

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ЕКОЛОГІЇ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор інженерного навчально-
наукового інституту

_____ Н.Г. Метеленко
(підпис) (ініціали та прізвище)

**ОСНОВИ ТЕПЛОВОЇ РОБОТИ КЛІМАТИЧНОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ
ТЕХНІКИ**

(назва навчальної дисципліни)

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

підготовки бакалавра
(назва освітнього ступеня)

очної (денної) та заочної (дистанційної) форм здобуття освіти
спеціальності 183 технології захисту навколишнього середовища
(шифр, назва спеціальності)

освітньо-професійна програма технології захисту навколишнього середовища
(назва)

Укладач Рижков В.Г., кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри прикладної екології та охорони праці ПЕОП

Обговорено та ухвалено
на засіданні кафедри _____

Протокол № _____ від “ _____ ” _____ 202_ р.
Завідувач кафедри _____
(підпис) Г.Б. Кожемякін
(ініціали, прізвище)

Погоджено
з навчально-методичним відділом

(підпис) (ініціали, прізвище)

Ухвалено науково-методичною радою
факультету _____

Протокол № _____ від “ _____ ” _____ 202_ р.
Голова науково-методичної ради
факультету _____
(підпис) Т.А. Шарапова
(ініціали, прізвище)

Погоджено з навчальною лабораторією
інформаційного забезпечення освітнього
процесу

(підпис) (ініціали, прізвище)

2021 рік

1. Опис навчальної дисципліни

1	2	3	
Галузь знань, спеціальність, освітня програма рівень вищої освіти	Нормативні показники для планування і розподілу дисципліни на змістові модулі	Характеристика навчальної дисципліни	
		очна (денна) форма здобуття освіти	заочна (дистанційна) форма здобуття освіти
Галузь знань <u>18 Виробництво та технології</u>	Кількість кредитів – 5	Вибіркова	
		Цикл дисциплін професійної підготовки	
Спеціальність <u>183 Технології захисту навколишнього середовища</u>	Загальна кількість годин – 150	Семестр:	
		4-й	-
Освітньо-професійна програма <u>Технології захисту навколишнього середовища</u>	*Змістових модулів – 8	Лекції	
		48 год.	-
Рівень вищої освіти: бакалаврський	Кількість поточних контрольних заходів –	Практичні	
		32год.	-
		Самостійна робота	
		70 год.	-
		Вид підсумкового семестрового контролю: екзамен	

**Кількість змістових модулів визначається за формулою: $ZM = (ZKK - 1K) \times 2$, де ZM – змістові модулі, ZKK – загальна кількість кредитів, $1K$ – 1 кредит, що відводиться на підсумковий семестровий контроль.*

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання дисципліни «Основи теплової роботи кліматичної та екологічної техніки» є формування у студента загальних основ з методів отримання, перетворення, передачі та використання теплової енергії, а також принципи дії і конструктивні особливості теплових машин, агрегатів і пристроїв, процеси нагрівання чи охолодження, які відбуваються в закритих середовищах та обладнанні. **Завданням** дисципліни є дати поняття про основні закони технічної термодинаміки та тепломасообміну, роботу теплотехнічних агрегатів, специфіку застосування цих закономірностей у галузі цивільної безпеки.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен набути таких результатів навчання (знання, уміння тощо) та компетентностей:

Заплановані робочою програмою результати навчання та компетентності	Методи і контрольні заходи
1	2
<p>Здатність обґрунтовувати, здійснювати підбір, розраховувати, проектувати, модифікувати, готувати до роботи та використовувати сучасну техніку і обладнання для захисту повітряного, водного середовищ, раціонального землекористування, поводження з відходами</p>	<p>Поточний контроль у формі опитування та тестування; розв'язання практичних завдань. Підсумковий теоретичний контроль у формі екзамену або тестування. Підсумкове практичне завдання у формі розв'язання задачі під час екзамену.</p>
<p>обґрунтовувати і підготувати рішення щодо вибору ефективних і екологічно безпечних методів збору, транспортування, знешкодження, зберігання та поховання відходів, в т.ч. токсичних і радіоактивних</p>	
<p>Здатність до розробки методів і технологій поводження з відходами та їх рециклінгу</p>	
<p>обґрунтовувати шляхи і методи знешкодження забруднювачів літосфери, зокрема переробки сміття і твердих відходів (механічна і механотермічна, магнітні методи збагачення, фізико-механічне видалення компонентів за участю рідкої фази тощо) для прийняття управлінських рішень</p>	
<p>обґрунтовувати вибір методів переробки відходів неорганічного та органічного</p>	

виробництва, лісопиляння та деревообробки для прийняття управлінських рішень	
Здатність до проектування систем і технологій захисту навколишнього середовища та забезпечення їх функціонування	
Здатність до забезпечення екологічної, техногенної та радіаційної безпеки.	
Здатність застосовувати набуті знання та вміння з вищої математики, креслення, хімії, фізики, механіки рідини та газів у професійній діяльності	
приймати управлінські рішення щодо шляхів і методів знешкодження забруднювачів літосфери, зокрема переробки сміття і твердих відходів	
обґрунтовувати та розробити проект реконструкції застарілих та недостатньо ефективних комплексів із утилізації та рекуперації токсичних і екологічно небезпечних відходів	

Міждисциплінарні зв'язки.

Навчальна дисципліна «Основи теплової роботи кліматичної та екологічної техніки» продовжує підготовку студента і базується на знаннях, отриманих при вивченні дисциплін «Фізика», «Хімія», «Вища математика», та служить підґрунтям для вивчення дисциплін «Теоретичні основи та техніка захисту повітряного басейну», «Теоретичні основи та техніка захисту водного басейну», «Утилізація вторинних енергетичних та сировинних ресурсів» та ін.

Вивчення дисципліни сприятиме успішному написанню відповідних розділів кваліфікаційної роботи бакалавра.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Основні поняття технічної термодинаміки

Параметри стану: температура, тиск, питомий об'єм. Теплота і робота, робоче тіло. Закони ідеальних газів: Бойля – Маріотта, Гей-Люссака, Шарля.

Змістовий модуль 2. Реальні гази

Поняття реального газу. Рівняння Ван-дер-Ваальса. Рівняння Боголюбова-Майєра. Рівняння Вукаловича-Новікова. Внутрішня енергія. Робота газу. Теплоємність.

Змістовий модуль 3. Перший і нульовий закони термодинаміки

Перший закон. Неможливість існування вічного двигуна 1-го роду. Нульовий закон. Рівноважні системи. Ентальпія. Ентропія. Процеси ідеальних газів.

Змістовий модуль 4. Другий і третій закони термодинаміки

Другий закон. Оборотні і необоротні процеси. Цикли. Цикл Карно. Цикли д.в.з. Цикли ГТУ. Цикл Ренкіна. Третій закон. Водяна пара. Насичена і перегріта пара. Is-діаграма водяної пари.

Змістовий модуль 5. Теплопровідність

Теорія теплопровідності. Закон Фур'є. Коефіцієнт теплопровідності. Теплопередача. Тепловий потік. Інтенсифікація теплопередачі. Теплова ізоляція.

Змістовий модуль 6. Конвекція і випромінювання

Основний закон конвективного теплообміну. Прикордонний шар. Числа подоби. Теплообмін випромінюванням. Абсолютно чорне тіло. Ступінь чорності. Перенесення променистої енергії в поглинаючому й випромінюючому середовищі.

Змістовий модуль 7. Теплообмінні апарати

Групи теплообмінників. Паливо, його характеристики. Теплота згорання – вища і нижча. Визначення витрат повітря та кількості продуктів згорання. Склад і кількість продуктів згорання.

Змістовий модуль 8. Паротурбінні установки, теплообмінники

Котлові установки. Тепловий баланс парового котла. Коефіцієнт корисної дії. Парові турбіни. Рекуператори. Регенератори.

4. Структура навчальної дисципліни

Змістовий модуль	Усього годин	Аудиторні (контактні) години					Самостійна робота, год		Система накопичення балів		
		Усього годин	Лекційні заняття, год		Практичні заняття, год		о/д ф.	з/дист ф.	Теор. зав-ня, к-ть балів	Практ. зав-ня, к-ть балів	Усього балів
			о/дф.	з/дист ф.	о/д ф.	з/дист ф.					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	15	10	6	-	4	-	3	-	3	4	7
2	15	10	6	-	4	-	3	-	3	4	7
3	15	10	6	-	4	-	3	-	3	4	7
4	15	10	6	-	4	-	3	-	3	4	7
5	15	10	6	-	4	-	3	-	4	4	8
6	15	10	6	-	4	-	3	-	4	4	8
7	15	10	6	-	4	-	3	-	4	4	8
8	15	10	6	-	4	-	3	-	4	4	8
Усього за змістові модулі	120	80	48	-	32	-	40	-	32	28	60
Підсумковий семестровий контроль екзамен	30						30				40
Загалом		150							100		

5. Теми лекційних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	Основні поняття технічної термодинаміки	6	-
2	Реальні гази	6	-
3	Перший і нульовий закони термодинаміки	6	-
4	Другий і третій закони термодинаміки	6	-
5	Теплопровідність	6	-
6	Конвекція і випромінювання	6	-
7	Теплообмінні апарати	6	-
8	Паротурбінні установки, теплообмінники	6	-
Разом		48	-

6. Теми практичних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	2	3	4
1	Основні поняття технічної термодинаміки	4	-
2	Реальні гази	4	-
3	Перший і нульовий закони термодинаміки	4	-
4	Другий і третій закони термодинаміки	4	-
5	Теплопровідність	4	-
6	Конвекція і випромінювання	4	-
7	Теплообмінні апарати	4	-
8	Паротурбінні установки, теплообмінники	4	-
Разом		28	-

7. Види і зміст поточних контрольних заходів *

№ змістового модуля	Вид поточного контрольного заходу	Зміст поточного контрольного заходу	Усього балів
1	2	3	5
1	Теоретичне завдання	Питання для підготовки. Параметри стану: температура, тиск, питомий об'єм. Теплота і робота, робоче тіло. Закони ідеальних газів: Бойля – Маріотта, Гей-Люссака, Шарля.	3
	Задачі за темою ЗМ 1	Задачі розв'язувати у системі СІ, оформлення згідно ДСТУ 3008: 2015 у паперовому або у електронному вигляді (у випадку дистанційного навчання)	4
Усього за ЗМ 1 контр. заходів	2		7
2	Теоретичне завдання	Питання для підготовки. Поняття реального газу. Рівняння Ван-дер-Ваальса. Рівняння Боголюбова-Майєра. Рівняння Вукаловича-Новікова. Внутрішня енергія. Робота газу. Теплоємність.	3
	Задачі за темою ЗМ 2	Задачі розв'язувати у системі СІ, оформлення згідно ДСТУ 3008: 2015 у паперовому або у електронному вигляді (у випадку дистанційного навчання)	4
Усього за ЗМ 2 контр. заходів	2		7
3	Теоретичне завдання	Питання для підготовки. Перший закон. Неможливість існування вічного двигуна 1-го роду. Нульовий закон. Рівноважні системи. Ентальпія. Ентропія. Процеси ідеальних газів.	3
	Задачі за темою ЗМ 3	Задачі розв'язувати у системі СІ, оформлення згідно ДСТУ 3008: 2015 у паперовому або у електронному вигляді (у випадку дистанційного навчання)	4
Усього за ЗМ 3 контр. заходів	2		7
4	Теоретичне завдання	Питання для підготовки. Другий закон. Оборотні і необоротні процеси. Цикли. Цикл Карно. Цикли д.в.з. Цикли ГТУ. Цикл Ренкіна. Третій закон. Водяна пара. Насичена і перегріта пара. Is-діаграма водяної пари.	3
	Задачі за темою ЗМ 4	Задачі розв'язувати у системі СІ, оформлення згідно ДСТУ 3008: 2015 у паперовому або у електронному вигляді (у випадку дистанційного навчання)	4

Усього за ЗМ 4 контр. заходів	2		7
5	Теоретичне завдання	Питання для підготовки. Теорія теплопровідності. Закон Фур'є. Коефіцієнт теплопровідності. Теплопередача. Тепловий потік. Інтенсифікація теплопередачі. Теплова ізоляція.	4
	Задачі за темою ЗМ 5	Задачі розв'язувати у системі СІ, оформлення згідно ДСТУ 3008: 2015 у паперовому або у електронному вигляді (у випадку дистанційного навчання)	4
Усього за ЗМ 5 контр. заходів	2		8
6	Теоретичне завдання	Питання для підготовки. Основний закон конвективного теплообміну. Прикордонний шар. Числа подоби. Теплообмін випромінюванням. Абсолютно чорне тіло. Ступінь чорності. Перенесення променистої енергії в поглинаючому й випромінюючому середовищі.	4
	Задачі за темою ЗМ 6	Задачі розв'язувати у системі СІ, оформлення згідно ДСТУ 3008: 2015 у паперовому або у електронному вигляді (у випадку дистанційного навчання)	4
Усього за ЗМ 6 контр. заходів	2	...	8
7	Теоретичне завдання	Питання для підготовки. Групи теплообмінників. Паливо, його характеристики. Теплота згорання – вища і нижча. Визначення витрат повітря та кількості продуктів згорання. Склад і кількість продуктів згорання.	4
	Задачі за темою ЗМ 7	Задачі розв'язувати у системі СІ, оформлення згідно ДСТУ 3008: 2015 у паперовому або у електронному вигляді (у випадку дистанційного навчання)	4
Усього за ЗМ 7 контр. заходів	2		8
8	Теоретичне завдання	Питання для підготовки. Котлові установки. Тепловий баланс парового котла. Коефіцієнт корисної дії. Парові турбіни. Рекуператори. Регенератори.	4
	Задачі за темою ЗМ 8	Задачі розв'язувати у системі СІ, оформлення згідно ДСТУ 3008: 2015 у паперовому або у електронному вигляді (у випадку дистанційного навчання)	4

Усього за ЗМ 8 контр. заходів	2		8
Усього за змістові модулі контр. заходів	32		60

Критерії оцінювання

Теоретичне завдання.

У разі виконання теоретичного завдання, якщо за контрольний захід максимальна кількість балів – 4, бали нараховуються за такою шкалою:

4 бали - виконання завдання відзначається повнотою. Студент володіє узагальненими знаннями з предмета, аргументовано використовує їх у нестандартних ситуаціях; вміє застосовувати вивчений матеріал для внесення власних аргументованих суджень у практичній діяльності. Студент має системні, дієві здібності у навчальній діяльності, користується широким арсеналом засобів доказу своєї думки, вирішує складні проблемні завдання; схильний до системно-наукового аналізу та прогнозування явищ; вміє ставити та розв'язувати проблеми.

- 3,9 - 3 бали - виконання завдання - повне з деякими огріхами. Студент вільно володіє вивченим матеріалом, зокрема, застосовує його на практиці; вміє аналізувати і систематизувати наукову та методичну інформацію. Використовує загальновідомі доводи у власній аргументації, здатен до самостійного опрацювання навчального матеріалу; виконує дослідницькі завдання, але потребує консультації викладача.

- 2,9 - 1 бал - виконання завдання відзначається фрагментарністю. Студент володіє навчальним матеріалом, виявляє здатність елементарно викласти думку. Студент володіє матеріалом на рівні окремих фрагментів; з допомогою викладача виконує елементарні завдання; контролює свою відповідь з декількох простих речень; здатний усно відтворити окремі частини теми, має фрагментарні уявлення про роботу з науково-методичним джерелом, відсутні сформовані уміння та навички.

- 0,9 - 0,1 балу — виконання завдання поверхневе, повністю або частково не відповідає темі. Теоретичний зміст курсу засвоєно слабо, необхідні практичні уміння роботи не сформовані.

- 0 балів – студент не виконав завдання.

У разі виконання теоретичного завдання, якщо за контрольний захід максимальна кількість балів – 3, бали нараховуються за такою шкалою:

3 бали - виконання завдання відзначається повнотою. Студент володіє узагальненими знаннями з предмета, аргументовано використовує їх у нестандартних ситуаціях; вміє застосовувати вивчений матеріал для внесення власних аргументованих суджень у практичній діяльності. Студент має системні, дієві здібності у навчальній діяльності, користується широким арсеналом засобів доказу своєї думки, вирішує складні проблемні завдання;

схильний до системно-наукового аналізу та прогнозування явищ; уміє ставити та розв'язувати проблеми.

- 2,9 - 2 бали - виконання завдання - повне з деякими огріхами. Студент вільно володіє вивченим матеріалом, зокрема, застосовує його на практиці; вміє аналізувати і систематизувати наукову та методичну інформацію. Використовує загальновідомі доводи у власній аргументації, здатен до самостійного опрацювання навчального матеріалу; виконує дослідницькі завдання, але потребує консультації викладача.

- 1,9 - 1 бал - виконання завдання відзначається фрагментарністю. Студент володіє навчальним, матеріалом, виявляє здатність елементарно викласти думку. Студент володіє матеріалом на рівні окремих фрагментів; з допомогою викладача виконує елементарні завдання; контролює свою відповідь з декількох простих речень; здатний усно відтворити окремі частини теми, має фрагментарні уявлення про роботу з науково-методичним джерелом, відсутні сформовані вміння та навички.

- 0,9 - 0,1 балу — виконання завдання поверхневе, повністю або частково не відповідає темі. Теоретичний зміст курсу засвоєно слабо, необхідні практичні вміння роботи не сформовані.

- 0 балів – студент не виконав завдання.

Практичне завдання

За розв'язання задачі бали нараховуються за такою схемою:

- 4 бали - студент правильно вирішив задачу;

-3,9-3 бали - студент вирішив задачу з незначними помилками;

-2,9 - 2 бали - студент правильно вписав формулу за якою вирішується задача та зробив спробу її вирішення;

-1,9 - 1 бал - студент правильно вписав формулу за якою вирішується задача;

0,9 - 0,1 - студент допустив значні помилки;

-0- студент не вирішив задачу.

Якщо студент не набрав на практичних заняттях допуск до екзамену, то він має право добирати бали на консультації.

8. Підсумковий семестровий контроль

Форма	Види підсумкових контрольних заходів	Зміст підсумкового контрольного заходу	Усього балів
Екзамен	Теоретичне завдання	Питання для підготовки за ЗМ 1 – 8 приведені у попередній таблиці (п. 7)	30
	Практичне завдання	Задача за темами ЗМ 1 - 16	10
Усього за підсумковий семестровий контроль			40

Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

Екзаменаційний білет містить два теоретичних питання, кожне з яких оцінюється в 15 балів (з урахуванням додаткових питань) і одну задачу.

Максимальна оцінка, яку студент може отримати за відповідь на одне теоретичне питання на екзамені, складає 15 балів.

Результат відповіді студента на кожне теоретичне питання оцінюється такою шкалою :

- 15 балів : високий рівень знань: відповідь повна, логічна з елементами самостійності; вдало використовується вивчений матеріал при наведенні прикладів; відповідь підкріплюється посиланнями на додаткову літературу.

- 14 - 12 балів : досить високий рівень знань і навичок: відповідь логічна, містить деякі неточності при формулюванні узагальнень, наведенні прикладів, наявні труднощі при формулюванні узагальнюючих висновків, слабке знання додаткової літератури.

- 11 - 9 балів : наявність знань лише основної літератури, студент відповідає по суті на питання і в загальній формі розбирається в матеріалі, але відповідь неповна і містить неточності, порушується послідовність викладання матеріалу, виникають труднощі, застосовуючи знання при наведенні прикладів.

- 8 - 6 бали : неповні знання студента основної літератури; студент лише в загальній формі розбирається в матеріалі, відповідь неповна і неглибока, недосить правильні формулювання, порушується послідовність викладання матеріалу, виникають труднощі при наведенні прикладів.

- 5 - 1 бал : студент не знає значної частини програмного матеріалу, допускає суттєві помилки при формулюванні та висвітленні понять, на додаткові питання відповідає не по суті, робить велику кількість помилок.

- 0 балів : студент не розкрив поставлені питання, не засвоїв матеріал в обсязі, достатньому для подальшого навчання.

Максимальна оцінка, яку студент може отримати за розв'язання задачі – 10 балів. Бали нараховуються за такою схемою:

- 10 бал - студент правильно вирішив задачу;
- 9 - 7 балів - студент вирішив задачу з незначними помилками;
- 6 - 4 балів - студент правильно вписав формули, рівняння за якими вирішується задача та зробив спробу її вирішення;
- 3 - 1 бал - студент в основному правильно вписав формули (рівняння) за якими вирішується задача;
- 0- студент не розв'язав задачу.

9. Рекомендована література

Основна:

1. Константинов С. М. Теоретичні основи теплотехніки [Текст]: підручник / С.М. Константинов, Є.М. Панов. - К. : Золоті ворота, 2012. - 592 с. – Бібліогр.: с. 589. - 30 прим. - ISBN 978-966-2246-24-7.
2. Драганов Б. Х. Теплотехніка [Текст] : підручник для студ. вищ. техн. навч. закл. / Б.Х. Драганов [та ін.]; За ред. Б.Х. Драганова. - К. : ІНКОС, 2005. - 504 с. - Бібліогр.: с. 589. – 100 прим. - ISBN 966-8347-

Додаткова:

1. Бэр Г. Д. Техническая термодинамика [Текст] / Г.Д. Бэр; пер. с нем. Є.А. Ашратова, О.А. Кардасевича; под. ред. В.М. Бродянского и Г.Н. Костенко. – М. : Мир, 1997. – 519 с. – Библиогр.: с. 513.
2. Сидельковский Л. Н., Юренов В.Н. Котельные установки промышленных предприятий [Текст]: учеб. для вузов. – 3-е изд., перераб. – М. : Энергоатомиздат, 1988. - 528с.: ил. - Библиогр.: с. 520. – Предм. указ.: с. 521 – 522. - 35000 экз.
3. Баскаков А. П. Теплотехника [Текст] / А.П. Баскаков, Б.В. Берг, О.К. Витт [и др.]; под ред. А.П. Баскакова. - 2-е изд., перераб. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 224 с.: ил. – Библиогр.: с. 220. - Предм. указ.: с. 221 – 222. – 60000 экз. - ISBN 5-283-00121-0.
4. Лариков Н. Н. Теплотехника [Текст]: учеб. для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1985. - 432с. : ил. - Библиогр.: с. 425. – Предм. указ.: с. 426 – 429. - 50000 экз.
5. Кривандин В.А. Филимонов Ю.П. Теория, конструкции и расчеты металлургических печей [Текст]. В 2 т. Т. 1. Теория и конструкции металлургических печей: учебник для техникумов / под ред. В.А. Кривандина. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Металлургия, 1986. - 479 с. – Библиогр.: с. 472. - Предм. указ.: с. 474 – 478. – 12560 экз.
6. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии [Текст]: учеб. пособие для вузов / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков; под. ред. П.Г. Романкова. – 10-е изд., перераб. и доп. - Л. : Химия, 1987. - 576 с.: ил. - Библиогр.: с. 502 - 509.
7. Элементарный учебник физики [Текст]. В 3 т. Т. 1. Механика. Теплота. Молекулярная физика: учеб. пособие / под ред. Г.С. Ландсберг. - 13-е изд., перераб. - М. : Физматлит, 2004. - 606 с. : ил. – 10000 экз. - ISBN 5-9221-0349-0.

Інформаційні джерела:

1. Термодинаміка – наука. URL :
<https://sites.google.com/site/funnyscienceftlua/home/fizika/termodinamika>
2. Предмет и метод термодинамики. URL :
<http://energetika.in.ua/ru/books/book-2/part-2/section-2/2-1>
3. Класифікація теплообмінних апаратів. URL :
<https://sites.google.com/site/osnoviteplotehnikitagidravliki/rozdil-tretij-teoria-teplomasoobminu/-3-5-teploobminni-aparati/1-klasifikacia-teploobminnih-aparativ>

