

**Програма підготовки магістрів у галузі знань
14 – "Електрична інженерія" зі спеціальності 142 – "Енергетичне
машинобудування"
спеціалізація (освітня програма) "Двигуни внутрішнього згорання"**

**" Проектування апаратів і систем охолодження
двигунів внутрішнього згорання "**

**120 год. / 4 кредитів ЕКТС
(30 год. лекцій)**

Навчальний контент

Модуль 1

**Змістовий модуль 1. Проектування, застосування та
обслуговування теплообмінних апаратів систем охолодження ДВЗ**

Тема 1. Класифікація, конструктивні схеми та параметри теплообмінних апаратів ДВЗ. Класифікація теплообмінних апаратів ДВЗ. Конструктивні схеми та конструктивні елементи охолоджувачів наддувочного повітря. Конструктивні схеми та конструктивні елементи радіаторів. Конструктивні схеми та конструктивні елементи охолоджувачів води та масла. Основні параметри охолоджувачів.

Тема 2. Системи охолодження ДВЗ, що включають теплообмінники. Класифікація систем. Варіанти схем рекуперативних систем охолодження ДВЗ суднових і транспортних ДВЗ. Робота систем на різних режимах. Системи ДВЗ, що мають спільні теплообмінники з системою охолодження. Параметри поєднаних систем, які впливають на роботу і параметри теплообмінників. Можливі межі параметрів та їх визначення при проектуванні теплообмінників. Елементи систем, їх призначення та конструктивні особливості.

Тема 3. Основні рівняння теорії теплообмінних апаратів. Теплопередача, тепловіддача та теплопровідність у теплообмінниках. Граничні умови. Поняття про систему розрахунків теплообмінників.

Тема 4. Теплообмін та опір руху теплоносіїв у теплообмінних елементах. Заребрені поверхні теплообміну. Переваги використання заребраних поверхонь. Робота ребер у потоках рідин. Поняття про ККД ребра. Обрахування тепловіддачі заребраних поверхонь.

Тема 5. Конструкції та параметри ефективних поверхонь теплообміну. Класифікація поверхонь теплообміну. Геометричні характеристики теплообмінних поверхонь. Граничні умови з теплообміну та опору руху для різних поверхонь теплообміну.

Тема 6. Типові задачі розрахунків теплообмінних апаратів і схеми їх вирішення. Пряма або конструктивна задача. Зворотна або перевірна задача. Оптимізаційні задачі. Схематизоване рішення задач і проблеми створення інженерних алгоритмів рішень.

Тема 7. Отримання характеристики охолоджувача наддувочного повітря (ОНП). Поняття про характеристику теплообмінника. Зворотна або перевірна задача як основа розрахункового засобу отримання характеристики. Експериментальний шлях зняття характеристики ОНП. Можливий вигляд характеристики ОНП.

Тема 8. Характеристики охолоджувачів води і масла. Особливості визначення граничних умов для кожухотрубчастих діафрагмових теплообмінників. Схема вирішення зворотної задачі для кожухотрубчастих теплообмінників. Можливий вигляд характеристик охолоджувачів води та масла.

Тема 9. Застосування характеристик теплообмінників. Теплообмінники у системах ДВЗ. Пряма та зворотна задача розрахунку системи. Визначення параметрів теплообмінників при розрахунках системи. Типорозмірні ряди теплообмінників та області застосування типорозмірів.

Тема 10. Робота теплообмінників у системах ДВЗ. Можливі режими роботи теплообмінників у системах ДВЗ. Регулювання параметрів теплообмінників при їх роботі у системах ДВЗ. Вплив експлуатаційних факторів на зміну параметрів теплообмінників у системах ДВЗ. Діагностування стану теплообмінників під час їх роботи у системах ДВЗ. Засоби зниження впливу експлуатаційних забруднень на роботу теплообмінників.

Змістовий модуль 2. Проектування, застосування та обслуговування агрегатів систем охолодження ДВЗ

Тема 11. Осьові вентилятори спрощеної форми для рідинних систем охолодження транспортних двигунів. Основні параметри існуючих вентиляторів систем охолодження тракторних двигунів. Безрозмірні аеродинамічні показники вентиляторів. Вибір вентилятора на підставі

розрахунків його параметрів. Контроль правильності застосування вентиляторів у системах охолодження ДВЗ.

Тема 12. Сумісна робота відцентрового компресора з механічним приводом і двигуна. Принципова схема системи та її особливості. Основна система рівнянь для визначення параметрів сумісної роботи. Характеристики компресора та двигуна як джерело параметрів для використання у системі рівнянь. Основні умови сумісної роботи для зазначеної схеми. Залежності вказаних умов від вигляду характеристики навантаження двигуна. Оцінювання параметрів сумісної роботи.

Тема 13. Сумісна робота турбокомпресора, охолоджувача ОНП та двигуна. Принципова схема системи та її особливості. Основна система рівнянь для визначення параметрів сумісної роботи. Характеристики компресора, газової турбіни, ОНП та двигуна як джерело параметрів для використання у системі рівнянь. Основні умови сумісної роботи для зазначеної схеми. Залежності вказаних умов від вигляду характеристики навантаження двигуна. Оцінки параметрів сумісної роботи. Вплив експлуатаційних умов на значення основних параметрів системи та комплекс заходів для підтримання системи у нормальному стані.

Тема 14. Регулювання турбіни та компресора для забезпечення оптимальних параметрів сумісної роботи системи повітропостачання. Необхідність та доцільність регулювання турбіни та компресора при роботі ДВЗ з наддувом. Схеми регулювання компресорів. Схеми регулювання турбін. Вибір параметрів турбіни та компресора у складі турбокомпресора в залежності від забезпечення оптимальних параметрів роботи двигуна у широкому діапазоні навантажень. Сучасні схеми повітропостачання з регулюванням параметрів елементів системи.

Тема 15. Застосування роторно-лопатевих компресорів у системах повітропостачання ДВЗ. Особливості характеристик роторно-лопатевих компресорів. Можливі варіанти застосування зазначених компресорів у системах ДВЗ та відповідні особливості конструктивних параметрів цих компресорів. Основна система рівнянь для визначення параметрів сумісної роботи компресорів і двигуна для різних варіантів схем системи повітропостачання. Контроль стану роторно-лопатевих компресорів під час експлуатації та організація необхідних заходів щодо забезпечення їх нормальної роботи.

Тема 16. Застосування гвинтових компресорів у системах повітропостачання ДВЗ. Особливості характеристик гвинтових компресорів. Можливі варіанти застосування цих компресорів у системах

ДВЗ та відповідні особливості конструктивних параметрів гвинтових компресорів. Основна система рівнянь для визначення параметрів сумісної роботи компресорів і двигуна для різних варіантів схем системи повітропостачання. Контроль стану гвинтових компресорів під час експлуатації та організація необхідних заходів щодо забезпечення їх нормальної роботи.

**Програма підготовки магістрів у галузі знань
14 – "Електрична інженерія" зі спеціальності 142 – "Енергетичне
машинобудування"
спеціалізація (освітня програма) "Двигуни внутрішнього згоряння"**

**" Проектування апаратів і систем охолодження
двигунів внутрішнього згоряння "**

**120 год. / 4 кредитів ЕКТС
(30 год. лекцій)**

Теми самостійних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Конструкції теплообмінних апаратів ДВЗ, їх призначення та основні параметри	6
2	Схеми систем, у яких застосовуються теплообмінники ДВЗ, та їх основні параметри	6
3	Теоретичні основи теплотехнічних розрахунків теплообмінників	–
	3.1. Основні рівняння теорії теплообмінних апаратів. Теплопередача, тепловіддача та теплопровідність у теплообмінниках	4
	3.2. Розрахунок теплообміну для заребраних поверхонь	5
4	Конструкції сучасних теплообмінних апаратів.	6
5	Вибір теплообмінників для роботи у системах ДВЗ	6
6	Характеристики ОНП	6
7	Характеристики охолоджувачів води і масла	6
8	Визначення параметрів теплообмінників при розрахунках систем ДВЗ	6
9	Забезпечення необхідних умов експлуатації	6

	теплообмінників у системах ДВЗ	
10	Вентилятори системи охолодження ДВЗ	6
11	Сумісна робота відцентрового компресора з механічним приводом і ДВЗ	6
12	Сумісна робота турбокомпресора, ОНП і ДВЗ	6
13	Схеми регулювання компресорів і турбін	6
14	Роторно-лопатеві компресори	5
15	Гвинтові компресорні машини	4
Разом:		90

**Програма підготовки магістрів у галузі знань
14 – "Електрична інженерія" зі спеціальності 142 – "Енергетичне
машинобудування"
спеціалізація (освітня програма) "Двигуни внутрішнього згоряння"**

**" Проектування апаратів і систем охолодження
двигунів внутрішнього згоряння "**

**120 год. / 4 кредитів ЕКТС
(30 год. лекцій)**

Завдання для поточного та підсумкового контролю

Контрольні питання 1-го модуля

1. Намалювати можливі варіанти конструкції охолоджувача наддувочного повітря. Вказати причини, які визначають можливі відміни у конструкціях.
2. Намалювати можливі варіанти конструкції охолоджувача води. Вказати причини, які визначають можливі відміни.
3. Намалювати можливі варіанти конструкції охолоджувача масла. Вказати причини, які визначають можливі відміни.
4. Намалювати можливі варіанти конструкції радіатора транспортного двигуна. Назвати основні елементи конструкції. Вказати причини, які визначають можливі відміни.
5. Намалювати схеми систем (на вибір: системи охолодження, наддувочного повітря, масла, палива), у яких застосовуються теплообмінники ДВЗ, та вказати границі параметрів теплоносіїв у цих системах. Назвати можливі параметри теплообмінників у системах.
6. Записати основну систему рівнянь, на підставі яких визначають розміри теплообмінних апаратів.
7. Навести схему вирішення прямої (конструктивної) задачі розрахунку теплообмінника. Дати послідовний алгоритм вирішення задачі.
8. Навести схему вирішення зворотної (перевірочної) задачі розрахунку теплообмінника. Дати алгоритм послідовного вирішення задачі.
9. З'ясувати, що собою уявляє характеристика теплообмінника. Записати принциповий вигляд залежності для охолоджувача наддувочного повітря. Записати основну систему рівнянь, на підставі якої можна визначити чисельні значення параметрів для зазначеної залежності.

10.З'ясувати, що собою уявляє характеристика теплообмінника. Записати принциповий вигляд залежності для охолоджувача води двигуна. Записати основну систему рівнянь, на підставі якої можна визначити чисельні значення параметрів для зазначеної залежності.

11.З'ясувати, що собою уявляє характеристика теплообмінника. Записати принциповий вигляд залежності для охолоджувача масла. Записати основну систему рівнянь, на підставі якої можна визначити чисельні значення параметрів для зазначеної залежності.

12.З'ясувати, як розрахувати основні експлуатаційні параметри теплообмінника у залежності від режиму роботи двигуна. На підставі алгоритму якої типової задачі розраховується характеристика теплообмінника? Навести стислу схему розв'язання такої задачі.

13.З'ясувати, як можна використати основну систему рівнянь розрахунків теплообмінника для створення компактного алгоритму розв'язання зворотної задачі. Сформулювати початкові дані, граничні умови та вказати, якими мають бути результати рішення.

14.Записати систему рівнянь, на підставі якої можливе розв'язання прямої задачі розрахунку системи охолодження довільної схеми. Сформулювати початкові дані, граничні умови та вказати, якими мають бути результати рішення.

15.Записати систему рівнянь, на підставі якої можливе розв'язання зворотної задачі розрахунку системи охолодження довільної схеми. Сформулювати початкові дані, граничні умови та вказати, якими мають бути результати рішення.

16.З'ясувати, що таке граничні умови з теплообміну. Який вигляд вони мають для заребраних поверхонь теплообміну?

17.Визначити, що таке коефіцієнт корисної дії ребра, та від чого він залежить. Що таке конвективний та приведений коефіцієнти тепловіддачі? З якою метою застосовують ці поняття?

18.Визначити, що таке коефіцієнт корисної дії теплообмінника, записати можливі алгебраїчні вирази для його обчислення при роботі ОНП на номінальному та на частковому режимах. Записати такий самий вираз для охолоджувачів води та масла.

19.Визначити, які бувають граничні умови для визначення теплообміну. Який алгебраїчний вигляд мають вирази для визначення цих умов? Які відмінності у відповідних виразах можуть бути і які варіанти визначення граничних умов слід використовувати у можливих випадках вирішення розрахункових задач?

20.Визначити, які бувають граничні умови для визначення опору руху теплоносіїв через теплообмінні поверхні. Який алгебраїчний вигляд мають вирази для визначення цих умов? Які відмінності у відповідних виразах можуть бути і які варіанти визначення граничних умов слід використовувати у можливих випадках вирішення розрахункових задач?

21.Доповісти, яким чином отримують інформацію про граничні умови з теплообміну та опору течії теплоносіїв. У якій системі обробляють первісну інформацію?

22.З'ясувати особливості роботи малорозхідної системи охолодження ДВЗ. Визначити, на якій підставі можливо оптимізувати параметри такої системи. Пояснити, чому такі системи мають перевагу над системами іншого типу.

24. З'ясувати, які конструктивні параметри поверхонь теплообміну зазвичай використовують при вирішенні розрахункових задач різного типу. Дати приклад визначення відповідних параметрів для пучка зареблених труб і шайбовим заребренням.

25.Визначити, які типи поверхонь теплообміну використовують при конструюванні теплообмінників. Дати класифікацію вказаних поверхонь. Вказати, які поверхні у яких теплообмінників переважно використовують. Які поверхні найбільш поширені та які мають найліпші перспективи поширення? Намалювати приклади найбільш поширених зразків.

26.Встановити, як впливають забруднення поверхонь теплообміну на робочі параметри теплообмінників. Що собою уявляють ці забруднення? Як враховують можливу появу забруднень при проектуванні теплообмінників?

Контрольні питання 1-го модуля

27. Намалювати конструкцію осьового вентилятора системи охолодження ДВЗ. Вказати його основні параметри. Доповісти метод знаходження основних розмірів автотракторного вентилятора спрощеної конструкції. Вказати, які параметри конструкції потрібно контролювати при її складанні та при експлуатації.

28. З'ясувати особливості конструкції та роботи гвинтового компресора (з використанням наданих креслень компресора). Назвати можливі межі його основних експлуатаційних параметрів. Вказати, які параметри конструкції можуть змінюватися в експлуатації, як це впливатиме на роботу компресора, що потрібно контролювати, які можливі межі зміни зазначених параметрів, як виконувати регулювання компресора після ремонту або контролю перед встановленням на двигун.

29.Намалювати загальний вигляд характеристики гвинтового компресора. Порівняти її з характеристикою відцентрового компресора. Назвати межі зміни основних експлуатаційних параметрів. Зобразити індикаторну діаграму гвинтового компресора на можливих режимах його роботи. Записати засіб визначення потужності приводу компресора.

30.З'ясувати особливості конструкції та роботи роторно-лопатєвого компресора (з використанням наданих креслень компресора). Назвати можливі межі його основних експлуатаційних параметрів. Пояснити, які зміни конструкції порівняно з прототипом застосовують та з якою метою.

Вказати, які конструктивні параметри компресора можуть змінюватися у ході експлуатації та як це впливає на роботу компресора. Доповісти, як виконувати регулювання компресора після ремонту або контролю перед установкою на двигун.

31. Намалювати загальний вигляд характеристики роторно-лопатєвого компресора. Порівняти її з характеристикою відцентрового компресора наближених параметрів. Назвати межі зміни основних експлуатаційних параметрів. Зобразити індикаторну діаграму роторно-лопатєвого компресора на можливих режимах його роботи. Записати засіб визначення потужності приводу компресора.

32. Намалювати загальний вигляд нормальної характеристики відцентрового компресора та характеристики у параметрах подібності. Вказати, чим характеризується діапазон роботи компресора, які зміни діапазону та параметрів характеристики можливі при регулюванні компресора.

33. Яким чином виконують регулювання відцентрового компресора і з якою метою це роблять? Вказати, які якості повинен мати турбокомпресор, щоби відповідати умовам використання на легковому автомобілі. Як забезпечуються ці якості конструктивно? Що слід ретельно перевіряти та контролювати під час перевірки турбокомпресора на двигуні?

34. Вказати, які якості повинен мати турбокомпресор, щоби відповідати умовам використання на вантажному автомобілі. Як забезпечуються ці якості конструктивно? Що слід ретельно перевіряти та контролювати під час перевірки турбокомпресора на двигуні?

35. Вказати, які якості повинен мати турбокомпресор, щоби відповідати умовам використання на судні. Як забезпечуються ці якості конструктивно? Що слід ретельно перевіряти та контролювати під час перевірки турбокомпресора на двигуні?

36. Намалювати можливі варіанти характеристик газових турбін. Вказати, яка з форм відповідає найбільш поширеному варіанту. З'ясувати, що собою уявляють параметри накреслених характеристик.

37. Як отримують характеристики газових турбін? З'ясувати спосіб побудови характеристики газової турбіни за методом П.К. Казанджана.

38. Як отримують характеристики газових турбін? З'ясувати експериментальний спосіб отримання характеристики газової турбіни.

39. Як отримують характеристики відцентрових компресорів? Записати послідовність отримання такої характеристики у параметрах подібності.

40. Записати систему рівнянь, що характеризують умову сумісної роботи двигуна, приводного компресора з механічним приводом та охолоджувача наддувочного повітря. З'ясувати послідовність знаходження параметрів робочої точки. Вказати, чому для визначення параметрів робочої точки потрібно мати характеристику компресора та характеристику навантаження двигуна.

41. Записати систему рівнянь, що характеризують умову сумісної роботи двигуна, вільного турбокомпресора та охолоджувача наддувочного повітря. З'ясувати послідовність знаходження параметрів робочої точки. Вказати, чому для визначення параметрів робочої точки потрібно мати характеристику компресора, газової турбіни та характеристику навантаження двигуна.