

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова приймальної комісії

Ректор ХНАДУ

професор Усєнко Віктор БОГОМОЛОВ

“ 14 ” 12 2021 року

ПРОГРАМА

фахового вступного випробування за спеціальністю
142 «Енергетичне машинобудування» освітня програма
«Енергомашинобудування» для участі в конкурсі щодо зарахування
до аспірантури для здобуття наукового ступеня доктора флософії

2021 рік

ВСТУП

Вступний іспит фахівців третього освітньо-наукового рівня «Доктор філософії» спеціальність 142 «Енергетичне машинобудування».

Мета іспиту: перевірка і оцінка знань при підготовці фахівців третього освітньо-наукового рівня.

Знати:

- основи теорії динаміки, конструкц та систем ДВЗ;
- закони технічної термодинаміки, явища, що супроводжують теплопередачу, основні положення теорії горіння;
- методи моделювання, розрахунку та експериментального дослідження, що використовуються в енергетичному машинобудуванні.

Вміти:

- виконувати тепловий та динамічний розрахунки для визначення параметрів двигуна внутрішнього згорання, будувати характеристики двигуна;
- користуватися учбовою та довідковою літературою, знаходити джерела інформації та працювати з ними.

2. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Питання з професійно-орієнтованих дисциплін

АВТОМОБІЛЬНІ ДВИГУНИ

Стислий історичний огляд розвитку поршневих ДВЗ і науки про процеси, які мають місце при здійсненні робочого циклу.

Основні поняття і принципи дії двигуна внутрішнього згоряння, його систем і механізмів. Класифікація ДВЗ. Основні напрямки подальшого розвитку ДВЗ.

Загальні відомості про цикли. Термодинамічні, дійсні і розрахункові цикли. Показники циклів. Особливості реалізації циклів в двигунах різних типів. Індикаторна діаграма (згорнута і розгорнута).

Робочі тіла в ДВЗ. Види палив, які застосовуються в ДВЗ. Хімічний і елементарний склад рідкого та газового палива. Основні властивості палив. Теплота згоряння. Теплоємність свіжого заряду і продуктів згоряння. Теоретично необхідна кількість повітря для згоряння палива. Коефіцієнт надлишку повітря. Склад і кількість свіжого заряду. Склад і кількість продуктів згоряння. Змінювання об'єму при згорянні. Хімічний і дійсний коефіцієнти молекулярної зміни.

Періоди і умови протікання процесів газообміну в чотиритактних двигунах: фази газорозподілу, індикаторна робота на ділянці газообміну (вільний випуск, примусовий випуск, продувка, наповнення, дозарядка). Робота процесів газообміну. Особливості газообміну в двигунах з наддувом. Показники газообміну: коефіцієнти наповнення, залишкових газів, надлишку та утікання продувочного повітря (свіжого заряду). Прохідний переріз органів газорозподілу. Вплив різних факторів на коефіцієнт наповнення. Удосконалення процесу газообміну в чотиритактних двигунах.

Теоретичні питання:

1. Корпусні деталі ДВЗ.
2. Загальна конструкція газорозподільчого механізму.
3. Загальна конструкція кривошипно-шатунного механізму. Схема КШМ. Тронковий і крейцкопфний механізми ДВЗ. Сили та моменти в КШМ.
4. Основні механізми і системи ДВЗ.
5. Класифікація палива для ДВЗ. Елементарний груповий склад палива. Октанове та цетанове числа.
6. Індикаторні та ефективні показники ДВЗ.
7. Робочий цикл чотиритактного двигуна. Індикаторна діаграма. Температура і тиск циклу.
8. Принцип дії і схема поршневих ДВЗ. Визначення V_c , V_h , V_a , V_l , ϵ .
9. Робочий цикл двотактного двигуна. Схема роботи двотактного двигуна. Індикаторна діаграма.

10. Способи виготовлення паливно-повітряної суміші. Зовнішнє та внутрішнє сумішоутворення.
11. Цикли ДВЗ, їх призначення та порівняння.
12. Коефіцієнт надлишку повітря. Коефіцієнт молекулярної зміни. Робоче тіло в ДВЗ.
13. Тепловий баланс ДВЗ.
14. Зрівноваження рядного чотирициліндрового двигуна.
15. Часткове і повне зрівноваження одноциліндрового двигуна.

Практичні завдання:

1. За даними p , V побудувати індикаторну діаграму двигуна.
2. За даними двигуна-прототипа і p_i визначити індикаторні показники двигуна.
3. За даними двигуна-прототипа і p_e визначити питому витрату палива
4. Накреслити схему колінчастого вала чотирициліндрового рядного двигуна і дати пояснення щодо його часткового зрівноваження.
5. Накреслити схему і дати пояснення щодо рознесення маси шатуна.

КОНСТРУКЦІЯ І ДИНАМКА ДВЗ

Схеми компоновок ДВЗ. Кінематика аксіального кривошипно-шатунного механізму. Сили та моменти в кривошипно-шатунних механізмах. Навантаження на шатунні та корінні шийки і підшипники колінчастого вала. Нерівномірність обертання колінчастого вала двигуна.

Схеми та особливості кулачкових газорозподільних механізмів ДВЗ. Елементи профілю кулачка і закони руху штовхача. Профілювання кулачків для газорозподільного механізму. Кінематика плоского штовхача з дуговим кулачком. Профілювання безударних кулачків.

Методи дослідження зрівноваженості ДВЗ. Дослідження зрівноваженості та зрівноваження однорідних ДВЗ. Висновки до зрівноваження рядних двигунів.

Вибір та обґрунтування основних конструктивних параметрів ДВЗ. Визначення розрахункових навантажень та розрахунок деталей на міцність. Силкові схеми ДВЗ. Корпусні деталі ДВЗ: картери, циліндри та блоки циліндрів, головки циліндрів. Поршнева група, шатунна група, група колінчастого вала. Деталі механізму газорозподілу. Розрахунок на міцність. Вибір і розрахунок пружин в кулачкових механізмах ДВЗ.

Теоретичні питання:

1. Кривошипно-шатунний механізм (КШМ) поршневих двигунів, типи та склад КШМ.
2. Кінематика аксіального кривошипно-шатунного механізму.
3. Газорозподільчий механізм. Основні схеми та деталі механізму.
4. Сили і моменти, що діють в КШМ поршневого двигуна.

5. Поршні двигунів внутрішнього згоряння. Конструктивні елементи та їх особливості.
6. Зосередження рухомих мас в кривошипно-шатунному механізмі.
7. Поршневі кільця. Їх типи та призначення.
8. Деталі поршневої групи: пальці та їх стопори.
9. Розрахунок крутних моментів, переданих корінними шейками (набігаючий крутний момент).
10. Навантаження на шатунні шийки і підшипники. Годографи навантажень.
11. Навантаження на корінні шийки і підшипники. Годографи навантажень.
12. Шатунна група. Конструктивні елементи шатуна та їх особливості.
13. Нерівномірність крутного моменту та частоти обертання колінчастого валу ДВЗ.
14. Циліндри поршневих двигунів. Особливості конструкції гільз циліндрів.
15. Врівноважуючий механізм Ланчестера для одноциліндрового двигуна: силовий направлений вібратор.

Практичні завдання:

1. Виконати аналіз врівноваженості і врівноважити чотирициліндровий чотиритактний двигун.
2. Виконати аналіз врівноваженості і врівноважити трициліндровий двигун.
3. Виконати аналіз врівноваженості і врівноважити двоциліндровий чотиритактний двигун.
4. Виконати аналіз врівноваженості і врівноважити двоциліндровий двотактний двигун.
5. Виконати аналіз врівноваженості і врівноважити одноциліндровий двигун.

ТЕПЛОТЕХНІКА

Теоретичні питання:

1. Термодинамічна система та термодинамічний стан ідеального газу.
2. Суміші робочих тіл.
3. Перший закон термодинаміки.
4. Друга форма запису рівняння першого закону термодинаміки.
5. Термодинамічні процеси.
6. Другий закон термодинаміки. Прямі та зворотні цикли Карно.
7. Цикли двигунів внутрішнього згоряння.
8. Принцип дії газотурбінних установок (ГТУ). Цикли ГТУ.
9. Рівняння нерозривності, руху та першого закону термодинаміки для потоку.
10. Класифікація компресорів та принцип їх дії. Термодинамічний аналіз процесів в компресорі.
11. Основні поняття та визначення теплопередачі.

12. Коефіцієнт теплопровідності. Закон Фур'є. Теплопровідність крізь плоску одношарову та багатшарову стінку.
13. Конвективний теплообмін. Рівняння Ньютона – Ріхмана. Коефіцієнт тепловіддачі.
14. Теплопередача. Теплообмін між рідинами, які роз'єднані твердою стінкою. Коефіцієнт теплопередачі.
15. Теплообмін випромінюванням. Закони теплового випромінювання.

Практичні питання:

Завдання 1.

У балоні об'ємом $V = 1,0 \text{ м}^3$ знаходиться стиснене повітря. Початкова температура повітря $t_1 = 28^\circ\text{C}$, тиск за манометром $P_1 = 19 \text{ бар}$. У процесі нагрівання повітря його температура збільшується до $t_2 = 53^\circ\text{C}$. Визначити масу повітря m та тиск після нагрівання P_2 , якщо атмосферний тиск $P_{\text{атм}} = 760 \text{ мм.рт.ст.}$. Молекулярну вагу повітря прийняти $\mu = 28,95 \text{ кг/кмоль}$.

Завдання 2

1 кг повітря стискається в компресорі за політропним процесом з показником політропи $n = 1,2$ від початкових параметрів $P_1 = 0,1 \text{ МПа}$, $t_1 = 20^\circ\text{C}$ до кінцевого тиску $P_2 = 1,0 \text{ МПа}$. Визначити питому роботу стиснення та питому теплоту процесу при $R = 287 \text{ Дж/кг град}$ і $C_p = 1,0 \text{ кДж/кг град}$.

Завдання 3

Розрахувати зміну питомої внутрішньої енергії (Δu_{1-2}) та питомої ентальпії (Δh_{1-2}) повітря в термодинамічному процесі (1-2). Початкові параметри повітря: $P_1 = 19 \text{ бар}$; $t_1 = 53^\circ\text{C}$; кінцеві $P_2 = 1,0 \text{ бар}$, $v_2 = 28 \text{ м}^3/\text{кг}$. Повітря вважати ідеальним газом, газова стала $R = 287 \text{ Дж/кг град}$, питома теплоємність $c_p = 1,0 \text{ кДж/кг град}$, показник адіабати $k = 1,4$.

Завдання 4

Для ідеального циклу поршневого двигуна внутрішнього згорання із заданим підведенням теплоти визначте параметри стану в характерних точках, кількість підведеної та відведеної теплоти, термічний ККД, корисну роботу та середній тиск циклу, якщо параметри на початку процесу стиснення p_1 та T_1 , ступінь стиснення ε , ступінь підвищення тиску λ та ступінь попереднього розширення ρ .

Робочим тілом вважається повітря з показником адіабати $k = 1,4$.

Завдання 5

Плоска сталевая стінка товщиною $\delta = 10 \text{ мм}$ омивається з одного боку димовими газами з температурою t_1 , а з іншого – водою з температурою t_2 . Визначте щільність теплового потоку та температури поверхонь стінки, якщо коефіцієнт тепловіддачі від димових газів до стінки α_1 та від стінки до води α_2 .

ТЕОРІЯ ГОРІННЯ.

Теоретичні питання:

1. Склад та теплотехнічні характеристики твердого, рідкого та газоподібного палива. Теплота згоряння палива.
2. Матеріальний баланс процесу горіння газоподібного палива, витрата повітря та склад продуктів згоряння.
3. Тепловий баланс процесу горіння. Визначення калометричної температури горіння, температури жаровиробництва палива та дійсної температури горіння.
4. Енергія активації. Закон діючих мас. Закон Арреніуса. Хімічна рівновага. Принцип зміщення рівноваги Ле Шательє– Брауна.
5. Ланцюгові реакції.
6. Запалювання газових сумішей.
7. Тепловий ефект хімічної реакції. Закон Гесса. Закон Кірхгофа. Ексергія палива. Кінетика хімічних реакцій.
8. Період затримки запалювання.
9. Дифузійна та кінетична області горіння.
10. Концентровані межі займання.
11. Поширення полум'я в газових сумішах.
12. Факельний вид горіння. "Кінетичне" ламінарне полум'я. Дифузійне ламінарне полум'я.
13. Дисоціація газів в ДВЗ.
14. Явище детонації.
15. Аналіз процесу тепловиділення.

Практичні завдання:

1. Визначити ентальпію продуктів повного згоряння 1 кг автомобільного бензину з елементарним складом $C = 0,855$ та $H = 0,145$ при коефіцієнті надлишку повітря $\alpha = 1,1$ для заданих значень температур: $t_1 = 100^\circ\text{C}$; $t_2 = 400^\circ\text{C}$; $t_3 = 1600^\circ\text{C}$. За даними розрахунку побудувати графік залежностей ентальпії газу від температури $H_T = f(t)$.
2. Визначити ентальпію продуктів повного згоряння 1 кг дизельного палива з елементарним складом: $C = 0,870$, $H = 0,126$ та $O = 0,004$ при коефіцієнті надлишку повітря $\alpha = 1,3$ для заданих значень температур: $t_1 = 300^\circ\text{C}$; $t_2 = 500^\circ\text{C}$; $t_3 = 2100^\circ\text{C}$. За даними розрахунку побудувати графік залежностей ентальпії газу від температури $H_T = f(t)$.
3. Визначити ентальпію продуктів повного згоряння 1 кг етилового спирту з елементарним складом: $C = 0,522$, $H = 0,130$ та $O = 0,348$ при коефіцієнті надлишку повітря $\alpha = 1,15$ для заданих значень температур: $t_1 = 200^\circ\text{C}$;

$t_2 = 500\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_3 = 2000\text{ }^{\circ}\text{C}$. За даними розрахунку побудувати графіки залежностей ентальпії газу від температури $H_r = f(t)$.

4. Визначити коефіцієнт тепловиділення та теоретичну температуру повного згоряння шебелінського газу заданого складу: $\text{CH}_4 = 92,8\%$; $\text{C}_2\text{H}_6 = 3,9\%$; $\text{C}_3\text{H}_8 = 1,0\%$; $\text{C}_4\text{H}_{10} = 0,4\%$; $\text{C}_2\text{H}_6 = 3,9\%$; $\text{O}_2 = 0,3\%$; $\text{CO}_2 = 0,1\%$; $\text{N}_2 = 1,5\%$ при коефіцієнті надлишку повітря $\alpha = 1,1$, температурі повітря $t_{\text{пов}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$; температурі палива $t_{\text{пов}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Нижча теплота згоряння палива $Q_H = 37300\text{ кДж/м}^3$. Об'ємна теплоємність палива $C'_{\text{р.пал}} = 1,5989\text{ кДж/(м}^3\cdot\text{K)}$. Теплотою дисоціації продуктів згоряння зневажити.

5. Визначити коефіцієнт тепловиділення та теоретичну температуру повного згоряння генераторного газу заданого складу: $\text{H}_2 = 13,5\%$; $\text{CO} = 27,5\%$; $\text{H}_2\text{S} = 0,2\%$; $\text{CH}_4 = 0,5\%$; $\text{O}_2 = 0,2\%$; $\text{CO}_2 = 5,5\%$; $\text{N}_2 = 52,6\%$ при коефіцієнті надлишку повітря $\alpha = 1,0$, температурі повітря $t_{\text{пов}} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$; температурі палива $t_{\text{пов}} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Нижча теплота згоряння палива $Q_H = 5800\text{ кДж/м}^3$. Об'ємна теплоємність палива $C'_{\text{р.пал}} = 1,3137\text{ кДж/(м}^3\cdot\text{K)}$. Теплотою дисоціації продуктів згоряння зневажити.

ЕКОЛОГІЯ

Теоретичні питання:

1. Надайте визначення поняття «Забруднення атмосферного повітря», які існують глобальні наслідки забруднення атмосферного повітря
2. Надайте визначення поняття «Екологія»
3. Надайте визначення поняття «Забруднення довкілля», основні види енергетичного забруднення довкілля
4. Які існують основні методи зменшення шумового забруднення від автомобільного транспорту
5. Охарактеризуйте використання альтернативних палив як метод зменшення забруднення атмосферного повітря викидами ДВЗ

ОХОРОНА ПРАЦІ

Теоретичні питання:

1. Вимоги безпеки під час виконання слюсарних та мастильних робіт.
2. Вимоги безпеки під час перевірки технічного стану транспортних засобів.
3. Вимоги безпеки під час технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів, двигуни яких працюють на газовому паливі.
4. Вимоги безпеки під час виконання акумуляторних робіт.

АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ДВЗ

Теоретичні питання:

1. Динамічна система «двигун-навантаження».
2. Обґрунтування необхідності автоматичного регулювання двигунів різних типів.
3. Функціональна схема і основні властивості САР частоти обертання.
4. Принципи здійснення процесу регулювання. Класифікація регуляторів частоти обертання.
5. Граничний регулятор частоти обертання дизеля.
6. Однорежимний регулятор частоти обертання дизеля.
7. Дворежимний регулятор частоти обертання дизеля.
8. Всережимний регулятор зі змінним попереднім затуванням пружини.
9. Всережимний регулятор з постійним попереднім затуванням пружини.
10. Пневматичний регулятор частоти обертання. Гідролічний регулятор прямої дії.
11. Типи механічних ЧЕ регуляторів частоти обертання.
12. Відновлювальна сила. Підтримуюча сила. Статичні характеристики механічного ЧЕ.
13. Фактор стійкості. Ступінь нерівномірності регулятора. Ступінь нечутливості регулятора.
14. Коректори зовнішньої швидкісної характеристики.
15. Класифікація регуляторів непрямої дії

Практичні завдання:

1. Складіть диференціальне рівняння двигуна як об'єкта регулювання.
2. Складіть диференціальне рівняння ЧЕ регулятора.
3. Складіть диференціальне рівняння важільного механізму.
4. Складіть диференціальне рівняння руху сервомотора без ЗЗ.
5. Складіть диференціальне рівняння руху сервомотора з кінематичним ЖЗЗ.

ОСНОВИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ДВЗ

Теоретичні питання:

1. Призначення САД систем.
2. Призначення САМ систем.
3. Призначення САЕ систем.
4. Етапи проектування деталі.
5. Мета та етапи чисельного моделювання теплонапруженого стану випускного клапана.
6. Типи граничних умов при описі теплообмінних процесів у ДВЗ.
7. Система аналізу конструкції ДВЗ.

8. Мета та етапи чисельного моделювання теплового стану поршня.
9. Поняття достовірності при проектуванні.
10. Основні стадії проектування і їх короткі характеристики.
11. Методи пошуку технічних рішень, їх основні цілі.
12. У чому полягає метод морфологічного аналізу?
13. У чому полягає метод мозкового штурму?
14. У чому полягає асоціативні методи?
15. Структурна ідентифікація.

ВИПРОБУВАННЯ ДВЗ

Теоретичні питання:

1. Основні види випробувань ДВЗ.
2. Випробувальні бокси та стендове обладнання для випробування ДВЗ.
3. Стендові характеристики ДВЗ та умови їх визначення.
4. Математичне планування дослідницьких випробувань ДВЗ.
5. Програми і методики приймально-здавальних випробувань ДВЗ.
6. Угрупування параметрів для вимірювання у ДВЗ.
7. Метрологічні основи вимірювань у ДВЗ.
8. Складові сучасної інформаційно-вимірювальної системи.
9. Засоби вимірювання температури.
10. Засоби вимірювання тиску.
11. Вимірювання частоти обертання і часу.
12. Засоби вимірювання витрат рідини та газу.
13. Вимірювання сили та крутного моменту.
14. Вібрографування та вимірювання шуму у ДВЗ.
15. Загальні положення адаптації ДВЗ до моторних відділень транспортних засобів.

Практичні завдання:

1. Прописати алгоритм визначення приведеної потужності ДВЗ в умовах моторного стенду.
2. Побудувати блок-схему інформаційно-вимірювальної системи реєстрації крутного моменту ДВЗ за допомогою тензометричного датчика.
3. Побудувати блок-схему інформаційно-вимірювальної системи реєстрації температури за допомогою термоелектричного датчика.
4. Скласти ортогональний план проведення експерименту для двох змінних, які варіюються на трьох рівнях.
5. Скласти ортогональний план проведення експерименту для трьох змінних, які варіюються на трьох рівнях.

АЛЬТЕРНАТИВНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ

Теоретичні питання:

1. Сучасні тенденції вдосконалення бензинових двигунів і шляхи їх реалізації.
2. Сучасні тенденції вдосконалення дизельних двигунів і шляхи їх реалізації.
3. Особливості реалізації циклу Міллера і Аткинсона.
4. Конструктивні рішення зі створення двигунів зі змінним ступенем стиснення.
5. Проблеми і перспективи створення адіабатного двигуна.
6. Використання відпрацьованих газів як робочого тіла або теплоносія для комбінованих установок.
7. Особливості застосування газотурбінних двигунів на автомобільному транспорті.
8. Перспективи застосування роторно-поршневого двигуна.
9. Перспективи застосування двигуна з зовнішнім підводом теплоти (наприклад, двигуна Стірлінга).
10. Перспективи використання альтернативних палив в ДВЗ.
11. Перспективи створення гібридних силових установок.
12. Створення силових установок з накопичувачем енергії.