

Міністерство освіти та науки України
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
Херсонський навчально-науковий інститут

Кафедра теплотехніки

Т7543



ЗАТВЕРДЖЕНО

Заступник директора
з навчальної роботи
к.т.н., професор О.М. Дудченко

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Program of the Discipline

ГАЗОВА ДИНАМІКА ТА АГРЕГАТИ НАДДУВУ
Gas dynamics and supercharging units

рівень вищої освіти *перший (бакалаврський)*

тип дисципліни *обов'язкова*

мова викладання *українська*

Херсон – 2023

Робоча програма навчальної дисципліни "Газова динаміка та агрегати наддуву" для здобувачів вищої освіти з галузі знань 14 "Електрична інженерія", спеціальність 142 "Енергетичне машинобудування", освітньо-професійна програма "Двигуни внутрішнього згоряння".

"13" листопада 2023 року. – 37 с.

Розробник: Калініченко І.В., кандидат технічних наук, доцент кафедри теплотехніки ХННІ НУК

Проект робочої програми навчальної "Газова динаміка та агрегати наддуву" *узгоджено з гарантом освітньої програми*

Гарант освітньої програми
"Двигуни внутрішнього згоряння"

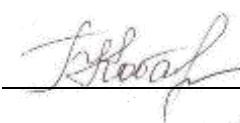
к.т.н., доцент

 /Дрозд О.В./

Проект робочої програми навчальної "Газова динаміка та агрегати наддуву" *розглянуто на засіданні кафедри теплотехніки Херсонського навчально-наукового інституту НУК*

Протокол № 04 від "14" листопада 2023 року.

в.о. завідувача кафедри
канд. техн. наук, доцент

 Г.О. Кобалава

Робоча програма навчальної дисципліни "Газова динаміка та агрегати наддуву" *затверджена методичною радою Херсонського ННІ НУК*

Протокол № 04 від "16" листопада 2023 року

Голова МР Херсонського ННІ НУК,
канд. техн. наук, професор НУК

 О.М. Дудченко

© Калініченко І.В., 2023 рік
© ХННІ НУК, 2023 рік

Зміст

Вступ.....	4
1. Опис навчальної дисципліни	5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни.....	6
3. Передумови для вивчення дисципліни	7
4. Очікувані результати навчання.....	7
5. Програма навчальної дисципліни.....	8
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування	27
7. Форми поточного та підсумкового контролю	28
8. Критерії оцінювання результатів навчання	34
9. Засоби навчання.....	35
10. Рекомендовані джерела інформації	36
11. Інформаційні джерела.....	36

ВСТУП

Анотація

Програма навчальної дисципліни "Газова динаміка та агрегати наддуву" підготовки за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти передбачено набуття здобувачами вищої освіти здатності самостійно формулювати цілі та ставити конкретні завдання наукових та прикладних проектів у фундаментальних і прикладних областях газової динаміки в енергетиці і вирішувати їх за допомогою сучасних дослідницьких методів з використанням новітнього досвіду із застосуванням сучасного обладнання та інформаційних технологій.

Програма навчальної дисципліни "Газова динаміка та агрегати наддуву" розрахована на підготовку здобувачів за освітньо-професійною програмою "Двигуни внутрішнього згорання", які вивчають також дисципліни "Технічна термодинаміка" та "Тепломасообмін". Програма передбачає комплексне застосування набутих компетенцій для розв'язання прикладних задач в енергетиці.

Ключові слова: газова динаміка, механічна енергія, турбокомпресор, число Маха.

Annotation

The program of the discipline "Gas dynamics and supercharging units" for prepare the first (bachelors) level of higher education provides applicants higher education be able to formulate their own purposes and set specific tasks for research and applied projects in fundamental and practical branches gas dynamics in energetic and resolve them using modern research methods by the latest experience applying modern equipment and information technology.

The program of the discipline "Gas dynamics and supercharging units" is supposed to be for applicants higher education professional program "Internal combustion engines", which also study the disciplines "Technical thermodynamics" and "Heat and mass transfer". The program envisage for the integrated application of obtained abilities to solve applied problems of energy and resource saving in energetic.

Keywords: gas dynamics, mechanical energy, turbocharger, Mach number.

1. Опис навчальної дисципліни

Опис навчальної дисципліни наведений в табл. 1.

Таблиця 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 7,0	Галузь знань: 14 "Електрична інженерія"	<i>обов'язкова</i>	
Модулів – 5		Рік підготовки	
Змістових модулів – 6		3(2*)-й	3(2*)-й
Електронний адрес РПНД на сайті ХННІ НУК http://www.kb.nuos.edu.ua/Licensing%20and%20accreditation%20specialties/international-combustion-engines-b.html	Спеціальність: 142 "Енергетичне машинобудування"	Семестр	
		5(3*)-й, 6(4*)-й	5(3*)-й, 6(4*)-й
		Лекції	
		30 годин 5(3)-й, 30 годин 6(4)-й	16 годин, 5(3)-й, 6 годин 6(4)-й
		Лабораторні роботи	
		15 годин 5(3)-й	4 годин 6(4)-й
Індивідуальне науково- дослідне завдання: -	Освітньо- професійна програма: "Двигуни внутрішнього згоряння"	Практичні заняття	
		15 годин 5(3)-й, 15 годин 6(4)-й	8 годин 5(3)-й, 8 годин 6(4)-й
Загальна кількість годин – 210	Освітній рівень: перший (бакалаврський)	Самостійна робота	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних: 5(3*)-й семестр – 4,0; 6(4*)-й семестр – 3,0; самостійної роботи здобувача: 5(3)-й семестр – 6,0; 6(4)-й семестр – 1,0.		15 годин 5(3)-й	51 годин 5(3)-й 27 годин 6(4)-й
		Курсовий проект	
		90 годин 6(4)-й	90 годин 6(4)-й
		Вид контролю	
		Залік 5(3)-й, Екзамен, курсовий проект 6(4)-й	
		Форма контролю	
письмово			

* – для здобувачів, що навчаються за скороченим терміном навчання протягом двох років і 10 місяців (вступ на основі ОКР "фаховий молодший бакалавр").

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою освоєння дисципліни "Газова динаміка та агрегати наддуву" є освоєння навичок для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних завдань з гідравліки та пневмоприводів в судно та машинобудуванні та формування у здобувача вищої освіти відповідно до освітньо-професійної програми таких компетентностей:

Інтегральна компетентність:

ІК 1. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі і практичні проблеми у галузі енергетичного машинобудування або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій тепломасообміну, технічної термодинаміки, гідрогазодинаміки, трансформації (перетворення) енергії, технічної механіки та методів відповідних наук і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності:

ЗК 3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

ЗК 4. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;

ЗК 13. Здатність забезпечувати якість виконуваних робіт.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності:

ФК 2. Здатність застосовувати свої знання і розуміння для визначення, формулювання і вирішення інженерних завдань з використанням методів електричної інженерії;

ФК 3. Здатність аналізувати інформацію з літературних джерел, здійснювати патентний пошук, а також використовувати бази даних та інші джерела інформації для здійснення професійної діяльності;

ФК 4. Здатність застосовувати стандартні методи розрахунку при проектуванні деталей і вузлів енергетичного і технологічного обладнання;

ФК 5. Здатність розробляти енергозберігаючі технології та енергоощадні заходи під час проектування та експлуатації енергетичного і теплотехнологічного обладнання;

ФК 6. Здатність вибирати основні й допоміжні матеріали та способи реалізації основних теплотехнологічних процесів при створенні нового обладнання в галузі енергомашинобудування і застосовувати прогресивні методи експлуатації теплотехнологічного обладнання для об'єктів енергетики, промисловості і транспорту, комунально-побутового та аграрного секторів економіки;

ФК 7. Здатність брати участь у роботах з розробки і впровадження теплотехнологічних процесів у ході підготовки виробництва нової продукції, перевіряти якість монтажу й налагодження при випробуваннях і здачі в експлуатацію нових енергетичних об'єктів та систем;

ФК 8. Здатність визначати режими експлуатації енергетичного та теплотехнологічного обладнання та застосовувати способи раціонального використання сировинних, енергетичних та інших видів ресурсів;

ФК 15. Здатність організовувати виробництво двигуна, його основних деталей та систем, уміти розробляти технологічні процеси виробництва

основних деталей двигуна, складання двигуна, його агрегатів та апаратів а також процес монтажу двигунів внутрішнього згорання

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумовами для вивчення даної дисципліни є дисципліни: "Технічна термодинаміка" та "Тепломасообмін", що викладаються здобувачам першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

4. Очікувані результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у здобувача вищої освіти таких результатів навчання:

ПР 1. Знання і розуміння математики, фізики, тепломасообміну, технічної термодинаміки, гідрогазодинаміки, трансформації (перетворення) енергії, технічної механіки, конструкційних матеріалів, систем автоматизованого проектування енергетичних машин на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми;

ПР 2. Знання і розуміння інженерних наук на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях;

ПР 3. Розуміння широкого міждисциплінарного контексту спеціальності 142 Енергетичне машинобудування;

ПР 4. Застосовувати інженерні технології, процеси, системи і обладнання відповідно до спеціальності 142 Енергетичне машинобудування; обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати таких досліджень;

ПР 6. Розробляти і проектувати вироби в галузі енергетичного машинобудування, процеси і системи, що задовольняють конкретні вимоги, які можуть включати обізнаність про нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) аспекти; обрання і застосовування адекватної методології проектування;

ПР 7. Проектувати об'єкти енергетичного машинобудування, застосувати сучасні комерційні та авторські програмні продукти на основі розуміння передових досягнень галузі;

ПР 11. Розуміння застосовуваних методик проектування і досліджень у сфері енергетичного машинобудування, а також їх обмежень;

ПР 12. Застосовувати практичні навички вирішення завдань, що передбачають реалізацію інженерних проектів і проведення досліджень;

ПР 14. Застосовувати норми інженерної практики у сфері енергетичного машинобудування.

5. Програма навчальної дисципліни

5(3*) - й семестр

Модуль 1. Форсування ДВЗ наддувом

Змістовий модуль 1. Повітропостачання ДВЗ. Агрегати та апарати сучасних систем наддуву

Тема 1. Повітропостачання ДВЗ. Підвищення повітряного заряду в поршневих ДВЗ. Можливості збільшення густини повітря у циліндрі. Схеми повітропостачання сучасних ДВЗ.

Наддув ДВЗ. Схеми наддуву ДВЗ. Схеми комбінованих двигунів. Використання енергії відхідних газів. Охолодження наддувного повітря в системах повітропостачання. Агрегати та апарати сучасних систем наддуву.

Література: [3], с. 97 – 117.

Тема 2. Компресори ДВЗ. Класифікація компресорів ДВЗ. Основні елементи конструкцій компресорів. Об'ємні (поршневі, ротаційні) компресори. Конструкція, принцип дії, основні параметри компресорів. Можливості застосування.

Відцентрові компресори. Характеристики аеродинамічних машин. Конструкція, принцип дії, основні параметри компресора. Конструктивна схема. Особливості конструкції та роботи. Робочі процеси та основні параметри. Можливості застосування.

Література: [1], с. 21 – 26; [2], с. 188 – 214; с. 234 – 255.

Змістовий модуль 2. Повітря як робоче тіло термодинамічної системи

Тема 3. Повітря як робоче тіло термодинамічної системи. Рівняння стану. Ентальпія, газова стала, теплоємності газу. Рівняння Майєра.

Аналіз основних термодинамічних процесів при стисненні повітря в ідеальному компресорі. Робота компресора на стиснення повітря при ізотермічному, адіабатному та політропному процесах у компресорах. Рівняння процесів. Проблеми підвищення точності та адекватності цих рівнянь.

Література: [2], с. 214 – 221; [3], с. 129 – 136; [7], с. 3 – 18.

Тема 4. Особливості термодинамічних циклів компресорів. Робота на переміщення, всмоктування та нагнітання повітря в реальному компресорі. Багатоступеневе стиснення.

Цикл компресора в $p-v$ та $T-s$ – діаграмах. Коефіцієнти корисної дії компресорів (внутрішній ККД). Вплив параметрів турбокомпресора на основні показники циклу комбінованого двигуна. Проміжне охолодження повітря.

Література: [2], с. 222 – 234; [7], с. 21 – 26.

Примітка: * – для здобувачів, що навчаються за скороченим терміном навчання протягом двох років і 10 місяців (вступ на основі ОКР "фаховий молодший бакалавр")

Модуль 2. Газова динаміка

Змістовий модуль 3. Основні параметри та рівняння усталеного одновимірного газового потоку

Тема 5. Основні параметри та рівняння усталеного одновимірного газового потоку. Методи Лагранжа і Ейлера, траєкторії та лінії току. Рівняння стану, рівняння суцільності, рівняння кількості руху, рівняння енергії.

Основні рівняння теорії лопаткових машин (рівняння Бернуллі, рівняння Ейлера). Рівняння моментів кількості руху (друге рівняння Ейлера). Проблеми створення та використання адекватних математичних моделей газового потоку.

Література: [2], с. 32 – 39; [7], с. 37 – 44.

Тема 6. Термічні та кінематичні параметри тривимірного газового потоку (диференційне рівняння руху). Оцінки впливу стисливості газу на параметри течії. Витрати газу та рівняння нерозривності.

Розповсюдження у газі слабких збуджень. Швидкість звуку, число Маха та приведена швидкість λ , стрибки ущільнення, критичні параметри.

Література: [6], с. 112 – 120; [7], с. 57 – 81.

Змістовий модуль 4. Газодинамічні процеси у газоповітряних каналах

Тема 7. Газодинамічні процеси у газоповітряних каналах комбінованих двигунів. Ударні хвилі та хвилі розрідження. Методи моделювання газодинамічних процесів у газоповітряних каналах комбінованих двигунів. Процеси розгону газу в газоповітряних каналах комбінованих двигунів.

Процеси гальмування в газоповітряних каналах комбінованих двигунів. Параметри гальмування в абсолютному і відносному русі. Газодинамічні функції та їх використання для розрахунку проточних частин турбокомпресорів.

Література: [3], с. 230 – 248; [7], с. 82 – 104.

Тема 8. Особливості розвитку примежового шару в коротких каналах. Відрив потоку від стінок дифузорних каналів. Методи розрахунку та аеродинамічні характеристики дифузорів.

Література: [3], с. 270 – 286; [7], с. 105 – 108, с. 124 – 133.

Контрольні питання до 1-го та 2-го модулів (5(3) - й семестр)

1. Назвіть основні ознаки, за якими відбувається класифікація компресорних машин.
2. Перерахувати основні параметри компресорних машин, з'ясувати їх фізичний зміст, назвати одиниці вимірювання, вказати границі змін.
3. З якою метою застосовують наддув ДВЗ? Навести схеми систем наддуву сучасних ДВЗ, привести їхню класифікацію та з'ясувати функції усіх

складових елементів цих схем.

4. Чому необхідно охолоджувати повітря після компресора при сучасних рівнях наддуву?
5. Чому із застосуванням наддуву загострилася проблема використання енергії відхідних газів ДВЗ?
6. Які компресори застосовують у сучасних системах наддуву?
7. Які схеми газотурбінного наддуву мають найбільше застосування при різних рівнях наддуву та як ці схеми залежать від типу та призначення двигунів?
8. Які елементи окрім компресорів входять у сучасні системи наддуву? Надати стислу інформацію про ці елементи.
9. З яких процесів складається ідеальний цикл компресорів і як вони зображуються на діаграмах у $P-V$ та у $T-s$ - координатах?
10. Порівняти роботу ідеального компресора при різних процесах стискання повітря.
11. Розрахувати кінцеву температуру стискання повітря у компресорі, якщо відома початкова температура, ступінь підвищення тиску та вид термодинамічного процесу стискання у компресорі?
12. Зобразити дійсну індикаторну діаграму одноступеневого поршневого компресора. Із чим пов'язана відмінність дійсної індикаторної діаграми одноступеневого поршневого компресора від теоретичної?
13. Що таке шкідливий простір поршневого компресора і у чому полягає його "шкідливість"? Які основні причини необхідності використання багатоступеневих компресорів?
14. Які ККД використовуються для оцінювання ефективності роботи компресорів?
15. Розрахувати кінцевий тиск повітря за компресором, якщо відомий початковий тиск, початкова та кінцеві температури, показник політропи стискання.
16. Знайти показник політропи зміни стану повітря у компресорі, якщо відомі значення втрат енергії під час процесу та кількість відведеної теплоти у процесі. Визначити, чому він буде рівний, якщо втрати енергії відсутні, а теплота не відводиться.
17. Знайти кількість теплоти, яку необхідно відвести у процесі стискання повітря, якщо значення показника політропи відоме й задане конкретним числом.
18. Надати порівняльну оцінку імпульсного та ізобарного способам наддуву.
19. Опишіть вплив рівня охолодження надувного повітря на основні показники комбінованого двигуна.
20. Навести рівняння матеріального і енергетичного балансу турбокомпресора.
21. Дати визначення ККД турбокомпресора та його складових.
22. Дати визначення швидкості звуку. При яких граничних значеннях швидкості газового потоку його можна вважати нестислим?
23. Що таке критерій (число) Маха (M)? Виразити відносні параметри потоку через M .
24. Що таке параметри гальмування (повні параметри)? Навести вирази для

обчислення цих параметрів.

25. Яку форму повинен мати канал для забезпечення соплової або дифузорної течії? Як змінюються повні параметри потоку уздовж каналу?
26. Що таке критична швидкість і як вона пов'язана зі швидкістю звуку? У чому полягає відмінність критичної швидкості від звукової?
27. Що таке коефіцієнт швидкості (безрозмірна швидкість) λ ? З якою метою застосовують безрозмірні швидкості? Виразити відносні параметри потоку через безрозмірні швидкості (газодинамічні функції).
28. При яких умовах у каналах турбокомпресора можуть виникати стрибки ущільнення, який вони матимуть вигляд та як впливають на роботу турбокомпресора?
29. Поясніть виникнення ударної хвилі. Якою течією характеризується зона між хвилею розрідження й ударною хвилею? При яких умовах можливе утворення ударної хвилі у випускному каналі двигуна?
30. Поясніть процес розгону газу від стану спокою до значень швидкості сталого потоку при заданих значеннях перепаду тиску у трубі з постійною площею перерізу.

6(4) - й семестр

Модуль 3. Проектування агрегатів наддуву

Змістовий модуль 5. Проектування відцентрового компресора

Тема 9. Вибір компресора для комбінованого двигуна. Типорозмірні ряди турбокомпресорів. Визначення габаритних розмірів та потужності турбокомпресорів.

Загальні відомості про організацію та проведення проектування енергетичних машин. Етапи виконання проекту. Структура комплексного проекту. Комплект технічної документації за проектом. Роль стандартів при проектуванні нових зразків техніки.

Література: [1], с. 11 – 20; [5], с. 11 – 20. Інформаційні ресурси: [14 – 16].

Тема 10. Основи проектування турбокомпресорів. Загальний алгоритм проектування багатоступінчастих турбокомпресорів. Зміст і послідовність процедур проектування.

Загальна схема поелементного поділу ступеня відцентрового компресора на розрахункові ділянки. Основна система рівнянь в інтегрованій формі. Вибір і визначення початкових параметрів.

Література: [1], с. 35 – 51; [5], с. 21 – 34.

Тема 11. Уніфікація корпусів і робочих коліс. Уніфікація елементів проточної частини. Уніфікація мультиплікаторних відцентрових компресорних машин. Умови поставки відцентрових компресорів.

Трикутники швидкостей на вході та виході колеса; порівняння коліс із різною формою лопаток на виході колеса; ступінь реактивності колеса.

Коефіцієнт циркуляції. Залежність теоретичного напору від закрутки потоку перед робочим колесом.

Література: [1], с. 52 – 67; [5], с. 35 – 38.

Тема 12. Розрахунок та конструювання безлопаткового дифузора. Загальні відомості про процеси на ділянці безлопаткового дифузора. Розрахунок та конструювання лопаткового дифузора компресора.

Розрахунок та конструювання повітрозбірної завитки. Конструювання повітрозбірної завитки.

Література: [5], с. 117 – 132.

Тема 13. Основні типи турбінних ступенів і перетворення в них енергії. Зміна параметрів газу вздовж каналів турбінних решіток. Процеси розширення газу в $h-s$ – координатах для турбінного ступеня з дифузором.

Математичне моделювання газодинамічних процесів у проточній частині турбін. Основні рівняння (стану, щільності та енергії) усталеного одновимірного газового потоку для решіток осьових і радіальних турбін комбінованих двигунів з ізобарним та імпульсним наддувом.

Література: [2], с. 365 – 378.

Модуль 4. Основні проблеми проектування відцентрових компресорів

Змістовий модуль 6. Сумісна робота компресорів і турбін

Тема 14. Основні принципи вибору теплової схеми турбокомпресора. Вибір теплової схеми турбокомпресора. Вплив критичної частоти обертання ротора.

Динаміка роторів турбокомпресорів. Наближені методи оцінювання динамічних характеристик ротора. Вплив неточностей (похибок) виготовлення і складання.

Література: [1], с. 91 – 110.

Тема 15. Розрахунок міцності відцентрових компресорів. Конструктивні схеми корпусів. Методи пружнодинамічного аналізу конструкцій компресорів високого тиску.

Сумісна робота компресорів і турбін у складі агрегатів наддуву комбінованих двигунів. Умови забезпечення усталеного режиму сумісної роботи турбіни і компресора. Забезпечення матеріального і енергетичного балансу між компресором і турбіною. Узгодження характеристик турбіни і компресора. Визначення оптимальної залежності між діаметрами коліс турбіни і компресора. ККД турбокомпресора.

Література: [1], с. 111 – 138.

Тема 16. Сумісна робота двигуна і турбокомпресора. Забезпечення матеріального і енергетичного балансу між компресором, поршневою частиною

і турбіною. Узгодження характеристик турбокомпресора і поршневої частини комбінованого двигуна. Регулювання турбокомпресора. Способи регулювання компресора і турбіни. Турбокомпаундні системи. Гібридні турбокомпресори.

Література: [3], с. 297 – 311.

Контрольні питання до 3-го та 4-го модулів (6(4)-й семестр)

1. Розрахувати необхідну ступінь підвищення тиску повітря відцентрового турбонагнітача для комбінованого двигуна певної моделі.
2. Сучасні ряди ТК та ТКР. Вибір турбокомпресора для певного двигуна з типорозмірного ряду.
3. У чому полягає основа поелементного розрахунку ступеня відцентрового компресора.
4. Процеси, що протікають у всіх характерних елементах повітряного тракту відцентрового компресора.
5. Охарактеризувати хід та особливості розрахунку вхідної ділянки компресорного тракту.
6. Охарактеризувати хід та особливості розрахунку обертового зкеруючого апарату компресора (при його наявності), або вхідної ділянки лопатки колеса відцентрового компресора.
7. Обґрунтувати особливості течії повітря через колеса відцентрового компресора з різною кількістю лопаток та з різним кутом лопатки на виході потоку. Зобразити відповідні трикутники швидкостей повітря. Які форми лопаток переважно застосовують і чому саме?
8. Охарактеризувати хід та особливості розрахунку відцентрового колеса у поелементному розрахунку компресора. Доповісти про засоби побудови профілю колеса у різних перетинах, а також про конструювання колеса.
9. Пояснити хід та особливості розрахунку безлопаткового дифузора компресора. Визначити, у яких випадках цей елемент може бути кінцевим перетворювачем енергії потоку в компресорі, та які його функції, якщо за ним встановлюють лопатковий дифузор. Як виконують меридіанний перетин дифузора?
10. Пояснити хід та особливості розрахунку лопаткового дифузора компресора. Доповісти про засоби профілювання лопаток та отримання середніх ліній профілів.
11. Знайти кінцеві параметри повітря (тиск, температуру, швидкість) за дифузором, якщо відомі витрата повітря через дифузор, усі розміри дифузора, його політропний ККД та початкові параметри повітря перед дифузором (тиск і температура).
12. Пояснити хід та особливості розрахунку повітрозбірних завиток. Доповісти про особливості розрахунку у випадках, коли має місце перетворення енергії, та коли цього немає. Обґрунтувати, чому в повітрозбірниках небажано робити суттєве перетворення енергії потоку.
13. Охарактеризувати особливості конструкції підшипників та ущільнюючих елементів компресора, наданого у якості зразка викладачем. Доповісти, які

- відмінності можуть бути у конструкції відповідних елементів для інших компресорів та яка причина цього.
14. Які переваги має багатоступеневий осьовий компресор перед відцентровим компресором?
 15. Наведіть схему системи наддуву із багатоступеневим осьовим компресором.
 16. Навести схеми систем газовідведення комбінованих двигунів.
 17. Принцип дії найпростішої осьової турбіни.
 18. Навести основні типи радіальних турбінних ступенів.
 19. У чому полягає відмінність процесів радіального ступеня від процесів, які протікають у осьових ступенях?
 20. Назвати основні відмінності між турбінним і поршневим двигунами.
 21. Що таке ступінь реактивності турбінного ступеня?
 22. У чому полягає відмінність трикутників швидкості для активних і реактивних турбінних ступенів?
 23. Вибір вихідних параметрів, необхідних для розрахунків турбіни агрегату наддуву комбінованого ДВЗ.
 24. Чим відрізняються характеристики компресорів газодинамічної дії від компресорів об'ємної дії?
 25. Пояснити, чим зумовлюється відмінність характеристик відцентрового і осьового компресорів?
 26. Що собою представляє характеристика відцентрового компресора у параметрах подібності? Які можливості надає її використання?
 27. Що таке коефіцієнт запасу стійкості роботи компресора? Які мінімальні значення рекомендуються для коефіцієнта запасу стійкості?
 28. Які характеристики агрегатів наддуву слід застосувати для визначення параметрів сумісної роботи? Рівняння умови стабільної роботи агрегатів системи.
 29. Способи представлення характеристик турбін агрегатів наддуву.
 30. Що собою представляє ККД турбокомпресора η_{TK} ? Описати залежність η_{TK} від π_K .

Модуль 5. Проектування турбокомпресора (Курсовий проект)

Тема КП 1. Визначення основних параметрів компресора. Вибір прототипу турбокомпресора.

Література: [5], с. 14 – 20.

Тема КП 2. Розрахунок вхідної ділянки та робочого колеса компресора.

Література: [5], с. 21 – 30.

Тема КП 3. Розрахунок безлопаткового та лопаткового дифузоров і завитки повітрозбірника.

Література: [5], с. 31 – 34.

Тема КП 4. Визначення вихідних параметрів, які необхідні для розрахунку турбіни. Вибір ступеня турбіни.

Література: [5], с. 35 – 58.

Тема КП 5. Розрахунок соплового апарату ступеня турбіни.

Література: [5], с. 59 – 67.

Тема КП 6. Розрахунок робочого колеса ступеня турбіни

Література: [5], с. 68 – 78.

Тема КП 7. Визначення основних показників турбокомпресора та його елементів

Література: [5], с. 79 – 91.

Тема КП 8. Оформлення пояснювальної записки. Підготовка до захисту та захист курсового проекту.

Література: [5], с. 92 – 95; [8], с. 12 –19.

5.1 Структура навчальної дисципліни

Структура навчальної дисципліни наведена в табл. 2.

Таблиця 2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		л	лр	пр	ср		л	лр	пр	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5(3)-й семестр										
<i>Модуль 1. Форсування ДВЗ наддувом</i>										
Змістовий модуль 1. Повітропостачання ДВЗ. Агрегати та апарати сучасних систем наддуву										
Тема 1. Повітропостачання ДВЗ. Підвищення повітряного заряду в поршневих ДВЗ. Можливості збільшення густини повітря у циліндрі. Схеми повітропостачання сучасних ДВЗ. Наддув ДВЗ. Схеми наддуву ДВЗ. Схеми комбінованих двигунів. Використання енергії відхідних газів. Охолодження наддувного повітря в системах повітропостачання. Агрегати та апарати сучасних систем наддуву	6	4	-	2	-	6	2	-	2	2
Тема 2. Компресори ДВЗ. Класифікація компресорів ДВЗ. Основні елементи конструкцій компресорів. Об'ємні (поршневі, ротаційні) компресори. Конструкція, принцип дії, основні параметри компресорів. Можливості застосування. Відцентрові компресори. Характеристики аеродинамічних машин. Конструкція, принцип дії, основні параметри компресора. Конструктивна схема. Особливості конструкції та роботи. Робочі процеси та основні параметри. Можливості застосування	9	4	-	4	1	9	2	-	2	5
Разом за змістовим модулем 1	15	8	-	6	1	15	4	-	4	7

Змістовий модуль 2. Повітря як робоче тіло термодинамічної системи										
<p>Тема 3. Повітря як робоче тіло термодинамічної системи. Рівняння стану. Ентальпія, газова стала, теплоємності газу. Рівняння Майера.</p> <p>Аналіз основних термодинамічних процесів при стисненні повітря в ідеальному компресорі. Робота компресора на стиснення повітря при ізотермічному, адіабатному та політропному процесах у компресорах. Рівняння процесів. Проблеми підвищення точності та адекватності цих рівнянь</p>	7	4	2	-	1	7	2	-	-	5
<p>Тема 4. Особливості термодинамічних циклів компресорів. Робота на переміщення, всмоктування та нагнітання повітря в реальному компресорі. Багатоступеневе стиснення. Цикл компресора в p-v та T-s – діаграмах. Коефіцієнти корисної дії компресорів (внутрішній ККД). Вплив параметрів турбокомпресора на основні показники циклу комбінованого двигуна. Проміжне охолодження повітря</p>	8	4	3	-	1	8	2	-	-	6
Разом за змістовим модулем 2	15	8	5	-	2	15	4	-	-	11
Разом за модулем 1	30	16	5	6	3	30	8	-	4	18
Модуль 2. Газова динаміка										
Змістовий модуль 3. Основні параметри та рівняння усталеного одновимірного газового потоку										
<p>Тема 5. Основні параметри та рівняння усталеного одновимірного газового потоку. Методи Лагранжа і Ейлера, траєкторії та лінії току. Рівняння стану, рівняння суцільності, рівняння кількості руху, рівняння енергії. Основні рівняння теорії лопаткових машин (рівняння Бернуллі, рівняння Ейлера). Рівняння моментів кількості руху (друге рівняння Ейлера). Проблеми створення та використання адекватних математичних моделей газового потоку</p>	15	4	4	3	4	15	2	-	2	11

<p>Тема 6. Термічні та кінематичні параметри тривимірного газового потоку (диференційне рівняння руху). Оцінки впливу стисливості газу на параметри течії. Витрати газу та рівняння нерозривності.</p> <p>Розповсюдження у газі слабких збуджень. Швидкість звуку, число Маха та приведена швидкість λ, стрибки ущільнення, критичні параметри</p>	15	4	4	4	3	15	2	-	2	11
Разом за змістовим модулем 3	30	8	8	7	7	30	4	-	4	22
Змістовий модуль 4. Газодинамічні процеси у газоповітряних каналах										
<p>Тема 7. Газодинамічні процеси у газоповітряних каналах комбінованих двигунів. Ударні хвилі та хвилі розрідження. Методи моделювання газодинамічних процесів у газоповітряних каналах комбінованих двигунів. Процеси розгону газу в газоповітряних каналах комбінованих двигунів.</p> <p>Процеси гальмування в газоповітряних каналах комбінованих двигунів. Параметри гальмування в абсолютному і відносному русі. Газодинамічні функції та їх використання для розрахунку проточних частин турбокомпресорів</p>	10	4	2	2	2	10	2	-	-	8
<p>Тема 8. Особливості розвитку примежового шару в коротких каналах. Відрив потоку від стінок дифузорних каналів. Методи розрахунку та аеродинамічні характеристики дифузорів</p>	5	2	-	-	3	5	2	-	-	3
Разом за змістовим модулем 4	15	6	2	2	5	15	4	-	-	11
Разом за модулем 2	45	14	10	9	12	45	8	-	4	33
Разом за 5(3)-й семестр	75	30	15	15	15	75	16	0	8	51

6(4)-й семестр

Модуль 3. Проектування агрегатів наддуву

Змістовий модуль 5. Проектування відцентрового компресора

<p>Тема 9. Вибір компресора для комбінованого двигуна. Типорозмірні ряди турбокомпресорів. Визначення габаритних розмірів та потужності турбокомпресорів. Загальні відомості про організацію та проведення проектування енергетичних машин. Етапи виконання проекту. Структура комплексного проекту. Комплект технічної документації за проектом. Роль стандартів при проектуванні нових зразків техніки</p>	6	4	-	2	-	6	1	-	1	4
<p>Тема 10. Основи проектування турбокомпресорів. Загальний алгоритм проектування багатоступінчастих турбокомпресорів. Зміст і послідовність процедур проектування. Загальна схема поелементного поділу ступеня відцентрового компресора на розрахункові ділянки. Основна система рівнянь в інтегрованій формі. Вибір і визначення початкових параметрів</p>	6	4	-	2	-	6	1	-	1	4
<p>Тема 11. Уніфікація корпусів і робочих коліс. Уніфікація елементів проточної частини. Уніфікація мультиплікаторних відцентрових компресорних машин. Умови поставки відцентрових компресорів. Трикутники швидкостей на вході та виході колеса; порівняння коліс із різною формою лопаток на виході колеса; ступінь реактивності колеса. Коефіцієнт циркуляції. Залежність теоретичного напору від закрутки потоку перед робочим колесом</p>	6	4	-	2	-	6	1	1	1	3

<p>Тема 12. Розрахунок та конструювання безлопаткового дифузора. Загальні відомості про процеси на ділянці безлопаткового дифузора. Розрахунок та конструювання лопаткового дифузора компресора. Розрахунок та конструювання повітрозбірної завитки. Конструювання повітрозбірної завитки</p>	6	4	-	2	-	6	1	1	1	3
<p>Тема 13. Основні типи турбінних ступенів і перетворення в них енергії. Зміна параметрів газу вздовж каналів турбінних решіток. Процеси розширення газу в <i>h-s</i> – координатах для турбінного ступеня з дифузором. Математичне моделювання газодинамічних процесів у проточній частині турбін. Основні рівняння (стану, суцільності та енергії) усталеного одновимірного газового потоку для решіток осьових і радіальних турбін комбінованих двигунів з ізобарним та імпульсним наддувом</p>	6	4	-	2	-	6	1	-	1	4
Разом за змістовим модулем 5	30	20	-	10	-	30	5	2	5	18
Разом за модулем 3	30	20	-	10	-	30	5	2	5	18
Модуль 4. Основні проблеми проектування відцентрових компресорів										
Змістовий модуль 6. Сумісна робота компресорів і турбін										
<p>Тема 14. Основні принципи вибору теплової схеми турбокомпресора. Вибір теплової схеми турбокомпресора. Вплив критичної частоти обертання ротора. Динаміка роторів турбокомпресорів. Наближені методи оцінювання динамічних характеристик ротора. Вплив неточностей (похибок) виготовлення і складання</p>	6	4	-	2	-	6	1	-	1	4

<p>Тема 15. Розрахунок міцності відцентрових компресорів. Конструктивні схеми корпусів. Методи пружнодинамічного аналізу конструкцій компресорів високого тиску.</p> <p>Сумісна робота компресорів і турбін у складі агрегатів наддуву комбінованих двигунів. Умови забезпечення усталеного режиму сумісної роботи турбіни і компресора. Забезпечення матеріального і енергетичного балансу між компресором і турбіною. Узгодження характеристик турбіни і компресора. Визначення оптимальної залежності між діаметрами коліс турбіни і компресора. ККД турбокомпресора</p>	6	4	-	2	-	6	-	1	1	4
<p>Тема 16. Сумісна робота двигуна і турбокомпресора. Забезпечення матеріального і енергетичного балансу між компресором, поршневою частиною і турбіною. Узгодження характеристик турбокомпресора і поршневої частини комбінованого двигуна. Регулювання турбокомпресора. Способи регулювання компресора і турбіни. Турбокомпаундні системи. Гібридні турбокомпресори</p>	3	2	-	1	-	3	-	1	1	1
Разом за змістовим модулем 6	15	10	-	5	-	15	1	2	3	9
Разом за модулем 4	15	10	-	5	-	15	1	2	3	9
Модуль 5. Проектування турбокомпресора										
Курсовий проект										
Курсовий проект "Проектування відцентрового турбокомпресора"	90	-	-	-	90	90	-	-	-	90
Разом за модулем 5	90	-	-	-	90	90	-	-	-	90
Разом за 6(4)-й семестр	135	30	0	15	90	135	6	4	8	117
Усього годин з курсу	210	60	15	30	105	210	22	4	16	168

Примітка: л – лекції; лр – лабораторні роботи; пр – практичні заняття; с.р. – самостійна робота

5.2 Теми лабораторних робіт

На лабораторних заняттях здобувачі вищої освіти ознайомлюються з теоретичним матеріалом (відповідно до складу змістових модулів), який наводиться науково-педагогічним працівником (НПП), та практичним його застосуванням. Методики виконання лабораторних робіт є загальними, але кожний здобувач вищої освіти виконує індивідуальний варіант згідно з виданим завданням. Теми лабораторних робіт представлені в табл. 3.

Таблиця 3. Теми лабораторних робіт

№ з/п	Назва теми	Кількість годин, форма навчання	
		денна 5(3)-й семестр	заочна 6(4)-й семестр
1	Випробування поршневого пускового компресора середнього тиску Література: [4], с. 6 – 14.	2	1
2	Випробування приводного відцентрового компресора Література: [4], с. 15 – 24.	3	1
3	Визначення закону розподілу основних характеристик по поперечному перерізу потоку Література: [6], с. 95-110.	4	1
4	Дослідження закону зміни механічної енергії рідини уздовж потоку Література: [6], с. 112-130.	4	1
5	Випробування роторно-лопатевого компресора Література: [4], с. 25 – 34.	2	-
Разом		15	4

5.3 Теми практичних занять

Метою практичних занять є доповнення лекційного матеріалу. На практичних заняттях здобувачі вищої освіти знайомляться з теоретичним матеріалом (відповідно до складу змістових модулів), що наводяться НПП, та практичним його застосуванням. Теми практичних занять представлені в табл. 4.

Таблиця 4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин, форма навчання	
		денна	заочна
5(3)-й семестр			
1	Схеми повітропостачання комбінованих ДВЗ. Системи газотурбінного наддуву із вільними ТК. Комбіновані системи наддуву Література: [3], с. 103 – 110	2	2
2	Особливості наддуву сучасних дво- і чотиритактних комбінованих двигунів Література: [3], с. 112 – 117	4	2
3	Компресори об'ємної дії. Продувні поршневі компресори (ППК). Компонування та схеми приводів ППК. Використання підпоршневі порожнини у якості продувного (наддувного) агрегату Література: [2], с. 234 – 245.	3	2
4	Визначення основних параметрів компресорних машин Література: [4], с. 31 – 45.	4	2
5	Визначення похибок при розрахування основних параметрів агрегатів наддуву Література: [4], с. 46 – 57.	2	-
Разом за 5(3)-й семестр		15	8
6(4)-й семестр			
1	Ознайомлення з конструктивними схемами компоновки турбокомпресорів. Особливості конструктивних схем ТК і ТКР провідних фірм-виробників сучасних турбокомпресорів Література: [5], с.92 – 95.	2	1
2	Вибір початкових параметрів для розрахунку ступеня відцентрового компресора. Розрахунки вхідних елементів ступеня. Попереднє визначення колової швидкості U_2	2	1

	Література: [5], с.14 – 30.		
3	Розрахунки робочого колеса. Профілювання вхідної ділянки робочих лопаток. Визначення кількості та форми лопаток колеса Література: [5], с. 31 – 34.	2	1
4	Розрахунок параметрів у каналах колеса, роботи та втрат енергії у колесі. Побудова вхідних і вихідних трикутників швидкості. Конструювання колеса Література: [5], с.35 – 58.	2	1
5	Розрахунок та конструювання безлопаткового дифузора Література: [5], с. 59 – 67.	2	1
6	Розрахунок та конструювання лопаткового дифузора компресора Література: [5], с. 68 – 78.	2	1
7	Розрахунок та конструювання повітрозбірної завитки Література: [5], с. 79 – 91.	2	1
8	Принцип роботи та фізична сутність робочих процесів осьових і радіальних газових турбін турбокомпресорів систем наддуву Література: [2], с. 365 – 378.	1	1
Разом за 6(4)-й семестр		15	8
Разом		30	16

5.4 Самостійна робота

Самостійна робота здобувача вищої освіти передбачає проробку ним лекційного матеріалу, підготовку до проведення та захисту лабораторних та практичних робіт, опрацювання окремих питань тем змістових модулів, підготовку до модульних контролів знань, а також виконання модульних контрольних робіт. Види самостійних робіт та кількість годин для опрацювання наведені в табл. 5.

Таблиця 5. Розподіл годин самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин		
		Норматив	Денна форма	Заочна форма
5(3)-й семестр				
1	Підготовка до лекційних занять	1 год. на 1 лек.	4	7
2	Підготовка до практичних робіт	підготовка до практичних робіт – до 2 год. на 1 роб.	7	4
3	Виконання модульної контрольної роботи (реферат)	до 5 год. на 1 роб.	4	-
4	Виконання контрольної роботи	до 20 годин на 1 роботу	-	20
5	Підготовка до підсумкового контролю (залік)	до 30 год. на 1 роб.	-	30
Разом за 5(3)-й семестр			15	51
6(4)-й семестр				
1	Підготовка до лекційних занять	1 год. на 1 лек.	-	7
2	Підготовка до підсумкового контролю (екзамен)	до 20 год. на 1 роб.	-	20
3	Курсовий проект	до 90 год. на 1 роб.	90	90
Разом за 6(4)-й семестр			90	117

5.5 Виконання модульних контрольних робіт.

Виконання контрольної роботи (для здобувачів заочної форми навчання)

Під час поточного модульного контролю здобувачі вищої освіти денної форми навчання виконують одну модульну контрольну роботу у кожному

семестрі, яка представляє собою письмові відповіді на питання із даного семестру (у 5-му семестрі на 1 питання, у 6-му семестрі на 2 питання). Здобувачі заочної форми навчання виконують одну контрольну роботу у 5-му семестрі, яка складається з відповідей на чотири питання із даного семестру.

Варіант питань обирається здобувачами із табл. 6 або задається НПП індивідуально. У відповідях мають бути продемонстровані знання здобувача з навчальної дисципліни, його вміння відбирати і узагальнювати матеріал, супроводжуючи його необхідними схемами, графіками, формулами і поясненнями, ясно і дохідливо оформлювати текстовий матеріал.

Таблиця 6. Варіант питань поточного модульного контролю (контрольної роботи для здобувачів заочної форми навчання)

№ варіанту	5(3)-й семестр		6(4)-й семестр	
	Запитання 1		Запитання 3	Запитання 4
1	1	1	16	
2	2	2	17	
3	3	3	18	
4	4	4	19	
5	5	5	20	
6	6	6	21	
7	7	7	22	
8	8	8	23	
9	9	9	24	
10	10	10	25	
11	11	11	26	
12	12	12	27	
13	13	13	28	
14	14	14	29	
15	15	15	30	
16	16	16	1	
17	17	17	2	
18	18	18	3	
19	19	19	4	
20	20	20	5	
21	21	21	6	
22	22	22	7	
23	23	23	8	
24	24	24	9	
25	25	25	10	
26	26	26	11	
27	27	27	12	
28	28	28	13	
29	29	29	14	
30	30	30	15	

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування

Методи навчання:

для всіх видів занять:

- робота з літературою - опрацювання різних видів джерел, спрямоване на формування нових знань, їх закріплення, вироблення вмінь і навичок та реалізацію контрольної-корекційної функції в умовах формальної, неформальної та інформальної освіти;

- пояснення - словесне розкриття причинно-наслідкових зв'язків і закономірностей у розвитку природи, людського суспільства і людського мислення;

- дискусія - обмін поглядами щодо конкретної проблеми з метою набуття нових знань, зміцнення власної думки, формування вміння її обстоювати;

для лекційних занять:

- лекція - усний виклад навчального матеріалу, який характеризується великим обсягом, складністю логічних побудов, сконцентрованою розумових образів, доведень і узагальнень;

- ілюстрування - показ та сприйняття предметів, процесів і явищ у їх имвольному зображенні за допомогою плакатів, карт, портретів, фотографій, схем, репродукцій, звукозаписів тощо;

для лабораторних і практичних занять:

- лабораторна робота - вивчення в спеціальних умовах явищ природи за допомогою спеціального обладнання;

- практична робота - метод поглиблення і закріплення теоретичних знань та перевірки наукових висновків;

інструктаж - ознайомлення зі способами виконання завдань, інструментами, матеріалами, технікою безпеки, показ операцій та організацію робочого місця;

методи контролю і самоконтролю:

- фронтальне опитування;

- контрольні тестові роботи програмованого типу (перелік запитань і можливі варіанти відповідей).

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання є:

- усні відповіді;
- виконання лабораторних та практичних робіт;
- поточний модульний контроль;
- контрольна робота (для здобувачів заочної форми навчання);

- підсумковий контроль (залік, екзамен);
- виконання курсового проекту;
- презентації результатів виконаних завдань та досліджень та виступи на наукових заходах тощо.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення студента оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки заключного екзамену (заліку).

Питома вага заключного екзамену (заліку) в загальній системі оцінок - **40 балів**. Право здавати заключний екзамен (залік) дається здобувачу, якій з урахуванням максимальних балів проміжних оцінок і заключного екзамену (заліку) набирає не менше **60 балів**. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки екзамену (заліку).

Поточний контроль проводиться на кожному лабораторному (практичному) занятті та за результатами виконання завдань самостійної роботи. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) під час виконання завдань лабораторних (практичних) робіт.

Зарахування кредитів навчального курсу можливо тільки після досягнення результатів, запланованих РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок, передбачених чинним законодавством.

7.1 Форми контролю результатів навчальної діяльності здобувачів вищої освіти та їх оцінювання

Критерії оцінювання результатів навчальної діяльності ЗВО з лабораторної, практичної, поточної модульної, контрольної роботи та курсового проекту наведені в табл. 7 – 10 відповідно. Форми контролю та розподіл балів результатів навчальної діяльності здобувачів наведені в табл. 11.

Таблиця 7. Критерії оцінювання результатів навчальної діяльності здобувачів вищої освіти з лабораторної роботи

Бал	Критерії оцінювання
5	Лабораторна робота виконана самостійно у встановлений термін. У роботі чітко розкрита мета, при вирішенні завдань застосовувалися коректні методи обробки отриманих результатів. У висновках проведена коректна інтерпретація результатів

4	Робота виконана у встановлений термін. Здобувач виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації з НПП; описує спостереження; у цілому правильно складає звіт і робить висновки
3	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Здобувач виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації з НПП; описує спостереження; складає звіт, що містить неточності у висновках і помилки
2	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Здобувач виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією; складений звіт містить неточності у висновках і помилки
1	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Здобувач виконує лабораторну роботу під керівництвом НПП; складений звіт містить неточності у висновках і помилки
0	Робота не виконувалася

Таблиця 8. Критерії оцінювання результатів навчальної діяльності здобувачів з практичної роботи

Бал	Критерії оцінювання
5	Робота виконана у встановлений термін. Виконана самостійно, чітко сформульовані цілі, завдання та гіпотеза досліджень. Застосовувалися коректні методи обробки отриманих результатів. У висновках проведена коректна інтерпретація результатів
4	Робота виконана у встановлений термін. Здобувач виконує практичну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача; описує спостереження; в цілому правильно складає звіт та робить висновки
3	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Здобувач виконує практичну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача; описує спостереження; складає звіт, що містить неточності у висновках та помилки
2	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Здобувач виконує практичну роботу під керівництвом викладача; складений звіт містить неточності у висновках та помилки
0	Робота не виконувалася

Таблиця 9. Критерії оцінювання результатів виконання поточного модульного контролю у формі модульної контрольної роботи (контрольної роботи для здобувачів заочної форми навчання)

Бал	Критерії оцінювання за відповідь на одне питання
10	Робота виконана у встановлений термін. Матеріал викладено у достатньому обсязі, аргументовано і у правильній послідовності. Використані не тільки рекомендовані джерела інформації, а й новітні, самостійно знайдені у періодичних виданнях та в інтернет-ресурсах

	Правильно сформульовані узагальнюючі висновки. Робота достатньо ілюстрована, оформлена акуратно, з дотриманням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи студент вільно орієнтується в матеріалах
7	Робота виконана у встановлений термін. Матеріал викладено у достатньому обсязі, логічно. Використані рекомендовані джерела інформації. Правильно сформульовані узагальнюючі висновки. Робота оформлена акуратно, з дотриманням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи студент орієнтується в матеріалах, у відповідях є неточності
5	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Матеріал викладено у правильній послідовності, але недостатньо повно. Недостатньо використані рекомендовані джерела інформації. Висновки сформульовані формально або не зв'язані з матеріалами роботи. В оформленні роботи є порушення вимог до технічної документації. Під час захисту роботи студент в цілому орієнтується в матеріалах, у відповідях є помилки та неточності
2	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Матеріал викладено безсистемно, висновки сформульовані формально або відсутні. Робота оформлена неохайно, з порушенням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи студент слабо орієнтується в матеріалах, у відповідях є помилки
0	Роботу не виконано

Таблиця 10. Критерії оцінювання результатів виконання курсового проекту

Параметри оцінювання	Кількість балів	Критерії оцінювання
Пояснювальна записка	40	Зміст роботи відповідає обраній темі; наявність чітко сформульованої проблеми; адекватність дослідження предметної галузі; визначення ступеню розробленості проблеми дослідження; дотримання методики розрахунку та адекватність отриманих результатів, наявність посилань на використану літературу та відповідність стандартам оформлення роботи; відповідність висновків меті та завданням курсової роботи. Робота виконувалась систематично та вчасно подана на перевірку керівнику у відповідності із планом виконання курсової роботи
	35	Зміст роботи відповідає обраній темі; наявність чітко сформульованої проблеми;

		<p>адекватність дослідження предметної галузі; дотримання методики розрахунку та адекватність отриманих результатів, наявність посилань на використану літературу та відповідність стандартам оформлення роботи; відповідність висновків меті та завданням курсової роботи.</p> <p>Робота виконувалась систематично, але подана на перевірку керівнику з порушенням плану виконання курсової роботи</p>
	30	<p>Зміст роботи відповідає обраній темі, але має поверхневий аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано; не дотримано методики розрахунку, наявність посилань на використану літературу та відповідність стандартам оформлення роботи; відповідність висновків меті та завданням курсової роботи.</p> <p>Робота виконувалась не систематично та подана на перевірку керівнику з порушенням плану виконання курсової роботи</p>
	20	<p>Робота, оформлена за вимогами, які пред'являються до курсових робіт, але має недостатньо критичний аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано. Основні тези роботи розкриті, але недостатньо обґрунтовані, нечітко сформульовано висновки, пропозиції і рекомендації.</p> <p>Робота виконувалась не систематично та подана на перевірку керівнику з порушенням плану виконання курсової роботи</p>
	10	<p>Студент відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень, але лише за допомогою викладача може виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих. В роботі немає конкретних висновків.</p> <p>Робота виконувалась не систематично та подана на перевірку керівнику з порушенням плану виконання курсової роботи</p>
	0	Робота не виконувалась

Графічна частина	20	Розроблено конструктивну схему та побудовано процеси відповідно до завдань роботи без помилок. Графічна частина роботи виконана у відповідності до вимог ЄСКД
	15	Розроблено конструктивну схему та побудовано процеси відповідно до завдань роботи без помилок. Графічна частина роботи виконана з незначними невідповідностями до вимог ЄСКД
	10	Конструктивна схема та графіки процесів побудовано з незначними помилками. Графічна частина роботи виконана з незначними невідповідностями до вимог ЄСКД
	5	Конструктивна схема та графіки процесів побудовані з помилками. Графічна частина роботи виконана на низькому рівні та не відповідає вимогам ЄСКД
	0	Робота не виконувалась
Захист роботи	40	Доповідь логічно побудована, студент чітко та стисло викладає основні результати виконання роботи, показує глибокі знання з питань теми, оперує даними дослідження, вносить пропозиції по темі роботи, під час доповіді вміло використовує презентацію, впевнено і докладно відповідає на поставлені запитання
	30	Студент спроможний чітко та стисло викласти основні результати виконання роботи, дає правильні відповіді на всі запитання, але не завжди упевнений в аргументації, чи не завжди коректно її формулює
	20	Студент спроможний чітко та стисло викласти основні результати виконання роботи але допускає суттєві неточності у відповідях на запитання, не завжди належно обґрунтовує положення роботи
	10	Студент невпорядковано викладає основні результати виконання роботи, намагається дати відповідь на поставлені запитання і робить спроби аргументувати положення роботи
	5	Студент демонструє задовільні знання з теми виконання роботи, але не може впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання членів комісії, та належно обґрунтувати положення роботи

Таблиця 11. Форми контролю та розподіл балів результатів навчальної діяльності здобувачів вищої освіти

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	Денна форма	Заочна форма
5(3)-й семестр		
Виконання лабораторних робіт	5 роб. × 5 балів = 25 балів	-
Виконання практичних робіт	5 роб. × 5 балів = 25 балів	4 роб. × 5 балів = 20 балів
Виконання контрольних робіт	-	4 запитання × 10 балів = 40 балів
Виконання поточного модульного контролю у формі модульної контрольної роботи	1 запитання × 10 балів = 10 балів	-
Всього	60	60
6(4)-й семестр		
Виконання лабораторних робіт	-	4 роб. × 5 балів = 20 балів
Виконання практичних робіт	8 роб. × 5 балів = 40 балів	8 роб. × 5 балів = 40 балів
Виконання поточного модульного контролю у формі модульної контрольної роботи	2 запитання × 10 балів = 20 балів	-
Всього	60	60

7.2 Підсумковий контроль у письмовій формі

Підсумковий контроль (екзамен, залік) складається у письмовій формі. Максимальна кількість балів за підсумковий контроль – 40 балів. Здобувач відповідає на 4 контрольних запитання (контрольні питання відповідно 5(3)-го або 6(4)-го семестру) без використання навчальних посібників, довідників та мобільних девайсів, кожне з яких оцінюється максимально у 10 балів. За відповідь на питання без помилок здобувач отримує максимальну кількість балів. За неповні відповіді або відповіді з помилками, знижується кількість отриманих балів. При написанні неправильної відповіді або при її відсутності бали не нараховуються. Критерії оцінювання підсумкового контролю у письмовій формі наведені в табл. 12.

Таблиця 12. Критерії оцінювання підсумкового контролю

Бал	Критерії оцінювання
10	Відповідь на питання дано правильно, повно, логічно, містить аналіз, систематизацію, узагальнення та містить аргументовані висновки
7	Відповідь на питання дано правильно, достатньо повно, логічно, але допущені несуттєві помилки та неточності у викладенні матеріалу
5	Відповідь на питання дано частково правильно, містить неточності, недостатньо обґрунтовано
3	Відповідь на питання дано з суттєвими помилками, аргументи не сформульовані, використовується невірна термінологія
0	Відповідь на питання не надана

8. Критерії оцінювання результатів навчання

Критерії оцінювання результатів навчання представлені в табл. 13, а захисту курсового проекту в табл. 14.

Таблиця 13. Критерії оцінювання результатів навчання

№ Модуля	№№ змістового модуля і теми	Денна форма		Заочна форма		
		Вид роботи	Кількість балів	Вид роботи	Кількість балів	
5(3)-й семестр						
М1	ЗМ 1	T1	ПР № 1	0...5	ПР № 1	0...5
		T2	ПР № 2	0...5		
	ЗМ 2	T3	ЛР № 1	0...5	ПР № 2	0...5
		T4	ЛР № 2	0...5		
М2	ЗМ 3	T5	ПР № 3	0...5	ПР № 3	0...5
			ЛР № 3	0...5		
		T6	ПР № 4	0...5	ПР № 4	0...5
			ЛР № 4	0...5		
	ЗМ 4	T7	ПР № 5	0...5	-	-
			ЛР № 5	0...5	-	-
T8	-	-	-	-		
Поточний модульний контроль			0...10	-	-	
			-	-	КНР	0...40
Підсумковий контроль			Залік (письмово)	0...40	Залік (письмово)	0...40
Сума				100		100

6(4)-й семестр						
М3	ЗМ 5	T9	ПР № 1	0...5	ПР № 1	0...5
		T10	ПР № 2	0...5	ПР № 2	0...5
		T11	ПР № 3	0...5	ПР № 3	0...5
			-	-	ЛР№1	0...5
		T12	ПР № 4	0...5	ПР № 4	0...5
			-	-	ЛР№2	0...5
T13	ПР № 5	0...5	ПР № 5	0...5		
Поточний модульний контроль №1				0...10	-	-
М4	ЗМ 6	T14	ПР № 6	0...5	ПР № 6	0...5
		T15	ПР № 7	0...5	ПР № 7	0...5
			-	-	ЛР№3	0...5
		T16	ПР № 8	0...5	ПР № 8	0...5
			-	-	ЛР№4	0...5
Поточний модульний контроль №2				0...10	-	-
Підсумковий контроль			Екзамен (письмово)	40	Екзамен (письмово)	40
Сума				100		100

Примітка: М – модуль; ЗМ – змістовний модуль; Т – навчальна тема; ЛР – лабораторна робота; ПР – практична робота; КнР – Контрольна робота

Таблиця 14. Критерії оцінювання результатів захисту курсового проекту

Пояснювальна записка	Графічна частина	Захист роботи	Кількість балів разом
0...40	0...20	0...40	100

9. Засоби навчання

Засоби навчання, завдяки яким досягається визначені цілі і результат навчання в межах освітнього процесу:

- Технічні засоби (відеореєстратори, звуко- і відеозаписи та ін.);
- Мультимедіа-, відео- і звуковідтворююча, проєкційна апаратура (проєктори, екрани, тощо);
- Комп'ютери, комп'ютерні системи та мережі;
- Програмне забезпечення (для підтримки дистанційного навчання, та ін.);
- Бібліотечні фонди (підручники і навчальні посібники, методичні рекомендації, наукова література, тощо).

10. Рекомендовані джерела інформації

10.1. Основна література

1. Бондаренко Г. А. Основи проектування турбокомпресорів: навчальний посібник / Г. А. Бондаренко, В. М. Бага. – Суми: Сумський державний університет, 2022. – 203 с. [Електронний варіант]
2. Герасимов Г.Г. Нагнітачі та теплові двигуни. Навчальний посібник / Г.Г. Герасимов. – Рівне: НУВГП, 2012. – 552 с. [Електронний варіант]
3. Дяченко В.Г. Двигуни внутрішнього згоряння. Теорія: Підручник / В.Г. Дяченко; За ред. А.П.Марченка. - Харків: НТУ “ХП”, 2008. – 488 с. [Електронний варіант]
4. Мошенцев Ю.Л., Борозенець В.Г. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт по компресорним машинам. – Миколаїв: НУК, 2008. – 60 с. [Електронний варіант]
5. Мошенцев Ю. Л. Розрахунок ступеня відцентрового наддувного компресора: навчальний посібник / Ю. Л. Мошенцев, О. А. Гогоренко. – Миколаїв : НУК, 2021. – 160 с.
6. Риндя В.М. Гідромеханіка і газова динаміка для суднових енергетиків: Навчальний посібник. – Миколаїв: УДМТУ, 2003. – 156 с.
7. Турик В.М. Основи газодинаміки: Навчальний посібник / В.М. Турик. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 139 с. [Електронний варіант]
8. Kuiken K., Diesel engines for ship propulsion and power plants. Part 2. - Onnen, The Netherlands, July 2008. — 442 p.

10.2. Додаткова література

9. Бойко А.В. Гідрогазодинаміка: підручник. Х.: НТУ”ХП”, 2007. – 444 с.
10. Буренніков Ю.А. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи: навчальний посібник / Ю.А. Буренніков, І. А. Немировський, Л. Г. Козлов. – Вінниця: ВНТУ, 2013. - 273 с.
11. Вамболь, С.О. Технічна механіка рідини і газу: підручник / С.О. Вамболь, І.В. Міщенко, О.М. Кондратенко. – Х. : НУЦЗУ, 2016. – 300 с.
12. Ткаченко, С. Й. Гідрогазодинаміка (прикладні задачі): навчальний посібник / С. Й. Ткаченко, Н. Д. Степанова. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 180 с.

11. Інформаційні джерела

13. Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова. – Режим доступу: <http://www.kb.nuos.edu.ua> (дата звернення: 25.10.2023 р.).
14. MAN Energy Solutions. – Режим доступу: <https://www.man-es.com> (дата звернення: 25.10.2023 р.).
15. MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. – Режим доступу:

<https://www.mhi.com/group/mhimme> (дата звернення: 25.10.2023 р.).
16. Wärtsilä. – Режим доступу: <https://www.wartsila.com> (дата звернення: 25.10.2023 р.).

Розробник:
к.т.н., доцент кафедри
теплотехніки ХННІ НУК



І.В. Калініченко