



Міністерство освіти і науки України
Національний університет
водного господарства

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. Лагоднюк

“___”_____ 2018 р.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

01 – 06 – 28

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

„Низькоексергетичні опалювальні системи”

„ Lowexergy space heating ”

спеціальність 144 „Теплоенергетика”

specialty 144 „Heat power engineering”

Робоча програма „Низькоенергетичні опалювальні системи” для студентів спеціальності 144 „Теплоенергетика” другого (магістерського) рівня підготовки. – Рівне: НУВГП, 2018. – 15 с.

Розробник: В. Середа, канд. техн. наук, доцент кафедри гідроенергетики, теплоенергетики та гідравлічних машин.

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

Протокол № 1 від 03 вересня 2018 року.

Завідувач кафедри ГЕ, ТЕ та ГМ _____ (О. Рябенко)

Схвалено науково-методичною комісією за спеціальністю 144 „Теплоенергетика”.

Протокол № 1 від 26 вересня 2018 року.

Голова науково-методичної комісії _____ (В. Кочмарський)

Вступ



Національний університет

заочно-дистанційного
навчання економіки, права та менеджменту

Програма навчальної дисципліни «Низькоексергетичні опалювальні системи» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістрів спеціальності 144 «Теплоенергетика».

Предметом вивчення навчальної дисципліни є формування теоретичних знань та практичних навичок при застосуванні методів прикладної термодинаміки у сфері створення теплового комфорту в приміщеннях будинку.

Міждисциплінарні зв'язки: дисципліна «Низькоексергетичні опалювальні системи» є складовою частиною циклу професійної підготовки магістрів спеціальності «Теплоенергетика» і її вивчення передбачає наявність ґрунтовних знань із раніше вивчених дисциплін: «Технічна термодинаміка» та «Тепломасообмін». Отримані знання використовуються під час вивчення дисциплін «Теплонасосні установки та їх використання», курсового проектування та виконання кваліфікаційної магістерської роботи.

Вимоги до знань та умінь визначаються галузевими стандартами вищої освіти України.



Національний університет
заочно-дистанційного навчання економіки, права та менеджменту
та природокористування

Анотація

Як показує інженерна практика, спеціалістам, які працюють у сфері теплоенергетики, необхідні знання з використання методів прикладної термодинаміки при створенні та експлуатації систем забезпечення теплового комфорту у приміщеннях, зокрема опалювальних систем, як одних з найбільш поширених технологій теплоенергетичної галузі. Тому вивчення дисципліни «Низькоексергетичні опалювальні системи» є важливою ланкою у системі підготовки спеціалістів у сфері теплоенергетики.

Дисципліна «Низькоексергетичні опалювальні системи» є однією з профільюючих дисциплін професійної підготовки, що вивчають студенти-теплоенергетики. Отримані знання використовуються при курсовому проектуванні та виконанні магістерських робіт, присвячених тематиці холодо- та теплотзабезпечення будівель.

Робоча програма розрахована на студентів, які навчаються за спеціальністю 144 «Теплоенергетика» другого (магістерського) рівня.

Ключові слова: методи прикладної термодинаміки, ексергетичний аналіз, опалювальні системи, тепловий комфорт.

Abstract

As engineering practice shows, specialists working in the field of thermal engineering need to have knowledge of the application of engineering thermodynamics methods for design and operation of systems creating a comfortable indoor environment, in particular, space heating systems as one of the most wide spread technologies in thermal engineering. Therefore, the study of the discipline “Lowexergy space heating” is an important step in the training of specialists in thermal engineering.

Discipline “Lowexergy space heating” is a very important discipline of vocational training of students in thermal engineering. The obtained knowledge can be used for preparing semester and master’s projects devoted to cooling and heating of building environment.

The work program is designed for students studying in the specialty 144 “Thermal engineering” of the second (Master’s) level.

Keywords: methods of engineering thermodynamics, exergetic analysis, space heating, thermal comfort.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навч. дисципліни	
		денна форма навч.	заочна форма навч.
Кількість кредитів – 4,0	Галузь знань 14 „Електрична інженерія”	Цикл професійної підготовки	
Модулів - 2	Спеціальність 144 „Теплоенергетика”	Рік підготовки	
Змістових модулів - 2		1	1
Індивід. науково-досл. завдання – курсовий проект		Семестр	
		1	1
Загальна кількість годин - 120		Лекції	
		28 год.	2 год.
	Практичні		
Тижневих годин для денної форми навч.: аудитор. – 3 СРС – 3	Рівень вищої освіти: другій (магістерський)	Лабораторні	
		14 год.	10 год.
		Самостійна робота	
		44 год.	74 год.
		Індивідуальні завдання:	
		34 год.	34 год.
		Вид контролю	
		іспит	іспит

Примітка.

Співвідношення кількості аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи складає:

- для денної форми навчання - 35% до 65%;
- для заочної форми навчання - 10% до 90%;

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета навчальної дисципліни «Низькоексергетичні опалювальні системи» — ознайомлення із застосуванням сучасних методів прикладної термодинаміки при створенні та експлуатації систем холодо- та теплозабезпечення будівель.

Завдання навчальної дисципліни «Низькоексергетичні опалювальні системи» — набуття практичних навичок із застосування методів прикладної термодинаміки та ексергетичного аналізу при розв'язанні різноманітних задач створення та експлуатації систем холодо- та теплозабезпечення будівель.

У результаті вивчення дисципліни студент повинен:

знати: теоретичні основи застосування методів прикладної термодинаміки, ексергетичного аналізу при оцінюванні опалювальних систем;

вміти: здійснювати раціональний вибір низькоексергетичних опалювальних систем, джерел генерації енергії у таких системах; визначати ексергетичну ефективність низькоексергетичних систем опалення; здійснювати оцінку, вибір та розробку різних технічних рішень, які дозволяють скоротити знищення ексергії та забезпечують удосконалення опалювальних системи.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Основи ексергетичного підходу.

Тема 1. Ексергетичний підхід до економії енергоресурсів в системах холодо- та теплозабезпечення будівель.

Два підходи до проблем енергозбереження. Принципи зменшення втрат ексергії.

Тема 2. Ексергетичний баланс організму людини.

Складові енергетичного балансу організму людини. Складові ексергетичного балансу організму людини.

Тема 3. Визначення потреб ексергії для теплозабезпечення будівель.

Визначення потреб енергії для теплозабезпечення будівлі. Обґрунтування стаціонарного підходу при розрахунку потреб енергії для теплозабезпечення будівлі. Детальний та спроще-

ний методі із визначення потреб ексергії для теплозабезпечення будівлі. Динамічний та стаціонарний підхід з розрахунку ексергетичних характеристик із забезпечення комфортних умов у приміщеннях.

Тема 4. Низькоексергетичні опалювальні прилади та їх особливості.

Основна тенденція розвитку опалювальної техніки. Ексергетичний ККД опалювального приладу. Види передачі теплоти від опалювальних приладів. Традиційні опалювальні прилади. Низькоексергетичні (низькотемпературні) опалювальні прилади.

Тема 5. Доцільність використання низькоексергетичних опалювальних приладів.

Опалювальні котельні. Теплонасосні установки. Когенераційні системи опалення.

Змістовий модуль 2. Оцінка ефективності технологічних рішень при переході на низькоексергетичні опалювальні системи

Тема 6. Термодинамічна ефективність роботи конденсаційних котлів з низькоексергетичними опалювальними приладами.

Основна задача конденсаційної технології. Температура точки роси. Тепловий баланс конденсаційного котла. Економія палива при використанні конденсаційних котлів в загальному вигляді.

Тема 7. Термодинамічна ефективність теплонасосних низькоексергетичних систем опалення.

Показники ефективності елементів і циклу теплового насосу. Аналіз термодинамічної ефективності теплового насосу методом циклів. Коефіцієнт перетворення теплонасосної системи теплопостачання. Визначення ефективності використання теплонасосних низькоексергетичних систем опалення.

Тема 8. Перехід на низькотемпературні системи опалення при тепловій ізоляції будівлі.

Забезпечення збалансованого обігріву при теплоізоляції будівлі. Економія палива в результаті покращення теплоізоляційних характеристик будівлі.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна/заочна форма				
	усь ого	лек- ції	пр. зан.	інд. роб.	сам. роб.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовий модуль 1. Основи ексергетичного підходу					
Тема 1. Ексергетичний підхід до економії енергоресурсів в системах	12	2/1	-/-	-/-	10/11
Тема 2. Ексергетичний баланс організму людини	16	4/-	2/1	-/-	10/15
Тема 3. Визначення потреб ексергії для теплозабезпечення будівель	14	2/-	2/1	10/10	-/3
Тема 4. Низькоексергетичні опалювальні прилади та їх особливості	12	2/-	-/-	6/6	4/6
Тема 5. Доцільність використання низькоексергетичних опалювальних приладів	12	4/-	-/-	-/-	8/12
Разом за зміст. модулем 1	66	14/1	4/2	16/16	32/47
Змістовий модуль 2. Оцінка ефективності технологічних рішень при переході на низькоексергетичні опалювальні системи					
Тема 6. Термодинамічна ефективність роботи конденсаційних котлів з низькоексергетичними опалювальними приладами	16	4/-	2/2	6/6	4/8

1	2	3	4	5	6
Тема 7. Термодинамічна ефективність теплонасосних низькоексергетичних систем опалення	18	4/-	4/4	6/6	4/8
Тема 8. Перехід на низькотемпературні системи опалення при теплової ізоляції будівлі	20	6/1	4/2	6/6	4/11
Разом за зміст. модулем 2	54	14/1	10/8	18/18	12/27
Модуль 2					
ІНДЗ	34			34	
Усього годин	120	28/2	14/10	34	44/74

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	К-сть год.	
		д.ф.	з.ф.
1	Тема 2. Ексергетичний баланс організму людини.	2	1
2	Тема 3. Визначення потреб ексергії для теплозабезпечення будівель	2	1
3	Тема 6. Термодинамічна ефективність роботи конденсаційних котлів з низькоексергетичними опалювальними приладами	2	2
4	Тема 7. Термодинамічна ефективність теплонасосних низькоексергетичних систем опалення	4	4
5	Тема 8. Перехід на низькотемпературні системи опалення при теплової ізоляції будівлі	4	2
Усього:		14	10

6. Самостійна робота

Розподіл годин самостійної роботи для студентів денної форми навчання:

- ✓ підготовка до ауд. занять (0,5 год./1 год. зан.) – **20 год.**;
- ✓ підготовка до контр. заходів (6 год. на 1 кр. ЄКТС)– **24 год.**

7. Індивідуальне навчально-дослідне завдання



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Індивідуальне навчально-дослідне завдання передбачено навчальним планом у вигляді курсового проекту на тему: «Ексергетичний аналіз системи теплозабезпечення будинку».

На виконання курсового проекту відводиться 34 години навчального навантаження.

Мета курсового проекту – закріпити знання, набуті студентами при вивченні теоретичного курсу, вивчити методи розрахунку ексергетичних параметрів елементів системи теплозабезпечення будинку, розвинути навички самостійного розв'язування конкретних практичних задач, використання технічної літератури. Курсовий проект студентами денної та заочної форми навчання виконується в 1 семестрі. Обсяг пояснювальної записки становить приблизно 25...30 сторінок формату А4.

Курсовий проект має такий зміст і структуру

Вступ.

1. Розрахунок втрат енергії шляхом теплопровідності.
2. Розрахунок витрат енергії на нагрів вентиляційного повітря.
3. Розрахунок надходжень енергії.
4. Розрахунок потреб енергії у формі теплоти.
5. Параметри генератора теплоти.
6. Результати ексергетичних розрахунків.
7. Характеристики ексергетичних параметрів.
8. Результуючі показники.

Перелік посилань.

Графічна частина курсового проекту – два аркуші креслень формату А1 (компоновка обладнання низькоексергетичної системи теплозабезпечення будинку)

8. Методи навчання

На лекційних заняттях використовуються опорні конспекти лекцій та слайди мультимедійної презентації.

На практичних заняттях студенти здобувають навички розрахунків ексергетичних характеристик компонентів системи теплозабезпечення, навчаються користуватись довідковою літературою.

9. Методи контролю

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

- наявність лекційного матеріалу – шляхом перегляду конспектів;
- робота на практичних заняттях – шляхом усного опитування і перевірки виконаних практичних завдань;
- поточне тестування з використанням ПК (два поточні модулі) після вивчення кожного змістового модуля.

Підсумковий контроль знань відбувається на іспиті з використанням ПК (підсумковий модуль).

Контроль виконання курсового проекту включає поточний контроль за виконанням розрахунків, розробкою графічної частини та захист перед комісією.

Для контролю знань студентів використовується система зі 100 бальною шкалою оцінювання.

10. Розподіл балів, які отримують студенти

10.1. При поточному та підсумковому тестуванні (екзамен)

Поточне тестування та самостійна робота								Екзам- ен	Сума
Змістовий модуль 1				Змістовий мо- дуль 2					
30				30					
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	40	100
5	5	10	5	5	10	10	10		

T1, T2... T8 – теми змістовних модулів

10.2. За виконання курсового проекту

Пояснюваль- на записка	Графічна частина	Захист проекту	Сума
40	20	40	100

Шкала оцінювання

Сума балів за всі форми навч. діяльн.	Оцінка (іспит, курсовий проект)
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

11. Методичне забезпечення

Методичне забезпечення навчальної дисципліни включає:

- ✓ Методичні рекомендації до практичних занять, контрольних та самостійних робіт із дисципліни «Установки та обладнання об'єктів теплоенергетики» для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика». Розділ «Розрахунок установок систем тепlopостачання». (шифр 01-06-20).

Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua/5505>

- ✓ Методичні вказівки до практичних занять, контрольних та самостійних робіт з дисципліни «Теплові насоси та їх використання» для магістрів спеціальності 8.05060101 «Теплоенергетика». (шифр 01-07-09).

Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua/2302/>

- ✓ конспект лекцій на паперовому та електронному носіях;
- ✓ комплект слайдів мультимедійної презентації;
- ✓ роздатковий матеріал до виконання практичних робіт та курсового проекту.

12. Рекомендована література

Базова

1. Кудея П.П. Низькоексергетичні опалювальні системи / П.П. Кудея, А.С. Соломаха. – К.:НТУУ «КПІ», 2015. – 153 с.

2. Куделя П.П. Методи термодинамічного аналізу установок та систем: конспект лекцій / А. П.П. Куделя. – К.:НТУУ «КПІ». – 127 с.
3. Эксергетические расчеты технических систем: справ. пособие / В.М. Бродянский, Г.П. Верхивкер, Я.Я. Карчев и др.; под ред. А.А. Долинского и В.М. Бродянского. – Киев.: Наукова думка, 1991. – 361 с.
4. Бродянский В.М. Эксергетический метод и его приложения / В.М. Бродянский, В. Фратшер, К. Михалек. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 288 с.
5. Torio, H., D. Schmidt, S. C. Jansen, M. Shukuya, A. Angelotti, P. Benz-Carlstrom, T. Iwamatsu, G. Johannesón, M. Molinari, F. Meggers, M. d. Carli, P. G. Cesaratto, L. Kranzl, P. Caputo, P. Op't Veld, M. Ala-Juusela and D. Solberg (2011). IEA ECBCS Annex 49 Final Report - Low Exergy Systems for High-Performance Buildings and Communities - Detailed Exergy Assessment Guidebook for the Built Environment. Stuttgart, Germany, Fraunhofer Verlag (available online from www.annex49.com).
6. Hepbasli A. Low exergy (LowEx) heating and cooling systems for sustainable buildings and societies [Text] / A. Hepbasli // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2012. - Volume 16. – P. 73–104.
7. Tori'o H. Exergy analysis of renewable energy-based climatisation systems for buildings: A critical view [Text] / H. Tori'o, A. Angelotti, D. Schmidt // Energy and Buildings. – 2009. - Volume 41, Issue 3. – P. 248 – 271.
8. Волощук В.А. Методологічні підходи до створення низькоексергетичних систем теплозабезпечення об'єктів житлово-комунального сектору / В.А. Волощук // Економічна безпека територіально-виробничих комплексів: енергетика, екологія, інформаційні технології: монографія / Коцко Т. А., Чеховська М. М., Лісовські О. Л. [та ін.]; за наук. ред. д.т.н., проф. Лук'яненка С. О., к.е.н., доц. Караєвої Н. В. – К. : «МП Леся», 2015. – 256 с.
9. Voloshchuk V. A. Effect of variation of operational regimes in building environment on results of its energy and exergy assesments / V. A. Voloshchuk // Civil and Environmental Engineering Reports. – 2017. – 24(1). – С. 145–158.

10. Волощук В.А. Потреби енергії та ексергії на теплозабезпечення будинків з різними теплотехнічними характеристиками / В.А. Волощук, А.М. Рокочинський // Матеріали Дев'ятої міжнародної науково-практичної конференції "Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні", (6-7 квітня 2017, Львів) / НУ «Львівська політехніка». – Львів, 2017. – С. 265-269.

11. Voloshchuk V. A. Effect of variation of operational regimes in building environment on results of application of exergy-based methods / V. A. Voloshchuk // The 4th International Conference on Contemporary Problems of Thermal Engineering (CPOTE-2016). Program and Proceedings, Gliwice – Katowice, Silesia, Poland, September, 14-16, 2016. – Gliwice – Katowice, Silesia, 2016. – P. 313 - 322.

12. Низькопотенційна енергетика: навч. посіб. / А. О. Редько, М. К. Безродний, М. В. Загорученко, Г. С. Ратушняк, О. Ф. Редько, М. Г. Хмельнюк; МОН України, НТУ України «КПІ», ОНАХТ, ХНУБА, ВНТУ; за ред. А. А. Долинського. – Харків: ТОВ «Друкарня Мадрид», 2016. – 412 с.

Допоміжна

1. Ala-Juusela M. (ed), Technical editing by Rautakivi A. (2003) Heating and Cooling with Focus on Increased Energy Efficiency and Improved Comfort, Guidebook to IEA ECBCS Annex 37 – Low Exergy Systems for Heating and Cooling of Buildings, VTT.
2. Shukuya M. Exergy: Theory and Applications in the Built Environment / M. Shukuya. – London: Springer-Verlag, 2013. – 368 p.
3. Волощук В.А. Вплив мінливості погодно-кліматичного чинника на результати ексергетичної оцінки систем теплозабезпечення будівель. Збірник праць XVI Всеукраїнської науково-технічної конференції «Актуальні проблеми енергетики та екології», Одеса, ОНАХТ, 5-8 жовтня 2016 р. – с. 179 – 181.
4. Волощук В.А. Стічні води як джерело енергії у системах теплозабезпечення нового покоління / В.А. Волощук, О.О. Грицина // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки. - 2016. - № 27. - с. 63-70.
5. Волощук В.А. Методологія дослідження ексергетичних показників сонячного колектора / В.А. Волощук, В.В. Середа, А.М. Рокочинський // Відновлювана енергетика та енергое-

фективність у XXI столітті: робоча програма та тези доповідей XVII Міжнародної науково-практичної конференції, 29-30 вересня 2016 р., Київ, Україна / Національна академія наук України . – К.: НАНУ, 2016. – С. 369-374..

6. Волощук В.А., Мартиняк М.А., Мисак Й.С. Техніко-економічна оптимізація переходу на теплопостачання із використанням теплового насоса / Вісник Інженерної академії України. – 2014. – Вип. 2. – с.259–265.

7. Валяренко К.М., Василевський В.А. Аналіз економічної ефективності використання повітряних теплових насосів у системах теплопостачання комерційних організацій / Студентський вісник НУВГП. – 2016. – Вип. 1 (6). – С. 19-21.

8. Середа В.В. Аналіз економічної ефективності використання повітряних теплових насосів у системах вентиляції / В.В. Середа, Р.М. Шабасюк // Проблеми сучасної енергетики і автоматики і системі природокористування: матеріали VI Міжнар. наук.-техн. конф., 15–19 трав. 2017 р. – Київ, 2017. – С. 112–114.

9. Кравченко В.С., Кравченко Н.В. Санітарно-технічне обладнання будинків: Навч. посіб. Для студ. напр. підгот. 6.060.103 "Гідротехніка (водні ресурси)" / В.С.Кравченко, Н.В.Кравченко Обухов Є.В. – Рівне: НУВГП, 2010. – 120 с.

13. Інформаційні ресурси

1. Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського / (Електронний ресурс). **Режим доступу:** www.nbuv.gov.ua

2. Рівненська обласна універсальна наукова бібліотека – м. Рівне, майдан Короленка, 6. / (Електронний ресурс]. **Режим доступу:** <http://www.lib.rv.ua/>

2. Наукова бібліотека НУВГП – м.Рівне, вул. О.Новака, 75. / (Електронний ресурс]. **Режим доступу:** nuwm.edu.ua/naukova-biblioteka

