

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Машинобудівний навчально-науковий інститут

(повна назва підрозділу)

Кафедра двигунів внутрішнього згоряння, установок та технічної експлуатації

(повна назва кафедри)

T72010



ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з науково-педагогічної роботи

Сергій СЛОБОДЯН

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

**КОНСТРУКЦІЯ ТА ДИНАМІКА
ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ**

Structure and Dynamics of Internal Combustion Engines

рівень вищої освіти перший, бакалаврський
перший (бакалаврський) / другий (магістерський)

тип дисципліни обов'язкова
обов'язкова/вибіркова

мова(и) викладання українська
українська/англійська

Миколаїв – 2024

Робоча програма навчальної дисципліни «Конструкція та динаміка двигунів внутрішнього згоряння» є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань

14 Електрична інженерія

(шифр і назва)

спеціальності 142 Енергетичне машинобудування

(шифр і назва)

освітня програма Двигуни внутрішнього згоряння

(зазначаються повна назва освітньої програми)

«__» _____ 2024 року. – __ с.

Розробник: Митрофанов Олександр Сергійович, д.т.н., доцент

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Конструкція та динаміка двигунів внутрішнього згоряння» узгоджено з гарантом освітньої програми

Гарант освітньої програми «Двигуни внутрішнього згоряння»

к.т.н., доцент

Аркадій ПРОСКУРІН

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Конструкція та динаміка двигунів внутрішнього згоряння» розглянуто на засіданні кафедри двигунів внутрішнього згоряння, установок та технічної експлуатації

Протокол № 9 від « 23 » квітня 2024 р.

В.о. завідувача кафедри

Олексій ГОГОРЕНКО

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Конструкція та динаміка двигунів внутрішнього згоряння» розглянуто Навчально-методичною комісією машинобудівного навчально-наукового інституту

Протокол № 2 від « 15 » травня 2024 р.

Голова

Сергій СЕРБІН

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Конструкція та динаміка двигунів внутрішнього згоряння» погоджено з навчальним відділом

Начальник відділу

Андрій ЛАБАРТКАВА

Робоча програма навчальної дисципліни «Конструкція та динаміка двигунів внутрішнього згоряння» затверджена Навчально-методичною радою НУК

Протокол № 4 від « 29 » травня 2024 р.

Голова НМР НУК

Сергій СЛОБОДЯН

© НУК, 2024

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Опис навчальної дисципліни	6
2. Мета вивчення навчальної дисципліни	6
3. Передумови для вивчення дисципліни	7
4. Очікувані результати навчання	7
5. Програма навчальної дисципліни	8
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування.....	17
7. Форми поточного та підсумкового контролю	21
8. Критерії оцінювання результатів навчання	23
9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, викорис- тання яких передбачає навчальна дисципліна	25
10. Рекомендовані джерела інформації	26

ВСТУП

Анотація

«Конструкція та динаміка двигунів внутрішнього згоряння» належить до циклу обов'язкових професійно-орієнтованих дисциплін навчального плану бакалаврів, що навчаються за ОПП «Двигуни внутрішнього згоряння». Дисципліна у значній мірі є основою для подальшого вивчення студентами таких спеціальних дисциплін, як «Міцність ДВЗ», «Конструювання та проектування ДВЗ», «Теорія робочих процесів ДВЗ» та ін.

При викладенні дисципліни основний акцент робиться на вивченні будови сучасних двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) різних типів та призначення виробництва відомих світових фірм, конструкції основних елементів, визначенні сил, що діють у двигуні при його роботі. Розглянуто основні методи визначення сил, що діють у ДВЗ зі значним використанням програмних засобів, розроблених на кафедрі двигунів внутрішнього згоряння, установок та технічної експлуатації НУК. Під час викладення дисципліни передбачено широке застосування математичного моделювання при виконанні студентами індивідуальних завдань та курсовому проектуванні.

Вивченню дисципліни «Конструкція та динаміка ДВЗ» повинно передувати засвоєння таких базових дисциплін, як «Деталі машин», «Теоретична механіка», «Теорія машин та механізмів», «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка» та ін.

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

Abstract

The "Structure and Dynamics of Internal Combustion Engines" belongs to the cycle of mandatory professional-oriented disciplines of the curriculum of bachelors studying under the educational and professional program "Internal Combustion Engines". The discipline is the basis for further study by students of such special disciplines as "Internal Combustion Engines Strength", "Construction and Design of Internal Combustion Engines", "Theory of the Internal Combustion Engines Operating Processes", etc.

In the described discipline, the main emphasis is on the study of the design of modern internal combustion engines (ICE) of various types and the purpose of production of well-known global firms, the design of the main elements, the determination of the forces acting in the engine during its operation. The main methods of determining the forces acting in internal combustion engines are considered, with extensive use of software tools developed at the Department of Internal Combustion Engines, Installations and Technical Operation of the National Academy of Sciences. When teaching the discipline, the wide application of mathematical modeling is provided when students complete individual tasks and during course design.

The study of the discipline "Construction and dynamics of internal combustion engines" should be preceded by mastering such basic disciplines as "Machine Details", "Theoretical Mechanics", "Theory of Mechanisms and Machines", "Descriptive Geometry, Engineering and Computer Graphics", etc.

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 – 2		Рік підготовки:	
Змістових модулів – 5		4-й	4-й
Електронний адрес РПНД на сайті Університету: https://nuos.edu.ua/studentu/polozhennya-nuk/opis-opp/opp-dviguni-vnutrishnogo-zgoryannya-bakalavr/	Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування	Семестр	
		7-й	7-й
		Лекцій	
Індивідуальне науково-дослідне завдання (Курсовий проект)	Освітня програма Двигуни внутрішнього згоряння	60 год.	28 год.
		Практичні, семінарські	
		45 год.	20 год.
Загальна кількість годин – 270		Лабораторні	
		–	–
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 7; самостійної роботи студента – 11;	Освітній рівень: перший (бакалаврський)	Самостійна робота	
		165 год.	222 год.
		Індивідуальні завдання: Курсовий проект	
		Вид контролю: екзамен	
		Форма контролю: комбінована	

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Мета дисципліни – опанувати принцип роботи та будову ДВЗ різного призначення, конструкцію їх елементів та систем, які забезпечують роботу двигунів. Вивчення сил, що діють у двигуні при роботі та методики їх розрахунку, визначення неврівноважених сил і моментів й засобів їх урівноваження, а також крутильних коливань в установках з ДВЗ.

Завдання дисципліни – овоєння студентами теоретичних та практичних знань щодо конструкції сучасних та перспективних зразків ДВЗ, а також методик розрахунку їх динаміки.

Відповідно до освітньо-професійної програми студент має набути наступні компетентності:

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

ЗК 4. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ФК 1. Здатність продемонструвати систематичне розуміння ключових аспектів та концепції розвитку галузі енергетичного машинобудування.

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

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

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумовами для вивчення дисципліни є вивчення дисциплін: «Вища математика», «Фізика», «Деталі машин», «Теоретична механіка», «Теорія машин та механізмів», «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка».

4. Очікувані результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів наступних результатів навчання:

ПРН 1. Знання і розуміння математики, фізики, тепломасообміну, технічної термодинаміки, гідрогазодинаміки, трансформації (перетворення) енергії, технічної механіки, конструкційних матеріалів, систем автоматизованого проектування енергетичних машин на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми.

ПРН 2. Знання і розуміння інженерних наук на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях.

ПРН 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.

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

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

ПРН 12. Застосовувати практичні навички вирішення завдань, що передбачають реалізацію інженерних проектів і проведення досліджень.

5. Програма навчальної дисципліни

Модуль № 1.

Змістовий модуль № 1. Загальна будова ДВЗ та конструкція деталей остова.

Тема № 1. Класифікація суднових ДВЗ. Основні визначення та маркування двигунів.

Тема № 2. Загальна будова двотактного та чотиритактного ДВЗ з наддувом. Функціональні системи ДВЗ.

Тема № 3. Можливі варіанти виготовлення та з'єднання деталей остова. Конструктивні схеми блоків циліндрів, фундаментних рам та піддонів, умови їх роботи та вимоги до них.

Тема № 4. Втулка робочого циліндру. Умови роботи. Відмінні особливості конструкції втулок двотактних та чотиритактних ДВЗ.

Тема № 5. Кришка робочого циліндру. Умови роботи. Відмінні особливості конструкції кришок двотактних та чотиритактних ДВЗ.

Змістовий модуль № 2. Конструктивні схеми деталей руху.

Тема № 6. Конструктивні схеми кривошипно-шатунних механізмів двигунів різних типів. Типи поршнів, умови їх роботи та вимоги до них.

Тема № 7. Поршневий палець. Поршневі кільця. Конструкція, умови роботи.

Тема № 8. Конструкція шатунів, умови роботи та вимоги до них.

Лекція 9. Конструкція колінчастих валів, умови роботи та вимоги до них.

Лекція 10. Конструктивні схеми механізму газорозподілу двигунів різних типів, будова їх деталей та умови роботи.

Змістовий модуль № 3. Системи ДВЗ.

Лекція 11. Принципові схеми системи паливоподачі, вимоги до неї. Устрій форсунок та насосів високого тиску.

Лекція 12. Принципові схеми масляної системи, вимоги до неї, характеристики елементів.

Лекція 13. Принципові схеми системи охолодження, вимоги до неї, характеристики елементів.

Лекція 14. Принципові схеми систем повітропостачання та газовипуску, вимоги до них, характеристики елементів.

Змістовий модуль №4. Кінематика КШМ та сили, діючі в двигуні.

Лекція 15. Принципові схеми КШМ двигунів різних типів. Основні співвідношення та припущення прийняті в розрахунках динаміки ДВЗ.

Лекція 16. Кінематика центрального КШМ.

Лекція 17. Кінематика зміщеного КШМ.

Лекція 18. Кінематика КШМ V-подібного двигуна з причіпним шатуном.

Лекція 19. Визначення приведених мас для розрахунку сил інерції.

Лекція 20. Сили інерції від мас, що обертаються та поступово рухаються.

Лекція 21. Визначення сили тиску газів та рушійної сили.

Лекція 22. Аналіз дії рушійної сили на елементи КШМ, підшипники та двигун в цілому.

Лекція 23. Визначення сумарних дотичних зусиль та крутного моменту в багатоциліндрових двигунах.

Лекція 24. Степінь нерівномірності обертання колінчастого валу її визначення та шляхи забезпечення необхідної величини. Розрахунок маховика.

Змістовий модуль №5. Динамічна неврівноваженість двигуна та крутильні коливання в установках з ДВЗ.

Лекція 25. Визначення результуючих сил інерції та їх моментів у багатоциліндрових двигунах.

Лекція 26. Визначення результуючих сил інерції та їх моментів у багатоциліндрових двигунах графічним способом.

Лекція 27. Врівноваження двигунів.

Лекція 28. Власні та змушуючі коливання в крутильних системах.

Лекція 29. Змушені та резонансні крутильні коливання в ДВЗ.

Лекція 30. Методика розрахунку крутильних коливань та способи їх зменшення.

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.		л*	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12
Модуль 1.										
Змістовий модуль 1. Загальна будова ДВЗ та конструкція деталей остова										
Тема 1. Класифікація судових ДВЗ. Основні визначення та маркування двигунів.	6	2	–	–	4	6	–	–	–	6
Тема 2. Загальна будова двотактного та чотиритактного ДВЗ з наддувом. Функціональні системи ДВЗ.	6	2	–	–	4	6	–	–	–	6
Тема 3. Можливі варіанти виготовлення та з'єднання деталей остова. Конструктивні схеми блоків циліндрів, фундаментних рам та піддонів, умови їх роботи та вимоги до них.	6	2	2	–	2	6	2	1	–	3
Тема 4. Втулка робочого циліндру. Умови роботи. Відмінні особливості конструкції втулок двотактних та чотиритактних ДВЗ.	6	2	2	–	2	6	2	1	–	3
Тема 5. Кришка робочого циліндру. Умови роботи. Відмінні особливості конструкції кришок двотактних та чотиритактних ДВЗ.	6	2	2	–	2	6	2	–	–	4
Разом за змістовим модулем 1	30	10	6	–	14	30	6	2	–	22
Змістовий модуль 2. Конструктивні схеми деталей руху										
Тема 6. Конструктивні схеми кривошипно-шатунних механізмів двигунів різних типів. Типи поршнів, умови їх роботи та вимоги до них.	6	2	2	–	2	6	2	2	–	2
Тема 7. Поршневий палець. Поршневі кільця. Конструкція, умови роботи.	6	2	2	–	2	6	–	2	–	4
Тема 8. Конструкція шатунів, умови роботи та вимоги до них.	6	2	2	–	2	6	2	2	–	2
Тема 9. Конструкція колінчастих валів, умови роботи та вимоги до них.	6	2	2	–	2	6	2	2	–	2

Тема 10. Конструктивні схеми механізму газорозподілу двигунів різних типів, будова їх деталей та умови роботи.	6	2	2	–	2	6	2	–	–	4
Разом за змістовим модулем 2	30	10	10	–	10	30	8	8	–	14
Змістовий модуль 3. Системи ДВЗ										
Тема № 11. Принципові схеми системи паливоподачі, вимоги до неї. Устрій форсунок та насосів високого тиску.	8	2	2	–	4	8	–	–	–	8
Тема № 12. Принципові схеми масляної системи, вимоги до неї, характеристики елементів.	8	2	2	–	4	8	–	–	–	8
Тема № 13. Принципові схеми системи охолодження, вимоги до неї, характеристики елементів.	8	2	2	–	4	8	–	–	–	8
Тема № 14. Принципові схеми систем повітропостачання та газовипуску, вимоги до них, характеристики елементів.	6	2	2	–	2	6	–	–	–	6
Разом за змістовим модулем 3	30	8	8	–	14	30	–	–	–	30
Змістовий модуль 4. Кінематика КШМ та сили, діючі в двигуні										
Тема № 15. Принципові схеми КШМ двигунів різних типів. Основні співвідношення та припущення прийняті в розрахунках динаміки ДВЗ.	6	2	–	–	4	6	2	–	–	4
Тема № 16. Кінематика центрального КШМ.	6	2	2	–	2	6	–	–	–	6
Тема № 17. Кінематика зміщеного КШМ.	6	2	–	–	4	6	–	–	–	6
Тема № 18. Кінематика КШМ V-подібного двигуна з причіпним шатуном.	6	2	–	–	4	6	–	–	–	6
Тема № 19. Визначення приведених мас для розрахунку сил інерції.	6	2	–	–	4	6	–	–	–	6
Тема № 20. Сили інерції від мас, що обертаються та поступово рухаються.	4	2	2	–	–	4	2	1	–	1
Тема № 21. Визначення сили тиску газів та рушійної сили.	4	2	2	–	–	4	2	1	–	1
Тема № 22. Аналіз дії рушійної сили на елементи КШМ, підшипники та двигун в цілому.	6	2	2	–	2	6	–	2	–	4
Тема № 23. Визначення сумарних дотичних зусиль та крутного моменту в багатоциліндрових двигунах.	6	2	2	–	2	6	2	2	–	2
Тема № 24. Степінь нерівномірності обертання колінчастого	10	2	3	–	5	10	2	2	–	6

валу її визначення та шляхи забезпечення необхідної величини. Розрахунок маховика.										
Разом за змістовим модулем 4	60	20	13	–	27	60	10	8	–	42
Змістовий модуль №5. Динамічна неврівноваженість двигуна та крутильні коливання в установках з ДВЗ										
Тема № 25. Визначення результуючих сил інерції та їх моментів у багатоциліндрових двигунах.	6	2	2	–	2	6	2	1	–	3
Тема № 26. Визначення результуючих сил інерції та їх моментів у багатоциліндрових двигунах графічним способом.	6	2	2	–	2	6	2	1	–	3
Тема № 27. Врівноваження двигунів.	4	2	2	–	–	4	–	–	–	4
Тема № 28. Власні та змушуючі коливання в крутильних системах.	4	2	–	–	2	4	–	–	–	4
Тема № 29. Змушені та резонансні крутильні коливання в ДВЗ.	4	2	–	–	2	4	–	–	–	4
Тема № 30. Методика розрахунку крутильних коливань та способи їх зменшення.	6	2	2	–	2	6	–	–	–	6
Разом за змістовим модулем 5	30	12	8	–	10	30	4	2	–	24
Разом за модулем 1	90	32	21	–	37	90	14	10	–	66
Модуль 2										
Курсовий проєкт	90	–	–	–	90	90	–	–	–	90
Разом за курсом	270	60	45	–	165	270	28	20	–	222

* За заочної формою проводяться оглядові лекції.

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Вивчення конструктивних схем двигунів різного типу (ВОД, СОД, МОД).	4	–
2	Конструкція кришок циліндрів, блока циліндрів, втулок та фундаментальної рами.	2	2
3	Вивчення схем та конструктивних елементів КШМ двигунів різних типів.	2	2
4	Вивчення будови поршнів різного типу, виконання їх ескізів.	2	2
5	Вивчення будови шатунів та виконання їх ескізів.	2	2
6	Вивчення будови колінчастих валів та виконання їх ескізів.	2	2
7	Розгляд конструктивних схем механізму газорозподілу та будова їх елементів.	2	–
8	Розгляд принципів схем системи паливоподачі, устрою елементів та виконання їх ескізів.	2	–
9	Розгляд принципів схем системи охолодження, устрою елементів та виконання їх ескізів.	2	–
10	Розгляд принципів схем системи змащення, устрою елементів та виконання їх ескізів.	2	–
11	Розгляд принципів схем систем повітропостачання та газовипуску, устрою елементів і виконання їх ескізів.	2	–
12	Розрахунок та побудова графіків переміщення, швидкості та прискорення поршня двигуна. Аналіз закону переміщення в залежності від кута оберту колінчастого валу.	2	–
13	Визначення сил інерції та тиску газів.	2	2
14	Визначення рушійної сили та її дії на КШМ.	2	2
15	Визначення сумарних дотичних сил та крутного моменту ДВЗ.	2	2
16	Розрахунок ступеня нерівномірності обертання колінчастого валу двигуна.	1	–
17	Визначення необхідності в маховику та розрахунок його розмірів.	2	2
18	Визначення невірноважених сил інерції та моментів в двигуні.	4	2
19	Розгляд методів зрівноваження невірноважених сил та моментів.	4	–
20	Складання розрахункових схем для визначення крутильних коливань.	2	–
	Разом	45	20

Метою проведення практичних занять є ознайомлення студентів з будовою та конструктивними особливостями сучасних ДВЗ різних типів та призначення виробництва відомих світових фірм; методиками розрахунку сил, діючих на КШМ та двигун у цілому; визначенню невірноваженості двигуна та методів її зменшення; придбання практичних навиків у проведенні розрахунків.

Самостійна робота

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Підготовка до лекцій	30	60
2	Підготовка до практичних робіт	35	62
3	Виконання курсового проєкту	90	90
4	Підготовка до контрольних заходів	10	10
	Разом	165	222

Завдання на виконання курсового проєкту

Курс дисципліни «Конструкція та динаміка ДВЗ» супроводжується курсовим проєктуванням. Курсовий проєкт виконується з застосуванням сучасних програмних засобів розроблених на кафедрі ДВЗ, У та ТЕ та має окрему оцінку.

Ціль виконання проєкту – поглибити знання з конструкції ДВЗ, отримання практичних навичок проведення розрахунків сил, діючих на КШМ та двигун у цілому, визначення нерівномірності обертання колінчастого валу та розрахунку необхідного маховика, проведення аналізу невірноваженості двигуна та методів її зменшення.

Курсовий проєкт складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка містить:

- титульний лист;
- завдання на виконання курсового проєкту;
- зміст;
- вступ (стислий опис мети виконуваного курсового проєкту та основних очікуваних результатів);
- опис конструкції двигуна-прототипу;
- визначення вихідних даних для синтезу робочого процесу двигуна при його роботі на номінальному режимі;
- розрахунок номінального режиму двигуна-прототипу;
- розрахунок та побудова індикаторної діаграми;
- вибір параметрів та схеми дії сил на КШМ, їх визначення і побудова;
- визначення сумарної дотичної сили, побудова графіка;

- розрахунок та побудова полярних діаграм навантажень на шейки колінчастого валу;
- визначення неврівноважених сил та моментів сил інерції графічним та аналітичним способами;
- розрахунок маховика;
- пропозиції та обґрунтування можливих конструктивних змін, спрямованих на підвищення працездатності й надійності роботи двигуна-прототипу;
- висновки (у висновку необхідно навести основні підсумки виконаних розрахунків із зазначенням основних кількісних та якісних результатів);
- перелік використаної літератури.

Графічна частина складається з плакатів, що містять індикаторну діаграму, рисунки розрахункової схеми дії сил на КШМ, графіків сил, діючих на КШМ та сумарної дотичної сили, а також полярних діаграм навантажень на шейки колінчастого валу. Також до графічної частини входить робоче креслення аркуш формату А1 (або А2) деталі механізму руху двигуна, або складальне креслення самого двигуна. Вибір типу креслення здійснюється викладачем.

Склад, обсяг і терміни виконання курсового проєкту з дисципліни наведено в Додатку 1.

Параметри двигунів*

№ з/п	Типи двигунів та їх основні параметри
1	Судновий двигун типу 16ЧН 48/60, $N_e = 18400$ кВт, $n = 514$ об/хв
2	Судновий двигун типу 8ДКРН 84/315, $N_e = 33600$ кВт, $n = 76$ об/хв
3	Автомобільний двигун типу 8ЧН 12/13, $N_e = 264$ кВт, $n = 1900$ об/хв
4	Судновий двигун типу 5ДКРН 60/230, $N_e = 10200$ кВт, $n = 105$ об/хв
5	Автомобільний двигун типу 4ЧН 7,95/9,55, $N_e = 66$ кВт, $n = 4000$ об/хв
6	Судновий двигун типу 6ЧН 18/28, $N_e = 800$ кВт, $n = 1000$ об/хв
7	Судновий двигун типу 12ДКРН 96/250, $N_e = 68640$ кВт, $n = 102$ об/хв
8	Судновий двигун типу 8ЧН 32/40, $N_e = 4000$ кВт, $n = 750$ об/хв
9	Автомобільний двигун типу 6ЧН 10,8/12,5, $N_e = 206$ кВт, $n = 2400$ об/хв
10	Судновий двигун типу 8ЧН 40/48, $N_e = 4200$ кВт, $n = 530$ об/хв
11	Автомобільний двигун типу 4ЧН 11/12,5, $N_e = 90$ кВт, $n = 2400$ об/хв
12	Судновий двигун типу 8ДКРН 26/98, $N_e = 2720$ кВт, $n = 212$ об/хв
13	Автомобільний двигун типу 6ЧН 12,8/16,6, $N_e = 390$ кВт, $n = 1800$ об/хв
14	Судновий двигун типу 4ЧН 20/28, $N_e = 720$ кВт, $n = 1000$ об/хв

*Список двигунів та їх параметрів постійно оновлюється

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

Методи навчання:

- лекції;
- робота з літературою;
- репродуктивні бесіди;
- практичні.

Контроль успішності навчання здобувачів проводиться у формах поточного і підсумкового контролю.

Поточний контроль полягає у перевірці знань і практичної підготовленості здобувачів з певної завершеної частини навчальної дисципліни (змістового модуля), умінь виконання індивідуальних завдань.

Формами поточного контролю результатів навчання є:

- усні відповіді на практичних заняттях;
- виконання розділів курсового проєкту та його графічної частини;
- модульний контроль у формі тестування.

Підсумковий контроль – екзамен.

Перелік питань до дисципліни:

1. В чому полягає принцип роботи чотиритактного двигуна?
2. В чому полягає принцип роботи двотактного двигуна?
3. Навести схему загальної будови чотиритактного ДВЗ та описати взаємодію його основних елементів.
4. Навести схему загальної будови двотактного ДВЗ та описати взаємодію його основних елементів.
5. Навести схему загального устрою чотиритактного ДВЗ з наддувом.
6. Які деталі входять до складу деталей остова, варіанти їх компоновки?
7. Поясніть конструктивні схеми ДВЗ.
8. Навести схеми кришок циліндрів, умови їх роботи.
9. Навести можливі схеми блоків циліндрів.

10. Навести схеми втулок циліндрів для різних типів двигунів.
11. Навести шляхи удосконалення втулок циліндрів з метою зниження їх теплового стану.
12. Способи ущільнення місць з'єднання втулок та кришок, втулки й блока циліндрів.
13. Навести конструктивні схеми фундаментних рам та піддонів.
14. Навести конструктивні схеми КШМ двигунів різних типів.
15. Які основні функції крейцкопфного вузла двигуна? Опишіть його устрій.
16. Які типи поршнів використовуються в ДВЗ?
17. Які умови роботи поршнів та вимоги до них?
18. Навести методи зниження теплових та механічних навантажень у поршні.
19. Які способи охолодження поршнів?
20. Навести конструктивні схеми шатунів, які використовуються в ВОД, СОД та МОД.
21. Які типи кілець використовують в ДВЗ? Опишіть їх конструкцію.
22. Поясніть принципи роботи маслоз'ємних кілець.
23. Які конструкції колінчастих валів використовуються в ДВЗ?
24. Як здійснюється змащення шийок колінчастих валів?
25. Як визначається кут заклинки кривошипів колінчастого валу?
26. Які конструктивні схеми механізму газорозподілу використовуються в ДВЗ?
27. Які деталі входять до складу механізму газорозподілу двигуна? Опишіть їх взаємодію.
28. Які типи приводів розподільчих валів застосовуються в ДВЗ?
29. Який профіль мають кулачки для приводу механізму газорозподілу?
30. Навести конструктивні схеми клапанів та сформулювати вимоги до них.
31. Як виконується регулювання теплового зазору в клапанному механізмі?
32. Навести конструктивні схеми клапанів, що мають охолодження.
33. Поясніть роботу механізму газорозподілу з гідроприводом.
34. Як розташовані клапани на кришці циліндрів.

35. Які схеми паливних систем використовуються в дизельних ДВЗ. Сформулюйте вимоги до них.
36. Яким чином здійснюється регулювання кількості палива, подаваного в циліндр ДВЗ.
37. Поясніть принцип роботи паливного насосу високого тиску.
38. Які типи форсунок використовують в ДВЗ?
39. Які схеми охолодження використовують в двигунах транспортних засобів?
40. Які схеми охолодження використовують в двигунах стаціонарних установок?
41. Які елементи входять до складу системи охолодження та який їх устрій?
42. Які схеми змащення використовують в ДВЗ?
43. Які елементи входять до складу системи змащення та який їх устрій?
44. Які елементи входять до складу впускної системи та який їх устрій?
45. Які елементи входять до складу випускної системи та який їх устрій?
46. Які способи запуску ДВЗ в роботу Вам відомі?
47. Які схеми запуску ДВЗ в роботу, за допомогою стиснутого повітря, використовуються?
48. Які кінематичні схеми КШМ використовуються в ДВЗ?
49. Які переваги та недоліки мають КШМ крейцкопфних двигунів?
50. Поясніть графічний спосіб визначення переміщення поршня.
51. Як визначається швидкість поршня в залежності від кута повороту кривошипа?
52. Як визначається прискорення поршня в залежності від кута повороту кривошипа?
53. Визначити прискорення поршня у ВМТ та НМТ, й порівняти їх.
54. Як графічним методом (метод Толле) визначити прискорення поршня?
55. Які сили діють на КШМ двигуна?
56. Як визначаються сили інерції від мас які обертаються та поступово рухаються?

57. Як визначаються приведені маси деталей КШМ, які обертаються та поступово рухаються.
58. Як визначається сила тиску газів на поршень?
59. Як визначається рушійна сила, що діє на КШМ?
60. Які сили виникають у КШМ від дії рушійної сили?
61. Як визначаються сумарна дотична сила та крутний момент в багатоциліндровому двигуні?
62. Як визначається крутний момент двигуна та нерівномірність обертання (кутової швидкості) колінчастого валу?
63. Що таке ступінь нерівномірності обертання колінчастого валу та як він визначається?
64. Які шляхи поліпшення степеня нерівномірності обертання колінчастого валу Вам відомі?
65. Яким чином визначаються розміри маховика для забезпечення необхідного ступеня нерівномірності обертання колінчастого валу?
66. Які причини виникнення динамічної неврівноваженості двигуна?
67. Який двигун вважається врівноваженим та поясніть методику розрахунку його динамічної неврівноваженості?
68. Наведіть схему дії сил інерції в багатоциліндровому двигуні.
69. Як графічним методом визначити неврівноважену силу інерції та момент від мас, що обертаються?
70. Як графічним методом визначити неврівноважену силу інерції та момент першого порядку від мас, що поступово рухаються?
71. Як графічним методом визначити неврівноважену силу інерції та момент другого порядку від мас, що поступово рухаються?
72. Як графічним методом визначити неврівноважену силу та момент від системи сил інерції першого порядку ПРМ?
73. Як графічним методом визначити неврівноважену силу та момент від системи сил інерції другого порядку ПРМ?

74. Яким чином на двигуні виконується зрівноваження неврівноваженої сили інерції та моменту від мас, що обертаються?
75. Яким чином на двигуні виконується зрівноваження неврівноваженої сили інерції та моменту першого порядку від ПРМ?
76. Що таке вільні крутильні коливання?
77. Що таке змушені та резонансні крутильні коливання?
78. Опишіть методику визначення крутильних коливань?
79. Яким чином будується розрахункова схема для знаходження крутильних коливань?
80. Які є способи зменшення крутильних коливань?
81. На чому засновано принцип дії гасителя крутильних коливань?

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення студента оцінюються за 100-бальною системою Університету. Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю та оцінки екзамену.

У кожного компонента своя частка у загальній системі оцінок. За проміжну оцінку знань та вмінь здобувач освіти може отримати до 60 балів. Під складовою проміжних оцінок розуміються поточні оцінки протягом усього семестру (активність, участь в дискусіях; виконання завдань та інше).

Під час проведення екзамену із дисципліни студент повинен відповісти на три питання із екзаменаційного білету, які формуються із питань до кожного розділу лекційного курсу. Відповідь на запитання студентам пропонується надавати у письмовій формі із подальшими усними поясненнями та уточненнями. Під час складання екзамену можливе використання власних конспектів із дозволу викладача.

Питома вага заключного екзамену в загальній системі оцінок – **40 балів**. Право здавати заключний екзамен надається здобувачеві освіти, якій із урахуванням проміжних оцінок та максимального балу заключного іспиту наби-

рає не менше **60 балів**. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки заключного іспиту.

		Денна форма		Заочна форма	
		Вид роботи	Кількість балів	Вид роботи	Кількість балів
ЗМ 1	T1	Контрольна робота № 1	10	Контрольна робота № 1	10
	T2				
	T3				
	T4				
	T5				
ЗМ 2	T6	Контрольна робота № 2	10	Контрольна робота № 2	10
	T7				
	T8				
	T9				
	T10				
ЗМ3	T11	Контрольна робота № 3	10	Контрольна робота № 3	10
	T12				
	T13				
	T14				
ЗМ4	T15	Контрольна робота № 4	10	Контрольна робота № 4	10
	T16				
	T17				
	T18				
	T19	Контрольна робота № 5	10	Контрольна робота № 5	10
	T20				
	T21				
	T22				
ЗМ5	T23	Контрольна робота № 6	10	Контрольна робота № 6	10
	T24				
	T25				
	T26				
	T27				
	T28				
Підсумковий контроль		Екзамен	40	Екзамен	40
Сума			100		100

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	Денна форма	Заочна форма
Виконання контрольних робіт	10х6 = 60 балів	10х6 = 60 балів
Всього	60	60

Поточний контроль проводиться на практичних заняттях у вигляді виконання контрольних робіт. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із відповідної теми (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) під час роботи на практичних заняттях. Зарахування кредитів навчального курсу можливо тільки після досягнення результатів, запланованих РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок, передбачених чинним законодавством.

8. Критерії оцінювання результатів навчання

8.1. Оцінювання знань при виконанні контрольних робіт

– для студентів денної та заочної форми навчання

Бали	Критерії оцінювання
10	Робота виконана у встановлений термін, має коректні вихідні дані, пояснювальні схеми та охайно оформлені розрахунки до кожної з задач. Розрахунки та визначення наведені без помилок, всі задачі повністю розв'язані
8	Робота виконана вчасно і в цілому вірно, має всі складові елементи, проте студентом допущені незначні помилки в розрахунках та/або визначеннях, є недоліки щодо оформлення
6	Робота виконана вчасно, має принципово вірний напрямок розв'язання основних задач, проте при її виконанні студентом зроблені досить суттєві помилки, що призвели до невірної кінцевої відповіді на відповідні питання
4	Робота виконана з порушенням встановлених строків, має суттєві помилки, недоліки в оформленні, студент відповів лише на частину поставлених питань та задач
0	Контрольна робота не здана вчасно, або не містить правильних відповідей

8.2. Контроль та оцінювання знань за виконання курсового проєкту

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
до 40	до 20	до 40	100

Параметри оцінювання	Кількість балів	Критерії оцінювання за бальною шкалою
Пояснювальна записка	40	Зміст проєкту відповідає обраній темі; наявність чітко сформульованої проблеми; адекватність формулювання об'єкта, предмета, мети та задач дослідження; визначення ступеню розробленості проблеми дослідження; наявність посилань на використану літературу та відповідність оформлення роботи стандарту; адекватність обраних методів предмету дослідження, грамотне використання методів (процедура, обробка, інтерпретація результатів); використання методів математич-

		ної статистики; відповідність висновків меті та завданням дослідження. Проєкт виконувався систематично та вчасно подана на перевірку науковому керівнику у відповідності із планом виконання курсової роботи.
	35	Зміст проєкту відповідає обраній темі; але має поверхневий аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано. Проєкт виконувався не систематично та поданий на перевірку науковому керівнику з порушенням плану та виконання курсової роботи.
	30	Проєкт оформлена за вимогами, які пред'являються до курсових робіт, але має недостатньо критичний аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано. Основні тези роботи розкриті, але недостатньо обґрунтовані, нечітко сформульовано висновки, пропозиції і рекомендації
	20	Студент відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень і лише за допомогою викладача може виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих.
	10	Проєкт не носить дослідницького характеру, не має аналізу і не відповідає вимогам, які пред'являються до курсових робіт. У роботі немає висновків або вони носять декларативний характер.
Ілюстративна частина	20	Презентація добре організована, доповідь супроводжується ілюстративними матеріалами, матеріали ілюстрації підготовлені відповідно до вимог що висуваються.
	15	Презентація добре організована, доповідь супроводжується ілюстративними матеріалами, на які не завжди дано посилання у доповіді або ілюстративні матеріали оформлені з незначними зауваженнями.
	10	Ілюстративні матеріали низької якості, в організації презентації спостерігається невпевненість.
	5	Ілюстративні матеріали низької якості, в доповіді немає посилань на ілюстративні матеріали.
Захист роботи	40	Доповідь логічно побудована, здобувач освіти чітко та стисло викладає основні результати дослідження, показує глибокі знання з питань теми, оперує даними дослідження, вносить пропозиції по темі дослідження, під час доповіді вміло використовує презентацію, впевнено і докладно відповідає на поставлені запитання.
	35	Здобувач освіти спроможний чітко та стисло викласти основні результати дослідження, дає правильні відповіді на всі запитання, але не завжди упевнений в аргументації, чи не завжди коректно її формулює.
	30	Здобувач освіти спроможний чітко та стисло викласти основні результати дослідження, належно обґрунтовує положення роботи, але допускає неточності у відповідях на запитання.
	25	Здобувач освіти спроможний чітко та стисло викласти основні результати дослідження але допускає суттєві неточності у відповідях на запитання, не завжди належно обґрунтовує положення роботи.
	20	Здобувач освіти невпорядковано викладає основні результати дослідження, намагається дати відповідь на поставлені запитання.

		тання і робить спроби аргументувати положення роботи.
	15	Здобувач освіти невіпорядковано викладає основні результати дослідження робить спроби аргументувати положення роботи, надає неповні, поверхові, необґрунтовані відповіді на поставлені питання.
	10	Здобувач освіти демонструє задовільні знання з теми дослідження, але не може впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання членів комісії, та належно обґрунтувати положення роботи.
	5	Здобувач освіти невіпорядковано викладає основні результати дослідження, не спроможний дати відповідь на запитання, відстоювати свою позицію.

8.3. Критерії оцінювання програмних результатів навчання здобувачів освіти під час екзамену

30...40 балів ставиться здобувачу, який демонструє повні і глибокі знання навчального матеріалу, достовірний рівень розвитку умінь і навичок, правильне й обґрунтоване формулювання практичних висновків, уміння приймати необхідні рішення в нестандартних ситуаціях, вільне володіння науковими термінами, високу комунікативну культуру;

20...29 балів ставиться здобувачу, який виявляє дещо обмежені знання навчального матеріалу, допускає окремі несуттєві помилки та неточності;

10...19 бали ставиться здобувачу, який засвоїв основний навчальний матеріал, володіє необхідними уміннями та навичками для вирішення стандартних завдань, проте, при цьому допускає неточності, не виявляє самостійності суджень, демонструє недоліки комунікативної культури;

0...9 балів ставиться здобувачу, який не володіє необхідними знаннями, уміннями, навичками, науковими термінами, демонструє низький рівень комунікативної культури.

9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна

У якості наочного матеріалу під час лекційних та практичних занять використовуються плакати, креслення і фотографії конструктивних схем сучасних ДВЗ різного призначення та їх елементів, проспекти фірм-виробників

двигунів, зразки елементів ДВЗ, макети двигунів, що знаходяться у спеціалізованих аудиторіях кафедри ДВЗ, У та ТЕ. До засобів навчання також слід віднести використання студентами персональних комп'ютерів з доступом до мережі інтернет, які дають змогу виконувати математичні розрахунки, двовимірні та тривимірні креслення деталей двигуна безпосередньо під час проведення практичних занять.

Для поглибленого вивчення дисципліни рекомендується систематичне опрацювання фахових журналів: «Двигатели внутреннего сгорания», «SAE Technical paper». З метою роз'яснення найбільш складних питань дисципліни та підвищення якості проведення практичних занять слід проводити групові та індивідуальні консультації за розкладом кафедри.

Демонстрація поточних результатів виконання групового індивідуального завдання підгрупами студентів, захист рефератів та підсумковий залік виконуються з використанням лазерного проектора.

10. Рекомендовані джерела інформації

1. Суднові двигуни внутрішнього згоряння: Підручник / В.С. Наливайко, Б.Г. Тимошевський, С.Г. Ткаченко. Миколаїв : видавець Торубара В.В., 2015. – 332 с.
2. Наливайко В.С. Конструктивні вузли та системи судових двигунів внутрішнього згоряння : навчальний посібник / В.С. Наливайко, Б.Г. Тимошевський. – Миколаїв : Нук, 2013. – 100 с.
3. Наливайко В. С. Суднові двигуни внутрішнього згоряння: Методичні вказівки до виконання графіко-розрахункових робіт / В. С. Наливайко, С. Г. Ткаченко, В. С. Хоменко. – Миколаїв: НУК, 2012. – 72 с.
4. Наливайко В. С., Ткаченко С. Г., Хоменко В. С. Конструкція і динаміка двигунів внутрішнього згоряння. Програма, методичні вказівки та контрольні завдання для студентів заочної форми навчання. – Миколаїв: НУК, 2008. – 64 с.
5. Ткаченко С. Г., Наливайко В. С., Хоменко В. С. Теорія двигунів внут-

рішнього згоряння. Програма, методичні вказівки та контрольні завдання для студентів заочної форми навчання. – Миколаїв: УДМТУ, 2001. – 56 с.

6. Марченко А. П., Рязанцев М. К., Шеховцов А. Ф. Двигуни внутрішнього згоряння : серія підручників у 6 т. Т. 1. Розробка конструкції форсованих двигунів наземних транспортних машин / ред. проф. А. П. Марченко та засл. діяча науки України проф. А. Ф. Шеховцова. Харків : Прапор, 2004. – 384 с.

7. Основи теорії та динаміки автомобільних двигунів : підручник / В. Ф. Шапко, С. В. Шапко. – Харків : Точка, 2016. – 232 с.

8. Марченко А. П., Рязанцев М. К., Шеховцов А. Ф. Двигуни внутрішнього згоряння : серія підручників у 6 т. Т. 2. Доводка конструкції форсованих двигунів наземних транспортних машин / ред. проф. А. П. Марченко та засл. діяча науки України проф. А. Ф. Шеховцова. Харків : Прапор, 2004. – 288 с.

9. Двигуни внутрішнього згоряння. Теорія: Підручник / В.Г. Дяченко; За ред. А. П. Марченка. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2008. – 488 с.

10. Абрамчук Ф. І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є., Тимченко І.І. Автомобільні двигуни: Підручник. – К.: Арістей, 2004. – 474 с.

11. Абрамчук Ф. І., Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т.6 Надійність ДВЗ / Ф. І. Абрамчук, М. К. Рязанцев, А. Ф. Шеховцов / ред. проф. А. П. Марченко та засл. діяча науки України проф. А. Ф. Шеховцова. Харків : Прапор, 2004. – 324 с.

12. Шапко В. Ф., Шапко С. В. Основи теорії та динаміки автомобільних двигунів: підручник. – Харків: Точка, 2016. – 232 с

Допоміжна література

1. Шапко В. Ф. Автомобільні двигуни. Основи теорії двигунів внутрішнього згоряння: підручник. Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2023. – 180 с.

2. Mollenhauer, K. Handbook of diesel engines / K. Mollenhauer, H. Tschoeke. – Berlin : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010. – 634 p.
3. Pounder C.C. Marine diesel engines and gas turbines. – London : Dous Woodyard, 2009. – 887 p.
4. Caterpillar Motoren GmbH & Co. MaK M 25 C. Project Guide. Propulsion. 2012. 120 p.
5. Östreicher G., Doncic A., Goranov S., Pennycott A., Signorile M. WiCE - New Engine Control System for Two-Stroke Engines Vancouver. 2019.
6. MAN Diesel & Turbo. MAN 51/60DF. Project Guide – Marine Four-stroke dual-fuel engines compliant with IMO Tier II / IMO Tier III. 2015. 460 p.
7. Winterthur Gas & Diesel. X-35 B. Operation Manual. 2020. 486 p.

Додаток №1.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова
МАШИНОБУДІВНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра ДВЗ, У та ТЕ

ЗАВДАННЯ

на виконання курсового проєкту з дисципліни
«Конструкція та динаміка ДВЗ»

Вихідні дані _____

ЗМІСТ РОБОТИ

1. Розрахунково-пояснювальна записка:

- титульний лист;
- лист завдання на виконання курсового проєкту;
- зміст;
- вступ;
- опис конструкції двигуна;
- визначення вихідних даних для синтезу робочого процесу двигуна при роботі на номінальному режимі;
- розрахунок номінального режиму двигуна;
- розрахунок та побудова індикаторної діаграми;
- вибір параметрів та схеми дії сил на КШМ, їх визначення і побудова;
- визначення сумарної дотичної сили, побудова графіка;
- розрахунок та побудова полярних діаграм навантажень на шейки колінчастого валу;
- визначення невірноважених сил та моментів сил інерції графічним й аналітичним способами;
- розрахунок маховика;
- пропозиції та обґрунтування можливих конструктивних змін, спрямованих на підвищення працездатності й надійності роботи двигуна-прототипу;
- висновки;
- використана література.

2. Графічна частина:

- індикаторна діаграма;
- рисунки розрахункової схеми дії сил на КШМ;
- побудова графіків сил, діючих на КШМ;
- побудова графіків сумарної дотичної сили;
- побудова полярних діаграм навантажень на шейки колінчастого валу;
- робоче креслення деталі механізму руху двигуна, або складальне креслення самого двигуна (1 аркуш формату А1 або А2).

Строк виконання проєкту _____

Виконавець: студент _____

Керівник

д.т.н., доц. О. С. Митрофанов

Зав. кафедри

к.т.н., доц. О. А. Гогоренко