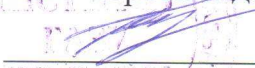


Національна академія наук України

ІНСТИТУТ ГАЗУ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор Інституту газу
НАН України
член-кореспондент НАН України

Г.В. Жук
«12» вересня 2024 р.

Технічна термодинаміка

РОБОЧА ПРОГРАМА
КРЕДИТНОГО МОДУЛЯ

підготовки _____ доктора філософії
(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)
спеціальності 144 “Теплоенергетика”
(шифр і назва)

Ухвалено Вченою радою Інституту газу
НАН України

Протокол № 7 від 12 вересня 2024 року

Голова _____ Г.В. Жук
(підпис) (ініціали, прізвище)
12.09.2024 року

Вводиться в дію з « 01 » жовтня 2024 року.

КИЇВ – 2024

Робоча програма кредитного модуля «Технічна термодинаміка» для аспірантів за спеціальністю 144 “Теплоенергетика”, галузі знань 14 «Електрична інженерія», третього освітньо-наукового рівня доктор філософії в галузі електричної інженерії, за денною/заочною формою навчання складена відповідно до програми навчальної дисципліни «Технічна термодинаміка»

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Директор, член-кореспондент НАН України, д.т.н., проф. Жук Геннадій Віліорович

(посада, наукова ступінь, вчене звання, ПІБ)

Н.с. Іванов Ю.В.

(посада, наукова ступінь, вчене звання, ПІБ)

1. Опис кредитного модуля

| Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень | Загальні показники | Характеристика кредитного модуля |
|--|---|---|
| Галузь знань <u>14 «Електрична інженерія»</u> (шифр і назва) | Назва навчальної дисципліни, до якої належить кредитний модуль <u>«Технічна термодинаміка»</u> | Форма навчання <u>денна / заочна</u> |
| Спеціальність <u>144 «Теплоенергетика»</u> | Кількість кредитів ECTS – <u>2</u> | Статус кредитного модуля <u>Нормативна частина підготовки</u> |
| Освітньо-кваліфікаційний рівень: <u>доктор філософії</u> | Кількість розділів – <u>2</u> | Цикл до якого належить кредитний модуль <u>Професійної підготовки</u> |
| | Індивідуальне завдання <u>Розрахункова робота</u> (вид) | Рік підготовки: 1-й Семестр: 1-й і 2-й |
| | Загальна кількість <u>60</u> год. | Лекції 10 год. Практичні (семінарські) 30 год. |
| | Тижневих годин: аудиторних – 2,0 CPA – 1,0 (семестр триває 10 тижнів) | Самостійна робота (CPA) <u>20</u> год. У тому числі на виконання індивідуального завдання <u>10</u> год. Вид та форма семестрового контролю: <u>Диференційований залік</u> |

Кредитний модуль «Технічна термодинаміка» входить до нормативної частини загальної підготовки та має важливе значення у підготовці фахівця з теплоенергетики. У структурно-логічній схемі програми підготовки з даного напрямку навчальна дисципліна «Технічна термодинаміка» забезпечує інші навчальні дис-

ципліни у програмі підготовки фахівця, які потребують знань, щодо технічної термодинаміки.

Загальний курс кредитного модуля «Технічна термодинаміка» становить невід'ємну складову наукової та інженерної освіти спеціаліста з теплоенергетики.

2. Мета та завдання кредитного модуля

2.1. Метою кредитного модуля є формування у аспірантів здатностей:

- логічного мислення, розвиток інтелектуальних здібностей;
- виховання у здобувачів науково-технічної культури, необхідної ерудиції та інтуїції у питаннях прикладного застосування інженерно фізичних знань;
- доводити розв'язок задачі до практично прийняттого результату – числа, графіка, якісного висновку із застосуванням довідників, таблиць, обчислювальних засобів;
- самостійно вивчати літературу з технічної термодинаміки;
- вироблення навичок аналізувати і застосовувати одержані результати.

2.2. Основні завдання кредитного модуля.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни аспіранти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

знання :

- першого та другого законів термодинаміки;
- основних термодинамічних циклів – циклу Карно, циклів паросилових установок, Ренкіна, регенеративного;
- циклів двигунів внутрішнього згоряння – Отто, Дизеля;
- циклів парових турбін;
- циклів холодильних установок;
- бінарних циклів;
- теплових насосів;

уміння:

- застосування циклу Карно до аналізу ефективності перетворення теплоти в роботу,
- проведення ентальпійного та ексергетичного аналізу теплових процесів та установок,
- моделювання процесів перетворення енергії у прямих та комбінованих (бінарних) циклах теплових установок;

досвід:

- навчитися працювати з інформаційними ресурсами, підручниками, довідниками та інш.;
- навчитися розв'язувати технічні задачі, одержані в результаті математичного моделювання процесів;
- використовувати методи технічної термодинаміки при розв'язуванні наукових, технологічних, управлінських та інших задач.

Інтегральна компетентність: Здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми у теплоенергетичній галузі професійної та/або дослідниць-

ко-інноваційної діяльності, застосовувати методологію наукової та педагогічної діяльності, а також проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

Загальні компетентності, яких набуває здобувач:

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК03. Здатність розв'язувати комплексні проблеми у сфері теплоенергетики на основі системного наукового світогляду та загального культурного світогляду із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності.

Спеціальні (фахові) компетентності, яких набуває здобувач:

С(Ф)К01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у сфері теплоенергетики та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках

С(Ф)К04. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру у сфері теплоенергетики, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень

С(Ф)К05. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в теплоенергетиці та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, проявляти лідерство під час їх реалізації.

С(Ф)К06. Здатність розуміти сучасні проблеми науково-технічного та екологічного аспектів розвитку енергетики, знати сучасні технології енерго-, еколого- та ресурсозбереження.

Програмні результати навчання (ПРН):

ПРН01. Мати передові концептуальні та методологічні знання з теплоенергетики і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з теплоенергетики, отримувати нові знання та/або здійснювати інновації.

ПРН05. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з теплоенергетики та дотичних міждисциплінарних напрямів із використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

ПРН06. Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми теплоенергетики з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.

ПРН09. Проводити критичний аналіз різних інформаційних джерел конкретних освітніх, наукових та професійних текстів в сфері обраної спеціальності; вміння виявляти теоретичні та практичні проблеми, а також дискусійні питання в конкретних освітніх, наукових та професійних текстах в сфері теплоенергетики, критично сприймати та аналізувати чужі думки та ідеї, шукати власні шляхи вирішення проблеми.

ПРН11. Знати закони термодинаміки, основні термодинамічні цикли – цикл Карно, цикли паросилових установок – Ренкіна, регенеративний цикл, цикли дви-

гунів внутрішнього згоряння – Отто, Дизеля, цикли парових турбін, цикли холодильних установок, бінарні цикли та теплові насоси.

Уміти застосовувати цикл Карно до аналізу ефективності перетворення теплоти в роботу, проводити ентальпійний та ексергетичний аналіз теплових процесів та установок, моделювати процеси перетворення енергії у прямих та комбінованих (бінарних) циклах теплових установок.

3. Структура кредитного модуля

| Назви змістових модулів і тем | Кількість годин | | | | |
|--|-----------------|--------------|-----------------|----------------------|-----|
| | Всього | у тому числі | | | |
| | | Лекції | Практ. (семін.) | Лаборант. (комп.пр.) | СРА |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Технічна термодинаміка | | | | | |
| <i>Змістовий модуль 1.</i> | | | | - | |
| <i>Тема 1.1. Технічна термодинаміка. Загальні визначення. Газові закони ідеальних газів.</i> | 8 | 2 | 4 | | 2 |
| <i>Тема 1.2. Термодинамічні системи та процеси. Внутрішня енергія та робота термодинамічного процесу. Теплоємність.</i> | 8 | 2 | 4 | | 2 |
| <i>Тема 1.3. Перший закон термодинаміки. Термодинамічні процеси ідеальних газів. Другий закон термодинаміки.</i> | 10 | 2 | 6 | | 2 |
| Разом за розділом 1 | 26 | 6 | 14 | - | 6 |
| <i>Змістовий модуль 2.</i> | | | | - | |
| <i>Тема 2.1. Водяна пара. Основні термодинамічні процеси водяної пари. Витікання газів та парів. Дроселювання газів і парів. Змішування газів. Вологе повітря.</i> | 10 | 2 | 6 | | 2 |
| <i>Тема 2.2. Цикли теплових двигунів. Компресори. Цикли двигунів внутрішнього згоряння. Цикли газотурбінних і паротурбінних ус-</i> | 12 | 2 | 6 | | 4 |

| | | | | | |
|---|-----------|-----------|-----------|---|-----------|
| <i>тановок. Цикли холодильних установок</i> | | | | | |
| Разом за розділом 2 | 22 | 4 | 12 | - | 6 |
| МКР | 4 | | 2 | | 2 |
| РГР | 4 | | | | 4 |
| Диференційовний залік | 4 | | 2 | | 2 |
| ВСЬОГО | 60 | 10 | 30 | | 20 |

4.Лекційні заняття

| № з/п | Назва теми лекції та перелік основних питань (посилання на літературу) |
|-------|--|
| 1 | <p>Технічна термодинаміка. Загальні визначення. Розділи термодинаміки. Робоча речовина (робоче тіло). Параметри стану. Питомий об'єм. Щільність. Тиск. Температура.</p> <p>Газові закони ідеальних газів. Модель ідеального газу. Основні газові закони. Закони Бойля-Маріотта та ГейЛюсака. Рівняння стану газу. Закон Авогадро.</p> <p>Термодинамічні системи та процеси. Термодинамічна система. Термодинамічний процес. Термодинамічна рівновага системи тіл. Рівноважні та нерівноважні процеси. Термодинамічні цикли.</p> <p>Суміш ідеальних газів. Поведінка ідеальних та реальних газів у суміші. Визначення фізичної суті парціального тиску, об'ємної та молярної долей. Газова стала суміші газів. Середня молярна маса суміші газів.</p> <p>Рекомендована література [1-7]</p> |
| 2 | <p>Внутрішня енергія та робота термодинамічного процесу . Закон збереження енергії. Внутрішня енергія робочого тіла. Функціональна залежність внутрішньої енергії ідеального та реального газу від різних параметрів. Робота термодинамічного процесу.</p> <p>Теплоємність. Основні визначення. Питомі (масова, об'ємна та молярна) теплоємності. Теплоємності при сталому обсязі або сталому тиску робочого тіла у термодинамічному процесі. Істинна та середня теплоємності робочої речовини. Теплоємність суміші ідеальних газів.</p> <p>Рекомендована література [1-7]</p> |
| 3 | <p>Перший закон термодинаміки. Перший закон термодинаміки для нерухомого робочого тіла. Перший закон термодинаміки для потоку. Ентальпія. Ентропія. TS- діаграма робочого тіла.</p> <p>Термодинамічні процеси ідеальних газів. Загальні положення. Методологія дослідження параметрів та протікання різних процесів (ізохорного, ізобарного, ізотермічного, адіабатного та теплоємкісного).</p> |

| | |
|---|---|
| | <p>Другий закон термодинаміки. Загальні положення 2-го закону термодинаміки. Кругові термодинамічні процеси (або цикли). Термічні ККД та холодильний коефіцієнт циклів. Прямий оборотний цикл Карно. Зворотний оборотний цикл Карно. Теорема Карно. Узагальнений (регенеративний) цикл Карно. Максимальна робота. Ексергія.</p> <p>Рекомендована література [1-7]</p> |
| 4 | <p>Водяна пара. Загальні положення. Особливості P- V діаграми водяної пари. Пограничні лінії рідини та сухої насиченої пари. Потрійна та критична точки. Основні параметри води та сухої насиченої пари. Основні параметри вологої насиченої водяної пари. Основні параметри перегрітої водяної пари. Ентропія води та водяної пари. T-S-діаграма води та її пари. Таблиця водяної пари. I-S діаграма водяної пари.</p> <p>Основні термодинамічні процеси водяної пари . Загальний метод дослідження термодинамічних процесів водяної пари. Термодинамічні процеси зміни стану водяної пари. Ізохорний процес. Ізобарний процес. Ізотермічний процес. Адіабатний процес. Політропний процес.</p> <p>Витікання газів та парів. Перший закон термодинаміки для потоку рухомого газу. Робота проштовхування. Подальший виток рівняння першого закону термодинаміки для потоку. Наявна робота при витіканні газу. Адіабатний процес витікання газу. Швидкість витікання та масова витрата ідеального газу із звуженого сопла. Критичний тиск. Критична швидкість та максимальна витрата ідеального газу. Витікання ідеального газу із комбінованого сопла Лавалю. Витікання водяної пари.</p> <p>Дроселювання газів і парів. Змішування газів. Дроселювання газів. Рівняння процесу дроселювання. Дроселювання Вандер-Ваальсового газу. Крива інверсії. Дроселювання (м'яття) водяної пари. Змішування газів. Змінювання ентропії ідеальних газів.</p> <p>Вологе повітря. Загальні визначення. Абсолютна вологість. Відносна вологість. Насичене вологе повітря. Основні параметри вологого повітря. I-d-діаграма вологого повітря. Рекомендована література [1-8]</p> |
| 5 | <p>Компресори. Одноступінчатий компресор. Робочий процес компресора. Визначення роботи на привід компресора. Коефіцієнт корисної дії компресора. Процеси стиснення в реальному компресорі. Багатоступінчатий компресор.</p> <p>Цикли двигунів внутрішнього згорання. Загальні визначення. Цикл з підводом теплоти у процесі $V=\text{const}$. Цикл з підводом теплоти у процесі $P=\text{const}$. Цикл зі змішаним підводом теплоти. Порівняння циклів поршневих двигунів внутрішнього згорання.</p> <p>Цикли газотурбінних і паротурбінних установок. Газотурбінні установки (ГТУ). Цикл ГТУ з підводом теплоти в процесі $P=\text{const}$. Цикл ГТУ з підводом теплоти в процесі $V=\text{const}$. Порівняння циклів ГТУ. Методи підвищення ККД ГТУ. Цикл Карно для водяної пари. Цикл Ренкіна. Вплив основних параметрів на ККД циклу Ренкіна. Цикл із вторинним перегрівом пари. Регенеративний цикл паротурбінної установки. Бінарні цикли. Основи теплофікації. Внутрішній відносний ККД парової турбіни. Ефективний ККД пароту-</p> |

| | |
|--|---|
| | рбінної установки. Цикли холодильних установок. Загальні поняття. Цикли повітряних, пароінжекторних та абсорбційних холодильних установок. Цикл парової компресорної холодильної установки. Глибоке охолодження. Тепловий насос. Рекомендована література [1-7] |
|--|---|

5. Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять: навчитися застосовувати теоретичні знання до розв'язування практичних задач, виробити навички роботи з інформаційними ресурсами і оволодіти методами «Технічної термодинаміки» для розв'язування задач, що виникають в результаті моделювання фізико-технічних та хіміко-технологічних процесів.

| № з/п | Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення ¹ , посилання на літературу та завдання на СРА) |
|-------|---|
| 1 | Основні параметри стану робочого тіла, рівняння стану ідеальних газів. Рекомендовані завдання на СРА [7, с.7] Рекомендована література [1-7] |
| 2 | Суміші ідеальних газів. Рекомендовані завдання на СРА [7, с.10] Рекомендована література [1-7] |
| 3 | Теплоємність газів. Рекомендовані завдання на СРА [7, с.14] Рекомендована література [1-7] |
| 4 | Основні функції стану робочого тіла, робота газу і перший закон термодинаміки. Рекомендовані завдання на СРА [7, с.21] Рекомендована література [1-7] |
| 5 | Змішення газів. Рекомендовані завдання на СРА [7, с.25] Рекомендована література [1-7] |
| 6 | Процеси зміни стану ідеальних газів. Рекомендовані завдання на СРА [7, с.31] Рекомендована література [1-7] |
| 7 | Водяний пар, таблиці і діаграми водяного пара. Рекомендовані завдання на СРА [7, с.43] Рекомендована література [1-7] |
| 8 | Процеси зміни стану водяного пара. Рекомендовані завдання на СРА [7, с.46] Рекомендована література [1-7] |

| | |
|-----------|--|
| 9 | Вологе повітря. Рекомендовані завдання на СРА [7, с.56] Рекомендована література [1-7] |
| 10 | Витікання і дроселювання газів і пари. Рекомендовані завдання на СРА [7, с.63] Рекомендована література [1-7] |
| 11 | Цикли теплових енергетичних процесів. Цикл Ренкіна. Регенеративний цикл. Газотурбінні установки Рекомендовані завдання на СРА [7, с.77] Рекомендована література [1-7] |
| 12 | Цикли холодильних установок. Рекомендовані завдання на СРА [7, с.87] Рекомендована література [1-7] |
| 13 | Цикли теплових насосів. Рекомендовані завдання на СРА [7, с.87] Рекомендована література [1-7] |
| 14 | МКР |
| 15 | Залік |

¹ Проведення практичних занять не передбачає застосування технічних дидактичних засобів. Основними дидактичними засобами на практичних заняттях є конспект лекцій, підручник, збірник задач.

6. Рекомендований перелік лабораторних робіт (комп'ютерних практикумів) Не передбачено.

7. Самостійна робота

Завдання на самостійну роботу аспіранта визначається лектором індивідуально за наслідками засвоєння тем лекцій та практичних (семінарських занять).

8. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання складаються з розрахункової роботи «Технічна термодинаміка» .

Основна ціль розрахункової роботи: закріпити знання, одержані на лекційних і практичних заняттях, продемонструвати вміння самостійно розв'язувати поставлені задачі.

Розрахункова робота передбачає вирішення аспірантами певної практичної задачі з матеріалу усього кредитного модуля на основі засвоєння теоретичного матеріалу, включає певний ілюстраційний матеріал і сприяє поглибленому засвоєнню методів розв'язку типових фізико-технічних та хіміко-технологічних задач, що мають прикладне значення. Методичні вказівки до виконання розрахункової роботи [5] є додатком до даної робочої програми та знаходяться у керівника відділу газових технологій.

9. Засоби діагностики успішності навчання

Поточними засобами діагностики семестрі є модульна контрольна робота (МКР).

МКР проводиться на практичному занятті і розрахована на 2 академічних години. Для проведення МКР здобувачам видаються контрольні завдання, які складаються з 5 задач. МКР проводиться письмово. Результати МКР оголошуються на наступному занятті. На МКР здобувачам не дозволяється користуватися ніякими матеріалами і засобами крім ручки та паперу.

Модульна контрольна робота виконується на такі теми:

МКР. «Технічна термодинаміка»

Мета модульної контрольної роботи – виявити рівень засвоєння відповідних модулів, підрахування балів за кредитно-модульною системою.

Контрольні завдання контрольної роботи зберігаються у вченого секретаря інституту.

Диференційовний залік з навчальної дисципліни є письмовим. Білети до заліку складаються з одного теоретичного та чотирьох практичних завдань.

На диференційовному заліку здобувачу не дозволяється користуватися ніякими додатковими матеріалами чи обладнанням окрім ручки та паперу.

Зразок залікового білету та завдання до нього додаються в додатку «Засоби діагностики результатів навчання».

З навчальної дисципліни диференційовний залік проводиться на останньому практичному занятті.

До заліку допускається здобувач, якій має стартові бали, не менші ніж 0,4 RD та виконав необхідні умови допуску до заліку або бажає покращити свою оцінку.

10. Методичні рекомендації

На основі навчальної програми складається робоча навчальна програма кредитного модуля «Технічна термодинаміка» для напряму підготовки 144. «Теплоенергетика» для денної/заочної форми навчання.

Строгість та детальність викладання розділів та тем навчальної програми вирішується відділом. Усі розділи навчальної програми є обов'язковими.

За денною формою навчання пропонується впровадження рейтингової системи оцінки успішності засвоєння здобувачами навчального матеріалу з дисципліни. Рейтинг здобувача з дисципліни «Технічна термодинаміка» складається з балів, що отримуються за відповіді на практичних заняттях та модульну контрольну роботу.

11. Рейтингова система оцінювання

Рейтинг аспіранта з кредитного модуля складається з балів, що він отримує за:

1. Поточну роботу на семінарських заняттях: **40** балів (за 10-бальною шкалою) 4 відповіді (кожного аспіранта в середньому) на 6 практичних заняттях

$$(6_{\text{занять}} \times 4_{\text{аспіранта}}) / 6_{\text{макс. кількість аспірантів на семінарі}} = 4_{\text{відповіді}}$$

2. Виконання МКР: **45** балів.
3. Виконання РГР: **15** балів

$$RD = 40 + 45 + 15 = 100 \text{ балів}$$

Газові закони ідеальних газів. Термодинамічні системи та процеси. Внутрішня енергія та робота термодинамічного процесу. Теплоємність.

Рейтинг: РГР- 4 б., ПР-10 б.

Перший та другий закони термодинаміки. Термодинамічні процеси ідеальних газів.

Рейтинг: РГР- 4 б., ПР-10 б.

Основні термодинамічні процеси водяної пари. Витікання газів та парів. Дроселювання газів і парів. Змішування газів. Вологе повітря.

Рейтинг: РГР- 4 б., ПР-10 б.

Цикли теплових двигунів. Компресори. Цикли двигунів внутрішнього згоряння. Цикли газотурбінних і паротурбінних установок. Цикли холодильних установок.

Рейтинг: РГР- 3 б., ПР-10 б.

1. Робота на практичних (семінарських) заняттях

Ваговий бал – 10. Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює 10 балів x 4 відповіді = 40 балів.

Критерії оцінювання

- «Відмінно», повна і вичерпна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 5 балів.
- «Добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) – 4 балів.
- «Задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації)– 3 балів.
- «Незадовільно», в усіх інших випадках – 0 балів.

2. Модульна контрольна робота *Технічна термодинаміка*

Контрольна робота складається з 5 задач.

Ваговий бал – 9. Максимальна кількість балів – 45.

1. Загальні положення 2-го закону термодинаміки – 9 балів
2. Водяний пар, таблиці і діаграми водяного пара – 9 балів
3. Цикли газотурбінних і паротурбінних установок – 9 балів
4. Цикли двигунів внутрішнього згоряння – 9 балів
5. Цикли холодильних установок – 9 балів

Критерії оцінювання.

- «Відмінно», повна і вичерпна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 9-8 балів.
- «Добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) – 7-6 балів.
- «Задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації)– 5,5 балів.
- «Незадовільно», в усіх інших випадках – 0 балів.

За умови правильного виконання **менше 60%** усіх завдань за модульну контрольну роботу нараховується **0** балів.

Штрафні бали: знімається по 1 балу за відсутність без поважної причини на практичних заняттях або непідготовленість до них, за несвоєчасно здану домашню контрольну роботу (максимально 5 балів).

Заохочувальні бали: додається по 1 балу за удосконалення дидактичного матеріалу, що відповідає одній лекції (практичному заняттю) курсу або активну участь у роботі на практичному занятті (максимально 5 балів). За участь у наукових конференціях додається **1** бал, виступу із доповіддю – **3** бали, публікацію статті – **5** балів.

Допуск до заліку:

Аспірант допускається до заліку у випадку, якщо за семестр набрано не менше 40 балів і має хоча б одну позитивну атестацію.

Аспірант, який набрав протягом семестру 60 і більше балів має можливість:

- отримати залікову оцінку «автоматом» відповідно до набраного рейтингу;
- виконувати залікову письмову роботу з метою підвищення оцінки;
- у разі отримання оцінки, вищої ніж семестровий рейтинг, аспірант отримує оцінку за результатом письмової залікової роботи;
- у разі отримання оцінки, меншої ніж семестровий рейтинг, застосовується жорстка РСО – попередній рейтинг скасовується і аспірант отримує оцінку за результатом письмової залікової роботи.

Аспірант, який набрав протягом семестру менше 60 балів зобов'язаний виконувати залікову письмову роботу.

Оцінка письмової залікової роботи здійснюється за окремою шкалою.

4. Письмова залікова робота.

Ваговий бал – 20. Максимальна кількість балів 20 балів x 5 завдань = 100 балів.

- Функції стану робочого тіла, робота газу і 1^й закон термодинаміки – 20 балів
- Процеси зміни стану водяного пара – 20 балів
- Цикли двигунів внутрішнього згоряння – 20 балів
- Цикл Ренкіна. Регенеративний цикл. Газотурбінні установки – 20 балів
- Цикли теплових насосів – 20 балів

Критерії оцінювання

- «Відмінно», повна і вичерпна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 20-18 балів.
- «Добре», є несуттєві помилки (не менше 75% потрібної інформації) – 17-15 балів.
- «Задовільно», є певні помилки і недоліки (не менше 60% потрібної інформації) – 14-12 бал.
- «Незадовільно», в усіх інших випадках – 0 балів.

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_c = 40 + 60 = 100 \text{ балів.}$$

Умови позитивної проміжної атестації

На першій атестації (8 тиждень) аспірант отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 50% можливих на даний момент балів.

На другій атестації (14 тиждень) аспірант отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 50% можливих на даний момент балів.

Відповідність між балами шкали ECTS та традиційними оцінками:

| Рейтинг | Оцінка ECTS | Традиційна оцінка |
|---------------|---|-------------------|
| Від 95 до 100 | A – відмінно | відмінно |
| Від 85 до 94 | B – дуже добре | добре |
| Від 75 до 84 | C – добре | |
| Від 65 до 74 | D – задовільно | задовільно |
| Від 60 до 64 | E – достатньо | |
| Від 40 до 59 | FX – незадовільно | незадовільно |
| Від 0 до 39 | F – незадовільно, потрібна додаткова робота | Не допущено |

12. Методичні рекомендації

Послідовність вивчення тем та їх розподіл узгоджуються із викладачами суміжних дисциплін. Строгість та детальність викладання розділів та тем навчальної програми вирішується відділом.

12.1 Методика вивчення кредитного модуля

На початку викладання лекційного матеріалу з нової теми бажано дати цілісну і повну характеристику розділу і теми, навести ключові слова і основні поняття, які розглядатимуться. Далі деталізувати матеріал, навести строгі означення, сформулювати принципи та положення з даної теми і, по можливості, обґрунтувати. Запропонувати аспірантам деякі факти обґрунтувати самостійно. Проілюструвати теоретичний матеріал прикладами. Звернути особливу увагу на ключові моменти обґрунтування.

12.2. Рекомендації, щодо забезпечення наочності навчальних занять

12.2.1. Для забезпечення наочності лекцій можливо навести приклади відповідних практичних застосувань стосовно матеріалу, що вивчається. Використовувати знаково-символічні засоби – формули, графіки, рисунки, що дає змогу виокремити суть предмета вивчення, тобто сприяє розвитку мислення й уяви.

12.2.2. На початку практичних занять необхідно повторити ключові означення і поняття з теоретичного матеріалу, користуючись конспектом лекцій, підручником чи посібником. Спираючись на приклади, наведені у лекціях, індивідуально розв'язувати задачі, які пропонує викладач зі збірників або методичних рекомендацій до практичних робіт. На початку або вкінці практичного заняття можливо провести невелику самостійну роботу. Результати оголосити на наступному занятті.

12.3. Застосування нових технологій навчання

Використання комп'ютерних технологій допоможе аспіранту у перевірці правильності виконання задач, а також пошуку додаткової інформації для їх розв'язування.

12.4. Використання методичних прийомів і засобів, рекомендацій щодо методики проведення занять

Доречно пропонувати аспірантам самостійно розглянути деякі питання теми лекції, вказати підручники та інформаційні ресурси, де можливо поглиблено ознайомитись з введеними поняттями, навести історичні факти, які призвели до появи нових понять.

Кожне практичне заняття проводиться тільки після розгляду відповідної теми на лекції. За спільного бажання аспірантів і лектора можливе проведення проблемної лекції або лекції у формі наукового диспуту.

Домашня контрольна робота та норми її оцінювання видаються аспірантам завчасно. Прийом роботи здійснюється до кінця терміну, зазначеного викладачем. Методичні вказівки до виконання домашньої контрольної роботи додаються до робочої навчальної програми.

13.Рекомендована література

13.1. Базова

1. Кириллин В. А. Техническая термодинамика / В. А. Кириллин, В. В. Сычев, А. Е. Шейндлин. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 416 с.
2. Буляндра О.Ф. Технічна термодинаміка.- К.: Техніка, 2001 – 320 с.
3. Бурдаков В.П. Термодинамика: учебное пособие для вузов. В 2 частях /В.П. Бурдаков, Б.В. Дзюбенко, С.Ю. Меснякин, Т.В. Михайлова – М.:Дрофа. 2009 Ч 1. Основной курс – 479 с. Ч 2. Специальный курс – 361 с.
4. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача.-М.: Высшая школа, - 1980.-472с.
- 5.Кудинов В.А., Карташов Э.М. Техническая термодинамика. Учебное пособие для Втузов, 2-е изд. перераб.: М.: Высшая школа, 2001. – 261 с.
- 6.Рабинович О.М. Сборник задач по технической термодинамике.-М.: Машиностроение, 1973.-344с.
7. Жуховицкий, Д. Л. Сборник задач по технической термодинамике. – 2-е изд. – Ульяновск: УлГТУ, 2004. – 98 с.
- 8.Вукалович М.П., Ривкин С.Л., Александров А.А. Тепло- физические свойства воды и водяного пара. М.: Энергия. 1980. 424 с.

13.2. Допоміжна

1. Беляев Н.М. Термодинамика.- Вища школа,- 1987.-344с.
2. Зубарев В.Н., Александров А.А. Практикум по технической термодинамике.- М.: Энергия, -1971.-352с.
- 3.Техническая термодинамика [Текст] : учебник / под. ред. В. И. Крутова. – 3-е изд., перераб и доп. – М. : Высш. школа, 1991. – 384 с.
- 4.Варгафтик, Н. Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей [Текст] / Н. Б. Варгафтик. – М. : Наука, 1972. – 720 с.

14. Інформаційні ресурси

Немає.