

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова
Херсонський навчально-науковий інститут

Кафедра суднового машинобудування
та енергетики

T7429



ЗАТВЕРДЖУЮ
Заступник директора
Херсонського навчально-
наукового інституту НУК
к.т.н., професор Дудченко О.М.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

"Конструкція та динаміка двигунів внутрішнього згорання"

"Design and dynamics of internal combustion engines"

рівень вищої освіти *перший (бакалаврський)*

тип дисципліни *обов'язкова*

мова викладання *українська*

Миколаїв 2023 рік

Робоча програма навчальної дисципліни “Конструкція та динаміка двигунів внутрішнього згоряння”, яка є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань 14 “Електрична інженерія” спеціальності 142 “Енергетичне машинобудування” освітня програма “Двигуни внутрішнього згоряння”.

" 26 " 10 2023 року. – 50 с.

Розробники: Наливайко В.С., к.т.н., професор НУК, професор кафедри двигунів внутрішнього згоряння, установок та технічної експлуатації НУК; Авдюнін Р.Ю., викладач кафедри суднового машинобудування та енергетики Херсонського навчально-наукового інституту НУК

Проект робочої програми навчальної дисципліни “Конструкція та динаміка двигунів внутрішнього згоряння” *узгоджено з гарантом освітньої програми* “Двигуни внутрішнього згоряння”

к.т.н., доцент

 О.В. Дрозд

Проект робочої програми навчальної дисципліни “Конструкція та динаміка двигунів внутрішнього згоряння” *розглянуто на засіданні кафедри суднового машинобудування та енергетики Херсонського навчально-наукового інституту НУК*

Протокол № 03 від “ 27 ” 10 2023 року.

Завідувач кафедри СМЕ,

к.т.н., професор НУК

 А.А. Андреев

Робоча програма навчальної дисципліни “ Конструкція та динаміка двигунів внутрішнього згоряння ” *затверджена методичною радою Херсонського навчально-наукового інституту НУК*

Протокол № 04 від “ 16 ” 11 2023 року.

Голова МР ХНІ НУК

к.т.н., професор НУК

 О.М. Дудченко

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Опис навчальної дисципліни	5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни	6
3. Передумови для вивчення дисципліни	7
4. Очікувані результати навчання	7
5. Програма навчальної дисциплін	8
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування	24
7. Форми поточного та підсумкового контролів	25
8. Критерії оцінювання результатів навчання	30
9. Засоби навчання	32
10. Рекомендовані джерела інформації	32
Додаток 1 Питання до модульного контролю.....	36
Додаток 2 Титульний аркуш курсового проекту.....	38
Додаток 3 Бланк завдання до курсового проекту.....	41
Додаток 4 Перелік тем до курсового проектування.....	43

ВСТУП

Анотація

Освітньою програмою “Двигуни внутрішнього згоряння” підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти передбачено набуття здобувачами вищої освіти (ЗВО) знань про будову сучасних двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) різних типів та призначення, конструкції основних елементів, визначенні сил, що діють у двигуні при його роботі. Розглянуто основні методи визначення сил, що діють у аксіальних ДВЗ зі значним використанням програмних засобів, розроблених на кафедрі суднового машинобудування та енергетики ХННІ НУК. Під час викладення дисципліни передбачено широке застосування математичного моделювання при виконанні здобувачами вищої освіти індивідуальних завдань та курсовому проектуванні.

Програма навчальної дисципліни “Конструкція та динаміка двигунів внутрішнього згоряння” розрахована на ЗВО, які вивчили наступні курси: "Теоретична механіка", "Теорія механізмів і машин", "Опір матеріалів", "Технічна термодинаміка", "Тепломасообмін", "Теплотехнічні вимірювання та прилади", "Газова динаміка та агрегати наддуву".

Передбачається, що знання, уміння та навички, отримані при вивченні дисципліни “Конструкція та динаміка двигунів внутрішнього згоряння”, будуть використовуватися ЗВО при виконанні курсових проектів і робіт з інших спеціальних дисциплін; проведенні ними науково-дослідних робіт і підготовці випускної бакалаврської роботи.

Ключові слова: кінематична схема, кривошипно-шатунний механізм, сили інерції, сили тиску газів, рушійна сила, крутний момент, нерівномірність обертання, крутильні коливання.

Annotation

The "Internal Combustion Engines" educational program for students of the first (bachelor's degree) level of higher education provides for students of higher education to acquire knowledge about the structure of modern internal combustion engines (ICEs) of various types and purposes, the construction of the main elements, and the determination of acting forces in the engine during its operation. The main methods of determining the forces acting in axial internal combustion engines with significant use of software tools developed at the Department of Marine Engineering and Power Engineering of the National Academy of Sciences of the Russian Academy of Sciences were considered. During the teaching of the discipline, a wide application of mathematical modeling is provided for in the performance of individual tasks and course design by students of higher education.

The program of the study discipline "Design and dynamics of internal combustion engines" is designed for students of higher education who have studied the following courses: "Theoretical Mechanics", "Theory of Mechanisms and Machines", "Resistance of Materials", "Technical Thermodynamics", "Heat and Mass Transfer", "Thermal Engineering measurements and devices", "Gas dynamics and supercharging units".

It is assumed that the knowledge, skills and abilities acquired during the study of the discipline "Design and dynamics of internal combustion engines" will be used by students of higher education when completing course projects and works in other special disciplines; conducting scientific research works and preparing a final bachelor's thesis.

Key words: kinematic scheme, crank mechanism, inertia forces, gas pressure forces, driving force, torque, unevenness of rotation, torsional oscillations.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 9	галузь знань 14 - “Електрична інженерія”	Обов’язкова	
Модулів – 3	Спеціальність 142 “Енергетичне машинобудування” Освітня програма “Двигуни внутрішнього згорання”	Рік підготовки	
Змістових модулів – 4		3-й, 4-й	3-й, 4-й
Сторінка РНП на сайті ХННІ НУК: http://www.kb.nuos.edu.ua/Licensing%20and%20accreditation%20specialties/internal-combustion-engines-b.html		Семестри	
		6-й, 7-й	6-й, 7-й
Загальна кількість годин – 270		Лекції	
		6-й семестр – 60 годин; 7-й семестр – 30 годин	6-й семестр – 6 годин; 7-й семестр – 16 годин
	Практичні заняття		
Тижневих годин для денної форми навчання: 6-й семестр аудиторних – 6; самостійної роботи ЗВО – 2; 7-й семестр аудиторних – 3; самостійної роботи ЗВО – 7	6-й семестр – 30 годин; 7-й семестр – 15 годин	6-й семестр – 4 годин; 7-й семестр – 4 годин	
	Самостійна робота		
	6-й семестр – 30 годин; 7-й семестр – 105 годин	6-й семестр – 90 годин; 7-й семестр – 150 годин	
	Вид контролю		
	6-й семестр: екзамен; 7-й семестр: екзамен, курсовий проект	6-й семестр: екзамен; 7-й семестр: екзамен, курсовий проект	
	Форма контролю		
комбінована (письмова, тестування)			

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни “Конструкція та динаміка двигунів внутрішнього згоряння” є формування у ЗВО згідно зі Стандартом вищої освіти України, затвердженим наказом Міністерства освіти і науки України № 1136 від 19.10.2018 р., та освітньо-професійною програмою “Двигуни внутрішнього згоряння” першого (бакалаврського) рівня вищої освіти таких компетентностей.

Інтегральна компетентність:

ІК-1. Здатність розв’язувати складні спеціалізовані задачі і практичні проблеми у галузі енергетичного машинобудування або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій тепломасообміну, технічної термодинаміки, гідрогазодинаміки, трансформації (перетворення) енергії, технічної механіки та методів відповідних наук і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності:

ЗК 3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

ЗК 7. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій;

ЗК 8. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

ЗК 13. Здатність забезпечувати якість виконуваних робіт;

ЗК 17. Здатність оцінювати технічну та економічну доцільність технічних рішень в галузі енергетичного машинобудування.

Спеціальні компетентності:

ФК 2. Здатність застосовувати свої знання і розуміння для визначення, формулювання і вирішення інженерних завдань з використанням методів електричної інженерії;

ФК 3. Здатність аналізувати інформацію з літературних джерел, здійснювати патентний пошук, а також використовувати бази даних та інші джерела інформації для здійснення професійної діяльності;

ФК 4. Здатність застосовувати стандартні методи розрахунку при проектуванні деталей і вузлів енергетичного і технологічного обладнання;

ФК 5. Здатність розробляти енергозберігаючі технології та енергоощадні заходи під час проектування та експлуатації енергетичного і теплотехнологічного обладнання;

ФК 6. Здатність вибирати основні й допоміжні матеріали та способи реалізації основних теплотехнологічних процесів при створенні нового обладнання в галузі енергомашинобудування і застосовувати прогресивні методи експлуатації теплотехнологічного обладнання для об’єктів енергетики, промисловості і транспорту, комунально-побутового та аграрного секторів економіки;

ФК 8. Здатність визначати режими експлуатації енергетичного та теплотехнологічного обладнання та застосовувати способи раціонального використання сировинних, енергетичних та інших видів ресурсів;

ФК 10. Здатність забезпечувати моделювання об'єктів і процесів з використанням стандартних і спеціальних пакетів програм та засобів автоматизації інженерних розрахунків, проводити експерименти за заданими методиками з обробкою й аналізом результатів;

ФК 15. Здатність організовувати виробництво двигуна, його основних деталей та систем, уміти розробляти технологічні процеси виробництва основних деталей двигуна, складання двигуна, його агрегатів та апаратів а також процес монтажу двигунів внутрішнього згорання.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумовами для вивчення даної дисципліни є наступні дисципліни: "Вища математика", "Фізика", "Теорія механізмів і машин", "Технічна термодинаміка", "Тепломасообмін", "Теплотехнічні вимірювання та прилади", "Газова динаміка та агрегати наддуву".

4. Очікувані результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у ЗВО таких результатів навчання:

ПР 4. Застосовувати інженерні технології, процеси, системи і обладнання відповідно до спеціальності 142 Енергетичне машинобудування; обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати таких досліджень;

ПР 6. Розробляти і проектувати вироби в галузі енергетичного машинобудування, процеси і системи, що задовольняють конкретні вимоги, які можуть включати обізнаність про нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) аспекти; обрання і застосовування адекватної методології проектування;

ПР 7. Проектувати об'єкти енергетичного машинобудування, застосувати сучасні комерційні та авторські програмні продукти на основі розуміння передових досягнень галузі;

ПР 8. Використовувати наукові бази даних та інші відповідні джерела інформації, здійснювати моделювання з метою детального вивчення і дослідження ін-

женерних питань принаймні в одному з напрямів енергетичного машинобудування;

ПР 11. Розуміння застосовуваних методик проектування і досліджень у сфері енергетичного машинобудування, а також їх обмежень;

ПР 12. Здатність використовувати і продемонструвати розуміння передових досягнень та технічних рішень при проектуванні об'єктів енергетичного машинобудування;

ПР 14. Застосовувати норми інженерної практики у сфері енергетичного машинобудування;

ПР 20. Розуміння необхідності самостійного навчання протягом життя;

ПР 21. Аналізувати розвиток науки і техніки.

5. Програма навчальної дисципліни

6-й семестр

Модуль 1

Змістовий модуль 1. Загальна будова ДВЗ та конструкція деталей остова

Тема 1. Загальні принципи конструювання двигунів внутрішнього згоряння. Аналіз конструкції, компонування і перспективи розвитку сучасних двигунів внутрішнього згоряння.

Джерела інформації: [1], с. 16-17, 35-36; [3], с 9-13.

Тема 2. Функціональні системи ДВЗ: остов, кривошипно-шатунний механізм (КШМ), механізм газорозподілу, системи паливоподачі, охолодження, змащення, повітропостачання, газовідведення, пуску, реверса та управління.

Джерела інформації: [1], с. 18-20, 37-39; [3], с 15-18.

Тема 3. Конструктивні схеми деталей остову двотактних та чотиритактних двигунів. Можливі варіанти побудови та з'єднання деталей остова в рядних двигунах та їх зіставлення.

Джерела інформації: [1], с. 36-62; [2], с. 50-57; [3], с. 320-353; [6], с 10-16.

Тема 4. Конструктивні схеми кришок циліндрів, залежність їх конструкції від типу двигуна та напрямки підвищення надійності.

Джерела інформації: [1], с. 40-53; [2], с. 57-59; [3], с. 340-353.

Тема 5. Конструктивні схеми блоків циліндрів, фундаментних рам та піддонів, умови їх роботи та вимоги до них.

Джерела інформації: [1], с. 56-60; [2], с. 50-52; [3], с. 298-312.

Тема 6. Типи втулок, які застосовуються у двигунах різних типів (МОД, СОД та ВОД), напрямки підвищення надійності втулок за рахунок зниження теплової та механічної напруженості, підвищення зносостійкості та інше.

Джерела інформації: [1], с. 60-62; [2], с. 53-55; [3], с. 313-320.

Змістовий модуль 2. Конструктивні схеми деталей руху та механізму газорозподілу ДВЗ

Тема 7. Конструктивні та технологічні засоби підвищення надійності та довговічності поршнів. Конструкція поршневого пальця, ущільнюючих та маслозйомних кілець, умови їх роботи та вимоги до них, напрямки підвищення їх працездатності.

Джерела інформації: [1], с. 16-18, 59-61; [2], с. 17-20; [3], с. 164-171.

Тема 8. Конструкція шатунів ВОД, СОД та МОД. Конструктивні схеми верхньої (головний підшипник) та мотилевої головки шатунів, конструкція шатунних вкладишів.

Джерела інформації: [1], с. 15-16; [2], с. 20-22; [3], с. 123-133.

Тема 9. Конструктивні схеми крейцкопфних вузлів.

Джерела інформації: [1], с. 61-66; [2], с. 22-25; [3], с. 164-176.

Тема 10. Конструкція колінчастих валів, умови їх роботи та вимоги до них, напрямки підвищення їх працездатності.

Джерела інформації: [1], с. 65-68; [2], с. 25-31; [7], с. 219- 232.

Тема 11. Конструктивні схеми механізму газорозподілу двигунів різних типів.

Джерела інформації: [1], с. 72-75; [2], с. 58-60; [3], с. 244-250; [7], с. 274-278.

Тема 12. Будова деталей механізму газорозподілу та умови роботи.

Джерела інформації: [1], с. 75-78; [2], с. 60-63; [3], с. 250-253; [7], с. 278-281.

Тема 13. Способи підвищення працездатності деталей механізму газорозподілу.

Джерела інформації: [1], с. 78-80; [2], с. 63-69; [3], с. 253-258; [7], с. 281-290.

7-й семестр

Модуль 2

Змістовий модуль 3. Кінематика та динаміка силового механізму ДВЗ

Тема 14. Класифікація схем КШМ двигунів різних типів. Основні співвідношення та припущення, прийняті в розрахунках динаміки ДВЗ.

Джерела інформації: [1], с. 279-281; [2], с. 289-291; [4], с. 10-18.

Тема 15. Визначення переміщення поршня аналітичним та графічним засобами. Аналіз закону переміщення в залежності від кута оберту колінчастого валу.

Джерела інформації: [1], с. 281-283; [2], с. 291-294; [4], с. 36-37.

Тема 16. Визначення швидкості та прискорення поршня в залежності від кута оберту колінчастого валу.

Джерела інформації: [1], с. 280-281; [2], с. 295-298; [4], с. 25-31; [7], с. 45-51.

Тема 17. Визначення приведених мас для розрахунку сил інерції. Складання динамічної моделі КШМ.

Джерела інформації: [1], 281- 284; [4], с. 79-86; [7], с. 57-59.

Тема 18. Визначення сили тиску газів для побудови розгорнутих діаграм.

Джерела інформації: [2], с. 298-304; [4], с. 86-89; [8], с. 216-219.

Тема 19. Сили інерції від мас, які обертаються та поступально рухаються.

Джерела інформації: [1], с. 284-286; [2], с. 304-306; [4], с. 88-89; [7], с. 64-67; [8], с. 224-225.

Тема 20. Силова схема КШМ. Визначення рушійної (сумарної) сили. Аналіз дії рушійної сили на елементи КШМ.

Джерела інформації: [1], с. 285-287; [2], с. 309-311; [4], с. 90-109.

Тема 21. Побудова діаграм, які характеризують навантаження підшипників.

Джерела інформації: [2], с. 311-314; [4], с. 109-112.

Тема 22. Способи визначення сумарних дотичних зусиль у двигунах із різними типами КШМ.

Джерела інформації: [1], с. 287-289; [2], с. 314-318, 320-323.

Тема 23. Визначення крутного моменту двигуна, вплив тактності та кількості циліндрів на характер його зміни.

Джерела інформації: [1], с. 288-289; [2], с. 318; [4], с. 137-141.

Тема 24. Крутний момент та нерівномірність обертання колінчастого валу.
Джерела інформації: [1], с. 289-291; [2], с. 318-320; [4], с. 154-157.

Тема 25. Ступінь нерівномірності обертання колінчастого валу її визначення та шляхи забезпечення необхідної величини. Розрахунок маховика.
Джерела інформації: [1], с. 289-291; [2], с. 318-320; [4], с. 157-169.

Змістовий модуль 4. Динамічна неврівноваженість двигуна та крутильні коливання в установках з ДВЗ

Тема 26. Причини, які викликають динамічну неврівноваженість. Складання схем дії сил інерції.
Джерела інформації: [1], с. 291-293; [2], с. 324-329; [4], с. 170-181; [8], с. 238-242.

Тема 27. Методи визначення динамічної неврівноваженості двигуна.
Джерела інформації: [1], с. 293-295; [2], с. 329-335; [4], с. 181-186; [8], с. 242-247.

Тема 28. Вибір схеми заклинки кривошипів. Критерії неврівноваженості.
Джерела інформації: [2], с. 341-343; [8], с. 250-251.

Тема 29. Повне врівноваження одноциліндрового двигуна.
Джерела інформації: [1], с. 298-302; [4], с. 209-211; [7], с. 353-362.

Тема 30. Врівноваження неврівноваженої сили інерції та моментів від мас, які обертаються.
Джерела інформації: [2], с. 336-339; [4], с. 211-214; [7], с. 362-367.

Тема 31. Врівноваження неврівноваженої сили інерції та моменту першого порядку від мас, які поступально рухаються.
Джерела інформації: [1], с. 302-304; [2], с. 340-342; [4], с. 121-122.

Тема 32 Врівноваження сил інерції та моментів другого порядку від мас, які поступально рухаються.
Джерела інформації: [2], с. 342-344; [4], с. 122-124.

Тема 33. Основні поняття та терміни в теорії крутильних коливань. Коливання одномасової системи.
Джерела інформації: [1], с. 304-305; [5], с. 9-25, 46-53; [15], с. 220-225.

Тема 34. Заміна реальної пружної системи розрахунковою схемою крутильних коливань багатопциліндрового двигуна.
Джерела інформації: [1], с. 305-307; [5], с. 82-87; [8], с. 267-269.

Тема 35. Визначення приблизних значень власних коливань для багатомасової крутильної схеми.

Джерела інформації: [1], с. 307-308; [5], с. 86-88; [8], с. 257-263.

Тема 36. Визначення точних значень власних коливань (за методом Толле та методом Терських).

Джерела інформації: [5], с. 88-90; [8], с. 267-273.

Тема 37. Робота крутних та демпфуючих моментів. Визначення резонансних амплітуд коливань та додаткових крутильних моментів. Способи зменшення крутильних коливань.

Джерела інформації: [4], інформаційні ресурси

Модуль 3. Курсовий проект

Виконання курсового проекту з даної навчальної дисципліни передбачає такі послідовні етапи:

1) Вимоги, які висувають до двигунів даного типу його елементів і систем. Особливості конструкції деталей остова двотактних та чотиритактних двигунів.

Джерела інформації: [1], с. 16-17, 35-36; [3], с. 9-13.

2) Особливості конструкції деталей КШМ тронкових і крейцкопфних двигунів.

Джерела інформації: [1], с. 14-16, 53-59; [2], с. 15-17; [3], с. 110-123.

3) Розрахунок і побудова згорнутої та розгорнутої індикаторних діаграм з використанням метода Брікса.

Джерела інформації: [2], с. 298-304; [4], с. 86-89; [8], с. 216-219.

4) Побудова силової схеми КШМ.

Джерела інформації: [1], с. 279-281; [2], с. 289-291; [4], с. 10-18.

5) Розрахунок та побудова діаграм сил інерції від мас, що поступально рухаються.

Джерела інформації: [1], с. 284-286; [2], с. 304-306; [4], с. 88-89; [7], с. 64-67; [8], с. 224-225.

6) Розрахунок та побудова діаграми рушійної сили.

Джерела інформації: [1], с. 285-287; [2], с. 309-311; [4], с. 90-109.

7) Розрахунок та побудова діаграм сил N , Q , Z , T .

Джерела інформації: [1], с. 287-289; [2], с. 314-318, 320-323.

8) Розрахунок та побудова діаграми сумарної дотичної сили (ΣT). Визначення індикаторної потужності двигуна, виходячи з діаграми ΣT .

Джерела інформації: [1], с. 287-289; [2], с. 314-318, 320-323.

9) Розрахунок маховика двигуна.

Джерела інформації: [1], с. 289-291; [2], с. 318-320; [4], с. 157-169.

10) Розрахунок та побудова діаграм перевірки невірноваженості від сил інерції та їх моментів.

Джерела інформації: [1], с. 289-291; [2], с. 318-320; [4], с. 157-169.

Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин							
	денна форма навчання				заочна форма навчання			
	усього	у тому числі			усього	у тому числі		
		л.	пр.	с.р.		л.	пр.	с.р.
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
	6-й семестр							
Модуль 1								
Змістовий модуль 1 Загальна будова ДВЗ та конструкція деталей остова								
Тема 1. Загальні принципи конструювання двигунів внутрішнього згоряння. Аналіз конструкції, компонування і перспективи розвитку сучасних двигунів внутрішнього згоряння.	8	4	2	2	8	-	-	8
Тема 2. Функціональні системи ДВЗ: остов, кривошипно-шатунний механізм (КШМ), механізм газорозподілу, системи паливоподачі, охолодження, змащення, повітропостачання, газовідведення, пуску, реверса та управління.	10	6	-	4	10	1	-	9
Тема 3. Конструктивні схеми деталей остову двотактних та чотиритактних двигунів. Можливі варіанти побудови та з'єднання деталей остова в рядних двигунах та їх зіставлення	8	4	-	4	8	1	-	7
Тема 4. Конструктивні схеми кришок циліндрів, залежність їх конструкції від типу двигуна та напрямки підвищення надійності	10	6	-	4	10	-	-	10
Тема 5. Конструктивні схеми блоків циліндрів, фундаментних рам та піддонів, умови їх роботи та вимоги до них	14	6	4	4	14	1	1	12
Тема 6. Типи втулок, які застосовуються у двигунах різних типів (МОД, СОД та ВОД), напрямки підвищення надійності втулок за рахунок зниження теплової та механічної напруженості, підвищення зносостійкості та інше	10	4	2	4	10	-	-	10
Разом за змістовим модулем 1	60	30	8	22	60	3	1	56

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
Змістовий модуль 2. Конструктивні схеми деталей руху та механізму газорозподілу ДВЗ								
Тема 7. Конструктивні та технологічні засоби підвищення надійності та довговічності поршнів. Конструкція поршневого пальця, ущільнюючих та маслозйомних кілець, умови їх роботи та вимоги до них, напрямки підвищення їх працездатності	12	6	4	2	12	1	1	10
Тема 8. Конструкція шатунів ВОД, СОД та МОД. Конструктивні схеми верхньої (головний підшипник) та мотилевої головки шатунів, конструкція шатунних вкладишів	7	4	2	1	7	1	-	6
Тема 9. Конструктивні схеми крейцкопфних вузлів	9	4	4	1	9	-	1	8
Тема 10. Конструкція колінчастих валів, умови їх роботи та вимоги до них, напрямки підвищення їх працездатності	9	4	4	1	9	-	-	9
Тема 11. Конструктивні схеми механізму газорозподілу двигунів різних типів	9	4	4	1	9	1	1	7
Тема 12. Будова деталей механізму газорозподілу та умови роботи	9	4	4	1	9	-	-	9
Тема 13. Способи підвищення працездатності деталей механізму газорозподілу	5	4	-	1	5	-	-	5
Разом за змістовим модулем 2	60	30	22	8	60	3	3	54
Усього за модулем 1	120	60	30	30	120	6	4	110
	7-й семестр							
Модуль 2								
Змістовий модуль 3. Кінематика та динаміка силового механізму ДВЗ								
Тема 14. Класифікація схем КШМ двигунів різних типів Основні співвідношення та припущення, прийняті в розрахунках динаміки ДВЗ	2	1	-	1	2	1		1
Тема 15. Визначення переміщення поршня аналітичним та графічним засобами. Аналіз закону переміщення в залежності від кута оберту колінчастого вала	2	2	-	-	2	-	-	2

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
Тема 16. Визначення швидкості та прискорення поршня в залежності від кута оберту колінчастого вала	3	1	2	-	3	1	1	1
Тема 17. Визначення приведених мас для розрахунку сил інерції. Складання динамічної моделі КШМ	4	2	2	-	4	1	1	2
Тема 18. Визначення сили тиску газів для побудови розгорнутих діаграм	2	1	-	1	2	1	-	1
Тема 19. Сили інерції від мас, які обертаються та поступально рухаються	4	1	2	1	4	1	-	3
Тема 20. Силова схема КШМ. Визначення рушійної (сумарної) сили. Аналіз дії рушійної сили на елементи КШМ	3	2	-	1	3	1	-	2
Тема 21. Побудова діаграм, які характеризують навантаження підшипників	3	1	2	-	3	-	1	2
Тема 22. Способи визначення сумарних дотичних зусиль у двигунах із різними типами КШМ	3	2	-	1	3	1	-	2
Тема 23. Визначення крутного моменту двигуна, вплив тактності та кількості циліндрів на характер його зміни	2	1	-	1	2	1	-	1
Тема 24. Крутний момент та нерівномірність обертання колінчастого вала	2	1	-	1	2	-	-	2
Тема 25. Ступінь нерівномірності обертання колінчастого вала її визначення та шляхи забезпечення необхідної величини. Розрахунок маховика	2	1	-	1	2	-	-	2
Разом за змістовим модулем 3	32	16	8	8	32	8	3	21
Змістовий модуль 4. Динамічна невірноваженість двигуна та крутильні коливання в установках з ДВЗ								
Тема 26. Причини, які викликають динамічну невірноваженість. Складання схем дії сил інерції	3	2	-	1	3	1	-	2
Тема 27. Методи визначення динамічної невірноваженості двигуна	1	1	-	-	1	1	-	-
Тема 28. Вибір схеми заклинки кривошипів. Критерії невірноваженості	2	1	-	1	2	1	-	1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
Тема 29. Повне врівноваження одноциліндрового двигуна	1	1	-	-	1	-	-	1
Тема 30. Врівноваження неврівноваженої сили інерції та моментів від мас, які обертаються	4	1	2	1	4	1	-	3
Тема 31. Врівноваження неврівноваженої сили інерції та моменту першого порядку від мас, які поступально рухаються	6	2	3	1	6	1	1	4
Тема 32. Врівноваження сил інерції та моментів другого порядку від мас, які поступально рухаються	2	1	-	1	2	-	-	2
Тема 33. Основні поняття та терміни в теорії крутильних коливань. Коливання одномасової системи	2	1	-	1	2	1	-	1
Тема 34. Заміна реальної пружної системи розрахунковою схемою крутильних коливань багатоциліндрового двигуна	1	1	-	-	1	1	-	-
Тема 35. Визначення приблизних значень власних коливань для багатомасової крутильної схеми	2	1	-	1	2	1	-	1
Тема 36. Визначення точних значень власних коливань (за методом Толле та методом Терських)	3	1	2	-	3	-	-	3
Тема 37. Робота крутих та демпфуючих моментів. Визначення резонансних амплітуд коливань та додаткових крутильних моментів. Способи зменшення крутильних коливань	1	1	-	-	1	-	-	1
Разом за змістовим модулем 4	28	14	7	7	28	8	1	19
Усього за модулем 2	60	30	15	15	60	16	4	40
Модуль 3 Курсовий проект								
1. Вимоги, які висувають до двигунів даного типу його елементів і систем. Особливості конструкції деталей остова двотактних та чотиритактних двигунів	4	-	-	4	4	-	-	4
2. Особливості конструкції деталей КШМ тронкових і крейкопфних двигунів	4	-	-	4	4	-	-	4
3. Розрахунок і побудова згорнутої та розгорнутої індикаторних діаграм з використанням метода Брікса	5	-	-	5	5	-	-	5

<i>1</i>	2	3	4	5	6	7	8	9
4. Побудова силової схеми КШМ	4	-	-	4	4	-	-	4
5. Розрахунок та побудова діаграм сил інерції від мас, що поступально рухаються	8	-	-	8	8	-	-	8
6. Розрахунок та побудова діаграми рушійної сили	7	-	-	7	7	-	-	7
7. Розрахунок та побудова діаграм сил N, Q, Z, T	8	-	-	8	8	-	-	8
8. Розрахунок та побудова діаграми сумарної дотичної сили (ΣT). Визначення індикаторної потужності двигуна, виходячи з діаграми ΣT	6	-	-	6	6	-	-	6
9. Розрахунок маховика двигуна	4	-	-	4	4	-	-	4
10. Розрахунок та побудова діаграм перевірки невірноваженості від сил інерції та їх моментів	4	-	-	4	4	-	-	4
Усього за модулем 3	90	-	-	90	90	-	-	90
Усього	270	90	45	135	270	22	8	240

Примітки:

1) л. – лекції; пр. – практичні роботи; с.р. – самостійна робота ЗВО;

2) для ЗВО заочної форми навчання викладаються оглядові лекції за темами змістових модулів в обсягах відповідно до вищенаведеної таблиці.

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Модуль 1			
Змістовий модуль 1. Схеми загальної компоновки ДВЗ. Конструкція деталей остова та деталей руху			
1	Вивчення конструктивних схем двигунів різного типу (ВОД, СОД, МОД). Джерела інформації: [1], с. 16-17, 35-36; [3], с. 9-13.	2	-
2	Конструкція кришок циліндрів, блока циліндрів. Джерела інформації: [1], с. 36-39; [2], с. 55-57; [3], с. 320-329.	4	1
3	Конструкція втулок та фундаментної рами. Джерела інформації: [1], с. 49-53; [3], с. 329-333.	2	-
Змістовий модуль 2. Конструктивні схеми деталей руху та механізму газорозподілу ДВЗ			
4	Вивчення будови поршнів різного типу. Джерела інформації: [1], с. 60-62; [2], с. 53-55; [3], с. 315-320.	4	1
5	Вивчення будови шатунів. Джерела інформації: [1], с. 14-16; [2], с. 15-18; [3], с. 110-123.	2	-
6	Вивчення схем та конструктивних елементів КШМ двигунів різних типів. Джерела інформації: [1], с. 56-60; [2], с. 50-52; [3], с. 298-315.	4	1
7	Вивчення будови колінчастих валів. Джерела інформації: [1], с. 53-61; [2], с. 18-20; [3], с. 164-176.	4	-
8	Розгляд конструктивних схем механізму газорозподілу та будова їх елементів. Розрахунок та графічна побудова діаграми відкриття клапана. Джерела інформації: [1], с. 72-80; [2], с. 58-69; [3], с. 244-258; [7], с. 274-290.	4	1
9	Особливості механізму газорозподілу з механічним, гідравлічним та пневмо-гідравлічним керуванням роботи клапана (на прикладі двотактного двигуна). Джерела інформації: [1], с. 72-80; [2], с. 58-69; [3], с. 244-258; [7], с. 274-290.	4	-
Разом за модулем 1		30	4
Модуль 2			
Змістовий модуль 3. Кінематика КШМ та сили, що діють у двигуні			
10	Розрахунок та побудова графіків переміщення, швидкості та прискорення поршня двигуна (<i>див. додаток 4</i>). Джерела інформації: [1], с. 279-281; [2], с. 289-294; [4], с. 10-	2	1

	18, 36-37.		
11	Визначення сил інерції тиску газів та рушійної сили для двотактного двигуна (<i>див. додаток 4</i>). Джерела інформації: [3], 163-171; [5], 189-194.	2	1
12	Визначення сил інерції від мас, що обертаються та поступально рухаються, в двигуні (<i>див. додаток 4</i>). Джерела інформації: [1], с. 291-295; [2], с. 324-335; [4], с. 170-186; [8], с. 238-247.	2	-
13	Визначення сумарних дотичних зусиль та крутного моменту в двигуні (<i>див. додаток 4</i>). Визначення індикаторної потужності по діаграмі сумарних дотичних сил двигуна. Джерела інформації: [1], с. 284-286; [2], с. 304-314; [4], с. 88-112; [7], с. 64-67; [8], с. 224-225.	2	1
Змістовий модуль 4. Динамічна неврівноваженість двигуна та крутильні коливання в установках з ДВЗ			
14	Визначення неврівноважених сил інерції та моментів у двигуні (<i>див. додаток 4</i>). Джерела інформації: [1], с. 294-295; [2], с. 337-340; [4], с. 188-191; [8], с. 240-242, 247-250.	2	-
15	Розгляд аналітичних та графічних способів врівноваження неврівноважених сил та моментів. Джерела інформації: [1], с. 298-302; [2], с. 336-339; [4], с. 209-214.	3	1
16	Складання розрахункових схем для визначення крутильних коливань. Джерела інформації: [1], с. 305-307; [5], с. 82-87; [8], с. 267-269.	2	-
Разом за модулем 2		15	4
Усього		45	8

Самостійна робота

До основних форм самостійної роботи ЗВО при вивченні даної дисципліни відносяться:

- самостійне опрацювання окремих розділів дисципліни за допомогою рекомендованої літератури;
- самостійне опрацювання лекційного матеріалу;
- підготовка до виконання, оформлення та захисту практичних робіт;
- виконання контрольних робіт (для ЗВО заочної форми навчання);
- підготовка до поточного модульного контролю;
- підготовка до підсумкового модульного контролю (заліку, екзамену);
- виконання курсового проекту.

Розподіл годин самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин		
		Норматив	денна форма навчання	заочна форма навчання
6-й семестр				
1	Підготовка до лекційних занять	0,5 години на 1 лекцію	15	3
2	Підготовка до практичних робіт	0,5 години на 1 роботу	5	2
3	Підготовка до поточного модульного контролю	підготовка до контрольних заходів – до	4	-
4	Підготовка до заліку	15 годин на 1 захід	6	15
5	Самостійне опрацювання окремих тем	до 12 годин на 1 тему	-	75
6	Виконання контрольної роботи	до 15 годин на 1 роботу	-	15
Разом за семестр			30	110
7-й семестр				
1	Підготовка до лекційних занять	до 0,5 годин на 1 лекцію	7	6
2	Підготовка до практичних робіт	до 0,5 годин на 1 роботу	3	2
3	Підготовка до поточного модульного контролю	підготовка до контрольних заходів – до	2	-
4	Підготовка до екзамену	15 годин на 1 захід	3	10
5	Самостійне опрацювання окремих тем	до 3 годин на 1 тему	-	12
6	Виконання контрольної роботи	до 15 годин на 1 роботу	-	10
7	Виконання курсового проекту	90 годин	90	90
Разом за семестр			105	130
Разом за дисципліну			135	240

Питання, що виносяться на самостійну роботу, наведені у наступній таблиці.

№ з/п	Завдання для самостійної роботи	Література
Модуль 1		
Змістовий модуль 1. Загальна будова ДВЗ та конструкція деталей остова		
1	Конструктивні схеми кришок циліндрів, умови їх роботи	[1], с. 33-35, 44-45; [4, 18, 19, 23], інформаційні ресурси
2	Шляхи удосконалення втулок циліндрів з метою	[1], с. 45-46; [4, 18, 19,

	зниження їх теплового напруження та теплових втрат	23], інформаційні ресурси
3	Способи ущільнення місць з'єднання втулок із кришками втулки та блока циліндрів сучасних двигунів	[4, 18, 19, 23], інформаційні ресурси
Змістовий модуль 2. Конструктивні схеми деталей руху та механізму газорозподілу ДВЗ		
4	Умови роботи поршнів і вимоги до них	[15, 19, 40], с. 45-46; [4, 18, 19, 23], інформаційні ресурси
5	Принципи роботи компресійних і маслозйомних кілець	[1], с. 47-48, 50-51; [18, 19, 23], інформаційні ресурси
6	Змащення шийок колінчастих валів чотиритактних та двотактних двигунів	[1], с. 36, 53, 56; [18, 19, 23], інформаційні ресурси
7	Регулювання теплового зазору в приводі клапанного механізму різних схем	[1], с. 62; [18, 19, 23], інформаційні ресурси
Модуль 2		
Змістовий модуль 3. Кінематика КШМ та сили, що діють у двигуні		
8	Визначення переміщення та швидкості поршня в залежності від кута оберту кривошипа	[1], с. 227-229; [18], інформаційні ресурси
9	Співвідношення та припущення, прийняті в розрахунках динаміки ДВЗ при створенні динамічної моделі КШМ	[1], с. 229; [18], інформаційні ресурси
10	Сумарні дотичні зусилля та крутний момент двигуна в багатоциліндровому двигуні	[1], с. 229-233; [18], інформаційні ресурси
11	Шляхи зменшення ступеню нерівномірності обертання колінчастого вала	[1], с. 236-243; [18], інформаційні ресурси
Змістовий модуль 4. Динамічна неврівноваженість двигуна та крутильні коливання в установках з ДВЗ		
12	Графічний метод визначення неврівноваженої сили інерції та момент мас, що обертаються	[1], с. 294-295; [2], с. 337-340
13	Схема дії сил інерції в багатоциліндровому двигуні	[1], с. 233-234
14	Методика визначення крутильних коливань	[4], інформаційні ресурси

Курсовий проект

Курсовий проект є складовою самостійної роботи ЗВО, яку він виконує, спираючись на знання, отримані в ході вивчення дисципліни "Теорія двигунів внутрішнього згоряння". Курсовий проект виконується згідно з індивідуальним завданням і під керівництвом науково-педагогічного працівника (НПП).

Курсовий проект умовно можна поділити на: вступну частину, основну частину, список використаних джерел, додатки (при необхідності).

Вступна частина повинна мати такі структурні елементи: титульний аркуш (Додаток 2), завдання (Додаток 3), зміст, перелік умовних скорочень.

Основна частина містить такі структурні одиниці: вступ, основний текст курсового проекту, висновки та рекомендації, список використаних джерел, який оформлюється згідно ДСТУ (ГОСТ) 7.1:2006 "Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис, бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання".

Додатки розміщують після основної частини курсового проекту.

Тематика курсових проектів обирається згідно з Додатком 4 відповідно до порядкового номера ЗВО у списку академічної групи.

Контрольна робота

Опанування навчальної дисципліни ЗВО заочної форми навчання передбачає виконання ними контрольної роботи у кожному навчальному семестрі.

Контрольна робота виконується у години самостійної роботи ЗВО після вивчення відповідного блоку змістових модулів. До модуля 1 і модуля 2 підготовлений перелік із трьох питань, наданих у Додатку 1 даної робочої програми. Нижче надається таблиця з переліком питань для ЗВО відповідно до його номеру у академічній групі.

Питання контрольної роботи

Номер варіанту	Номер запитання (з переліку запитань)					
	6-й семестр - Модуль 1			7-й семестр - Модуль 2		
1	1	55	5	30	3	9
2	2	34	26	10	1	40
3	10	9	18	2	27	9
4	7	11	52	21	6	11
5	20	18	46	13	28	37
6	15	14	47	8	29	13
7	19	21	33	26	5	21
8	12	24	36	6	12	23
9	9	15	27	4	25	35
10	3	28	50	17	1	22
11	4	12	37	24	3	11
12	2	6	41	7	9	23
13	23	4	7	4	30	21
14	6	24	51	22	14	8
15	15	21	5	10	24	26
16	10	13	21	15	21	5
17	3	29	15	14	21	31
18	7	15	39	3	29	15

19	30	20	6	27	24	9
20	22	9	13	30	20	6
21	21	4	52	8	29	16
22	8	30	34	16	15	38
23	5	9	3	4	13	2
24	25	27	17	18	1	11
25	4	6	46	3	9	19
26	13	18	22	12	20	37
27	21	10	1	7	14	15
28	29	6	53	16	22	32
29	17	11	44	19	30	5
30	17	3	49	3	23	39

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування

Методи навчання – способи, якими забезпечується набуття здобувачами відповідних компетенцій через засвоєння програмного матеріалу та активізацію навчального процесу, а саме:

для всіх видів занять:

- робота з літературою - опрацювання різних видів джерел, спрямоване на формування нових знань, їх закріплення, вироблення вмінь і навичок;
- пояснення - словесне розкриття причинно-наслідкових зв'язків і закономірностей у розвитку природи, людського суспільства і людського мислення;
- дискусія - обмін поглядами щодо конкретної проблеми з метою набуття нових знань, зміцнення власної думки, формування вміння її обстоювати;
- демонстрування - наочно-чуттєве ознайомлення здобувачів з явищами, процесами, об'єктами в їх природному вигляді;

для лекційних занять:

- лекція - усний виклад навчального матеріалу, який характеризується великим обсягом, складністю логічних побудов, сконцентрованістю розумових образів, доведень і узагальнень;
- бесіда - питально-відповідний метод, завдання якого – спонукати здобувачів до актуалізації відомих і засвоєння нових знань шляхом самостійних роздумів, висновків і узагальнень;

для практичних занять:

- практична робота - метод поглиблення і закріплення теоретичних знань та перевірки наукових висновків;
- методи контролю і самоконтролю:

- фронтальне опитування;
- контрольні роботи.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання є:

- виконання практичних робіт;
- поточний модульний контроль;
- виконання курсового проекту;
- виконання контрольних робіт (для ЗВО заочної форми навчання);
- підсумковий контроль (залік, екзамен).

7. Форми поточного та підсумкового контролів

Досягнення ЗВО оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального семестру включає в себе оцінки з поточного контролю за цей семестр і оцінки заключного екзамену (заліку).

Поточний контроль проводиться на кожному практичному занятті та за результатами виконання завдань самостійної роботи. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки ЗВО із зазначеної теми (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) під час виконання модульних контрольних робіт. Максимальна кількість балів поточного контролю складає **60 балів**. Його результати (поточна успішність) є основною інформацією для проведення екзамену (заліку).

Підсумковий контроль з дисципліни проводиться відповідно до навчального плану у вигляді екзамену (заліку) в терміни, встановлені графіком навчального процесу, та в обсязі навчального матеріалу, визначеному даною робочою програмою навчальної дисципліни

Максимальна кількість балів заключного екзамену (заліку) в загальній системі оцінок - **40 балів**.

Зарахування кредитів навчального курсу можливо тільки після досягнення результатів, запланованих робочою програмою навчальної дисципліни, що виражається в одній з позитивних оцінок, передбачених чинним законодавством.

Форми контролю результатів навчальної діяльності здобувачів вищої освіти та їх оцінювання

Практична робота

Кількість балів	Критерії оцінювання за бальною шкалою
4	Робота виконана у встановлений термін. ЗВО самостійно визначає тип задачі та раціонально розв'язує її. Може розв'язувати комбіновані задачі. Звіт відповідає встановленим вимогам
3	Робота виконана самостійно з порушенням встановлених термінів. ЗВО самостійно визначає тип задачі та раціонально розв'язує її. Може розв'язувати комбіновані задачі. Звіт відповідає встановленим

	вимогам
1	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. ЗВО наводить потрібні формули. Розв'язує задачу, користуючись алгоритмом. Складений звіт містить неточності у висновках і помилки
0	ЗВО не розв'язує задачі

Курсовий проект

Параметри оцінювання	Кількість балів	Критерії оцінювання
Пояснювальна записка	40	Зміст проекту відповідає обраній темі; усі пункти завдання повністю виконані без помилок; ЗВО виявив всебічне системне та глибоке знання матеріалу; засвоїв основну та додаткову літератури; чіткому володіє математичним апаратом, методами, методиками та інструментами, передбаченими програмою дисципліни; вміє використовувати їх для вирішення як типових, так і нетипових практичних ситуацій
	25	Зміст проекту відповідає обраній темі; усі пункти завдання повністю виконані без суттєвих помилок; ЗВО належно засвоїв навчальний матеріал дисципліни; володіє необхідними методами, методиками та інструментами, передбаченими програмою дисципліни; вміє використовувати їх для вирішення як типових, так і нетипових практичних ситуацій, допускає окремі незначні помилки
	15	Зміст проекту відповідає обраній темі, але матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано. Проект виконувався не систематично та поданий на перевірку керівнику з порушенням плану виконання курсового проекту
	5	Зміст проекту не відповідає обраній темі. Проект не відповідає вимогам, які висуваються до курсових проектів. У проекті немає висновків або вони носять декларативний характер
Графічна частина	20	Графічні матеріали виконані без помилок на високому рівні. Оформлення креслень здійснювалось із дотриманням стандартів і вимог, що висуваються
	15	Графічні матеріали виконані без помилок на достатньому рівні. Оформлення креслень здійснювалось із деякими відхиленнями від стандартів і вимог, що висуваються
	10	Графічні матеріали виконані з невеликою кількістю помилок, на середньому рівні. В оформленні креслень присутні відхилення від стандартів і вимог, що

		висуваються
	5	Графічні матеріали низької якості
Захист проекту	40	Доповідь логічно побудована, ЗВО чітко та стисло викладає основні розрахункові результати, показує глибокі знання з питань дисципліни, оперує даними розрахунків, вносить пропозиції з теми подальшого дослідження, під час доповіді впевнено і докладно відповідає на поставлені запитання
	35	ЗВО спроможний чітко та стисло викласти основні результати виконання проекту, дає правильні відповіді на всі запитання, але не завжди упевнений в аргументації, чи не завжди коректно її формулює
	30	ЗВО спроможний чітко та стисло викласти основні результати виконання проекту, належно обґрунтовує положення проекту, але допускає неточності у відповідях на запитання
	25	ЗВО спроможний чітко та стисло викласти основні результати виконання проекту, але допускає суттєві неточності у відповідях на запитання, не завжди належно обґрунтовує положення проекту
	20	ЗВО невпорядковано викладає основні результати виконання проекту, намагається дати відповідь на поставлені запитання і робить спроби аргументувати положення проекту
	15	ЗВО невпорядковано викладає основні результати виконання проекту, робить спроби аргументувати положення роботи, надає неповні, поверхові, необґрунтовані відповіді на поставлені питання
	10	ЗВО демонструє задовільні знання з навчального матеріалу проекту, але не може впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання членів комісії та належно обґрунтувати положення проекту
	5	ЗВО невпорядковано викладає основні результати виконання проекту, не спроможний дати відповідь на запитання, відстоювати свою позицію

Контрольна робота (для ЗВО заочної форми навчання)

Кількість балів	Критерії оцінювання
44	Робота виконана у встановлений термін. Матеріал викладено у достатньому обсязі, аргументовано і у правильній послідовності. Використані не тільки рекомендовані джерела інформації, а й новітні, самостійно знайдені у періодичних виданнях і в інтернет-ресурсах. Правильно сформульовані узагальнюючі висно-

	вки. Робота достатньо ілюстрована, оформлена акуратно, з дотриманням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи ЗВО вільно орієнтується в матеріалах
34	Робота виконана у встановлений термін. Матеріал викладено у достатньому обсязі, логічно. Використані рекомендовані джерела інформації. Правильно сформульовані узагальнюючі висновки. Робота оформлена акуратно, з дотриманням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи ЗВО орієнтується в матеріалах, у відповідях є неточності
22	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Матеріал викладено у правильній послідовності, але недостатньо повно. Недостатньо використані рекомендовані джерела інформації. Висновки сформульовані формально, або не зв'язані з матеріалами роботи. В оформленні роботи є порушення вимог до технічної документації. Під час захисту роботи ЗВО в цілому орієнтується в матеріалах, у відповідях є помилки та неточності
10	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Матеріал викладено безсистемно, висновки сформульовані формально або відсутні. Робота оформлена неохайно, з порушенням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи ЗВО слабо орієнтується в матеріалах, у відповідях є помилки
0	Роботу не виконано

Поточний модульний контроль у письмовій формі (6-й семестр)

Однією з форм поточного контролю з даної дисципліни у 6-му (для ЗВО скороченого терміну навчання – 2-му) семестрі є проведення двох модульних контрольних робіт (МКР) у формі письмової відповіді (перелік контрольних питань наведений у Додатку 1). Кожна робота включає два питання, які оцінюють за критеріями, що наведені нижче у таблиці

Письмова відповідь

Бал	Критерії оцінювання одного питання
6	Відповідь правильна, повна, логічна. ЗВО на високому рівні розкриває зміст питання, використовує міжпредметні зв'язки, робить аргументовані висновки
4	Відповідь в цілому правильна, достатньо повна, логічна; допущені несуттєві помилки та неточності у викладенні матеріалу
3	Відповідь частково правильна, містить неточності, недостатньо обґрунтована
1	Відповідь має суттєві помилки, аргументи несформульовані, використовуються невірна термінологія
0	ЗВО не дає відповіді

6-й семестр

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Виконання практичних робіт	9 робіт × 4 бали = 36 балів	4 робіт × 4 бали = 16 балів
Поточний модульний контроль	2 МКР × 12 балів = 24 бали	-
Виконання контрольних робіт	-	1 робота × 44 бали = 44 бали
Всього	60	60

Поточний модульний контроль у формі тестування (7-й семестр)

На кожну з двох модульних контрольних робіт у 7-му семестрі виноситься по 15 тестових завдань. В якості тестових завдань використовується Пакет комплексних контрольних робіт для оцінювання якості підготовки магістрів з дисципліни “Конструкція та динаміка двигунів внутрішнього згоряння”.

Кількість правильних відповідей	13... 15	11... 12	9...10	8	7	6	5	4	3	2	1
Бал	16	14	12	10	14	12	10	8	6	4	2

7-й семестр

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Виконання практичних робіт	7 робіт × 4 бали = 28 балів	4 роботи × 4 бали = 16 балів
Поточний модульний контроль	2 МКР × 16 бал = 32 бали	-
Виконання контрольних робіт	-	1 робота × 44 бали = 44 бали
Всього	60	60

Підсумковий контроль

Підсумковий контроль (залік) для 6-го семестру та (екзамен) для 7-го семестру складається з письмових відповідей на 4 контрольні питання, перелік яких наведено у Додатку 1.

Письмова відповідь (1 питання - 10 балів)

Бал	Критерії оцінювання
10	Відповідь правильна, повна, логічна, містить аналіз, систематизацію, узагальнення, використані міжпредметні зв'язки, містить аргументовані висновки
8	Відповідь в цілому правильна, достатньо повна, логічна; допущені несуттєві помилки та неточності у викладенні матеріалу
6	Відповідь частково правильна, містить неточності, недостатньо обґрунтована
4	Відповідь має суттєві помилки, аргументи несформульовані, використовується невірна термінологія
2	Відповідь містить значну кількість суттєвих помилок, не обґрунтована
0	ЗВО не дає відповіді

8. Критерії оцінювання результатів навчання

Номер модуля	Номер змістового модуля	Номер теми	Денна форма навчання		Заочна форма навчання		
			Вид роботи	Кількість балів	Вид роботи	Кількість балів	
6-й семестр							
M1	ЗМ1	T1	Практична робота № 1	0...4	-	-	
		T2	-	-	-	-	
		T3	-	-	-	-	
		T4	-	-	-	-	
		T5	Практична робота № 2	0...4	Практична робота № 2	0...4	
		T6	Практична робота № 3	0...4	-	-	
		Поточний контроль	МКР № 1	0...12	-	-	
		ЗМ2	T7	Практична робота № 4	0...4	Практична робота № 4	0...4
			T8	Практична робота № 5	0...4	-	-
			T9	Практична робота № 6	0...4	Практична робота № 6	0...4
			T10	Практична робота № 7	0...4	-	-
	T11		Практична робота № 8	0...4	Практична робота № 8	0...4	

		T12	Практична робота № 9	0...4	-	-	
		T13	-	-	-	-	
	Поточний контроль		МКР № 2	0...12	-	-	
	-		-	-	Контрольна робота	0...44	
	Підсумковий контроль		Екзамен (письмова відповідь)	0...40	Екзамен (письмова відповідь)	0...40	
	Сума			0...100	-	0...100	
7 семестр							
М2	ЗМ 3	T14	-	-	-	-	
		T15	-	-	-	-	
		T16	Практична робота № 10	0...4	Практична робота № 10	0...4	
		T17	Практична робота № 11	0...4	Практична робота № 11	0...4	
		T18	-	-	-	-	
		T19	Практична робота № 12	0...4	-	-	
		T20	-	-	-	-	
		T21	Практична робота № 13	0...4	Практична робота № 13	0...4	
		T22	-	-	-	-	
		T23	-	-	-	-	
		T24	-	-	-	-	
		T25	-	-	-	-	
		Поточний контроль		МКР № 1	0...16	-	-
	ЗМ 4	T26	-	-	-	-	-
		T27	-	-	-	-	-
		T28	-	-	-	-	-
		T29	-	-	-	-	-
		T30	Практична робота № 14	0...4	-	-	
		T31	Практична робота № 15	0...4	Практична робота № 15	0...4	
		T32	-	-	-	-	
		T33	-	-	-	-	
		T34	-	-	-	-	
		T35	-	-	-	-	
	T36	Практична робота № 16	0...4	-	-		

	T37	-	-	-	-
	Поточний контроль	МКР № 2	0...16	-	-
	-	-	-	Контрольна робота	0...44
	Підсумковий контроль	Екзамен (письмова відповідь)	0...40	Екзамен (письмова відповідь)	0...40
	Сума		0...100	-	0...100

Критерії оцінювання виконання курсового проекту

Пояснювальна записка	Графічна частина	Захист проекту	Сума
до 40	до 20	до 40	до 100

9. Засоби навчання

При вивченні даної дисципліни використовуються такі засоби навчання:

- технічні засоби (мультимедіа-, відео- і звуковідтворююча, проекційна апаратура);

- програмне забезпечення (CAD/CAM - системи автоматизованого проектування/системи автоматизованого виробництва; програмні рішення відкритого доступу: Blitz-PRO is the Internal Combustion Engines operating cycle simulation tool, focused on in-cylinder and gas-exchange processes; WinGD's General Technical Data (GTD) application provides information to plan the layout of WinGD low-speed engines; MAN CEAS engine calculations);

- бібліотечні фонди (зокрема ресурси віддаленого доступу наукової бібліотеки Національного університету кораблебудування до електронної бібліотечної системи та наукових, науково-метричних баз даних).

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. 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.
2. Дьяченко В.Г. Двигуни внутрішнього згоряння. Теорія : підручник / В.Г. Дьяченко; За ред. А.П. Марченка. - Харків: НТУ "ХПІ", 2008. – 488 с.
3. Наливайко В.С. Суднові двигуни внутрішнього згоряння : методичні вказівки / В.С. Наливайко, С.Г. Ткаченко, В.С. Хоменко. – Миколаїв: НУК, 2012. – 72 с.
4. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т.1. Розробка конструкцій форсованих двигунів наземних транспортних машин. / За ре-

- дакцією проф. А.П. Марченка, засл. діяча науки України, проф. А.Ф. Шеховцова. – Харків: Видавн. центр НТУ "ХПІ", 2004. – 384 с.
5. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т.5. Екологізація ДВЗ. – Підручник для студентів ВНЗ, що навчаються за напрямом "Інженерна механіка" / За редакцією проф. А.П. Марченка, засл. діяча науки України проф. А.Ф. Шеховцова. – Харків: Видавничий центр НТУ "ХПІ", 2004. – 466 с.
 6. D. Griffiths Marine Low Speed Diesel Engines. MEP Series, Volume 2, Part 17. Institute of Marine Engineers, London – 89 p.

Допоміжна література

7. Горбов В.М. Енергетичні палива : навчальний посібник / В.М. Горбов. — Миколаїв: УДМТУ, 2004. — 325 с.
8. Горбов В.М. Енциклопедія суднової енергетики : підруч. / В. М. Горбов. – Миколаїв: НУК, 2010. – 624 с.
9. Регістр судноплавства України: Серія у 4 томах. Т. 3. Правила класифікації та побудови суден внутрішнього плавання / відповідальні розробники: А.О. Білокурець, В.Д. Губенко. – Київ, 2016. – 535 с.
10. Ievgen Bilousov, M. Bulgakov, V. Savchuk Modern Marine Internal Combustion Engines. Springer Series on Naval Architecture, Marine Engineering, Shipbuilding and Shipping, Volume 8. Switzerland AG 2020. – 395 p.
11. George W. Casey, JR Marine Engineman's Handbook. Headquarters department of the army. Washington, D.C., 2009. – 478 p.
12. Pounder C. C. Marine diesel engines and gas turbines. — London: DousWoodyard, 2009. — 887 p.
13. Абрамчук Ф.І. Автомобільні двигуни : підруч. для вищ. навч. закладів / Ф.І. Абрамчук, Ю.Ф. Гутаревич, К.Є Долганов, І.І. Тимченко. – К.: Арістей, 2004. – 438 с.
14. Наливайко, В.С. Основи комп'ютерного проектування ДВЗ [Текст] : навчальний посібник для поглибленого вивчення курсу та отримання практичних навичок при створенні математичних моделей процесів ДВЗ та конструкцій окремих вузлів і деталей для студентів спец. 142 "Енергетичне машинобудування" (спеціалізація "Двигуни внутрішнього згоряння") / В.С. Наливайко, С.Г. Ткаченко, В.С. Хоменко, Р.Ю. Авдюнін. – Миколаїв: видавець Торубара В.В., 2017. – 138 с.

Інформаційні ресурси

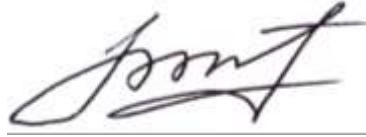
1. Наукова бібліотека Національного університету кораблебудування <http://lib.nuos.edu.ua/> (інструкції з доступу):
 - 1.1 Підручники, навчальні посібники:
 - видавництво «Олді+» <http://ebooks.oldiplus.ua/> (за IP-адресами НУК, ХННІ НУК)
 - видавництво Bentham Science на платформі Edanz: <https://www.edanz.com/> Міжнародні наукові, та науково-метричні бази:
 - Access Global NewsBank 2021: <https://infoweb.newsbank.com/apps/news/easy-search?p=AWGLNB>

- Elsevier: <https://www.elsevier.com/>
 - Web of Science: <http://webofknowledge.com>
 - EBSCOhost: <http://search.ebscohost.com>
 - Springer: <https://link.springer.com/>
2. WorldScientificOpen is in full compliance with the latest open access mandates so authors can ensure their research is freely available online, freely redistributed and reused: <http://www.worldscientific.com/>
 3. Сайт Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова: <http://www.nuos.edu.ua/>
 4. Репозиторій НУК: <http://eir.nuos.edu.ua/xmlui/>
 5. Конференції НУК: <http://conference.nuos.edu.ua/catalog/>
 6. Сайт ХННІ НУК: <http://kb.nuos.edu.ua/>
 7. Сайт НТУ ХПІ: <http://www.kpi.kharkov.ua/>
Морські класифікаційні товариства:
 8. Класифікаційне товариство Регістр судноплавства України (каталог видань): <http://shipregister.ua/books/index.html>
 9. Lloyds Register of Shipping: <http://www.lr.org/en/>
 10. Російський Морской Регістр Судноплавства: <http://www.rs-class.org/ru/>
 11. Російський Речной Регістр <http://www.rivreg.ru/>
 12. China Classification Society: <http://www.ccs.org.cn/ccswz/>
 13. Germanischer Lloyd: <https://www.dnvgl.de/>
 14. Polski Rejestr Stratkow - Polish Register of Shipping: <https://www.prs.pl/>
 15. Міжнародна морська організація (International Maritime Organization): <http://www.imo.org/en/Pages/Default.aspx>
 16. National Marine Manufacturers Association (NMMA): <https://www.nmma.org/>
Провідні двигунобудівні фірми:
 17. Society of Automotive Engineers (SAE): <http://www.sae.org/>
 18. Сайт Wartsila: <https://www.wartsila.com/>
 19. Wärtsilä Encyclopedia of Marine Technology: <https://www.wartsila.com/encyclopedia>
 20. General Technical Data is an engine simulation tool: <https://www.wingd.com/en/media/general-technical-data/>
 21. Сайт MAN Diesel: <https://www.man-es.com/>
 22. Simulation Solutions AVL FIRE™ M: <https://www.avl.com/en/simulation-solutions/software-offering/simulation-tools-z/avl-fire-m>
 23. MAN Two-stroke project guides: <https://www.man-es.com/marine/products/planning-tools-and-downloads/project-guides/two-stroke>
 24. CEAS engine calculations: <https://www.man-es.com/marine/products/planning-tools-and-downloads/ceas-engine-calculations>
 25. Сайт Caterpillar: <http://www.caterpillar.com/ru.html>
 26. Сайт Mitsubishi: <http://www.mhi.co.jp/>
 27. Сайт Akasaka Diesels Ltd: <http://www.akasaka-diesel.jp/en/>
 28. Сайт Daihatsu Diesel: <http://www.dhtd.co.jp/ja/index.html>
 29. Сайт Niigata: <http://www.niigata-power.com/english/index.html>
 30. Сайт Hyundai: <http://www.hyundai-engine.com/>

31. Сайт SUBARU: <https://subaru.ua/the-subaru-boxer-engine>

Розробники:

професор кафедри ДВЗУ та ТЕ,
к.т.н., професор НУК



В.С. Наливайко

викладач кафедри СМЕ



Р.Ю. Авдюнін

Питання до модульного контролю
Модуль 1

1. Намалювати конструктивну схему чотиритактного двигуна із зазначенням його елементів та їх призначення.
2. Намалювати конструктивну схему двотактного крейцкопфного двигуна із зазначенням його елементів та їх призначення.
3. Намалювати конструктивну схему двотактного двигуна з поршнями, що протилежно рухаються, із зазначенням його елементів та їх призначення.
4. Як розшифрувати наступне маркування двигунів: 6ЧН25/34; 6ЧНСП25/34; 6ЧНРП25/34; 6ДКРН70/227; 6L46; 6S60MC-C?
5. Які значення обертів колінчастого валу характерні для високо-, середньо- та малообертових двигунів?
6. Як визначити середню швидкість поршня C_m ?
7. За якими ознаками класифікують ДВЗ?
8. Намалювати індикаторні та кругові діаграми чотиритактних двигунів без наддуву та з наддувом. Назвати найбільш характерні параметри в кінцевих точках процесів для цих двигунів.
9. Намалювати індикаторну та кругову діаграми двотактного двигуна з прямоточно-клапанним продуванням і назвати найбільші значення тиску та температури в кінцевих точках процесів для цього двигуна.
10. Намалювати індикаторну та кругову діаграми двотактного двигуна з прямоточно-щілиним продуванням і назвати найбільш характерні параметри в кінцевих точках процесів для цього двигуна.
11. Записати безрозмірні параметри узагальненого ідеального циклу та співвідношення між ними.
12. На базі ККД узагальненого ідеального циклу вивести формули ККД для циклів поршневих ДВЗ з ізохорним та змішаним підводами теплоти.
13. Охарактеризувати поняття циклів: ідеальний, розрахунковий та дійсний. Основні відмінності між ними.
14. Назвіть фактори, що впливають на процес наповнення циліндра.
15. Які фактори впливають на коефіцієнт наповнення?
16. Яке значення температури повинне бути на початку стискання (точка "а")?
17. Пояснити характер протікання теплообміну в процесі стискання.
18. У якому двигуні показник процесу стискання n_1 може бути рівним показнику адіабати $k=1.4$?
19. Назвіть найбільш характерні значення ступеня стискання для бензинових, газових і дизельних двигунів.
20. Назвіть значення параметрів заряду циліндра наприкінці процесу стискання, які повинні забезпечити надійний запуск дизельного двигуна.
21. Назвіть палива для бензинових, газових і дизельних двигунів. Їх склад.
22. Яке значення теплоти згоряння палива мають дизельне паливо та бензин?

- Чим викликана різниця в теплоті згоряння?
23. Скільки теоретично необхідно кількості повітря (в кг) для згоряння 1 кг дизельного палива середнього складу?
 24. Назвіть значення коефіцієнту надлишку повітря при згорянні, які характерні для дизельного та бензинового двигунів.
 25. Назвіть склад продуктів згоряння дизельного двигуна.
 26. Чим визначається максимальний тиск P_z для двигуна?
 27. Як можна змінити максимальну температуру циклу T_z ?
 28. Які числові значення мають теплоємності повітря і "чистих" продуктів згоряння? Чим викликана різниця між ними?
 29. Назвіть фази процесу випускання. Значення тиску і температури газів у кінці процесу випускання для двигунів з наддувом.
 30. Назвіть індикаторні показники роботи двигуна та їх можливі значення.
 31. Назвіть ефективні показники роботи двигуна та їх можливі значення.
 32. Які втрати відносяться до механічних? Назвіть значення механічних ККД для різних двигунів.
 33. Чим відрізняється розрахункова індикаторна діаграма від знятої з діючого двигуна?
 34. Чим різняться схеми наддуву чотири- та двотактних ДВЗ?
 35. З яких причин температура відхідних газів чотиритактних двигунів вище, ніж для двотактних при всіх інших рівних умовах?
 36. Як за зовнішнім виглядом двигуна можна визначити, який у нього наддув (імпульсний чи ізобарний)?
 37. У чому полягають фізичні основи наддуву?
 38. В яких випадках у двигунах із наддувом не використовуються охолоджувачі наддувного повітря?
 39. З яких причин випускання газів у колектор здійснюється за допомогою дифузії?
 40. З якої причини при двоступеневому наддуві застосовується міжступеневе охолодження повітря?
 41. У чому полягає різниця між випускними системами двигунів з імпульсним та ізобарним наддувами?
 42. Як об'єднуються вихлопні патрубки окремих циліндрів при імпульсному наддуві?
 43. З яких причин у складі газотурбонагнітачів частіше використовуються відцентрові компресори?
 44. Назвіть статті розподілу теплоти, яка виділяється в двигуні при згорянні палива.
 45. У яких формах за звичай виражається тепловий баланс двигуна?
 46. З якою метою складається тепловий баланс і які висновки можна зробити, аналізуючи його?
 47. Як перерозподілилися складові теплового балансу сучасних ДВЗ у порівнянні з двигунами попередніх зразків?
 48. Як можна використати теплоту відхідних газів?
 49. Як можна використати теплоту охолоджуючої води?
 50. З якою метою використовують силові турбіни?

51. Принцип дії форсажної камери.
52. Системи інжекторної подачі палива.
53. Перерахуйте типи камер згоряння та способи сумішоутворення в дизельних двигунах.
54. Перерахуйте параметри паливного факелу та параметри розпилювання.
55. Назвіть способи подачі газу в газових двигунах.

Модуль 2

1. Зобразіть кругові діаграми чотири- та двотактних двигунів.
2. З якою метою встановлюються кути випередження і запізнення роботи впускних і випускних клапанів чотиритактного двигуна?
3. Що таке кут перекриття клапанів і які переваги він створює для двигунів?
4. Чим оцінюється якість очищення циліндра двигуна?
5. Як впливають на якість наповнення циліндра фази газорозподілення?
6. Які переваги двигунів з гідропневматичним керуванням роботою клапанів перед двигунами з механічним керуванням?
7. З якою швидкістю протікає процес вільного випускання в ДВЗ?
8. З якою метою в двигунах роблять перекриття клапанів?
9. Назвіть показники якості газообміну.
10. Системи газообміну, їхня характеристика.
11. Чим відрізняється вільне випускання від попереднього випускання?
12. Як впливає втрата заряду на показники роботи двигуна?
13. З якою метою при газообміні двотактних двигунів здійснюється фаза вільного випускання газів?
14. Що розуміється під екологізацією ДВЗ?
15. Поясніть основні напрямки екологізації ДВЗ.
16. Охарактеризуйте сучасні методи екологізації ДВЗ за рахунок оптимізації робочого процесу та конструктивного вдосконалення двигунів.
17. Назвіть заходи з оптимізації сумішоутворення та згоряння за критерієм мінімальної токсичності викидів з відхідними газами ДВЗ.
18. Яку роль відіграє розшарування заряду (пошарове сумішоутворення) у поліпшенні екологічних характеристик ДВЗ?
19. Яке місце займає вибір камери згоряння у поліпшенні екологічних характеристик ДВЗ?
20. Які заходи вживаються для оптимізації паливоподачі у сучасних дизелях за критерієм найменшої токсичності викидів з відхідними газами?
21. Охарактеризуйте шляхи конструктивного вдосконалення сучасних дизелів та їх систем за критерієм поліпшення їхніх екологічних характеристик.
22. Чому вдосконалення перехідних процесів ДВЗ розглядається як важливий напрямок їхньої екологізації?
23. Чому відключення частини циліндрів ДВЗ на часткових навантаженнях поліпшує їхні екологічні характеристики?
24. Охарактеризуйте екологічні присадки до моторних палив.
25. Охарактеризуйте ефект застосування водопаливних емульсій з точки зору екологізації ДВЗ.

26. Чому комплексне вирішення проблеми екологізації робочого процесу ДВЗ дає найбільший ефект?
27. Охарактеризуйте доцільність екологізації ДВЗ за рахунок нейтралізації викидів з комп'ютеризацією керування.
28. Викладіть конструктивні принципи побудови сучасних каталітичних нейтралізаторів відхідних газів ДВЗ.
29. Охарактеризуйте екологічну ефективність сучасних каталітичних нейтралізаторів.
30. Як оцінити ефективність каталітичного очищення відхідних газів ДВЗ?
31. Розкрийте принципові особливості рециркуляції відхідних газів ДВЗ.
32. Поясніть загальну схему рециркуляції відхідних газів ДВЗ.
33. Оцініть ефективність рециркуляції відхідних газів ДВЗ.
34. Охарактеризуйте напрямки виробничо-експлуатаційної екологізації сучасних ДВЗ.
35. Поясніть вплив технологічних відхилень при виготовленні ДВЗ на їхні екологічні характеристики.
36. Поясніть вплив технічного стану ДВЗ на їхні екологічні характеристики при тривалій експлуатації.
37. Які експлуатаційні фактори треба враховувати при екологізації ДВЗ?
38. Як впливає навантаження транспортного засобу з ДВЗ на його екологічні характеристики?
39. Як впливають дорожні умови на кількість шкідливих викидів двигунами транспортних засобів?
40. Чому оцінювання ефективності екологізації ДВЗ вимагає комплексного підходу до паливно-екологічних показників?

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
Херсонський навчально-науковий інститут

Кафедра суднового машинобудування
та енергетики

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

з дисципліни "Конструкція та динаміка двигунів внутрішнього згоряння"

(назва дисципліни)

на тему: Конструкція та динаміка двигуна _____

Здобувач (ка) вищої
освіти ____ курсу _____ групи
спеціальності 142 "Енергетичне
машинобудування"
освітня програма "Двигуни внутрішнього
згоряння"

_____ (прізвище та ініціали здобувача вищої освіти)

Керівник _____
(прізвище та ініціали)

_____ (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна шкала _____
Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS ____

Члени комісії

_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

м. Миколаїв – 202 рік

Міністерство освіти і науки України
 Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
 Херсонський навчально-науковий інститут

"Затверджую"
 Завідувач кафедри СМЕ, професор
 _____ Андреев А.А.
 "___" _____ 202__р.

ЗАВДАННЯ

до виконання курсового проекту з дисципліни
"Конструкція та динаміка двигунів внутрішнього згорання"
 із спеціальності 142 "Енергетичне машинобудування"
 (освітня програма "Двигуни внутрішнього згорання")

Тема проекту: "Конструкція та динаміка двигуна _____"

Вихідні дані:

Потужність двигуна	$N_e =$ _____ кВт;
Частота обертання	$n =$ _____ хв. ⁻¹ ;
Діаметр циліндра	$D_{ц} =$ _____ м;
Хід поршня	$S =$ _____ м;
Кількість циліндрів	$i =$ _____;
Тактність двигуна	$z =$ _____.

ЗМІСТ ПРОЕКТУ:

РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Перелік прийнятих скорочень.

Вступ (1...2 стор.).

Розділ 1. Опис конструкції двигуна, його вузлів, деталей та систем що його обслуговують.

- 1.1. Вимоги, які висувають до двигунів даного типу його елементів і систем.
- 1.2. Загальна компоновка двигуна.
- 1.3. Загальна конструктивна схема побудови остова двигуна.
- 1.4. Конструктивні схеми вузлів деталей руху двигуна.
- 1.5. Принципові схеми систем, що обслуговують двигун (паливна, змащування, охолодження пуску _____).

1.6. Тенденції розвитку двигунів даного типу.

Розділ 2. Розрахунок динаміки двигуна.

2.1. Вибір та обґрунтування вихідних даних.

- 2.2. Побудова силової схеми кривошипно-шатунного механізму.
- 2.3. Розрахунок та побудова діаграми діючих сил.
- 2.4. Побудова діаграм сумарних дотичних сил.
- 2.5. Визначення середньої сумарної дотичної сили та індикаторної потужності двигуна.
- 2.6. Визначення надлишкової роботи крутильного моменту та основних розмірів маховика.

Розділ 3. Перевірка врівноваженості двигуна графічним методом (за відцентровими силами інерції; силами інерції першого порядку; силами інерції другого порядку та їх моментами) _____).

Висновки.

Список використаних літературних джерел.

ОБСЯГ ПРОЕКТУ ТА ОСНОВНІ ВИМОГИ

Розрахунково-пояснювальна записка (20...30 сторінок рукописного чи машинописного тексту) має містити обґрунтування вихідної інформації, розрахунки, графіки, ескізи, елементи аналізу та досліджень щодо конструкції та динаміки двигунів внутрішнього згоряння.

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ

1. Креслення вузла _____

двигуна _____ – 1 аркуш формату А1.

2. Діаграми динаміки двигуна – 1 аркуш формату А1.

3. Діаграми перевірки врівноваженості двигуна – 1 аркуш формату А2.

Оформлення курсового проекту здійснюється у відповідності з вимогами ЄСКД та ДСТУ.

Завдання видано " _____ " _____ 202__ р.
 Термін захисту проекту " _____ " _____ 202__ р.

Виконавець: здобувач (ка) вищої освіти групи _____
 (прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник проекту _____

Перелік тем до курсового проектування

У таблицях 4.1, 4.2, 4.3, 4.5, 4.6, 4.7 наведені основні технічні дані сучасних суднових двигунів.

Таблиця 4.1 Основні дані сучасних двотактних малооборотових дизелів (МОД) фірми "MAN B&W Diesel Group"

№ з/п	Марка двигуна	Діаметр циліндра $D_{ц}$, мм	Хід поршня S , мм	Циліндрова потужність двигуна $N_{ет}$, кВт	Частота обертання колінчастого валу n , хв. ⁻¹	Питома ефективна витрата палива g_e , кг/(кВт·годину)	Ступінь стиснення (дійсна) ϵ_d	Параметр КШМ $\lambda_{ш}$	Питома маса деталей КШМ, що рухаються поступально m_s , кг/м ²
1	S26MC6-ТII	260	980	400	250	0,181	14,8	0,42	11200
2	L35MC6-ТII	350	1050	650	210	0,179	14,8	0,41	13400
3	S40ME-B9-ТII	400	1770	1135	146	0,175	14,8	0,50	13500
4	S42MC7-ТII	420	1764	1080	136	0,179	14,8	0,50	13000
5	G45ME-C9.7-ТIII	450	2250	1390	111	0,171	14,5	0,50	13000
6	S46ME-B8-ТII	460	1932	1380	129	0,173	14,5	0,50	13000
7	S50ME-B9-ТII	500	2214	1780	117	0,170	14,5	0,50	13200
8	G50ME-C9.6	500	2500	1720	100	0,170	14,5	0,50	13200
9	L60ME-C7-ТII	600	2022	2230	123	0,172	14,5	0,43	15567
10	S60MC6-ТII	600	2292	2040	105	0,175	14,5	0,46	16200
11	S60ME-C8-ТII	600	2400	2380	105	0,171	14,5	0,50	16500
12	G60ME-C9-ТII	600	2790	2680	97	0,168	-	-	-
13	G60ME-C10.5-ТII	600	2790	2840	103	0,165	14,5	0,50	16500
14	S65ME-C8-ТII	650	2730	2870	95	0,171	14,5	0,49	16200
15	L70ME-C8-ТII	700	2360	3270	108	0,172	14,5	0,44	17200
16	S70MC6-ТII	700	2674	2810	91	0,175	14,5	0,46	17700
17	S70ME-C7-ТII	700	2800	3110	91	0,171	14,5	0,50	18300
18	G70ME-C9-ТII	700	3256	3640	83	0,168	14,5	0,50	18300
19	G70ME-C10.5-ТII	700	3260	3100	78	0,163	14,5	0,52	18300
20	K80ME-C6-ТII	800	2300	3610	104	0,174	14,5	0,50	20160
21	S80MC6-ТII	800	3056	3640	79	0,174	14,5	0,42	20160
22	S80ME-C8-ТII	800	3200	4180	78	0,170	14,5	0,42	20100
23	S80ME-C9-ТII	800	3450	4510	78	0,170	14,5	0,42	20100
24	G80ME-C9-ТII	800	3720	4450	68	0,167	14,5	0,50	20250

№ з/п	Марка двигуна	Діаметр циліндра $D_{ц}$, мм	Хід поршня S , мм	Циліндрова потужність двигуна N_{ef} , кВт	Частота обертання колінчастого валу n , хв. ⁻¹	Питома ефективна витрата палива g_e , кг/(кВт·годину)	Ступінь стиснення (дійсна) ϵ_d	Параметр КШМ $\lambda_{ш}$	Питома маса деталей КШМ, що рухаються поступально m_s , кг/м ²
25	G80ME-C10.5	800	3720	4710	72	0,164	14,5	0,52	20250
26	K90MC-C6-ТII	900	2300	4570	104	0,177	14,5	0,50	21500
27	K90ME-C6-ТII	900	2300	4570	104	0,174	14,5	0,50	21500
28	K90ME9-ТII	900	2870	5720	94	0,174	14,5	0,50	21500
29	S90ME-C8-ТII	900	3188	5270	78	0,170	14,5	0,50	21500
30	S90ME-C9-ТII	900	3260	5810	84	0,167	14,5	0,48	21500
31	G90ME-C10.5	900	3260	6240	84	0,168	14,5	0,48	21500
32	G95ME-C10.5	950	3460	6870	80	0,165	14,5	0,46	22750
33	K98MC6-ТII	980	2660	5720	94	0,177	14,5	0,42	24580
34	K98ME-C7-ТII	980	2400	6020	104	0,174	14,5	0,42	24581
35	K108ME-C-ТII	1080	2660	6950	94	0,171	14,5	0,42	26100

Таблиця 4.2 Основні дані сучасних МОД фірми "Wartsila Corporation"

№ з/п	Марка двигуна	Діаметр циліндра $D_{ц}$, мм	Хід поршня S , мм	Циліндрова потужність двигуна N_{ef} , кВт	Частота обертання колінчастого валу n , хв. ⁻¹	Питома ефективна витрата палива g_e , кг/(кВт·годину)	Ступінь стиснення (дійсна) ϵ_d	Параметр КШМ $\lambda_{ш}$	Питома маса деталей КШМ, що рухаються поступально m_s , кг/м ²
1	RT-flex 35	350	1550	870	142	0,176	14,8	0,50	12750
2	X35-B	350	1550	870	167	0,175	14,8	0,50	12750
3	RT-flex 40	400	1770	1135	146	0,175	14,8	0,50	13000
4	X40-B	400	1770	1135	146	0,174	14,8	0,50	13000
5	RT-flex 48T (D)	480	2000	1455	127	0,170	14,5	0,50	13200
6	RT-flex 50 (D)	500	2050	1745	124	0,170	14,5	0,50	13200
7	X52	520	2315	1810	105	0,167	14,5	0,50	13600

№ з/п	Марка двигуна	Діаметр циліндра $D_{ц}$, мм	Хід поршня S , мм	Циліндрова потужність двигуна N_{ef} , кВт	Частота обертання колінчастого валу n , хв. ⁻¹	Питома ефективна витрата палива g_e , кг/(кВт·годину)	Ступінь стиснення (дійсна) ϵ_d	Параметр КШМ $\lambda_{ш}$	Питома маса деталей КШМ, що рухаються поступально $m_{с5}$, кг/м ²
8	RT-flex 58T (E)	580	2416	2350	105	0,169	14,5	0,50	16500
9	RT-flex 60C (B)	600	2250	2420	114	0,171	14,5	0,50	16700
10	Wartsila X62	620	2858	2660	103	0,168 /0,167	14,5	-	-
11	X62-B	620	2858	2900	103	0,167 /0,166	14,5	0,50	17200
12	RT-flex 68 (D)	680	2720	3130	95	0,170	14,5	0,50	18500
13	Wartsila X72	720	3086	3610	89	0,168 /0,167	14,5	0,50	-
14	X72-B	720	3086	3920	89	0,167 /0,166	14,5	0,50	18900
15	RT-flex 82C	820	2646	4520	102	0,173 /0,171	14,5	0,46	-
16	RT-flex 82T (B)	820	3375	4750	84	0,168 /0,166	14,5	0,50	20100
17	X82-B	820	3375	4750	84	0,165 /0,163	14,5	0,50	20400
18	RT-flex 84T (D)	840	3150	4200	76	0,171	14,5	0,48	21250
19	X92-B	920	3468	6450	80	0,166 /0,165	14,5	-	-
20	RT-flex 96C (B)	960	2250	5720	102	0,172	14,5	0,42	23000

Таблиця 4.3 Основні дані сучасних МОД фірми "Mitsubishi Heavy Industries

Ltd"

№ з/п	Марка двигуна	Діаметр циліндра $D_{ц}$, мм	Хід поршня S , мм	Циліндрова потужність двигуна $N_{ец}$, кВт	Частота обертання колінчастого валу n , хв. ⁻¹	Питома ефективна витрата палива g_e , кг/(кВт·годину)	Ступінь стиснення (дійсна) ϵ_d	Параметр КШМ $\lambda_{ш}$	Питома маса деталей КШМ, що рухаються поступально m_s , кг/м ²
1	UEC33LSII-Eco	330	1050	570	215	179	14,8	0,40	13400
2	UEC35LSE-B1	350	1550	870	167	177	14,8	0,40	13500
3	UEC37LA	370	3700	520	210	175	14,8	0,40	13600
4	UEC37LSII-Eco	370	1290	810	186	177	14,8	0,40	13600
5	UEC40LSE-Eco-B1	400	1770	1135	146	174	14,7	0,45	13700
6	UEC43LSII-Eco	430	1500	1050	160	175	14,7	0,45	13700
7	UEC45LA	450	1350	890	158	170	14,6	0,45	13700
8	UEC45LSE-Eco-1	450	1840	1245	130	172	14,6	0,45	13700
9	UEC50LSE-Eco-A1	500	2050	1660	124	170	14,6	0,50	13850
10	UEC50LSII	500	1950	1445	127	171	14,6	0,50	13850
11	UEC52LA	520	1600	1180	133	167	14,6	0,50	14000
12	UEC52LS	520	1850	1330	120	167	14,6	0,50	14000
13	UEC52LSE-Eco-1	520	2000	1705	127	170	14,6	0,50	14000
14	UEC60LA	600	1900	1550	110	166	14,6	0,45	14500
15	UEC60LS	600	2200	1770	100	166	14,6	0,45	14500
16	UEC60LSE-Eco-1	600	2400	2255	105	168	14,6	0,45	14500
17	UEC60LSII-Eco	600	2300	2045	105	167	14,6	0,45	14500
18	UEC68LSE-Eco-1	680	2690	2940	95	167	14,6	0,50	15500
19	UEC75LSII	750	2800	2940	84	165	14,5	0,50	19200
20	UEC80LSE-Eco-B1	800	3150	4440	80	166	14,5	0,50	19200
21	UEC85LSII	850	3150	3860	76	170	14,5	0,50	20500

Таблиця 4.4 Основні дані сучасних середньообертових (СОД) фірми "Wartsila Corporation"

№ з/п	Марка двигуна	Діаметр циліндра $D_{ц}$, мм	Хід поршня S , мм	Циліндрова потужність двигуна N_{ef} , кВт	Частота обертання колінчастого валу n , хв. ⁻¹	Питома ефективна витрата палива g_e , кг/(кВт·годину)	Ступінь стиснення (дійсна) ϵ_d	Параметр КШМ $\lambda_{ш}$	Питома маса деталей КШМ, що рухаються поступально $m_{с3}$, кг/м ²
1	Wartsila 20/28	200	280	200	1000	0,185	15,0	0,21	900
2	Wartsila 20/28DF	200	280	176	1200	0,199	15,0	0,21	950
3	Wartsila V26/32	260	320	340	1000	0,185	15,0	0,22	1100
4	Wartsila L32/40	320	400	500	750	0,176	14,5	0,22	1200
5	Wartsila V34/40DF	340	400	450	750	-	14,0	0,22	1520
6	Wartsila L38/47,5	380	475	725	750	0,176	14,5	0,24	1300
7	Wartsila V46/58	460	580	1050	500 /514	0,173	14,5	0,24	1400
8	Wartsila L46/58F	460	580	1200	600	0,170	14,5	0,24	1450
9	Wartsila V50/58DF	500	580	950 /975	500 /514	-	14,5	0,23	1500
10	Wartsila L64/90	640	580	2150	327,3 /333,3	0,164	14,5	0,24	16200

Таблиця 4.5 Основні дані сучасних СОД фірми "MAN B&W Diesel Group"

№ з/п	Марка двигуна	Діаметр циліндра $D_{ц}$, мм	Хід поршня S , мм	Циліндрова потужність двигуна N_{ef} , кВт	Частота обертання колінчастого валу n , хв. ⁻¹	Питома ефективна витрата палива g_e , кг/(кВт·годину)	Ступінь стиснення (дійсна) ϵ_d	Параметр КШМ $\lambda_{ш}$	Питома маса деталей КШМ, що рухаються поступально $m_{с3}$, кг/м ²
1	L21/31	210	310	215	1000	0,195	15,0	0,250	1000
2	L27/38MGO	270	380	365	800	0,190	15,0	0,250	1067

№ з/п	Марка двигуна	Діаметр циліндра $D_{ц}$, мм	Хід поршня S , мм	Циліндрова потужність двигуна N_{ef} , кВт	Частота обертання колінчастого валу n , хв. ⁻¹	Питома ефективна витрата палива g_e , кг/(кВт·годину)	Ступінь стиснення (дійсна) ϵ_d	Параметр КШМ $\lambda_{ш}$	Питома маса деталей КШМ, що рухаються поступально m_s , кг/м ²
3	V28/33D STC "Ferry"	280	330	455	1000	0,190	14,5	0,250	1100
4	V32/40	320	400	500	750/ 720	0,183/ 0,185	14,7	0,245	1250
5	V32/44CR	320	440	560	750/ 720	0,178	14,5	0,246	1250
6	S.E.M.T. Pielstick PC2.6 B	400	460	750	600	-	14,5	0,24	1300
7	V48/60CR	480	600	1200	514/ 500	0,177	14,0	0,240	1400
8	L51/60DF	510	600	1000 /975	514/ 500	0,184	14,0	0,241	1400
9	L58/64	580	640	1400	428	0,185	14,0	0,240	1540

Таблиця 4.6 Основні дані сучасних суднових СОД фірми "Caterpillar"

№ з/п	Марка двигуна	Діаметр циліндра $D_{ц}$, мм	Хід поршня S , мм	Циліндрова потужність двигуна N_{ef} , кВт	Частота обертання колінчастого валу n , хв. ⁻¹	Питома ефективна витрата палива g_e , кг/(кВт·годину)	Ступінь стиснення (дійсна) ϵ_d	Параметр КШМ $\lambda_{ш}$	Питома маса деталей КШМ, що рухаються поступально m_s , кг/м ²
1	МАК М 20 С	200	300	190	1000	0,190	15,1	0,24	1250
2	МАК М 25 С	255	400	333	750	0,184	15,1	0,24	1350
3	МАК LM 32 С	320	480	500	600	0,179	15,0	0,24	1370

№ з/п	Марка двигуна	Діаметр циліндра $D_{ц}$, мм	Хід поршня S , мм	Циліндрова потужність двигуна $N_{ев}$, кВт	Частота обертання колінчастого валу n , хв. ⁻¹	Питома ефективна витрата палива g_e , кг/(кВт·годину)	Ступінь стиснення (дійсна) ϵ_d	Параметр КШМ $\lambda_{ш}$	Питома маса деталей КШМ, що рухаються поступально m_s , кг/м ²
4	МАК М 43 С	320	600	1000	514	0,177	15,0	0,25	1400

Таблиця 4.7 Основні дані сучасних суднових двигунів вітчизняного та закордонного виробництва

№ з/п	Марка двигуна	Діаметр циліндра $D_{ц}$, мм	Хід поршня S , мм	Циліндрова потужність двигуна $N_{ев}$, кВт	Частота обертання колінчастого валу n , хв. ⁻¹	Питома ефективна витрата палива g_e , кг/(кВт·годину)	Ступінь стиснення (дійсна) ϵ_d	Параметр КШМ $\lambda_{ш}$	Питома маса деталей КШМ, що рухаються поступально m_s , кг/м ²
1	4ЧСПН9,5/11	95	110	14	1960	0,290	16	0,200	950
2	6ЧН12/14	120	140	20	1550	0,245	15,5	0,283	950
3	3Д6Н (6ЧН15/18)	150	180	18,4	1500	0,262	15,0	0,300	800
4	М507 (56ЧНСП16/17)	160	170	65,7	2000	0,231	15,5	0,210	1200
5	10Д20,7/2х25,4 (Д100)	207	2х254	132,4	810	0,231	16,0	0,180	1100
6	211Д (6ЧН21/21)	210	210	92	1400	0,218	16,0	0,254	1950
7	8ЧН23/30	230	300	55,2	750	0,216	12,5	0,280	1950
8	6ЧН25/34	250	340	50	500	0,224	12,0	0,246	1850
9	6ЧН26/34	260	340	75	750	0,217	12,5	0,250	1900

№ з/п	Марка двигуна	Діаметр циліндра $D_{ц}$, мм	Хід поршня S , мм	Циліндрова потужність двигуна $N_{eц}$, кВт	Частота обертання колінчастого валу n , хв. ⁻¹	Питома ефективна витрата палива g_e , кг/(кВт·годину)	Ступінь стиснення (дійсна) ε_d	Параметр КПМ $\lambda_{цп}$	Питома маса деталей КПМ, що рухаються поступально $m_{ср}$, кг/м ²
10	16ЧН26/27 (10Д80)	260	270	187,5	1000	0,230	12,6	0,240	1520
11	Д49 (16ЧН26/26)	260	260/ 262	127	1000	0,218	12,5	0,235	1470
12	61В (ДРПН23/2х30)	230	2х300	276	850	0,234	12,5	0,220	1900
13	Д42 (8ЧРН30/38)	300	380	184	700	0,272	12,0	0,303	1920
14	Г74 (6ЧН36/45)	360	450	147,2	375	0,218	13,5	0,200	1830