з використанням понять ентропії, ексергії та анергії, що є основою для розуміння процесів теплообміну, теплопередачі, принципів роботи теплових машин, холодильників, компресорів та вентиляторів. Вивченню курсу передують: вища математика, фізика та хімія. Основні поняття «Теплотехніки та термодинаміки» потрібні для засвоєння дисциплін: тепломасообмін, вентиляція, теплотехнічні вимірювання, конструювання електротехнічних пристроїв.

Ключові слова: термодинамічна система, параметри стану, енергія, теплота, робота, внутрішня енергія, ентальпія, ентропія, теплові машини, теплопередача, теплообмінники.

Introduction

Program of normative discipline “Heat engineering and thermodynamics” corresponds to educational and professional program for training bachelors by speciality 141 “Electrical power engineering, electrical engineering and electromechanics”. Program stipulates complex study of the foundations of technical thermodynamics and heat engineering based on the concepts of thermodynamics system (TDS) and its state – ideal gas. The course of study “Heat engineering and thermodynamics” has interdisciplinary character and is the fundamental course for training engineers by the speciality “Electrical power engineering, electrical engineering and electromechanics”. The study of the course is preceded the courses in higher mathematics, physics chemistry.

Abstract

The study of the subject is based on mastering the empirical law energy conservation, comprehension of physical content of state functions; internal energy, enthalpy and entropy; acquiring the concept of circulated and no circulated processes and formulation of the second principle of thermodynamics using the notions of entropy, exergy and anergy; comprehension of the foundations of heat exchange and heat transfer processes. These notions of thermodynamics, in particular, the second principle and the foundations of heat transfer are basis for comprehension of the principle of performance of heat machines, coolers and ventilators in particular. The study of “Heat engineering and thermodynamics”, its basic notions are necessary for acquiring knowledge in such subjects as heat mass exchange, ventilation and heat technical measurements, construction electrotechnical systems.

Key words: thermodynamics system, state, internal energy, enthalpy, entropy, heat exchange, heat exchangers.



1 Опис навчальної дисципліни " Теплотехніка та термодинаміка "

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів 3.0	14 – Електрична інженерія;	Цикл загальної підготовки	
Модулів 1	Спеціальність: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	Рік підготовки	
Змістовних модулів 2		1-й	2-й
		Семестр	
Індивідуальне науково-дослідне завдання - немає		2-й	4-й
		Лекції	
Загальна кількість годин 90		14 год.	4 год.
		Практичні	
	немає	немає	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних - 2.1 самостійна робота студентів - 4.3	Рівень вищої освіти: Бакалавр	Лабораторні	
		16 год.	6 год.
		Самостійна робота	
		60 год.	80
		Індивідуальні завдання	
		немає	немає
		Вид контролю	
		залік	залік

Зауваження. Співвідношення кількості аудиторних занять та самостійної роботи становить:

- для денної форми навчання: 33 % до 67 %;
- для заочної форми навчання: 11% до 89 %.



2 Мета та завдання викладання дисципліни

Навчити студентів основам знань з технічної термодинаміки та теплотехніки, акцентуючи на законах збереження і перетворення енергії, розумінні напрямів протікання технологічних процесів та перетворення енергії та її якості в природних та технічних процесах. Добитися засвоєння законів теплопередачі, розуміння принципів роботи теплотехнічних пристроїв, оволодіння знаннями необхідними для успішного засвоєння профілюючих дисциплін.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен:

Знати:

- суть основних понять термодинаміки;
- фізичний зміст функцій стану: внутрішньої енергії, ентальпії, ентропії;
- перший, другий та третій закони термодинаміки, складати теплові баланси процесів;
- основні термодинамічні процеси з ідеальним газом;
- закономірності перетворення енергії – форми передачі енергії у вигляді теплоти і роботи;
- розуміти суть еквівалентності теплоти і роботи та принципову різницю між цими формами обміну енергії;
- особливості необоротних термодинамічних процесів і формулювання другого закону термодинаміки для оборотних та необоротних процесів на мові ентропії;
- особливості поведінки реальних газів порівняно з ідеальним;
- особливості розрахунку процесів з вологим повітрям;
- особливості циклічних процесів та характеристики теплових машин, зокрема теплових двигунів, холодильників та теплових насосів;
- основні закони теплопередачі та види теплотехнічних пристроїв.

Вміти:

- кількісно описувати та розраховувати термодинамічні процеси з ідеальним газом;
- розраховувати процеси з вологим повітрям;
- складати теплові (енергетичні баланси) процесів;
- оцінювати ефективність роботи теплових машин, використовуючи енергетичні баланси та поняття енергетичного ККД;
- вміти записувати ексергічні баланси процесів;
- оцінювати ефективність роботи теплових машин, використовуючи ексергічні баланси та поняття ексергічного ККД;
- порівнювати різнотипні процеси та оцінювати їх з точки зору втрат енергії та ексергії одночасно;
- вибирати та конструювати пристрої з мінімальними втратами тепла та ексергії.



3 Програма дисципліни

№ теми	Назва розділів та тем	Години	
		ДФН	ЗФН
1	2	3	4
I змістовний модуль			
Фізичні властивості та характеристики термодинамічних систем (робочих тіл)			
1	Предмет технічної термодинаміки та її методи. Термодинамічна система (ТДС), види ТДС та їх взаємодія з оточенням. Тепло та робота - форми обміну енергією між частинами ТДС та оточенням. Термічні та калоричні параметри стану. Рівняння стану (Клапейрона-Менделєєва) та диференціальне рівняння стану. Діаграми стану. Рівноважні та нерівноважні процеси. Внутрішня та повна енергія ТДС. Ентальпія та ентропія ТДС. Розрахунок кількості теплоти та роботи у процесі. Перше начало термодинаміки та його математичне представлення.	2	0.5
2	Термодинамічні процеси з ідеальним газом. Загальні співвідношення для ізохорного та ізобарного процесів. Ізотермічний та адіабатний процеси. Зображення процесів роботи та передачі тепла на діаграмах. Політропні процеси.	2	0.5
3	Другий і третій закони термодинаміки. Теплові двигуни та холодильні машини. Математичне формулювання другого закону термодинаміки. Максимальна робота. Поняття ексергії. Формулювання II закону на мові ексергії та анергії. Статистичний зміст II закону. Ексергічний аналіз. Ексергія маси, потоку та теплоти. Ексергічні баланси і ККД ПСУ. Третій закон термодинаміки та границі його застосування.	2	1
4	Реальні гази. Властивості реальних газів. Рівняння стану Ван-дер-Ваальса. Фазові переходи. Правило фаз Гібса. Рівняння стану водяної пари. P-v, T-s та h-s діаграми водяної пари. Вологе повітря та його характеристики. Розрахунок характеристик вологого повітря. H-d діаграма вологого повітря. Розрахунок процесів утворення сумішей, сушіння, нагріву та охолодження.	2	0.5
Всього за першим модулем		8	2.5
II змістовний модуль			
Аналіз потоку речовини. Термодинамічний аналіз роботи теплових машин.			

Основи теплообміну. Теплообмін при випромінюванні. Теплообмінні апарати.

5	Термодинамічний аналіз роботи теплових машин. Класифікація циклів. Характеристики ефективності прямих і зворотних циклів. Цикли Карно. ККД прямого циклу та холодильний коефіцієнт зворотного. Еквівалентний та регенеративний цикли Карно. Термодинамічна шкала температур.	2	0.5
6	Основи теплообміну. Види переносу тепла: теплопровідність, конвекція і випромінювання. Закони переносу тепла. Диференціальні рівняння теплообміну. Теплопровідність в стаціонарному режимі одношарової та багатшарової пластин. Моделювання тепловіддачі. Конвективний теплообмін. Теплопередача.	2	0.5
7	Теплообмінні апарати. Класифікація теплообмінних апаратів. Принципи теплового розрахунку теплообмінних апаратів. Гідромеханічний розрахунок теплообмінних апаратів.	2	0.5
Всього за другим модулем		6	1.5
Всього		14	4

4 Структура навчальної дисципліни, ДФН

№ з/п	Назви змістовних модулів та тем	Всього годин	у т.ч.			
			Лекції	Лабораторні	Практичні	Самостійна робота
1	2	3	4	5	6	7
I змістовний модуль						
Фізичні властивості та характеристики термодинамічних систем (робочих тіл)						
1	Предмет технічної термодинаміки та її методи. Рівноважні та нерівноважні процеси. Внутрішня та повна енергія ТДС. Ентальпія та ентропія ТДС. Розрахунок кількості теплоти та роботи у процесі. Перше начало термодинаміки та його математичне представлення.	14	2	2	-	10

2	Термодинамічні процеси з ідеальним газом. Зображення процесів роботи та передачі тепла на діаграмах. Політропні процеси.	14	2	2	-	10
3	Другий і третій закони термодинаміки. Теплові двигуни та холодильні машини. Математичне формулювання другого закону термодинаміки. Максимальна робота. Поняття ексергії. Формулювання II закону на мові ексергії та анергії. Статистичний зміст II закону. Ексергічний аналіз. Ексергія маси, потоку та теплоти. Ексергічні баланси і ККД ПСУ. Третій закон термодинаміки та границі його застосування.	14	2	3	-	9
4	Реальні гази. Властивості реальних газів. Рівняння стану Ван-дер-Ваальса. Фазові переходи. Рівняння стану водяної пари. P-v, T-s та h-s діаграми водяної пари. Вологе повітря та його характеристики. Розрахунок характеристик вологого повітря. h-d діаграма вологого повітря. Розрахунок процесів утворення сумішей, сушіння, нагріву та охолодження.	15	2	3	-	10
Разом за першим змістовним модулем		57	8	10	-	39
II змістовний модуль						
Термодинамічний аналіз роботи теплових машин. Аналіз потоку речовини. Компресори. Закони переносу тепла. Теплообмін при випромінюванні. Теплообмінні апарати.						
5	Термодинамічний аналіз роботи теплових машин. Класифікація циклів. Характеристики ефективності прямих і зворотних циклів. Цикли Карно. ККД прямого циклу та холодильний коефіцієнт зворотного. Закон нерозривності потоку. Технічна робота. Сопла та дифузори. Класифікація і принципи роботи	14	2	2	-	10

	компресорів. Термодинаміка нагнітання. Багатоступеневе нагнітання.					
6	Основи теплообміну. Види переносу тепла: теплопровідність, конвекція і випромінювання. Закони переносу тепла. Диференціальні рівняння теплообміну. Теплопровідність в стаціонарному режимі одношарової та багатошарової пластин. Моделювання тепловіддачі. Конвективний теплообмін. Теплопередача.	14	2	2	-	10
7	Тепловіддача при повздовжньому обтіканні пластини потоком рідини. Тепловіддача при поперечному обтіканні труб. Тепловіддача при природній течії. Теплообмін при випромінюванні. Закони теплового випромінювання. Радіаційно-конвекційний теплообмін. Теплообмінні апарати. Класифікація теплообмінних апаратів. Основи теплового розрахунку теплообмінних апаратів.	15	2	2	-	11
Разом за другим змістовним модулем		43	6	6	-	31
Всього годин		90	14	16	-	60

5 Структура навчальної дисципліни, ЗФН

№ з/п	Назви змістовних модулів та тем	Всього годин	у т.ч.			
			Лекції	Лабораторні	Практичні	Самостійна робота
1	2	3	4	5	6	7
1	Предмет технічної термодинаміки та її методи. Рівноважні та нерівноважні процеси. Внутрішня та повна енергія ТДС. Ентальпія та ентропія ТДС. Розрахунок кількості теплоти та роботи у процесі. Перше	12	-	1	-	11

	начало термодинаміки та його математичне представлення.					
2	Термодинамічні процеси з ідеальним газом. Зображення процесів роботи та передачі тепла на діаграмах. Політропні процеси.	12	-	2	-	10
3	Другий і третій закони термодинаміки. Теплові двигуни та холодильні машини. Математичне формулювання другого закону термодинаміки. Максимальна робота. Поняття ексергії. Формулювання II закону на мові ексергії та анергії. Статистичний зміст II закону. Ексергічний аналіз. Ексергія маси, потоку та теплоти. Ексергічні баланси і ККД ПСУ. Третій закон термодинаміки та границі його застосування.	12	1	1	-	10
4	Реальні гази. Властивості реальних газів. Рівняння стану Ван-дер-Ваальса. Фазові переходи. Рівняння стану водяної пари. P-v, T-s та h-s діаграми водяної пари. Вологе повітря та його характеристики. Розрахунок характеристик вологого повітря. h-d діаграма вологого повітря. Розрахунок процесів утворення сумішей, сушіння, нагріву та охолодження.	15	1	-	-	14
5	Термодинамічний аналіз роботи теплових машин. Класифікація циклів. Характеристики ефективності прямих і зворотних циклів. Цикли Карно. ККД прямого циклу та холодильний коефіцієнт зворотного. Закон нерозривності потоку. Технічна робота. Сопла та дифузори. Класифікація і принципи роботи компресорів. Термодинаміка нагнітання. Багатоступеневе нагнітання.	12	1	1	-	10

6	Основи теплообміну. Види переносу тепла: теплопровідність, конвекція і випромінювання. Закони переносу тепла. Диференціальні рівняння теплообміну. Теплопровідність в стаціонарному режимі одношарової та багатшарової пластин. Моделювання тепловіддачі. Конвективний теплообмін. Теплопередача.	12	-	1	-	11
7	Тепловіддача при повздовжньому обтіканні пластини потоком рідини. Тепловіддача при поперечному обтіканні труб. Тепловіддача при природній течії. Теплообмін при випромінюванні. Закони теплового випромінювання. Радіаційно-конвекційний теплообмін. Теплообмінні апарати. Класифікація теплообмінних апаратів. Основи теплового розрахунку теплообмінних апаратів.	15	1	-	-	14
Всього годин		90	4	6	-	80

6 Теми лабораторних занять

№ п/п	Зміст занять	Кількість годин	
		ДФН	ЗФН
I змістовний модуль			
Фізичні властивості та характеристики термодинамічних систем (робочих тіл)			
1	Вступне заняття. Інструктаж з техніки безпеки	2	
2	Перевірка чинності рівнянь стану та основних законів ідеального газу	2	2
3	Вивчення теплоємностей газів	2	1
4	Дослідження термодинамічних процесів	2	-
5	Дослідження політропних процесів	2	-
Разом за першим змістовним модулем		10	3

II змістовний модуль

Аналіз потоку речовини. Термодинамічний аналіз роботи теплових машин.
Основи теплообміну. Теплообмін при випромінюванні. Теплообмінні апарати.

6	Дослідження процесів з водяною парою	2	1
7	Дослідження процесів сушіння	2	1
8	Дослідження процесів у поршневому компресорі	2	1
Разом за другим змістовним модулем		6	3
Разом		16	6

7 Самостійна робота

Розподіл годин самостійної роботи для студентів денної та заочної форм навчання:

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

- для денної форми навчання - **30 год.;**
- для заочної форми навчання - **10 год.;**
- підготовка до контрольних заходів - 8 год. на кредит ЄКТС– **16 год.**

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

Тема	Зміст занять	Кількість годин	
		ДФН	ЗФН
I змістовний модуль			
Фізичні властивості та характеристики термодинамічних систем (робочих тіл)			
1	Внутрішня та повна енергії ТДС. Ентальпія та ентропія ТДС. Розрахунок кількості теплоти та роботи у процесі. Перше начало термодинаміки та його математичне представлення.	2	5
2	Суміші ідеальних газів. Рівняння стану для суміші газів.	2	5
3	Теплоємність та її види. Диференційні співвідношення між теплоємностями. Теплоємності сумішей. Розрахунок теплоти у процесі за теплоємностями.	2	5
4	Термодинамічні процеси з ідеальним газом. Зображення процесів роботи та передачі тепла на діаграмах. Політропні процеси.	2	5
5	Другий і третій закони термодинаміки. Поняття ексергії. Диференційні рівняння термодинаміки. Теплові та холодильні машини.	3	5
6	Реальні гази та їх рівняння стану. Фазові переходи.	2	5

	Рівняння стану водяної пари. P-v, T-s та h-s діаграми водяної пари. Процеси з водяною парою та їх розрахунок		
7	Вологе повітря. H-d діаграма вологого повітря. Розрахунок процесів змішування, нагріву, охолодження та сушіння.	2	5
Разом за першим змістовним модулем		15	35
II змістовний модуль			
Аналіз потоку речовини. Термодинамічний аналіз роботи теплових машин. Основи теплообміну. Теплообмін при випромінюванні. Теплообмінні апарати.			
8	Сопла та дифузори. Сопло Лаваля та його розрахунок. Дроселювання газів та пари. Температура інверсії.	2	5
9	Класифікація і принципи роботи компресорів. Термодинаміка нагнітання. Багатоступеневе нагнітання	2	5
10	Цикл Карно та його ККД. Еквівалентний та регенеративний цикли Карно. Термодинамічна шкала температур.	2	5
11	Закони переносу тепла. Диференціальні рівняння теплообміну. Стаціонарна теплопровідність одношарової та багатшарової пластин. Моделювання тепловіддачі. Конвективний теплообмін. Теплопередача.	2	5
12	Тепловіддача при повздовжньому обтіканні пластини потоком рідини. Тепловіддача при поперечному обтіканні труб. Теплообмін при випромінюванні. Закони теплового випромінювання. Радіаційно-конвекційний теплообмін.	3	5
13	Основні теплоізоляційні матеріали та їх характеристики. Методи розрахунку та вибір матеріалу теплоізоляції. Критичний діаметр при теплоізоляції труб.	2	5
14	Теплообмінні апарати. Класифікація теплообмінних апаратів. Принципи теплового розрахунку теплообмінних апаратів. Гідромеханічний розрахунок теплообмінних апаратів.	2	5
Разом за другим змістовним модулем		15	35
Разом		30	70

8 Індивідуальна навчально-дослідна робота

Навчальним планом не передбачена

9 Методи навчання

Для викладання лекційного курсу розроблений курс лекцій у цифровій формі та ілюстративний матеріал, який роздається студентам. Здійснюється аналіз та обґрунтування проблемних питань. Лабораторні роботи ви-



конуються на установках, а деякі моделюються за допомогою комп'ютерів за заданими програмами в середовищі MathCad. На лекційних заняттях використовуються в повному обсязі мультимедійні засоби.

10 Методи контролю

Контроль знань студентів з навчальної дисципліни здійснюється в усній і письмовій формах. Контрольні завдання за змістовим модулем включають теоретичну частину (тестові завдання) і практичну частину (розрахункові задачі).

Контроль роботи студентів виконується за такими видами робіт:

- засвоєння лекційного матеріалу – перевіркою відповідей на контрольні питання в конспекті лекцій;
- поточне тестування після вивчення кожного змістового модуля;
- підготовка та презентація реферату, міні лекції за питаннями, що не розглядалися на лекційних заняттях;
- участь в конкурсах, олімпіадах; підсумковий залік.

Усі форми контролю включені до 100-бальної шкали оцінювання.

Підсумковий контроль знань студентів денної форми навчання робиться в кінці 2-го семестру шляхом складання заліку.

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

1. Розрахункові завдання, задачі (у % від кількості балів, виділених на завдання із заокругленням до цілого числа):

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 виконане повністю і вчасно, проте містить окремі несуттєві недоліки (розмірності, висновки, оформлення тощо);

100% - завдання виконано правильно, вчасно і без зауважень.

2. Ситуаційні вправи, конкретні ситуації та інші завдання творчого характеру, (у % від кількості балів, виділених на завдання із заокругленням до цілого числа):

0% - завдання не виконано;

40% - завдання виконано частково, висновки не аргументовані і не конкретні, звіт підготовлено недбало;

60% - завдання виконано повністю, висновки містять окремі недоліки, судження студента не достатньо аргументовані, звіт підготовлено з незначним відхиленням від вимог;

80% — завдання виконано повністю і вчасно, проте містить окремі несуттєві недоліки не системного характеру;

100% - завдання виконано правильно, вчасно і без зауважень.



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

Поточне тестування та самостійна робота							Сума
Змістовний модуль 1				Змістовний модуль 2			
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	100
14	15	14	14	15	14	14	

12 Шкала оцінювання

Сума балів за всі види 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

13 Методичне забезпечення

Методичне забезпечення навчальної дисципліни складається з:

1. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Технічна термодинаміка» для студентів спеціальності 6.050602 «Гідроенергетика». Частина 1 / І.П. Трофимчук, О.П. Костюк, - Рівне: НУВГП, 2013 р. - 44 с. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/042-127/eprint/6876>

2. Термодинаміка. Конспект лекцій. Кочмарський В.З. (на електронному та паперовому носіях) для всіх тем курсу, у тому числі теми для самостійного вивчення.

3. Пакети тестів до кожної теми та загалом для всього курсу дисципліни.

4. Програмне забезпечення дисципліни для розрахунків на ЕОМ.

5. Тестова програма перевірки знань студентів «TEST TTD».

14 Рекомендована література

Базова

1. Буляндра О. Ф. Технічна термодинаміка / О. Ф. Буляндра. - К.: Техніка, 2006.- 319 с.

2. Константінов С. М. Технічна термодинаміка / С. М. Константінов. - К.: Політехніка, 2001. - 368 с.

3. Чепурний М. М., Ткаченко С. И. Основи технічної термодинаміки / М. М. Чепурний, С. Й. Ткаченко. - Вінниця: Політехніка, 2004. -310 с.



4. 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/>.

5. 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/>.

6. 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/>.

7. Алабовский А. Н. Техническая термодинамика и теплопередача / А. Н. Алабовский. - К.: Вища школа, 1990. - 224 с.

Допоміжна

1. Ривкин. С. Л. Теплофизические свойства воды и водяного пара. Справочник / С. Л. Ривкин, А. А. Александров. - Москва: Энергия, 1984. - 80 с.

2. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: Справочник / Под общ. ред. В. А. Григорьева и В. М. Зорина. - М.: Энергоиздат, 1983. - 552 с.

3. Ривкин С. Л. Термодинамические свойства газов. Справочник. 4-е изд. / С. Л. Ривкин. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 288 с.

4. Російсько-український словник з теплотехніки та газотехніки. 2- ге вид. Укл. Шелудько І.М. Київ, - Техніка. -1991.

5. Куличенко В.Р. Справочник по теплообменным расчетам. Киев. - Техника, 1990.

6. Ахаров А.М. и др. Теплотехника. Ред. В.И. Крутов. М., - Машиностроение. - 1986.

7. Константінов С.М., Луцик Р.В. Збірник задач з технічної термодинаміки, Київ. - 2002.

15 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://lib.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/>.

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>.



Національний університет

водного

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