

Міністерство освіти і науки України

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Херсонський навчально-науковий інститут

Кафедра суднового машинобудування
та енергетики



ЗАТВЕРДЖУЮ
Заступник директора
Херсонського ННІ НУК
з навчальної роботи
к.т.н., професор Дудченко О.М.

ПРОГРАМА

кваліфікаційної атестації у формі екзамену

із спеціальності 142 "Енергетичне машинобудування"

освітньо-професійна програма "Двигуни внутрішнього згорання"

другого (магістерського) рівня вищої освіти

Розглянута на засіданні
кафедри суднового машинобудуван-
ня та енергетики ХННІ НУК
протокол № 1 від "25" 08 2022 р.

Завідувач кафедри
к.т.н., професор А.А. Андреев

ЗМІСТ

Вступ	3
1. Мета та завдання кваліфікаційної атестації у формі екзамену	3
2. Передумови для кваліфікаційної атестації у формі екзамену	4
3. Очікувані результати кваліфікаційної атестації у формі екзамену	5
4. Зміст кваліфікаційної атестації у формі екзамену	5
4.1. Теорія робочих процесів двигунів внутрішнього згоряння	5
4.2. Оптимізація режимів роботи двигунів внутрішнього згоряння	7
4.3. Конструювання та проектування двигунів внутрішнього згоряння	9
5. Структура екзаменаційних білетів	
Ошибка! Закладка не определена.	
6. Порядок проведення кваліфікаційної атестації у формі екзамену	21
7. Критерії підсумкової оцінки	22
Рекомендовані джерела інформації	23
Додаток. Екзаменаційні білети	
Ошибка! Закладка не определена.	

ВСТУП

Кваліфікаційна атестація у формі екзамену є однією із заключних форм атестації для магістрів із спеціальності 142 "Енергетичне машинобудування", освітньо-професійної програми) "Двигуни внутрішнього згоряння".

Кваліфікаційна атестація у формі екзамену має на меті встановити рівень професійних знань і вмінь здобувачів вищої освіти (ЗВО), їх підготовку та компетентність для вирішення завдань виробничо-господарської діяльності підприємств і організацій фахового спрямування згідно з державним класифікатором видів діяльності, передбачених для відповідних посад.

Зміст кваліфікаційної атестації у формі екзамену визначається вимогами до властивостей і якостей особи, яка здобула другий (магістерський) рівень вищої освіти за освітньо-професійною програмою "Двигуни внутрішнього згоряння" із спеціальності 142 "Енергетичне машинобудування" галузі знань 14 "Електрична інженерія". Контрольні питання і завдання кваліфікаційної атестації у формі екзамену повинні дозволити оцінювати не лише рівень засвоєння отриманих теоретичних знань, а і вміння ЗВО застосовувати їх у практичній роботі. У зв'язку з цим, екзаменаційні білети з кваліфікаційної атестації у формі екзамену складені на основі питань з дисциплін, які формують професійну освіту фахівця.

1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ АТЕСТАЦІЇ У ФОРМІ ЕКЗАМЕНУ

Метою кваліфікаційної атестації у формі екзамену є формування у ЗВО згідно зі Стандартом вищої освіти України, затвердженим Наказом Міністерства освіти і науки України № 427 від 16.04.2021 р., та освітньо-професійною програмою «Двигуни внутрішнього згоряння» таких компетентностей.

Інтегральна компетентність:

Здатність розв'язувати задачі дослідницького та/або інноваційного характеру у галузі енергетичного машинобудування.

Загальні компетентності:

ЗК03. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

Спеціальні компетентності:

СК02. Здатність критично осмислювати проблем і перспектив розвитку у сфері енергетичного машинобудування та дотичних міждисциплінарних проблем;

СК03. Здатність аналізувати та комплексно інтегрувати сучасні знання з природничих, інженерних, суспільно-економічних та інших наук для розв'язання складних задач і проблем, пов'язаних з проектуванням та експлуатацією енергетичного і теплотехнологічного обладнання.

2. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ АТЕСТАЦІЇ У ФОРМІ ЕКЗАМЕНУ

За навчальним планом освітньо-професійної програми «Двигуни внутрішнього згоряння» кваліфікаційна атестація у формі екзамену передбачена для ЗВО другого курсу (третьої семестр).

Передумовами для її проведення є успішне виконання ЗВО завдань першого року навчального плану магістерської підготовки за освітньо-професійною програмою «Двигуни внутрішнього згоряння».

3. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ АТЕСТАЦІЇ У ФОРМІ ЕКЗАМЕНУ

Проведення кваліфікаційної атестації у формі екзамену передбачає формування та розвиток у ЗВО таких результатів навчання:

РН10. Вільно спілкуватися державною та іноземною мовами усно і письмово для обговорення професійних проблем і результатів досліджень та інновацій;

РН11. Презентувати результати досліджень та інновацій, зрозуміло і недвозначно доносити власні знання, висновки та аргументацію до фахівців і нефхівців.

4. ЗМІСТ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ АТЕСТАЦІЇ У ФОРМІ ЕКЗАМЕНУ

Зміст кваліфікаційної атестації у формі екзамену складається з п'яти розділів, які охоплюють питання теорії робочих процесів різних типів турбопоршневих двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ), конструювання та проектування ДВЗ, технології побудови, монтажу та ремонту ДВЗ та оптимізації їх роботи.

4.1. Теорія робочих процесів двигунів внутрішнього згорання

1. Вплив коефіцієнту тепловіддачі від газів до стінки і коефіцієнту тепловіддачі від поверхні втулки до рідини на процес теплопередачі.

2. Вплив форми камери згорання на сумішоутворення для різних типів двигунів.

3. Перерахуйте чинники, що впливають на індикаторний ККД, якщо: паливо буде спалюватись до верхньої мертвої точки (ВМТ); у ВМТ; після ВМТ. Вкажіть випадки, коли індикаторний ККД матиме більше значення.

4. Теоретичні основи закону вигорання палива від кута повороту колінча-

стого валу.

5. Визначення відкритої термодинамічної системи. Перший закон термодинаміки для відкритої термодинамічної системи в диференціальній формі.

6. Основні особливості нуль-мірного квазістаціонарного представлення робочих процесів у циліндрі двигуна і сполучних колекторах. Базова система рівнянь. Переваги та недоліки даного підходу.

7. Принципи побудови дво- і багатозонних моделей робочого процесу в рамках нуль-мірного квазістаціонарного підходу.

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

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

10. Теплообмін у циліндрі ДВЗ. Види теплообміну. Рівняння для розрахунку коефіцієнта тепловіддачі від робочого тіла до стінки циліндра.

11. Методи розрахунку температури надпоршневої поверхні циліндра та колекторів системи наддуву в рамках загальної математичної моделі робочого процесу комбінованого двигуна.

12. Рівняння тепловиділення Вібе. Параметри, що впливають на процес згоряння палива. Визначення показника характеру процесу згоряння m . Активні центри реакції.

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

14. 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.

15. Кінетичні рівняння вигорання палива відповідно до методики Н.Ф. Разлейцева. Моделювання вигорання парів палива, які утворилися за пері-

од затримки займання. Коефіцієнт використання повітряного заряду. Згоряння палива за період подачі та догоряння.

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

17. Основна сутність феноменологічних моделей згоряння палива в дизелі, їх порівняльний аналіз.

18. PCCI (Premixed Charge Compression Ignition) процес, його вплив на еколого-економічні показники роботи ДВЗ.

19. Одно- та багатозонні моделі згоряння палива у межах камери згоряння. Існуючі схеми розрахунку за кількістю зон для процесу згоряння.

20. Конвекційний та радіаційний види тепловіддачі енергії для циліндра ДВЗ. Переваги та недоліки.

21. Перерахуйте та обґрунтуйте причини, за яких індикаторний ККД циклу ДВЗ значно перевищує індикаторний ККД циклів усіх інших відомих теплових двигунів.

22. Індукція палива. Вплив періоду індукції на роботу ДВЗ.

4.2. Оптимізація режимів роботи двигунів внутрішнього згоряння

1. Окремі випадки експлуатаційного режиму судна, близького до швартовного.

2. Способи полегшення гвинтової характеристики на швартовах.

3. Потоконправляюча камера. Принцип роботи, схема, застосування.

4. Особливості визначення додаткового опору, що створюють застопорені чи вільнообертові гвинти під час роботи.

5. Вплив елементів гребного гвинта на допустимі параметри роботи головного двигуна при відключенні декількох гвинтів.

6. "Адміралтейська" формула потужності. Виведення формули.

7. Причини обтяжування гвинтових характеристик при плаванні судна на мілкій воді.
8. Діаграми Апхтіна та особливості їх застосування.
9. Способи побудови обтяжувальної характеристики для гвинта регульованого кроку.
10. Економічна характеристика двигуна. Особливості побудови.
11. Особливості економічної характеристики для дизель-генераторів змінного струму.
12. Способи отримання стендової гвинтової характеристики.
13. Способи та сутність імітації умови роботи головного двигуна на гребний гвинт.
14. Особливості визначення експериментальним шляхом регуляторної характеристики.
15. Призначення граничних і всережимно-граничних регуляторів для судових ДВЗ.
16. Особливості впливу кута випередження подачі палива на регульовані характеристики ДВЗ.
17. Особливості визначення потужності механічних втрат на різних швидкісних режимах.
18. Вибіг судна при реверсуванні та способи його визначення.
19. Вплив плавання судна в штормову погоду на обтяжування гвинтових характеристик. Причини та наслідки.
20. Кількісної оцінка впливу штормової погоди на гвинтові характеристики та її особливості.
21. Вплив ступеня нерівномірності регулятора на завантаження паралельно працюючих дизель-генераторів.
22. Вплив зони нечутливості регулятора на завантаження паралельно працюючих дизель-генераторів.
23. Вплив відключення одного чи декількох циліндрів на допустимі параметри роботи допоміжного двигуна.

24. Особливості роботи головного двигуна при відключенні циліндрів.
25. Наведіть переваги і недоліки гвинтів регульованого кроку.

4.3. Конструювання та проектування двигунів внутрішнього згоряння

1. Особливості системи охолодження V-подібних двигунів.
2. Конструкція охолоджувачів робочих середовищ судових двигунів.
3. Матеріали для виготовлення трубопроводів систем охолодження судових ДВЗ.
4. Типи багатоконтурних систем охолодження судових ДВЗ.
5. Схема двоконтурної системи охолодження судових ДВЗ.
6. Схема три-контурної системи охолодження судових ДВЗ.
7. Принцип роботи термостата систем охолодження ДВЗ та межі застосування.
8. Типи насосів, які використовують у системах охолодження судових ДВЗ.
9. Конструкція кожухотрубчастого охолоджувача робочих середовищ судових двигунів.
10. Схема системи охолодження судового двотактного двигуна.
11. Способи пуску двигунів. Їх особливості.
12. Відмінності пуску двигуна стиснутим повітрям від стартерного пуску.
13. Конструктивні особливості пускових клапанів судових двигунів.
14. Компонування елементів системи повітропостачання на двигуні.
15. Особливості роботи системи повітропостачання судових ДВЗ на перемінних режимах.
16. Умови визначення місткості балонів пускового повітря на судах.
17. Етапи процесу пуску судових ДВЗ.
18. Способи пуску двигунів транспортних засобів.
19. Характеристики регулювання, які треба забезпечити для двигунів транспортних засобів.

20. Конструкція головного пускового клапана суднового дизеля.
21. Принцип дії золотникового повітророзподільвача судових ДВЗ.
22. Конструкція системи стартерного пуску двигуна.
23. Конструкція пускового клапану малооберткових дизелів (МОД).
24. Конструкція та тип матеріалів, що використовують у балонах пускового повітря судових ДВЗ.
25. Схема системи пуску сучасних МОД.
26. Спосіб пуску ДВЗ від приводного двигуна.
27. Регулювання необхідної кількості повітря для пуску судових ДВЗ.
28. Компоновка елементів системи газовипускання на двигуні.
29. Схеми систем газовідведення ДВЗ, які застосовують на судах.
30. Компенсатори, що застосовують на трубопроводах систем газовипускання, типи.
31. Визначення товщини ізоляції на трубопроводах газовипускання судових ДВЗ.
32. Призначення системи керування та контролю ДВЗ.
33. Тенденції розвитку ДВЗ, які були відмічені останнім часом.
34. Конструкція і особливості системи «Альфа-Лубрикатор».
35. Система подачі палива «Common Rail» двигунів «Wartsila».
36. Особливості в конструкції двигунів фірми «MAN» серії ME та двигунів фірми «Wartsila» серій RT-flex і W-X.
37. Особливості конструкції двигунів G-серії фірми «MAN».
38. Відмінності системи газовипускання в МОД, середньо- і високооберткових дизелях (відповідно, СОД і ВОД).
39. Сучасні системи керування судовими ДВЗ.
40. Гідравлічна система керування двигуном, конструкція, принцип дії.
41. Електронна система керування двигуном, принцип дії, основні елементи.
42. Основи розрахунку відхідних трубопроводів системи газовідведення судових ДВЗ.

43. Матеріали для елементів системи газовідведення суднових ДВЗ.
44. Імплер і межі його застосування.
45. Способи форсування суднових ДВЗ.
46. Сучасні системи турбонаддуву суднових ДВЗ та їх основні елементи.
47. Принцип дії газодизельних двигунів.

5. СТРУКТУРА ЕКЗАМЕНАЦІЙНИХ БІЛЕТІВ

До складу кожного екзаменаційного білета внесено по три теоретичних питання з переліку питань, які наведені вище, а також по дві задачі (з кожного блоку задач відповідно). Нижче наведені такі типові задачі.

Блок задач № 1

Задача № 1

Втулка робочого циліндра з внутрішнім діаметром $D_{ц} = 650$ мм мала товщину стінки $f = 50$ мм; у зв'язку зі зношенням втулка була розточена зі зняттям металевого шару 3,5 мм на сторону. Необхідно перевірити можливість ще одного розточування втулки, якщо допустиме напруження матеріалу втулки на розтягнення $R_z = 42$ МПа; тиск згоряння в циліндрі $p_z = 45,5$ МПа.

Задача № 2

Виконати розрахунок нерухомості змонтованого дизеля на судновий фундамент і питомого тиску на клини, якщо відомі:

- маса механізму $m = 418000$ кг;
- коефіцієнт перевантаження $K_g = 1,8$;
- проекція відстані між центром ваги (ц.в.) механізму і центром ваги судна на площину мідель-шпангоута $l = 1,8$ м;
- відстань від центра кріплення механізму до найбільш віддаленого болта $h = 0,8875$ м;

- реактивний момент, що сприймається механізмом, $M = 153900$ кг·м;
- межа текучості матеріалу болта $\sigma_{\text{тек}} = 360$ МПа;
- розмір шпильки по внутрішньому діаметру різьби $d_{\text{вн}} = 42,5$ мм;
- коефіцієнт тертя в ланцюзі механізм-клин-фундамент $\mu = 0,3$;
- кількість болтів, що кріплять механізм до фундаменту, $z = 26$;
- межа міцності матеріалу клина (прокладки) при стисненні $\sigma_{\text{ст}} = 150$ МПа;
- площа опорної поверхні прокладки $S = 255832$ мм²;
- кількість прокладок $n = 54$.

Задача № 3

Об'єм чотиритактного трициліндрового двигуна внутрішнього згоряння складає 1,2 л. Визначте індикаторну та ефективну потужності, а також ефективний крутний момент цього двигуна, якщо з колінчастого вала відбирається робота 380 Дж, середній тиск механічних втрат складає 0,15 МПа, а частота обертання колінчастого вала – 5400 хв.⁻¹.

Задача № 4

Виконайте порівняння основних показників циклу з підводом теплоти при постійному об'ємі (цикл Отто), з підводом теплоти при постійному тиску (цикл Дизеля) в циліндрі двигуна, якщо до робочого тіла з властивостями продуктів згоряння ($k = 1,3$) підводиться 60 МДж/кмоль теплоти (для циклу зі змішаним підводом теплоти при постійному об'ємі підводиться $Q_1' = 40$ МДж/кмоль, а при постійному тиску – $Q_1'' = 20$ МДж/кмоль). Початкові параметри циклу прийняти наступними: температура 127 °С, тиск 0,1 МПа. У даному циклі робоче тіло в кінці процесу стиснення займає об'єм 0,04 л, а в кінці процесу розширення – 0,56 л.

Задача № 5

Геометрична ступінь стиснення у чотирициліндровому двигуні з іскровим запалюванням і регульованим упорскуванням палива дорівнює 8,5. Номінальна

частота обертання колінчастого вала двигуна становить 6000 хв.^{-1} . Визначте коефіцієнт залишкових газів, а також коефіцієнт наповнення в зазначеному двигуні на швидкісному режимі, якому відповідає частота обертання колінчастого вала 4000 хв.^{-1} , якщо на номінальному режимі тиск залишкових газів становить $0,11 \text{ МПа}$, а температура 1065 К . Прийняти, що температура довілля дорівнює 293 К , зміна температури свіжого заряду на впусканні при номінальній частоті обертання колінчастого вала становить 12 К , а тиск у кінці впускання $0,09 \text{ МПа}$.

Задача № 6

Об'єм восьмициліндрового дизеля, що працює без наддуву, становить $3,2 \text{ л}$, а об'єм камери згоряння кожного з його циліндрів дорівнює $0,025 \text{ л}$. Визначте коефіцієнт залишкових газів і коефіцієнт наповнення для цього двигуна, якщо тиск залишкових газів дорівнює $0,115 \text{ МПа}$, а їх температура $367 \text{ }^\circ\text{C}$. Прийняти, що температура довілля дорівнює $20 \text{ }^\circ\text{C}$, зміна температури свіжого заряду на впусканні становить $27 \text{ }^\circ\text{C}$, а тиск у кінці впускання – $0,095 \text{ МПа}$.

Задача № 7

Безнаддувний шестициліндровий двигун ЯМЗ-236 має витрату повітря 745 кг/годину при частоті обертання колінчастого вала 2100 хв.^{-1} , діаметр циліндра 130 мм , хід поршня 140 мм , об'єм камери згоряння $V_C = 0,00012 \text{ м}^3$. Середні за цикл значення тиску і температури відхідних газів складають: $p_T = 0,12 \text{ МПа}$, $t_T = 700 \text{ }^\circ\text{C}$. Визначити величину коефіцієнта залишкових газів.

Задача № 8

Дванадцятициліндровий дизель працює при частоті обертання колінчастого вала 2000 хв.^{-1} . На номінальному режимі ефективна потужність становить 390 кВт , ефективний ККД $\eta_e = 0,43$, коефіцієнт надлишку повітря $\alpha = 1,85$. Як зміниться α , якщо циклова подача палива зменшиться на $5,7 \cdot 10^{-5} \text{ кг/цикл}$ при незмінній частоті обертання колінчастого вала?

Задача № 9

Чотиритактний восьмициліндровий дизель потужністю 200 кВт при частоті обертання колінчастого вала 4200 хв.^{-1} має питому ефективну витрату палива $g_e = 300 \text{ г/(кВт·годину)}$. Діаметр циліндра 108 мм, хід поршня 95 мм. Визначити: середній індикаторний тиск p_i , індикаторний ККД η_i , відносний ККД η_o , питому індикаторну витрату палива g_i .

Задача № 10

Восьмициліндровий дизель на номінальному режимі роботи розвиває ефективну потужність 200 кВт при частоті обертання колінчастого вала 2600 хв.^{-1} . Ефективний ККД циклу дорівнює 0,368, а коефіцієнти пристосованості двигуна по крутному моменту і частоті обертання колінчастого вала – відповідно: 1,12 і 1,625. Визначити величини циклової подачі та годинної витрати палива, питому ефективну витрату палива, а також ефективний ККД двигуна на режимі максимального крутного моменту.

Задача № 11

Як паливо для реалізації робочого циклу в ДВЗ використовується бензин наступного складу: вуглець $C = 85,5 \%$; водень $H = 14,5 \%$. Теоретично необхідна кількість повітря для згоряння цього палива складає $0,517 \text{ кмоль}_{\text{повітря}}/\text{кг}_{\text{палива}}$. Визначте загальну кількість продуктів згоряння 1 кг цього бензину, якщо у дійсності на горіння подано $0,504 \text{ кмоль}_{\text{повітря}}/\text{кг}_{\text{палива}}$. Показник, що залежить від відношення кількості водню до кількості оксиду вуглецю в складі продуктів згоряння, прийняти рівним 0,45.

Задача № 12

Діаметр циліндра карбюраторного двигуна внутрішнього згоряння $D = 10 \text{ см}$, хід поршня $S = 11 \text{ см}$. Який об'єм повинна мати камера стиснення, якщо відомо, що початковий тиск газу $p_1 = 0,1 \text{ МПа}$, початкова температура газу $t_1 = 127 \text{ }^\circ\text{C}$ і тиск у камері після стиснення $p_2 = 1 \text{ МПа}$. Яка буде температура

t_2 газу в камері після стиснення? Визначити роботу, виконану при стисненні. Показник політропи $n = 1,3$.

Задача № 13

Визначити середній індикаторний тиск p_i та індикаторну потужність N_i чотирициліндрового чотиритактного дизельного двигуна, якщо діаметр циліндра 16 см, хід поршня 20 см, частота обертання колінчастого вала дорівнює 1400 хв.⁻¹. За допомогою експерименту отримана індикаторна діаграма корисною площею $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$, довжиною 15 см при масштабі по осі тиску $y = 0,7 \cdot 10^8 \text{ Па/м}$.

Задача № 14

Визначити питому ефективну витрату палива шестициліндрового чотиритактного дизельного двигуна, якщо середній ефективний тиск $p_e = 8,1 \cdot 10^5 \text{ Па}$, повний об'єм циліндра $V_a = 8,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$, об'єм камери згоряння $V_c = 7,2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$, частота обертання колінчастого вала $n = 40 \text{ с}^{-1}$ і витрата палива $B = 4,1 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$.

Задача № 15

Визначити літрову потужність та питому ефективну витрату палива восьмициліндрового чотиритактного карбюраторного двигуна, якщо середній індикаторний тиск $p_i = 7,6 \cdot 10^5 \text{ Па}$, діаметр циліндра $D_{ц} = 0,14 \text{ м}$, хід поршня $S = 0,12 \text{ м}$, кутова швидкість обертання колінчастого вала 380 рад/с механічний ККД $\eta_m = 0,82$, витрата палива $B = 15 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$.

Задача № 16

Визначити діаметр циліндра і хід поршня чотирициліндрового чотиритактного дизельного двигуна, якщо ефективна потужність $N_e = 80 \text{ кВт}$, середній ефективний тиск $p_e = 6 \cdot 10^5 \text{ Па}$, частота обертання колінчастого вала $n = 1800 \text{ хв}^{-1}$, а середня швидкість поршня $C_m = 9,6 \text{ м/с}$.

Задача № 17

Визначити потужність механічних втрат восьмициліндрового чотиритактного двигуна з іскровим запалюванням, якщо середній індикаторний тиск $p_i = 7,5 \cdot 10^5$ Па, діаметр циліндра $D_{ц} = 0,1$ м, хід поршня $S = 0,095$ м, частота обертання колінчастого вала $n = 50$ хв.⁻¹ та механічний ККД $\eta_m = 0,8$.

Задача № 18

Визначити середню швидкість поршня і ступінь стиснення чотирициліндрового чотиритактного двигуна з іскровим запалюванням, якщо ефективна потужність $N_e = 51,5$ кВт, середній ефективний тиск $p_e = 6,45 \cdot 10^5$ Па, хід поршня $S = 0,092$ м, частота обертання колінчастого вала $n = 50$ хв.⁻¹ і об'єм камери згоряння $V_c = 1 \cdot 10^{-4}$ м³.

Задача № 19

Визначити економію палива у відсотках, яку дає заміна інжекторного бензинового двигуна дизельним, при середній індикаторній потужності $N_i = 148$ кВт, якщо індикаторний ККД інжекторного двигуна $\eta_{i1} = 0,39$, ККД дизельного двигуна $\eta_{i2} = 0,45$. Нижча робоча теплота згоряння бензину $Q_{н1}^p = 44$ МДж/кг, а дизельного палива $Q_{н2}^p = 43$ МДж/кг.

Задача № 20

Установлено, що момент інерції двигуна на 20 % більше моменту інерції його маховика. Визначити приведений момент інерції J двигуна зі споживачем, якщо маса обода маховика двигуна становить 25,4 кг; діаметр, на якому розташовується центр поперечного перерізу ободу, 0,8 м і момент інерції споживача, приведений до осі обертання колінчастого вала двигуна, 6 кг·м².

Задача № 21

Розробити методику розрахунку моменту інерції двигуна J_d , приведенного до осі обертання колінчастого вала, з урахуванням моментів інерції колінчастого вала, шатунно-поршневої групи, маховика. Прийняти при цьому, що наведені моменти інерції розподільчого вала, паливної апаратури та інших допоміж-

них агрегатів, пов'язаних у своєму русі з колінчастим валом, підвищують момент інерції двигуна на 10 - 20 %.

Задача № 22

Двигун внутрішнього згоряння має приведений момент інерції $10 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$, фактор стійкості рівний $4 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}$ та коефіцієнт самовирівнювання $0,2$.

Визначити час двигуна та коефіцієнт самовирівнювання на обраному швидкісному режимі при частоті обертання вала 600 хв^{-1} .

Задача № 23

Для ідеального циклу поршневого ДВЗ з підведенням теплоти при $v = \text{const}$ визначити параметри в характерних точках, отриману роботу, термічний ККД, кількість відведеної та підведеної теплоти, якщо початкові параметри робочого тіла $p_1 = 1 \text{ бар}$, $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; ступінь стиснення $\varepsilon = 3,6$; ступінь підвищення тиску $\lambda = 3,33$. Робоче тіло – повітря (показник адіабати для повітря $k = 1,4$). Теплоємність прийняти постійною.

Задача № 24

Для ідеального циклу поршневого ДВЗ зі змішаним підведенням теплоти визначити параметри робочого тіла в характерних точках, термічний ККД, кількість підведеної та відведеної теплоти, корисну роботу і ступінь заповнення циклу, якщо початкові параметри робочого тіла $p_1 = 0,1 \text{ МПа}$ та $t_1 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, ступінь стиснення $\varepsilon = 8$, ступінь підвищення тиску $\lambda = 2,5$ і ступінь попереднього розширення $\rho = 1,3$. Робоче тіло – повітря.

Задача № 25

Визначити мінімально необхідний запас подачі масляного насоса всережимного автоматичного регулятора непрямой дії з автономною масляною системою, якщо мінімальний регульований швидкісний режим складає 20 % від номінального.

Задача № 26

Визначити коефіцієнт пристосовності двигуна, якщо його регулятор обладнаний коректором зовнішньої характеристики, що забезпечує переміщення рейки на 3 мм у процесі корекції в бік збільшення циклової подачі палива. Зниження крутного моменту двигуна без корекції в тому ж діапазоні швидкісних режимів становить $10,2 \cdot 10^2$ Н·м. Конструкція паливного насоса при переміщенні рейки на 1 мм забезпечує зміну крутного моменту двигуна на 540 Н·м.

Задача № 27

У багатопаливних двигунах часто використовується змінний упор рейки паливного насоса для забезпечення можливості підтримання заданих параметрів роботи двигуна при зміні палива. Визначити об'ємні та масові циклові подачі дизельного палива з густиною $\rho = 850$ кг/м³ і бензину з густиною $\rho = 750$ кг/м³, якщо коефіцієнт подачі палива K (відношення дійсної об'ємної циклової подачі до об'єму, що витісняє плунжер паливного насоса при активному ході) при переході з дизельного палива на бензин змінюється з 0,9 до 0,8 на номінальному режимі (рейка паливного насоса знаходиться на упорі). Прийняти діаметр плунжера паливного насоса $d_{пл} = 12$ мм, активний хід плунжера на номінальному режимі $h_{пл} = 5$ мм, кут нахилу косої кромки плунжера $\alpha = 30^\circ$. Визначити необхідне переміщення упору рейки паливного насоса для отримання рівних масових циклових подач дизельного палива і бензину, якщо допустити, що при невеликому збільшенні активного ходу плунжера коефіцієнт подачі паливного насоса не змінюється.

Задача № 28

Порівняти значення термічного ККД двох теплових ДВЗ, що працюють з ізохорним та ізобаричний підведенням теплоти в ідеальному циклі, якщо відомі: значення початкового тиску $p_1 = 95$ кПа, температура $t_1 = 35$ °С, ступінь сти-

снення $\varepsilon = 10$ і кількість підведеної теплоти $q_1 = 800$ кДж/кг. Робоче тіло – повітря. Зобразити обидва циклу в $p-v$ та $T-s$ –діаграмах.

Задача № 29

Визначити роботу стиснення $L_{ст}$ і роботу розширення $L_{розш}$, якщо відомі: тиск наприкінці стиснення p_c , максимальний тиск у циліндрі p_z , ступінь стиснення ε , ступінь попереднього розширення ρ , об'єм камери стиснення V_c , показник політропи стиснення n_1 і показник політропи розширення n_2 .

Для розрахунку прийняти наступні дані: $p_c = 8,0$ МПа; $p_z = 12,0$ МПа; $\varepsilon = 14$; $V_c = 0,15$ м³; $\rho = 1,6$; $n_1 = 1,37$; $n_2 = 1,32$.

Задача № 30

Визначити середню ізохорну теплоємність дійсних продуктів згоряння в точці "z", якщо відомі: коефіцієнти в рівняннях теплоємностей для чистого повітря і чистих продуктів згоряння ($a'_v = 19,26$, $b' = 0,0025$, $a''_v = 20,47$, $b'' = 0,0036$), коефіцієнт залишкових газів γ_r , максимальна температура T_z , коефіцієнти використання теплоти (ξ_z і ξ_b) і коефіцієнт надлишку повітря α .

Для розрахунку прийняти наступні дані: $\xi_z = 0,85$; $\xi_b = 0,92$; $\gamma_r = 0,02$; $\alpha = 2,1$; $T_z = 2000$ К. Склад палива середній, тобто при $K = 0,065$

Блок задач № 2

Визначити основні розміри плунжерної пари паливного насоса двигуна _____ (марку двигуна обрати відповідно нижче наведеної таблиці). Діаметр плунжера $d_{п}$ і його хід $h_{п}$ визначаються із величини питомої витрати палива g_e , г/ (кВт·годину).

№ задачі	Марка двигуна; потужність Ne , кВт; питома витрата палива g_e , кг/(кВт·годину)
1	2
1	ЯМЗ-238М2-45 (8Ч 13/14); $Ne = 176$ кВт; $g_e = 0,214$ (кВт·годину)
2	ЯМЗ-238Б (8ЧН 13/14); $Ne = 221$ кВт; $g_e = 0,224$ (кВт·годину)
3	4Ч 10,5/13; $Ne = 29,4$ кВт; $g_e = 0,296$ (кВт·годину)

Продовження таблиці

1	2
4	6ЧН 12/14 (К-171М3); $N_e = 95$ кВт; $g_e = 0,234$ (кВт·годину)
5	6ЧН 12/14 (К-164М3); $N_e = 110$ кВт; $g_e = 0,228$ (кВт·годину)
6	3М3-51432.10 CRS (4ЧН 8,7/9,4); $N_e = 83,5$ кВт; $g_e = 0,206$ (кВт·годину)
7	Д46 (16ЧН 26/26); $N_e = 2650$ кВт; $g_e = 0,210$ (кВт·годину)
8	6ТД-2 (6ДН 12/2х12); $N_e = 882$ кВт; $g_e = 0,218$ (кВт·годину)
9	В2-800ТК-С3 (12ЧН 15/18); $N_e = 583$ кВт; $g_e = 0,224$ (кВт·годину)
10	MAN B&W 6L32/40 (6ЧРН 32/40); $N_e = 3000$ кВт; $g_e = 0,185$ (кВт·годину)
11	Wärtsilä 12V26 (6ЧН 26/32); $N_e = 4080$ кВт; $g_e = 0,189$ (кВт·годину)
12	Wärtsilä 8L64 (8ЧРН 64/90); $N_e = 17200$ кВт; $g_e = 0,171$ (кВт·годину)
13	MAN B&W 20V28/33D STC (20ЧН 28/33); $N_e = 10000$ кВт; $g_e = 0,193$ (кВт·годину)
14	MAN B&W 6S40ME-B9.3-ТII (6ДКРН 40/177); $N_e = 6810$ кВт; $g_e = 0,174$ (кВт·годину)
15	MAN B&W 8L70ME-C8.2-ТII (8ДКРН 70/236); $N_e = 26160$ кВт; $g_e = 0,173$ (кВт·годину)
16	MAN B&W 7G80ME-C9.5-ТII (7ДКРН 80/372); $N_e = 32970$ кВт; $g_e = 0,166$ (кВт·годину)
17	MAN B&W 7G40ME-C9.5-ТII (7ДКРН 40/200); $N_e = 7700$ кВт; $g_e = 0,174$ (кВт·годину)
18	MAN B&W 5S50MC-C8.2-ТII (5ДКРН 50/200); $N_e = 8300$ кВт; $g_e = 0,173$ (кВт·годину)
19	MAN B&W 6S50MC6 (6ДКРН 50/191); $N_e = 8580$ кВт; $g_e = 0,171$ (кВт·годину)
20	Wärtsilä 6RT-flex35 (6ДКРН 35/155); $N_e = 5220$ кВт; $g_e = 0,176$ (кВт·годину)
21	Wärtsilä 14RT-flex96С (14ДКРН 96/250); $N_e = 80080$ кВт; $g_e = 0,171$ (кВт·годину)
22	Mitsubishi 7UEC33LSII-Eco/-SCR (7ДКРН 33/105); $N_e = 3965$ кВт; $g_e = 0,172$ (кВт·годину)
23	Mitsubishi 6UEC50LSH-Eco-C2 (6ДКРН 50/230); $N_e = 10680$ кВт, $g_e = 0,164$ (кВт·годину)
24	Wärtsilä 7RT-flex48T-D (7ДКРН 48/200); $N_e = 10185$ кВт; $g_e = 0,170$ (кВт·годину)
25	Wärtsilä 5RTA72U-B (5ДКРН 72/250); $N_e = 15400$ кВт; $g_e = 0,171$ (кВт·годину)
26	Wartsilla 16V46F (16ЧН 46/58); $N_e = 19200$ кВт; $g_e = 0,178$ (кВт·годину)
27	HYUNDAI HIMSEN 9H21/32P (9ЧРН 21/32); $N_e = 1800$ кВт; $g_e = 0,187$ (кВт·годину)
28	MTU 16V4000 M93 (16ЧН 17/19); $N_e = 3120$ кВт, $g_e = 0,188$ (кВт·годину)
29	Caterpillar 9M25C (9ЧН 25,5/40); $N_e = 3150$ кВт; $g_e = 0,184$ (кВт·годину)

Продовження таблиці

<i>1</i>	<i>2</i>
30	NIIGATA 6MG26HLX (6ЧН 26/35); $N_e = 1470$ кВт; $g_e = 0,210$ (кВт·годину)
31	ЗМЗ-5-406Д.10 (4ЧН 8,6/8,8); $N_e = 81$ кВт; $g_e = 0,210$ (кВт·годину)
32	Weichai CW6200ZC (6ЧРН 20/27); $N_e = 810$ кВт; $g_e = 0,206$ (кВт·годину)
33	Wärtsilä 10X92 (10ДКРН 92/346,8); $N_e = 64500$ кВт; $g_e = 0,166$ (кВт·годину)
34	Wärtsilä 8X72 (8ДКРН 72/308,6); $N_e = 28880$ кВт; $g_e = 0,167$ (кВт·годину)

6. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ АТЕСТАЦІЇ У ФОРМІ ЕКЗАМЕНУ

До кваліфікаційної атестації у формі екзамену допускаються ЗВО, які повністю виконали вимоги навчального плану. Програма та терміни кваліфікаційної атестації у формі екзамену обов'язково доводяться до відома кожного ЗВО. Напередодні екзамену проводяться оглядові лекції відповідно до дисциплін, що зазначені у програмі.

ЗВО після отримання білету готує свою відповідь на стандартних листах з кутовим штампом Херсонського навчально-наукового інституту НУК (екзаменаційні білети наведені в додатку). Час підготовки 2,0–2,5 години.

Відповіді на теоретичні питання (якщо це потрібно з умов завдання) повинні супроводжуватись схемами елементів ДВЗ, систем, ескізами конструктивних елементів обладнання, графіками та діаграмами процесів і циклів.

Кваліфікаційна атестація у формі екзамену приймається комісією, затвердженою ректором університету. Один екземпляр заповненої екзаменаційної відомості передається у деканат, другий, разом з відповідями ЗВО, зберігається на випусковій кафедрі суднового машинобудування та енергетики Херсонського навчально-наукового інституту НУК.

7. КРИТЕРІЇ ПІДСУМКОВОЇ ОЦІНКИ

За кожне питання екзаменаційного білету ЗВО може отримати певну кількість балів.

Питання	Зміст питання	Кількість балів, яку може отримати ЗВО
1	Теоретичне питання	0 ... 16
2	Теоретичне питання	0 ... 16
3	Теоретичне питання	0 ... 16
4	Задача з блоку задач 1	0 ... 26
5	Задача з блоку задач 2	0 ... 26

Загальна кількість балів визначається як сума балів за окремі теоретичні питання та розв'язання задач, із подальшим її переведенням у шкалу ECTS і традиційну оцінку за національною шкалою.

Умовою успішного складання ЗВО кваліфікаційної атестації у формі екзамену є отримання ним у сумі мінімум 60 балів / D / задовільно.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Оцінка ECTS	Визначення	Сума балів	
		Сума балів	Оцінка національна
A	ВІДМІННО – відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	90 - 100	відмінно
B	ДУЖЕ ДОБРЕ – вище середнього рівня з кількома помилками	82 - 89	добре
C	ДОБРЕ – загалом правильна робота з певною кількістю помилок	74 - 81	
D	ЗАДОВІЛЬНО – непогано, але зі значною кількістю недоліків	64 - 73	задовільно
E	ДОСТАТНЬО – виконання задовольняє мінімальні критерії	60 - 63	

FX	НЕЗАДОВІЛЬНО – потрібно попрацювати перед тим, як досягти мінімального критерію	35 - 59	незадовільно
F	НЕЗАДОВІЛЬНО – необхідна серйозна подальша робота	1 - 34	

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Базова література

1. Дьяченко В.Г. Двигуни внутрішнього згоряння. Теорія : підручник / В.Г. Дьяченко; За ред. А.П. Марченка. – Харків: НТУ "ХПІ", 2008. – 488 с.

2. Наливайко, В.С. Суднові двигуни внутрішнього згоряння : підруч. для студентів ВНЗ / В. С. Наливайко, Б. Г. Тимошевський, С. Г. Ткаченко. – Миколаїв : Торубара В. В. [вид.], 2015. – 331 с.

3. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни "Проектування та конструювання ДВЗ" для студентів денної та заочної форм навчання / В.С. Наливайко, Г.О. Степанов, С.Г. Ткаченко, В.С. Хоменко. – Миколаїв: НУК, 2007. – 84 с.

4. Наливайко В.С. Основи комп'ютерного проектування ДВЗ : навчальний посібник для поглибленого вивчення курсу та отримання практичних навичок при створенні математичних моделей процесів ДВЗ та конструкції окремих вузлів та деталей для студентів / В. С. Наливайко, С. Г. Ткаченко, В. С. Хоменко, Р. Ю. Авдюнін. — Миколаїв : видавець Торубара В. В., 2017. – 138 с.

5. Ткаченко С.Г. Вибір раціональних співвідношень розмірів деталей та розрахункове дослідження процесів двигуна за допомогою методів комп'ютерного проектування : методичні вказівки до курсової роботи / С.Г. Ткаченко, В.С. Хоменко, Р.Ю. Авдюнін. – Миколаїв: видавець Торубара В.В., 2016. – 32 с.

6. Наливайко В.С. Режими роботи судових ДВЗ : навчальний посібник / В.С. Наливайко, С.Г. Ткаченко. – Миколаїв: НУК, 2011. – 100 с.

7. Günter P. Combustion Engines Development. – Berlin, New York : Springer, 2012. – 642 p.

Допоміжна

8. Chiodi M. An innovative 3D-CFD-Approach towards Virtual Development of Internal Combustion Engines. – Germany : Vieweg+Teubner Verlag, 2011. – 278 p.

9. Günter P. Modeling Engine Spray and Combustion Processes (Heat and Mass Transfer). – Berlin, Germany : Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co. KG, 2003. – 297 p.

10. Günter P. Simulating Combustion: Simulation of combustion and pollutant formation for engine-development. – Germany : Springer, 2005. – 426 p.

11. Rolf Isermann Engine Modeling and Control: Modeling and Electronic Management of Internal Combustion Engines. – Berlin : Springer, 2014. – 658 p.

12. Триньов О. В. Локальне охолодження геїлонапружених деталей ДВЗ : навч. посібник / О. В. Триньов ; Нац. техн. ун-т «Харків, політехн. ін-т». Київ : Видавничий дім «Кондор», 2018. 212 с.

13. Горбов В.М. Енциклопедія суднової енергетики : підруч. / В. М. Горбов. – Миколаїв: НУК, 2010. – 624 с.

14. Ковылов Ю. Л. Теория рабочих процессов и моделирование процессов ДВС : учебник / Ю. Л. Ковылов. - Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2013. – 416 с.

15. Шароглазов Б. А. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчёт процессов : учебник по курсу "Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания" / Б. А. Шароглазов, М. Ф. Фарафонов, В. В. Клементьев – Челябинск : Изд. ЮУрГУ, 2004. – 344 с.

16. Фомин Ю.Я. Судовые двигатели внутреннего сгорания : Учебник / Ю. Я. Фомин, А. И. Горбань, В. В. Добровольский, А. И. Лукин и др. — Л.: Судостроение, 1989. – 344 с.

17. Добровольский В.В., Лукин А.И. Методические указания по конструированию судовых ДВС. – Николаев: НКИ, 1986. – 38 с.

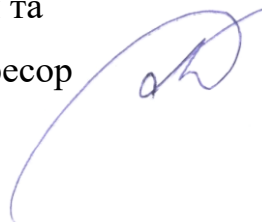
- 18.Лышевский А.С, Кутуков А.А. Проектирование двигателей внутреннего сгорания. – Новочеркасск: Политехнический институт, 1971. – 190 с.
- 19.Хеишелл С.Х. Среднеоборотные судовые дизели: Перевод с английского. – Л.: Судостроение, 1976. – 303 с.
- 20.Двигатели внутреннего сгорания. Конструирование и расчет прочности поршневых и комбинированных двигателей/Под редакцией А.С. Орлина и М.Г. Круглова. - М.: Машиностроение, 1984. - 382 с.
21. Двигатели внутреннего сгорания. Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей/Под редакцией А.С. Орлина, М.Г. Круглова. - М.: Машиностроение, 1990. - 288 с.
22. Двигатели ЯМЗ-236М, ЯМЗ-238М: Инструкция по эксплуатации. – Ярославль, 1987. - 184 с.
23. Дизели А-021 М, А-41: Техническое описание и инструкция по эксплуатации. - М.: Запчасть экспорт, 1989 - 124 с.
24. Дизель СМД 14 и его модификация: Инструкция по эксплуатации. - Харьков: Транспорт, 1968. – 130 с.
25. MAN B&W. Marine Engines MAN H90ME GenSets IMO Tier II, 2012.
- 26.Быстроходные поршневые двигатели: Справочник / сост. А.М. Гугин. - Л.: Машиностроение, 1967. - 259 с.
27. Автомобильные двигатели с турбонаддувом / Ю.С. Ханин и др. - М.: Машиностроение, 1991. – 333 с.
28. Правила классификации и постройки морских судов: Том 2. Российский Морем Регистр Судоходства. - Санкт-Петербург, 1999. - 505 с.
29. Техническое описание двигателя 60/195 БМЗ. – Брянск, 1992. - 243 с.
30. Техническое описание двигателя 6ДКРН 170/229.БМЗ. - Брянск, 1997. - 170 с.
- 31.Wartsila. Инструкция по обслуживанию и эксплуатации: 1995. - 155 с.
- 32.MAN B&W. Инструкция по обслуживанию и эксплуатации. Издание 8С. 2003. - 88 с.

33.Кавтарадзе Р.З. Теория поршневых двигателей. Специальные главы : учебник для вузов / Р.З. Кавтарадзе. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 720 с.

34.Кухарёнок Г.М. Теория рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания : методическое пособие для студентов заочной формы обучения специальности 1-37 01 01 "Двигатели внутреннего сгорания" / Г.М. Кухарёнок. – Минск: БНТУ, 2011. – 62 с.

Програму склали:

Завідувач кафедри суднового машинобудування та енергетики Херсонського ННІ НУК, к.т.н., професор



А.А. Андреев

викладач кафедри суднового машинобудування та енергетики Херсонського ННІ НУК



Р.Ю. Авдюхин