

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 одновимірного газового потоку.
12. Описати засоби приведення технічних задач до одновимірної моделі газового потоку.
13. Записати рівняння витрати (суцільності) для одновимірного газового потоку.
14. Записати рівняння кількості руху для одновимірного газового потоку ідеального газу.
15. Записати рівняння Ейлера для одновимірного газового потоку ідеального газу.
16. Записати інтеграл Бернуллі для одновимірного газового потоку
17. Записати рівняння енергії для одновимірного газового 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 стискування 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 обчислити кінцеву температуру стискування повітря у компресорі, якщо відома початкова температура, ступінь підвищення тиску та вид термодинамічного процесу стискування 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 обчислити кінцевий тиск повітря за компресором, якщо відомий початковий тиск, початкова та кінцеві температури, показник політропи стискування?
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 стискування 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 зкерувучий 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 потоку. 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 характеристик 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.