

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

" Теорія робочих процесів двигунів внутрішнього згорання "

**240 год. / 8 кредитів ЕКТС
(30 год. лекцій, 15 год. лабораторних занять, 15 год. практичних занять)**

Навчальний контент

Модуль 1

**Змістовий модуль 1. Створення математичної моделі повітропостачання
до циліндра двигуна**

Тема 1. Розробка розрахункової схеми процесу проходження повітря від вхідної частини компресора до робочого циліндра двигуна (від параметрів P_0 та T_0 до параметрів у продувному колекторі P_k , T_k). Створення комп'ютерної програми "Процес стиснення в компресорній частині турбопоршневих ДВЗ".

Тема 2. Розробка розрахункової схеми процесу наповнення циліндра до початку стиснення P_a , T_a . Створення комп'ютерної програми "Гідралічний опір впускного тракту".

**Змістовий модуль 2. Складання математичної моделі
відокремленого індикаторного циклу**

Тема 3. Теоретичні основи, на яких ґрунтується створення розрахунку індикаторного циклу. Розробка структурно-логічної схеми розрахунку на основі збереження балансу енергії.

Тема 4. Складання програми на основі розробленої структурно-логічної схеми розрахунку. Створення комп'ютерної програми розрахунку "Індикаторний процес".

**Змістовий модуль 3. Складання математичної моделі найбільш
поширених процесів сумішоутворення для ДВЗ**

Тема 5. Аналіз існуючих способів сумішоутворення для різних камер стиснення. Створення розрахункової схеми процесу сумішоутворення для різних форм камер згорання ДВЗ.

Тема 6. Створення комп'ютерної програми для розрахунків процесів сумішоутворення.

Змістовий модуль 4. Математичне моделювання процесу згоряння палива для різних камер стиснення ДВЗ

Тема 7. Поняття про одно-, дво- та багатозонні моделі згоряння палива у ДВЗ. Розробка розрахункової схеми для процесу згоряння палива. Складання розрахункової схеми згоряння для найбільш поширених камер згоряння ДВЗ.

Тема 8. Особливості одно-, дво- і багатозонних моделей процесу згоряння палива. Розробка комп'ютерної моделі програми для різних умов згоряння палива в циліндрі ДВЗ (для однозонної моделі).

Модуль 2.

Змістовий модуль 5. Теплопередача через стінки циліндра для різних типів ДВЗ

Тема 9. Аналіз теплових втрат при різних умовах передачі теплоти від газів до охолоджуючої рідини. Складання розрахункової схеми процесу теплопередачі для двигунів різного типу.

Тема 10. Створення комп'ютерної програми для визначення теплових втрат із циліндра ДВЗ при різних конструкціях системи охолодження циліндру (за допомогою циліндричної порожнини охолодження; за рахунок каналів у верхній частині втулки; шляхом встановлення частково винесених втулок за межі блоку).

Змістовий модуль 6. Процес випуску відпрацьованих газів, визначення їх параметрів після газової турбіни

Тема 11. Вплив конструкції газовипускної системи двигуна на процес випуску відпрацьованих газів. Складання розрахункової схеми випуску газів і створення комп'ютерної програми для визначення основних параметрів газів у випускному газозоді.

Тема 12. Складання комп'ютерної програми для розрахунків процесів випуску газів із циліндра.

**Змістовий модуль 7. Моделювання робочого процесу як
узагальненого для турбопоршневих двигунів. Основні передумови
створення.
Загальні положення**

Тема 13. Розробка структурно-логічної схеми узагальненого робочого процесу турбопоршневих ДВЗ.

Тема 14. Розробка комп'ютерної програми для узагальненого робочого процесу турбопоршневого ДВЗ.

Тема 15. Фактори, що впливають на утворення токсичних речовин у випускних газах ДВЗ. Основи розрахунку вмісту токсичних речовин у відпрацьованих газах різних типів двигунів. Використання комп'ютерного моделювання при розрахунках викидів NOx на прикладі моделі узагальненого робочого процесу ДВЗ.

Модуль 3. Курсовий проект

1. Аналіз літературних джерел та технічної документації відповідно теми курсового проекту.
2. Стислий опис двигуна внутрішнього згоряння. Діаметр і хід поршня. Форма камери згоряння. Конструкція остову двигуна (розміри втулки циліндра та її конструктивні особливості).
3. Вибір та обґрунтування вихідних даних для попереднього розрахунку робочого циклу за допомогою метода Гренівецького-Мазінга.
4. Розрахунок робочого процесу методом Гренівецького-Мазінга.
5. Вибір та обґрунтування вихідних даних для моделювання відокремленого індикаторного циклу двигуна.
6. Моделювання з метою визначення оптимальних параметрів роботи двигуна згідно вказівки керівника проекту
7. Аналіз отриманих результатів розрахунку.
8. Порівняння отриманих результатів розрахунку з даними двигунобудівних фірм. Оцінка можливості корегування та оптимізації запропонованих способів розрахунку циклу ДВЗ.
9. Побудова креслень згідно отриманих результатів при моделюванні.
10. Оформлення пояснювальної записки.
11. Оформлення курсового проекту в цілому відповідно нормам ЄСКД. Його захист перед комісією.

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

" Теорія робочих процесів двигунів внутрішнього згорання "

240 год. / 8 кредитів ЕКТС

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

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Створення комп'ютерної програми для визначення теплових втрат із циліндра ДВЗ при різних конструкціях системи охолодження.	2
2.	Визначення температури і тиску газів перед турбіною. Визначення потужності газової турбіни.	2
3.	Складання комп'ютерної програми для розрахунків процесів випуску газів із циліндра.	2
4.	Складання структурно-логічної схеми узагальненого робочого процесу турбопоршневого ДВЗ.	2
5.	Створення програми для розрахунку робочого процесу турбопоршневого ДВЗ. Розрахунок основних параметрів роботи двигуна на базі створеної програми розрахунку.	4
6.	Створення комп'ютерної моделі утворення NOx при різних режимах роботи ДВЗ.	3
Разом		15

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

" Теорія робочих процесів двигунів внутрішнього згорання "

240 год. / 8 кредитів ЕКТС

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

Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Визначення теплових втрат із циліндра двигуна при використанні різних методів визначення коефіцієнта тепловіддачі віз газу до стінки на основі математичної моделі.	2
2.	Дослідження основних параметрів стану газів у випускному газоході шляхом їх математичного моделювання.	2
3.	Визначення закону руху механічно вільного випускного клапану в системі газообміну двотактних двигунів.	2
4.	Визначення основних параметрів роботи двигуна на основі створеної програми розрахунку робочого процесу турбопоршневого ДВЗ.	2
5.	Дослідження впливу співвідношення S/D ДВЗ з метою підвищення ефективності роботи двигуна.	3
6.	Дослідження утворення NOx на різних режимах роботи ДВЗ.	4
Разом		15

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

" Теорія робочих процесів двигунів внутрішнього згорання "

240 год. / 8 кредитів ЕКТС

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

Теми самостійних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення основних факторів, які впливають на якість наповнення циліндра свіжим повітрям. Фактори, що визначають температуру заряду циліндра перед стисненням (T_a)	8
2	Залежність втрат тиску повітря при вході в циліндр від його швидкості	7
3	Теоретичні засади теорії розрахунку індикаторного циклу за методом Гріневецького-Мазінга. Рівняння процесів	7
4	Що покладено в основу створеного в ХФ НУК розрахунку відокремленого індикаторного циклу?	8
5	Вплив основних факторів на якість сумішоутворення	7
6	Реалізація алгоритму процесу сумішоутворення у середовищі Microsoft Visual Basic for Applications	8
7	Вплив закону згорання (метод професора Вібе) на точність розрахунку робочого циклу	7
8	Одно-, дво- та многозонні моделі. Відмінності.	8
9	Процес передавання теплоти від газів до охолоджуючої рідини	2
10	Розрахунок теплового потоку від газів до охолоджуючої рідини	2
11	Чинники, що впливають на проходження процесу випуску газів із циліндра	2

12	Рівняння (закони), які використовуються при розрахунку процесу випуску газів із циліндра	2
13	Складові узагальненого робочого процесу	2
14	Узагальнена модель робочого процесу турбопоршневого ДВЗ	2
15	Основні фактори, що впливають на кількість шкідливих викидів турбопоршневого двигуна	3
16	Курсовий проект	60
17	Науково-дослідна робота (НДР)	45
Разом		180

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

" Теорія робочих процесів двигунів внутрішнього згорання "

240 год. / 8 кредитів ЕКТС

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

Завдання для поточного та підсумкового контролю

Контрольні питання 1-го модуля

1. Дати визначення відкритої та ізольованої термодинамічної системи. Навести основні відмінності.
2. Поняття математичної моделі в розрахунках ДВЗ.
3. Які параметри впускного тракту впливають на опір впускного клапану?
4. Відокремлений індикаторний процес. На яких законах базується розрахунок проходження індикаторного циклу?
5. Дайте перелік основних вхідних даних, що характеризують проходження індикаторного циклу. На яких законах базується розрахунок проходження індикаторного циклу?
6. Чим відрізняється істинна теплоємність робочого тіла від середньої?
7. З яких процесів складається проходження теплових потоків (втрат) через стінки циліндра?
8. Що впливає на коефіцієнт тепловіддачі від газів до стінки циліндра?
9. Який параметр у процесі теплопередачі є головним у визначенні коефіцієнта теплопередачі?
10. У чому відмінність між розрахунковою формулою та алгоритмом?
11. Які з цих двох коефіцієнтів (коефіцієнт тепловіддачі від газів до стінки і коефіцієнт тепловіддачі від поверхні втулки до рідини) чинить більший вплив на процес теплопередачі?
12. Як впливає форма камери згорання на сумішоутворення для різних типів двигунів?
13. Чим характеризується якість розпилювання палива?
14. Які чинники впливають на діаметр розпилювання палива?

15. Основні фактори, що впливають на довжину та діаметр паливного факелу.
16. Яка відмінність між кутом випередження подачі впорскування від кута випередження спалаху?
17. Що впливає на індикаторний ККД, якщо: паливо буде спалюватись до верхньої мертвої точки (ВМТ); у ВМТ; після ВМТ? В яких випадках індикаторний ККД буде більшим?
18. Що покладено в основу закону вигорання палива від кута повороту колінчастого валу?
19. Однозонна модель згорання палива у межах камери згорання. Які ще існують схеми розрахунку за кількістю зон для процесу згорання?
20. Який вид теплообміну (конвекційний чи радіаційний) для циліндра ДВЗ є переважаючим?
21. З якою метою використовується двостадійне впорскування палива?
22. Що таке період індукції для палива?
23. Які процеси з паливом відбуваються за його період індукції?
24. Одностадійне спалахування палива.
25. Многостадійне спалахування палива.
26. Як впливає на роботу ДВЗ власна індукція палива?
27. Визначення енергії активації палива. Основні закони та залежності.
28. Кінетичні рівняння вигорання палива відповідно до методики Н. Ф. Разлейцева. Моделювання вигорання парів палива, які утворилися за період затримки займання. Коефіцієнт використання повітряного заряду. Згорання палива за період подачі та догорання палива.
29. Основна сутність феноменологічних моделей згорання палива в дизелі. Зробити порівняльний аналіз існуючих феноменологічних моделей.
30. Як пояснити, що при згоранні палива при високій температурі це процес поглинання теплової енергії, а при подальшому (процесі розширення) проходить зворотній процес віддачі теплоти в циліндрі за рахунок асоціації атомів молекул? У той же час, прийнято вважати, що процес втрати теплоти із циліндра є незворотнім.

Контрольні питання 1-го модуля

1. Дати визначення відкритої термодинамічної системи. Записати перший закон термодинаміки для відкритої термодинамічної системи в диференціальній формі.
2. Опишіть основні особливості 0-мірного квазістаціонарного представлення робочих процесів в циліндрі двигуна і сполучних колекторах. Запишіть базову систему рівнянь. Переваги та недоліки даного підходу.
3. Принципи побудови дво- і багатозонних моделей робочого процесу в рамках нульмірного квазістаціонарного підходу.

4. Особливості побудови математичної моделі робочого процесу зі змінним кроком по куту повороту колінчастого валу.

5. Чисельні методи інтегрування при синтезі індикаторного циклу: метод Ейлера, Рунге-Кутта 4-го порядку, неявний метод Рунге-Кутта. Виконати порівняння.

6. Теплообмін у циліндрі ДВЗ. Види теплообміну. Рівняння для розрахунку коефіцієнта тепловіддачі від робочого тіла до стінки циліндра. Огляд і порівняння.

7. Методи розрахунку температури вогневої поверхні робочого циліндра і колекторів системи наддуву в рамках загальної математичної моделі.

8. Запишіть рівняння тепловиділення Вібе. Визначте параметри, що регулюються. Дайте визначення характеру процесу згоряння m . Поясніть хімічний сенс активних центрів реакції.

9. Модель паливного факела і його структура. Характеристики розпилювання палива. Динаміка паливного факела, рівняння Лишевського. Взаємодія паливного факела зі стінками циліндрів.

10. Випаровування палива в умовах робочого циліндра дизеля. Рівняння Срезневського. Характеристики випаровування палива і способи їх розрахунку. Вплив взаємодії паливного факела зі стінками камери згоряння на параметри випаровування палива.

11. Багатофазне упорскування палива в дизельних двигунах. Область застосування, основні цілі, що ставляться конструкторами при використанні багатофазного упорскування.

12. Дайте визначення РССІ (Premixed Charge Compression Ignition) процесу, його вплив на еколого-економічні показники роботи ДВЗ.

13. Які переваги надає розрахунок відокремленого індикаторного циклу над узагальним робочим процесом двигуна?

14. На яких базових законах ґрунтується термодинамічна модель відокремленого індикаторного циклу?

15. Як відобразиться на роботі двигуна зміна кута випередження подачі палива?

16. З якою метою сучасні двигуни виконуються з полувиносними робочими втулками циліндрів?

17. Шляхи зменшення термічних напружень сучасних двигунів при збереженні механічної міцності: днища поршня та кришки циліндра.

18. Яке рівняння використовується при створенні математичної моделі "механічно вільного" випускного клапана у системах газообміну двотактних двигунів?

19. Чим відрізняється процес теплопередачі через втулку циліндра на першій половині ходу поршня та другій половині ходу поршня в процесі стиснення заряду циліндра?

20. Яка основна причина прогорання клапанів двигуна?

21. Як пояснити, що дисоціація молекул газу в період згоряння палива є ендотермічним процесом?

22. З якою метою бензинові двигуни проектують на роботу зі значенням коефіцієнта надлишку повітря менше одиниці?

23. Чим відрізняється коефіцієнт виділення теплоти від коефіцієнта використання теплоти?

24. Визначення часу-перетину клапанів ДВЗ: три ділянки по величині підйому клапана. Визначення і спосіб розрахунку коефіцієнта витрати клапана.

25. Методика розрахунку масового обміну між відкритими термодинамічними системами в рамках уявлення про енергоізолірований конфузур.

26. Особливості використання характеристик турбокомпресора в складі замкнутої математичної моделі робочого циклу ДВЗ. Витратна характеристика компресора і характеристика ефективності компресора: методика екстраполяції експериментальних ізотів.

27. Особливості використання характеристик турбокомпресора в складі замкнутої математичної моделі робочого циклу ДВЗ. Характеристика компресора і турбіни: використання коефіцієнтів для підгонки характеристик під конкретні параметри поршневої частини двигуна.

28. У зв'язку з чим індикаторний ККД циклу ДВЗ значно перевищує індикаторний ККД циклів усіх інших відомих теплових двигунів?

29. Як впливає на коефіцієнт тепловіддачі агрегатний стан рухомого середовища: рідина чи газ?

Чим характеризується індикаторний процес у будь-якій точці його проходження?