

Програма підготовки бакалаврів у галузі знань 14 – "Електрична інженерія" зі спеціальності 142 – "Енергетичне машинобудування"

"Газова динаміка та агрегати наддуву"

195 год. / 6,5 кредитів ЕКТС

(45 год. лекцій, 15 год. лабораторних занять, 30 год. практичних занять)

Навчальний контент

5-й семестр

Модуль 1.

Змістовний модуль 1.1. Основні рівняння теорії компресорних машин

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

Тема 2. 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.

Тема 3. Основні рівняння теорії компресорних машин (рівняння Бернуллі, рівняння Ейлера). Рівняння моментів кількості руху (друге рівняння Ейлера). Проблеми створення та використання адекватних математичних моделей газового потоку. Диференціальні форми рівнянь математичних моделей газового потоку.

Змістовний модуль 1.2. Ідеальні компресорні цикли

Тема 4. Аналіз основних термодинамічних процесів при стисканні повітря в ідеальному компресорі. Робота компресора на стискання повітря при ізотермічному, адіабатному та політропному процесах у компресорах. Рівняння процесів. Проблеми підвищення точності та адекватності цих рівнянь.

Тема 5. Особливості термодинамічних циклів компресорів. Робота на переміщення, всмоктування та нагнітання повітря в компресорі. Багатоступеневе стискання. Цикл компресора в $p-v$ та $T-s$ – діаграмах. Коефіцієнти корисної дії компресорів (внутрішній ККД). Проміжне охолодження повітря.

Тема 6. Цикл турбокомпресора. Зворотні цикли комбінованих двигунів з імпульсною турбіною і з турбіною сталого тиску, без охолодження і з проміжним охолодженням повітря. Схеми хвостової частини індикаторної ($p - V$) та теплової ($T - S$) – діаграм суміщеної роботи поршневої частини, турбіни і компресора двотактного і чотиритактного двигунів. Вплив параметрів турбокомпресора на основні показники циклу комбінованого двигуна.

Змістовний модуль 1.3. Параметри високошвидкісних газових потоків

Тема 7. Швидкість звуку, число M , стрибки ущільнення, критичні параметри. Термічні та кінематичні параметри тривимірного газового потоку. Витрати газу та рівняння нерозривності. Розповсюдження у газі слабких збуджень. Швидкість звуку, число Маха та приведена швидкість λ .

Тема 8. Газодинамічні процеси у газоповітряних каналах комбінованих двигунів. Ударні хвилі і хвилі розрідження. Методи моделювання газодинамічних процесів у газоповітряних каналах комбінованих двигунів. Процеси розгону газу в газоповітряних каналах комбінованих двигунів.

Тема 9. Процеси гальмування в газоповітряних каналах комбінованих двигунів. Параметри гальмування в абсолютному і відносному русі. Газодинамічні функції та їх використання для розрахунку проточних частин турбокомпресорів.

Модуль 2.

Змістовний модуль 2.1. Агрегати для наддуву ДВЗ та їхні технічні характеристики

Тема 10. Газодинамічні (лопаткові) компресори. Класифікація компресорів ДВЗ. Відцентрові та осьові компресори. Принцип дії, основні параметри компресорів. Робочі процеси та основні параметри. Можливості застосування. Хвильові обмінники тиску.

Тема 11. Компресори об'ємної дії. Роторно-лопатеві, роторно-пластинчасті, спіральні, гвинтові та поршневі компресори. Принцип дії, основні параметри компресорів. Робочий цикл. Можливості застосування.

Змістовний модуль 2.2. Розрахунок і проектування роторно-лопатевих компресорів

Тема 12. Процеси у роторно-лопатевих компресорах. Визначення основних параметрів роторно-лопатєвого компресора.

Тема 13. Проектування роторно-лопатевих компресорів. Характеристики роторно-лопатєвих компресорів.

Змістовний модуль 2.3. Розрахунок і проектування гвинтових компресорів

Тема 14. Процеси у гвинтових компресорах. Визначення основних параметрів гвинтового компресора.

Тема 15. Проектування гвинтових компресорів. Характеристики гвинтових компресорів.

6-й семестр

Модуль 3.

Змістовний модуль 3.1. Проектування відцентрових турбоагнітачів

Тема 16. Основні параметри та способи оцінки ефективності відцентрового компресора. Вибір компресора для комбінованого двигуна. Втрати енергії в ступені відцентрового компресора. Теоретичний напір ступеня відцентрового компресора. Дійсний (корисний) напір ступеня. Типорозмірні ряди турбоагнітачів. Вибір турбоагнітача для двигуна.

Тема 17. Метод поелементного розрахунку ступеня компресора. Спосіб проектування ступеня відцентрового компресора. Основні елементи і геометричні параметри ступеня відцентрового компресора. Загальна схема поелементного поділу ступеня відцентрового компресора на розрахункові ділянки. Вибір і визначення початкових параметрів.

Тема 18. Робота колеса компресора. Трикутники швидкостей на вході і виході колеса; порівняння коліс із різною формою лопаті на виході колеса; ступінь реактивності колеса.

Тема 19. Робочі процеси у безлопатковому та лопатковому дифузорах, проектування повітрозбірників ВК.

Змістовний модуль 3.2. Проектування осьових компресорів

Тема 20. Проектування проточної частини осьових компресорів. Газодинамічний розрахунок осьового компресора. Попередній розрахунок проточної частини. Розрахунок ступеня осьового компресора.

Модуль 4.

Змістовний модуль 4.1. Узгодження роботи компресорів і турбін у складі комбінованих двигунів

Тема 21. Характеристики компресорів і турбін. Узгодження роботи компресора і турбіни у складі турбоагнітача. Умови забезпечення усталеного режиму сумісної роботи турбіни і компресора. Визначення залежності між діаметрами колес турбіни і компресора.

Тема 22. Сумісна робота двигуна і турбокомпресора. Узгодження характеристик турбокомпресора і поршневої частини комбінованого двигуна. Турбокомпаундні системи. Гібридні турбокомпресори.

Тема 23. Регулювання турбокомпресора. Необхідність регулювання турбокомпресорів. Регулювання компресора. Регулювання турбіни.

Блок змістових модулів 5.
Проектування відцентрового компресора турбонагнітача
(Курсовий проект)

Тема КП1. Визначення основних параметрів двигуна та компресора. Вибір прототипу турбокомпресора з типорозмірного ряду.

Тема КП2. Попереднє визначення колової швидкості U_2 .

Тема КП3. Розрахунок і конструювання вхідної ділянки компресора.

Тема КП4. Розрахунок і конструювання робочого колеса компресора.

Тема КП5. Розрахунок і конструювання ділянки безлопаткового дифузора.

Тема КП6. Розрахунок і конструювання лопаткового дифузора.

Тема КП7. Розрахунок і конструювання завитки повітрозбірника.

Тема КП8. Розробка загальної компоновки компресора та його основних елементів. Конструктивно-компонувальне креслення турбокомпресора.

Тема КП9. Оформлення пояснювальної записки. Підготовка до захисту та захист курсового проекту.

**Програма підготовки бакалаврів у галузі знань 14 – "Електрична інженерія"
зі спеціальності 142 – "Енергетичне машинобудування"**

" Газова динаміка та агрегати наддуву "

195 год. / 6,5 кредитів ЕКТС

**(45 год. лекцій, 15 год. лабораторних занять, 30 год. практичних занять)
)**

Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1-й семестр		
1	Визначення закону розподілу основних характеристик по поперечному перерізу потоку.	2
2	Дослідження закону зміни механічної енергії рідини уздовж потоку.	2
3	Випробування відцентрового компресора.	4
4	Випробування поршневого компресора.	4
5	Випробування роторно-лопатевого компресора.	3
Разом		15

Програма підготовки бакалаврів у галузі знань 14 – "Електрична інженерія" зі спеціальності 142 – "Енергетичне машинобудування"

" Газова динаміка та агрегати наддуву "

195 год. / 6,5 кредитів ЕКТС

(45 год. лекцій, 15 год. лабораторних занять, 30 год. практичних занять)

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
5-й семестр		
1	Компресори об'ємної дії. Продувні поршневі компресори (ППК). Компонування та схеми приводів ППК. Використання підпоршневого простору робочого поршня і циліндра двигуна у якості продувного (наддувного) агрегату.	2
2	Роторні компресори. Роторно-пластинчасті компресори. Особливості конструктивних схем. Розрахунок роторно-пластинчастих компресорів. Характеристики роторно-пластинчастих компресорів.	2
3	Роторно-лопатеві компресори. Визначення основних розмірів. Конструктивні особливості та профілювання роторів роторно-лопатевого компресорів, схеми їхніх приводів.	2
4	Гвинтові компресори. Визначення основних розмірів. Конструктивні особливості гвинтових компресорів, схеми їхніх приводів.	2
5	Гвинтові компресори. Профілювання роторів та випускних вікон гвинтових компресорів.	2
6	Регулювання турбокомпресорів. Конструкція елементів регулювання компресорів.	2
7	Конструкція елементів регулювання турбін ТК. Розрахунок і побудова газодинамічної характеристики для конкретного двигуна.	2
8	Основні напрямки конструктивного удосконалення сучасних агрегатів наддуву, вплив їхніх ККД на зовнішні енергетичні характеристики комбінованого двигуна.	1
Разом		15

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
6-й семестр		
9	Ознайомлення з конструктивними схемами компоновки турбокомпресорів. Особливості конструктивних схем ТК і ТКР провідних фірм–виробників сучасних турбокомпресорів. Вивчення конструкції основних деталей та вузлів турбокомпресорних агрегатів.	2
10	Особливості поелементного методу розрахунку ступеня відцентрового компресора. Вибір початкових параметрів для розрахунку ступеня відцентрового компресора. Попереднє визначення колової швидкості U_2 .	2
11	Розрахунки вхідних елементів ступеня. Вхідний пристрій, фільтр, глушник.	2
12	Визначення впливу кількості та форм лопаток колеса на його характеристики. Розрахунок коефіцієнта циркуляції, ступеня реактивності колеса, роботи та утрат енергії у колесі. Побудова вихідних трикутників швидкості. Конструювання колеса.	2
13	Гвинтові компресори. Профілювання роторів та випускних вікон гвинтових компресорів.	2
14	Розрахунки безлопаткового дифузора (БЛД) компресора. Закономірності течії та профілювання БЛД. Визначення параметрів повітря за дифузором.	2
15	Розрахунки лопаткового дифузора (ЛД). Визначення необхідності та доцільності застосування лопаткового дифузора. Профілювання лопаток та побудова осьових ліній. Визначення розмірів каналних дифузоров. Розрахунки параметрів повітря за ЛД.	2
16	Розрахунки повітрозбірних завиток. Розрахунки параметрів повітря за повітрозбірником та кінцевим дифузором. Конструювання повітрозбірної завитки та кінцевого дифузора.	1
Разом		15

Програма підготовки бакалаврів у галузі знань 14 – "Електрична інженерія" зі спеціальності 142 – "Енергетичне машинобудування"

" Газова динаміка та агрегати наддуву "

195 год. / 6,5 кредитів ЕКТС

(45 год. лекцій, 15 год. лабораторних занять, 30 год. практичних занять)

Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
5-й семестр		
Змістовий модуль 1.1		
1	Проробка матеріалів за темою "Повітропостачання комбінованих ДВЗ". Робота над рефератом №1	4
2	Проробка матеріалів за темою "Основні параметри та рівняння усталеного одновимірного газового потоку". Робота над рефератом №1	3
3	Проробка матеріалів за темою "Основні рівняння теорії компресорних машин". Робота над рефератом №1	3
Змістовий модуль 1.2		
4	Проробка матеріалів за темою "Аналіз основних термодинамічних процесів при стисканні повітря у компресорі". Робота над рефератом №1	4
5	Проробка матеріалів за темою "Особливості термодинамічних циклів компресорів. Багатоступеневе стискання". Робота над рефератом №1	1
6	Проробка матеріалів за темою " Цикл турбокомпресора". Робота над рефератом №1	5
Змістовий модуль 1.3		
7	Проробка матеріалів за темою "Швидкість звуку, число М, стрибки ущільнення, критичні параметри".	4
8	Проробка матеріалів за темою "Газодинамічні процеси у газоповітряних каналах комбінованих двигунів".	5
9	Проробка матеріалів за темою "Параметри гальмування в абсолютному і відносному русі".	5
Змістовий модуль 2.1		
10	Проробка матеріалів за темою "Газодинамічні компресори". Робота над рефератом №2	-
11	Проробка матеріалів за темою "Компресори об'ємної дії. Поршневі та ротаційні компресори". Робота над рефератом №2	-

Змістовий модуль 2.2

12	Проробка матеріалів за темою "Процеси у компресорах об'ємного типу. Визначення основних параметрів роторно-лопаткового компресора". Робота над рефератом №2	2
13	Проробка матеріалів за темою "Проектування роторно-лопаткових компресорів. Характеристики роторно-лопаткових компресорів". Робота над рефератом №2	2
Змістовий модуль 2.3		
14	Проробка матеріалів за темою "Процеси у гвинтових компресорах". Виконання індивідуального завдання №1.	3
15	Проробка матеріалів за темою "Проектування гвинтових компресорів".	4
Разом за блоками змістових модулів 1 - 2		45

6-й семестр**Змістовий модуль 3.1**

16	Проробка матеріалів за темою "Основні параметри та способи оцінки ефективності відцентрового компресора". Виконання індивідуального завдання №1.	3
17	Проробка матеріалів за темою "Метод поелементного розрахунок компресорного ступеня". Виконання індивідуального завдання №1.	2
18	Проробка матеріалів за темою "Робота колеса компресора". Виконання індивідуального завдання №1.	3
19	Проробка матеріалів за темою "Робочі процеси у безлопатковому та лопатковому дифузорах, проектування повітрозбірників ВК".	2

Змістовий модуль 3.2

20	Проробка матеріалів за темою "Проектування проточної частини осьових компресорів".	6
----	--	---

Змістовий модуль 4.1

21	Проробка матеріалів за темою "Характеристики компресорів і турбін. Узгодження роботи компресора і турбіни у складі турбонагнітача". Виконання індивідуального завдання №2.	4
22	Проробка матеріалів за темою "Регулювання турбокомпресора". Виконання індивідуального завдання №2.	4

Змістовий модуль 4.2

22	Проробка матеріалів за темою "Сумісна робота двигуна і турбокомпресора. Узгодження характеристик турбокомпресора із поршневою частиною (ПЧ)".	6
----	---	---

Блок змістових модулів 5. Проектування відцентрового компресора турбонагнітача (Курсовий проект)		
1	Визначення основних параметрів двигуна та компресора. Вибір прототипу з типорозмірного ряду	4
2	Попереднє визначення колової швидкості U_2	2
3	Розрахунок і конструювання робочого колеса компресора	2
4	Розрахунок і конструювання вхідної ділянки компресора	4
5	Розрахунок і конструювання ділянки безлопаткового дифузора	3
6	Розрахунок і конструювання лопаткового дифузора	3
7	Розрахунок і конструювання завитки повітрозбірника	3
8	Розробка загальної компоновки компресора та його основних елементів. Конструктивно-компонувальне креслення турбокомпресора	5
9	Оформлення пояснювальної записки. Підготовка до захисту та захист курсового проекту	4
Разом за блоками змістових модулів 3 - 5		60
Разом за 5-й та 6-й семестри		105

Програма підготовки бакалаврів у галузі знань 14 – "Електрична інженерія" зі спеціальності 142 – "Енергетичне машинобудування"

" Газова динаміка та агрегати наддуву "

195 год. / 6,5 кредитів ЕКТС

(45 год. лекцій, 15 год. лабораторних занять, 30 год. практичних занять)

Завдання для поточного та підсумкового контролю

5-й семестр

Блок змістових модулів 1

Контрольні питання до змістового модуля 1.1

1. Для чого збільшують тиск повітря у ресиверах сучасних ДВЗ?
2. З якою метою застосовують наддув ДВЗ?
3. Намалювати схеми повітропостачання сучасних ДВЗ 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 Ви знаєте?
8. Які схеми газотурбінного наддуву мають найбільше застосування при різних рівнях наддуву та як ці схеми залежать від типу та призначення двигунів?
9. Які проблеми доводиться вирішувати для досягнення найбільш можливого підвищення густини повітряного заряду циліндра?
10. Які елементи окрім компресорів входять у сучасні системи наддуву? Надати стисло інформацію про ці елементи.
11. Дати визначення одновимірному газовому потоку.
12. Описати засоби приведення технічних задач до одновимірної моделі газового потоку.
13. Записати рівняння витрати (суцільності) для одновимірному газовому потоку.
14. Записати рівняння кількості руху для одновимірному газовому потоку ідеального газу.
15. Записати рівняння Ейлера для одновимірному газовому потоку ідеального газу.
16. Записати інтеграл Бернуллі для одновимірному газовому потоку
17. Записати рівняння енергії для одновимірному газовому потоку.
18. Вивести друге рівняння Ейлера.
19. Пояснити, чому для більшості компресорів газодинамічної дії відсутня друга складова у рівнянні Ейлера.

20. Записати всі відомі Вам рівняння, що утворюють основну систему рівнянь теорії компресорних машин.

Контрольні питання до змістового модуля 1.2

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. Що таке ідеальний поршневий компресор?
4. Зобразити індикаторну діаграму ідеального поршневого компресора.
5. З яких процесів складається ідеальний цикл компресорів і як вони зображуються на діаграмах у $P-V$ та у $T-s$ - координатах?
6. Порівняти роботу ідеального компресора при різних процесах стискання повітря.
7. Яка робота називається технічною роботою компресора?
8. Які складові повної внутрішньої роботи компресора відображає діаграма ідеального компресорного циклу у $P-V$ - діаграмі?
9. Які складові повної внутрішньої роботи компресора відображає діаграма ідеального компресорного циклу у $T-s$ - діаграмі?
10. Які варіанти ідеальних компресорних циклів Ви знаєте? Надайте їх умовне зображення у $P-V$ та у $T-s$ - діаграмах. Проведіть порівняння витрат енергії у кожному з варіантів.
11. Як обрахувати 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.
13. Із чим пов'язана відмінність дійсної індикаторної діаграми одноступеневого поршневого компресора від теоретичної?
14. Що таке шкідливий простір поршневого компресора і у чому полягає його "шкідливість"?
15. Які основні причини необхідності використання багатоступневих компресорів?
16. Які ККД використовуються для оцінки ефективності роботи компресорів?
17. Як обрахувати кінцевий тиск повітря за компресором, якщо відомий початковий тиск, початкова та кінцеві температури, показник політропи стискання?
18. 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.
19. Знайти кількість теплоти, яку необхідно відвести у процесі стискання повітря, якщо значення показника політропи відоме й задане конкретним числом.
20. Наведіть формули, за якими визначається потужність приводу компресора.

Контрольні питання до змістового модуля 1.3

1. Дати визначення швидкості звуку.
2. При яких граничних значеннях швидкості газового потоку його можна вважати нестислим?
3. Вивести рівняння швидкості звуку.
4. Що таке критерій (число) Маха (M)?
5. Виразити відносні параметри потоку через M .
6. Що таке параметри гальмування (повні параметри)? Навести вирази для обчислення цих параметрів.
7. Яку форму повинен мати канал для забезпечення соплової або дифузорної течії?
8. Як змінюються повні параметри потоку уздовж каналу?
9. Дати визначення поняттю "максимальна швидкість".
10. Що таке критичний переріз каналу
11. Що таке критичні параметри?
12. Що таке критичне відношення тисків і за якими формулами воно знаходиться?
13. Що таке критична швидкість і як вона пов'язана зі швидкістю звуку?
14. У чому полягає відмінність критичної швидкості від звукової?
15. Що таке коефіцієнт швидкості λ ?
16. З якою метою застосовують безрозмірні швидкості?
17. Виразити відносні параметри потоку через безрозмірні швидкості (газодинамічні функції).
18. Питома витрата та приведена питома витрата.
19. Таблиці газодинамічних функцій одновимірного газового потоку.
20. При яких умовах можуть виникати у компресорах стрибки ущільнення, який вони матимуть вигляд та як впливають на роботу компресора?

Блок змістових модулів 2.

Контрольні питання до змістового модуля 2.1

1. Яким чином розділяються компресори за способом передачі енергії повітрю?
2. Які компресори відносяться до компресорів динамічної дії?
3. Які компресори відносяться до компресорів об'ємної дії?
4. Надайте класифікацію відцентрових компресорів.
5. Назвіть основні елементи відцентрового компресора.
6. Які типи робочих коліс переважно використовуються у ВК агрегатів наддуву і чим це зумовлено?
7. Назвіть форми лопаток, які використовуються у колесах відцентрового компресора, та як вони впливають на параметри компресора.
8. Яким чином забезпечується безударний вхід потоку на лопаті ВК?
9. Які функції виконує обертовий зкеруваний апарат (ОЗА)? Який елемент виконує його функції у сучасних ВК?

10. Які схеми роторів з різним взаємним розташуванням колеса та підшипників Ви знаєте? Перерахуйте їхні недоліки та переваги.
11. Які типи дифузорів використовуються у відцентрових компресорах? Назвіть їхні недоліки та переваги.
12. З яких елементів складається ступінь осьового компресора?
13. Назвіть призначення кожного з елементів ступеня осьового компресора.
14. Опишіть процеси, які протікають у елементах ступеня осьового компресора.
15. Яке призначення має вхідний направляючий апарат?
16. Які форми проточних частин використовуються у осьових компресорах?
17. Назвіть типи роторів, які використовуються у осьових компресорах.
18. Порівняйте характеристики осьових і відцентрових компресорів.
19. У яких випадках використання осьових компресорів у системах наддуву має переваги над використанням відцентрових компресорів?
20. Зобразити конструктивну схему та розповісти про робочі процеси хвильового обмінника тиску.
21. Охарактеризуйте експлуатаційні параметри та можливості використання хвильового обмінника тиску у системах наддуву ДВЗ.
22. Назвіть компресори, які відносяться до ротаційних.
23. Чим відрізняється принцип дії гвинтового компресора від лопатевого?
24. Для чого призначені шестерні синхронізації у гвинтовому і лопатевому компресорах?
25. За якими конструктивними особливостями елементів розділяють роторно–пластинчасті (шиберні) компресори?
26. За рахунок чого змінюється робочий об'єм шиберного компресора?
27. Порівняйте індикаторні діаграми ротаційних компресорів при розрахунковому і нерозрахункових режимах роботи.
28. Наведіть відомі Вам схеми продувних поршневих компресорів.
29. Надайте схеми використання підпоршневої порожнини робочого поршня циліндра ДВЗ у якості продувного компресора.
30. Надайте індикаторну діаграму підпоршневої порожнини робочого поршня циліндра ДВЗ.

Контрольні питання до змістового модуля 2.2

1. Назвіть призначення кожного з елементів роторно–лопатевого компресора.
2. Опишіть принцип дії роторно–лопатевого компресора.
3. Охарактеризувати процеси, які протікають у роторно–лопатевого компресорах.
4. Зобразити індикаторну діаграму роторно–лопатевого компресора.
5. З якою кількістю лопатей виготовляються ротори і як їхня кількість впливає на параметри роторно–лопатевого компресора?
6. З якою формою роторів та формою профілів лопатей виготовляються ротори і як вони впливають на роботу роторно–лопатевого компресора?
7. Яким чином враховуються втрати від перетікання повітря крізь зазори між лопатями компресора та крізь зазори між корпусом і лопатями компресора?
8. Наведіть формулу адіабатного ККД роторно–лопатевого компресора.

9. Що таке коефіцієнт подачі та як він визначається для роторно–лопатевого компресора?
10. У чому полягає розрахунок роторно–лопатевого компресора?
11. Наведіть методику розрахунку для визначення основних розмірів роторів роторно–лопатевого компресора.
12. У чому полягає профілювання лопатей роторно–лопатевого компресора?
13. Наведіть послідовність профілювання лопатей роторно–лопатевого компресора включно з визначенням міжцентрової відстані.
14. Наведіть формулу для визначення потужності, яка необхідна для приводу роторно–лопатевого компресора.
15. У яких межах знаходяться основні параметри роторно–лопатевого компресорів?
16. Який вигляд має характеристика роторно–лопатевого компресора? Порівняти її з характеристикою відцентрового компресора, який має схожі робочі параметри.
17. У чому полягає розрахунок деталей роторно–лопатевого компресора на міцність?

Контрольні питання до змістового модуля 2.3.

1. Яке призначення мають гвинтові компресори у складі комбінованих двигунів?
2. Назвіть призначення кожного з елементів гвинтового компресора.
3. Опишіть принцип дії гвинтового компресора.
4. Охарактеризувати процеси, які протікають у гвинтових компресорах.
5. Які схеми у залежності від кількості зубів (лопатей) на ведучому та веденому роторах використовуються у гвинтових компресорах?
6. Скільки лопатей (при однаковій їхній кількості) розташовується на ведучому та веденому роторах гвинтового компресора?
7. Яке співвідношення числа лопатей (при різній їхній кількості) розташовується на ведучому та веденому роторах гвинтового компресора?
6. З якою формою профілів лопатей виготовляються ротори гвинтового компресора? Охарактеризуйте їхні переваги та недоліки.
7. Які схеми розташування приводу та синхронізуючих шестерень використовуються у гвинтових компресорах?
8. Пояснити, чому у гвинтових компресорах практично відсутнє навантаження синхронізуючих шестерень?
9. Пояснити, чому у гвинтових компресорах рівномірність подачі повітря значно вища, ніж у інших компресорах об'ємної дії, і до покращення яких характеристик компресора це приводить?
10. Яким чином враховуються втрати від перетікання повітря у гвинтових компресорах?
11. Наведіть формулу адіабатного ККД гвинтового компресора.
12. Що таке коефіцієнт подачі та як він визначається для гвинтового компресора?
13. У чому полягає розрахунок гвинтового компресора?

14. Наведіть методику розрахунку для визначення основних розмірів роторів гвинтового компресора.
15. У чому полягає профілювання лопатей гвинтового компресора?
16. Наведіть послідовність профілювання лопатей гвинтового компресора включно з визначенням міжцентрової відстані.
17. Наведіть формулу для визначення потужності, яка необхідна для приводу гвинтового компресора.
18. У яких межах змінюються основні параметри гвинтових компресорів?
19. Який вигляд має характеристика гвинтового компресора?
20. Наведіть приклади схем систем повітропостачання ДВЗ, у яких використовуються гвинтові компресори.

6-й семестр

Блок змістових модулів 3.

Контрольні питання до змістового модуля 3.1

1. На основі яких двох рівнянь визначається витрата повітря комбінованого двигуна?
2. Розрахуйте об'ємні витрати повітря для двигуна певної моделі.
3. На основі якого рівняння визначається тиск повітря у вхідному колекторі комбінованого двигуна?
4. Розрахуйте необхідну ступінь підвищення тиску повітря відцентрового турбоагнітача для комбінованого двигуна певної моделі.
5. Що Ви знаєте про сучасні ряди ТК та ТКР?
6. Як вибирається турбокомпресор для певного двигуна з типорозмірного ряду?
7. Охарактеризувати особливості конструкції турбокомпресора, наданого викладачем у якості типового агрегату для наддуву ДВЗ.
8. У чому полягає основа поелементного розрахунку ступеня відцентрового компресора.
9. Докладно розповісти про процеси, що протікають у всіх характерних елементах повітряного тракту відцентрового компресора.
10. Наведіть систему основних формул, які використовуються для розрахунку проточних частин елементів компресора.
11. Наведіть методику визначення колової швидкості U_2 лопаток колеса компресора та частоти обертання турбокомпресора $n_{ТК}$.
12. Охарактеризувати хід та особливості розрахунку вхідної ділянки компресорного тракту.
13. Охарактеризувати хід та особливості розрахунку обертового зкеруючого апарату компресора (при його наявності), або вхідної ділянки лопаті колеса відцентрового компресора. Доповісти про особливості їхнього профілювання.
14. Обґрунтувати особливості течії повітря через колеса відцентрового компресора з різною кількістю лопаток та з різним кутом лопаті на виході

поток. Зобразити відповідні трикутники швидкостей повітря. Які форми лопаток переважно застосовують і чому саме?

15. 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.

16. Пояснити хід та особливості розрахунку безлопатевого дифузора компресора. Визначити, у яких випадках цей елемент може бути кінцевим перетворювачем енергії потоку в компресорі, та які його функції, якщо за ним встановлюють лопатевий дифузор. Як виконують меридіанний перетин дифузора?

17. Пояснити хід та особливості розрахунку лопатевого дифузора компресора. Доповісти про засоби профілювання лопаток та отримання середніх ліній профілів.

18. 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).

19. 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.

20. 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.

Контрольні питання до змістового модуля 3.2

1. Які переваги має багатоступеневий осьовий компресор перед відцентровим компресором?
2. Наведіть схему системи наддуву із багатоступеневим осьовим компресором.
3. Які параметри задаються при проектуванні багатоступеневого осьового компресора?
4. Які параметри багатоступеневого осьового компресора визначаються при проектуванні?
6. Дайте визначення ступіні реакції ступеня осьового компресора.
6. Зобразити зміну тиску уздовж проточної частини осьового компресора.
7. Зобразити зміну температури уздовж проточної частини осьового компресора.
8. Зобразити зміну повних температури і тиску уздовж проточної частини осьового компресора.
9. Зобразити зміну ентальпії уздовж проточної частини осьового компресора.
10. Зобразити зміну абсолютної швидкості потоку повітря уздовж проточної частини осьового компресора.

11. Зобразити зміну відносної швидкості потоку повітря уздовж проточної частини осьового компресора.
12. Зобразити трикутники швидкості на вході та виході із робочої лопатки ступеня осьового компресора.
13. Наведіть формулу для визначення числа ступенів осьового компресора.
14. Як визначити прохідний переріз на вході у першу ступень осьового компресора?
15. Як визначити прохідний переріз на виході із останнього ступеня осьового компресора?
16. Зобразити геометрії проточних частин, які використовуються у осьових компресорах.
17. Наведіть формулу для визначення адіабатного ККД осьового компресора.
18. Наведіть формулу для визначення потужності, яка споживається осьовим компресором.

Блок змістових модулів 4.

Контрольні питання до змістового модуля 4.1

1. Що таке характеристика компресора?
2. У якій системі координат представляються характеристики компресорів?
3. Чим відрізняються характеристики компресорів газодинамічної дії від компресорів об'ємної дії?
4. Пояснити характер зміни залежності ступіні підвищення тиску від витрати повітря для компресорів газодинамічної дії.
5. Що собою представляє явище помпажу компресора? Які фактори обумовлюють це явище?
6. Що собою представляє "нормальна" характеристика відцентрового компресора?
7. Опишіть послідовність побудови "нормальної" характеристики відцентрового компресора.
8. Яким чином на "нормальних" характеристиках відцентрового компресора відображується його ККД?
9. Дати обґрунтування розташування максимального ККД компресора на його "нормальній" характеристиці.
10. Пояснити, чим зумовлюється відмінність характеристик відцентрового і осьового компресорів?
11. Що собою представляє характеристика відцентрового компресора у параметрах подібності? Які можливості надає її використання?
13. Який критерій подібності є визначальним при побудові "універсальних" характеристик компресорів газодинамічної дії?
14. Пояснити наявність лінії (границі) помпажу на характеристиках компресорів газодинамічної дії.
15. Яким критерієм оцінюється надійність роботи компресора?
16. Що таке коефіцієнт запасу стійкості роботи компресора? Які мінімальні значення рекомендуються для коефіцієнта запасу стійкості?

17. Які способи представлення характеристик турбін агрегатів наддуву Ви знаєте?
18. Що собою представляє витратна характеристика турбіни агрегату наддуву?
19. Від яких безрозмірних параметрів залежить ККД турбіни?
20. Що собою представляє ККД турбокомпресора η_{TK} ? Описати залежність η_{TK} від π_K .
21. Що собою представляє ККД турбокомпресора η_{TK} ? Описати залежність η_{TK} від π_K .
22. Які характеристики агрегатів наддуву слід застосувати для визначення параметрів сумісної роботи? Запишіть рівняння умови стабільної роботи агрегатів системи наддуву.
23. Назвіть основні етапи суміщення характеристик компресора і турбіни.
24. Опишіть послідовність суміщення характеристик компресора і турбіни.
25. Опишіть послідовність побудови лінії робочих режимів турбокомпресора.

Контрольні питання до змістового модуля 4.2

1. Дати визначення швидкісної характеристики комбінованого двигуна.
2. Дати визначення гвинтової характеристики комбінованого двигуна.
3. Дати визначення навантажувальної характеристики комбінованого двигуна.
4. Дати визначення газодинамічної характеристики комбінованого двигуна.
5. Який вигляд має та як розраховується газодинамічна характеристика двигуна? Як залежить її вигляд від режиму навантаження двигуна та умов експлуатації?
6. Назвіть основні етапи суміщення характеристик компресора, турбіни та поршневої частини.
7. Що характеризує лінія робочих режимів турбокомпресора?
8. У чому полягає другий етап суміщення характеристик компресора, турбіни та поршневої частини двигуна?
9. Який вигляд має та як розраховується газодинамічна характеристика двигуна? Як залежить її вигляд від режиму навантаження двигуна та умов експлуатації?
10. Які основні умови повинні бути виконані при узгодженні характеристики турбокомпресора і газодинамічної характеристики поршневої частини комбінованого двигуна?
11. Обґрунтувати і проілюструвати на $\pi_K - \bar{G}_\Pi$ - діаграмі взаємне розташування лінії робочих режимів турбокомпресора і газодинамічної характеристики двигуна. Показати оптимальне розташування робочої точки на діаграмі, яка б відповідала номінальному режиму.
12. Як впливає забруднення повітряного та газового тракту на характеристики газотурбінного наддуву? Проілюструвати це на $\pi_K - \bar{G}_\Pi$ - діаграмі характеристики турбокомпресора.

13. Доповісти про утворення сумісної характеристики комплексу з двох компресорів, намалювати схематичний вигляд такої характеристики. Обґрунтувати, як зміняться параметри сумісної роботи двигуна та компресора, якщо зміниться кількість компресорів.
14. Наведіть схеми систем наддуву сучасних ДВЗ та привести їхню класифікацію.
15. Які проблеми долають конструктори сучасних систем наддуву? Якими заходами поліпшують параметри сучасних компресорів?
16. Охарактеризувати проблему зниження температури повітря перед циліндрами двигуна в умовах підвищених температур і вологості зовнішнього повітря?
17. Які параметри характеризують сучасну оптимальну систему повітропостачання?
18. Якими засобами охолоджують повітря у сучасних двигунах з наддувом? Які перспективні можливості у цьому напрямку Ви знаєте?
19. Які компресорні машини можна вважати найбільш перспективними для новітніх двигунів? Обґрунтуйте свою відповідь.
20. Назвіть основні способи керування процесом повітропостачання комбінованого двигуна.