

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В.О. Ректора ХНАДУ

професор  В.О. Богомолов

“ \_\_\_\_\_ ” 20 \_\_\_\_\_ року

## **Програма**

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

2020 рік

## 1 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, конструкції та систем ДВЗ;
- закони технічної термодинаміки, явища, що супроводжують теплопередачу, основні положення теорії горіння;
- методи моделювання, розрахунку та експериментального дослідження, що використовуються у енергетичному машинобудуванні.

### Вміти:

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

## 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА

### Питання з професійно-орієнтованих дисциплін

#### ТЕОРІЯ ДВЗ

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

Основні поняття і принципи дії двигуна внутрішнього згорання. 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 згорання. Теплоємність свіжого заряду і продуктів згорання. Теоретично необхідна кількість повітря для згорання палива. Коефіцієнт надлишку повітря. Склад і кількість свіжого заряду. Склад і кількість продуктів згорання. Змінювання об'єму при згоранні. Хімічний і дійсний коефіцієнти молекулярної зміни.

Періоди і умови протікання процесів газообміну в чотиритактних двигунах: фази газорозподілу, індикаторна діаграма 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 процесів газообміну в чотиритактних двигунах.

1. Що є предметом дисципліни „Теорія двигунів внутрішнього згорання”? Які задачі ставляться при вивченні дисципліни?
2. Хто і в якому році побудував перший промисловий двигун внутрішнього згорання?
3. Хто вперше удосконалив двигун Лєнуара шляхом введення попереднього стиску горючої суміші?
4. Наведіть принципову схему двигуна внутрішнього згорання і поясніть принцип його дії.
5. Дати визначення основним поняттям теорії ДВЗ: мертва точка, такт, об'єм камери згорання, надпоршневого об'єму.
6. Запишіть залежність для визначення робочого об'єму, об'єму камери згорання, надпоршневого об'єму.
7. Наведіть класифікацію двигунів внутрішнього згорання.

8. Перелічіть основні термодинамічні цикли, які лежать в основі роботи двигунів внутрішнього згоряння.
9. Назвіть основні показники термодинамічних циклів.
10. Проаналізуйте вплив показників термодинамічного циклу на його коефіцієнт корисної дії.
11. Назвіть основні відмінності дійсного циклу від термодинамічного.
12. Перелічіть основні особливості реалізації робочих циклів в двигунах різних типів.
13. Чому дизелі не працюють при зовнішньому сумішоутворенні?
14. Чому в бензинових двигунах з іскровим запалюванням використовується менш економічний кількісний спосіб регулювання потужності?
15. Які види палив застосовуються в ДВЗ?
16. Перелічіть основні властивості палив для ДВЗ.
17. В чому полягає різниця між найвищою і найнижчою теплою згоряння?
18. Чим характеризується детонаційна стійкість бензину?
19. Чим характеризується самозаймання палива в умовах дизеля?
20. Чим характеризується випарність палив?
21. визначення поняттю „коефіцієнт надлишку повітря”.
22. Якому коефіцієнту надлишку повітря відповідає багата паливо-повітряна суміш, бідна суміш та стехіометрична суміш?
23. Наведіть залежності для розрахунку кількості свіжого заряду для дизелів, бензинових і газових двигунів.
24. Із яких компонентів складаються продукти повного і неповного згоряння?
25. Наведіть залежності для розрахунку кількості продуктів згоряння рідкого палива для  $\alpha \geq 1$ ;  $\alpha < 1$ .
26. Наведіть залежність для розрахунку кількості продуктів згоряння газового палива.
27. Яке призначення процесів газообміну в ДВЗ?
28. Назвіть фази газорозподілу.
29. На які періоди розділяється газообмін в ДВЗ?
30. Наведіть індикаторні діаграми чотиритактного двигуна без наддуву на ділянці газообміну.
31. Наведіть індикаторну діаграму чотиритактного двигуна з наддувом на ділянці газообміну.  
Якими параметрами і показниками характеризується процес газообміну ?
32. Дати визначення показникам „коефіцієнт наповнення” і „коефіцієнт залишкових газів”.
33. Записати залежності для коефіцієнта наповнення, коефіцієнта залишкових газів, температури наприкінці наповнення.
34. Проаналізувати вплив різних факторів на  $\eta_v$ .

## КОНСТРУКЦІЯ І ДИНАМІКА 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 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.

1. Одержати кінематичні параметри аксіального кривошипно-шатунного механізму.
2. Одержати залежності для сил і моментів в кривошипно-шатунному механізмі.
3. Дослідити зрівноваженість та зрівноважити рядний чотиритактний чотирициліндровий двигун.
4. Дослідити зрівноваженість та зрівноважити рядний чотиритактний шестициліндровий двигун.
5. Дати характеристику деталям поршневої групи (поршень, кільця, поршневий палець, стопорні кільця).

## ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕПЛОТЕХНІКИ

Питання:

1. Як позначається об'єм одного кілограма газу?
2. З рівняння стану ідеального газу чому дорівнює його температура?
3. Чому дорівнює питомий об'єм кисню при нормальних умовах?
4. Як позначається істинна масова ізобарна теплоємність?
5. Чому дорівнює зміна внутрішньої енергії газу з першого закону термодинаміки?
6. Наведіть схему перетворень видів енергії при розширенні газу в процесі з показником політропи  $n = 1$ .
7. За якою формулою визначається питома теплота в політропному процесі?

Задачі:

1. Визначити масу  $\text{CO}_2$  в сосуді об'ємом  $5 \text{ м}^3$  при  $t = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ , якщо тиск за манометром дорівнює  $0,4 \text{ МПа}$ , а барометричний тиск дорівнює  $740 \text{ мм. рт. ст.}$  Визначити також густину і питомий об'єм  $\text{CO}_2$  в сосуді.
2.  $3 \text{ кг}$  кисню змінили свій тиск від  $p_1 = 2 \text{ МПа}$  до  $p_2 = 6 \text{ МПа}$  за політропою з показником  $n = 0,5$ .  $T_1 = 1000 \text{ К}$ . Визначити  $V_1, V_2, T_2, \Delta U, \Delta s$ .
3. Повітря при об'ємі  $v_1 = 3 \text{ м}^3/\text{кг}$  розширюється за ізобарою до об'єму  $v_2 = 4,5 \text{ м}^3/\text{кг}$ . При цьому підводиться теплота, що дорівнює  $q = 627 \text{ кДж/кг}$ . Визначити тиск  $p$  и роботу розширення  $\ell$ .
4.  $2 \text{ кг}$  етилену  $\text{C}_2\text{H}_4$  при  $p = 1 \text{ бар}$  ізобарно нагріваються від  $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 300 \text{ }^\circ\text{C}$ . Визначити  $V_1, V_2, Q, \Delta U$  і  $L$ . Теплоємність не залежить від температури.
5.  $1 \text{ кг}$  азоту стискається за ізотермою до об'єму  $v_2 = 0,5 \cdot v_1$ .  $p_1 = 1 \text{ бар}$ .  $t_1 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$ . Визначити  $v_1, v_2$ , роботу газу і зміну ентропії.

## ТЕОРІЯ ГОРІННЯ

Питання:

1. Як називаються хімічні реакції, що йдуть з поглинанням теплоти?
2. Як називаються хімічні реакції, що йдуть з виділенням теплоти?
3. Чому дорівнює теплота в реагуючій системі при екзотермічній реакції?
4. Чому дорівнює теплота в реагуючій системі при ендотермічній реакції?
5. Чому дорівнює тепловий ефект хімічної реакції при  $V = \text{const}$ ?
6. Чому дорівнює тепловий ефект хімічної реакції при  $p = \text{const}$ ?
7. Що є стандартними умовами для хімічних реакцій?
8. За яким співвідношенням визначається мольна концентрація реагенту?
9. Що називається швидкістю хімічної реакції?
10. У чому вимірюється швидкість хімічної реакції?
11. Наведіть рівняння для константи  $K_c$ .
12. Наведіть рівняння для константи  $K_p$ .
13. Як називається величина  $k$  в рівнянні швидкості хімічної реакції?
14. Що таке хімічна спорідненість?
15. Що є мірою хімічної спорідненості реагентів?
16. Наведіть рівняння для роботи в ізохорно-ізотермічному процесі.
17. Наведіть рівняння для роботи в ізобарно-ізотермічному процесі.
18. Що станеться при збільшенні тиску в системі з максимальною роботою реакції, якщо в результаті прямої реакції кількість молей речовини збільшується?
19. Куди зміститься рівновага хімічної реакції при збільшенні тиску в реагуючій системі, якщо в результаті прямої реакції кількість молей речовини зменшується?

## ЕКОЛОГІЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

1. Наведіть основні види токсичних речовин, що потрапляють у навколишнє середовище з відпрацьованими газами.
2. Наведіть основні види параметричних забруднень навколишнього середовища, що викликаються автомобільним транспортом.
3. Від яких факторів залежить склад відпрацьованих газів автомобільного двигуна?
4. Що таке ГДК? Які бувають види ГДК?
5. За яких умов у ДВЗ утворюється бенз( $\alpha$ )пірен? Навести його хімічну формулу і будову молекули.
6. Наведіть види канцерогенних речовин, що утворюються у ДВЗ.
7. Наведіть механізми утворення оксидів азоту в ДВЗ. Опишіть кожен з них.
8. Що таке тверді частинки, з чого вони складаються?
9. Опишіть методику визначення вмісту СО у відпрацьованих газах ДВЗ.
10. Опишіть методику визначення вмісту СН у відпрацьованих газах ДВЗ.
11. Опишіть методику визначення вмісту NO<sub>x</sub> у відпрацьованих газах ДВЗ.
12. Опишіть методику визначення димності відпрацьованих газів ДВЗ методом фільтрації проби відпрацьованих газів.
13. Опишіть методику визначення димності відпрацьованих газів ДВЗ методом визначення оптичної густини світлового потоку.
14. Які типи приладів використовуються для вимірювання рівня шуму, що створюється автомобілем?
15. Наведіть принципову схему стенда з біговими барабанами.
16. Наведіть принципову схему гальмівного стенда.
17. Наведіть методику випробування ДВЗ на гальмівному стенді за 13-режимним циклом ESC.
18. Які показники роботи двигуна вимірюють при випробуваннях двигунів на гальмовому стенді за 13-режимним циклом?
19. Наведіть допустимі значення похибок для газоаналізаторів.
20. Наведіть схему вимірювання рівня шуму при випробуваннях автомобіля.



## АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Питання:

1. Мета автоматичного регулювання ДВЗ?
2. Основні поняття, функціональні схеми та класифікація САР?
3. Необхідність в автоматичному регулюванні частоти обертання валу ДВЗ різних типів і призначень?
4. Основні принципи регулювання?
5. Класифікація регуляторів ДВЗ?
6. Шляхи дослідження динаміки САР?
7. Складання характеристичного рівняння САР?

Задачі:

1. Визначити фактор стійкості ДВЗ, працюючого на швидкісному режимі  $\omega = 105$  1/с, коли статична характеристика здобувача визначається формулою  $\dot{I}_n = 8 \cdot 10^{-4} \cdot n$  (Нм), а крутячий момент не впливає від частоти обертання валу ДВЗ.

2. Шестициліндровий транспортний дизель обладнаний все-режимним механічним регулятором прямої дії з змінною попередньою деформацією пружини. Визначити масу вантажу регулятора, коли зусилля, необхідне для звороту одного плунжера складає 0.4 Н. Визначити його радіус. На номінальному режимі ступінь нечутливості дорівнює 2.5%, а частота обертання валу ДВЗ складає 1200 1/хв.

3. Коефіцієнт підтримуючої сили пневматичного регулятора  $A = 0,01$   $\dot{I} \cdot \dot{n}^2$  не впливає на положення муфти. Побудувати зрівноважу вальну характеристику регулятора  $z = \varphi \cdot n$ , коли жест кість пружини совісною з муфтою складає 8 Н/мм, а попередня деформація створює востанавлюючу силу, яка дорівнює 32 Н.

4. Скласти лінійне диференційне рівняння механічного регулятора прямої дії. Попередню деформацію пружини прийняти постійною.

5. Скласти диференційне рівняння ДВЗ, як об'єкта регулювання.

### 3 ЛІТЕРАТУРА

1. Марченко А.П. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т.1 Розробка конструкцій форсованих двигунів наземних транспортних машин / А.П. Марченко, М.К. Рязанцев, А.Ф.Шеховцов; За ред. А.П.Марченка, А.Ф.Шеховцова. – Харків, Прапор, 2004. – 384 с.
2. Марченко А.П. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т.2 Доводка конструкції форсованих двигунів наземних транспортних машин / А.П. Марченко, М.К. Рязанцев, А.Ф.Шеховцов; За ред. А.П.Марченка, А.Ф.Шеховцова. – Харків, Прапор, 2004. – 288 с.
3. Марченко А.П. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т.3 Комп'ютерні системи керування ДВЗ / А.П. Марченко, М.К. Рязанцев, А.Ф.Шеховцов; За ред. А.П.Марченка, А.Ф.Шеховцова. – Харків, Прапор, 2004. – 344 с.
4. Пильов В.О. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т.4 Основи САПР ДВЗ / В.О.Пильов, А.Ф.Шеховцов; За ред. А.П.Марченка, А.Ф.Шеховцова. – Харків, Прапор, 2004. – 336 с.
5. Марченко А.П. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т.5 Екологізація ДВЗ / А.П. Марченко, І.В.Парсаданов, Л.Л.Товажнянський, А.Ф.Шеховцов; За ред. А.П.Марченка, А.Ф.Шеховцова. – Харків, Прапор, 2004. – 360 с.
6. Абрамчук Ф.І. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т.6 Надійність ДВЗ / Ф.І.Абрамчук, М.К. Рязанцев, А.Ф.Шеховцов; За ред. А.П.Марченка, А.Ф.Шеховцова. – Харків, Прапор, 2004. – 324 с.

#### 4. ВИСНОВОК

Критерії оцінки за вступний екзамен:

Оцінка 90-100 балів виставляється, коли абітурієнт вільно орієнтується у всьому теоретичному матеріалі, може відповісти на питання, що потребують самостійного мислення, дає повну та чітку відповідь на всі теоретичні питання екзаменаційного квитка, може вирішити практичне питання та дати чітку відповідь щодо його виконання.

Оцінка 75-89 балів виставляється, коли абітурієнт орієнтується у всьому теоретичному матеріалі, дає повну відповідь на всі теоретичні питання екзаменаційного квитка, може вирішити практичне питання та дати чітку відповідь щодо його виконання, але при цьому припускає несуттєві недоліки.

Оцінка 60-74 балів виставляється, коли абітурієнт орієнтується у всьому теоретичному матеріалі, при відповіді на деякі теоретичні питання екзаменаційного квитка припускає суттєві помилки, але може їх самостійно виправити після керівних вказівок викладача. Студент орієнтується у вирішенні практичного питання.

Оцінка менше 60 балів виставляється, коли абітурієнт не може вирішити запропоновану задачу або роз'яснити теоретичне питання, а також, якщо припускається грубої помилки теоретичного і практичного характеру.

Примітка. Задача вважається вирішеною правильно, якщо виконуються наступні умови: вірний загальний хід рішення, одержана правильна числова відповідь, дане вичерпне пояснення. При невиконанні хоча б однієї з цих умов задача вважається невирішеною.

Затверджено на засіданні кафедри ДВЗ

Протокол № 6 от « 01 » грудня 2020 р.

Завідувач кафедри ДВЗ, проф.

А.О. Прохоренко