

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Машинобудівний навчально-науковий інститут

(повна назва підрозділу)

Двигунів внутрішнього згоряння, установок та технічної експлуатації

(повна назва кафедри)

T82019

ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з науково-педагогічної
роботи



Сергій Слободян
Сергій СЛОБОДЯН

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

ТЕОРІЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ

ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Theory of the Internal Combustion Engines Operating Processes

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

тип дисципліни обов'язкова
обов'язкова/вибіркова

мова(и) викладання українська
українська/англійська

Миколаїв – 2025

Робоча програма навчальної дисципліни «Теорія робочих процесів двигунів внутрішнього згоряння» є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво
(шифр і назва)

спеціальності G11 Машинобудування
(шифр і назва)

спеціалізації G11.02 Двигуни та енергетичні установки
(шифр і назва)

освітня програма Двигуни внутрішнього згоряння
(зазначаються повна назва освітньої програми)

«19» травня 2025 року. – 31 с.

Розробник: Митрофанов Олександр Сергійович, д-р техн. наук, професор.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «ТЕОРІЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ» узгоджено з гарантом освітньої програми.

Гарант освітньої програми «ДВИГУНИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ»

канд. техн. наук, доцент



Олексій ГОГОРЕНКО

Проект робочої програми навчальної дисципліни «ТЕОРІЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ» розглянуто на засіданні кафедри ДВЗ, У та ТЕ

Протокол № 10 від «19» травня 2025 р.

Завідувач кафедри



Олексій ГОГОРЕНКО

Проект робочої програми навчальної дисципліни «ТЕОРІЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ» розглянуто Навчально-методичною радою Машинобудівного навчально-наукового інституту
Протокол № 05 від «12» червня 2025 р.

Голова



Сергій СЕРБІН

Проект робочої програми навчальної дисципліни «ТЕОРІЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ» погоджено з навчальним відділом

Начальник відділу

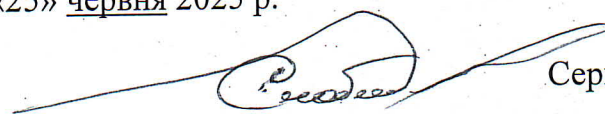


Андрій ЛАБАРТКАВА

Робоча програма навчальної дисципліни «ТЕОРІЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ» затверджена Навчально-методичною радою НУК

Протокол № 06 від «25» червня 2025 р.

Голова НМР НУК



Сергій СЛОБОДЯН

© НУК, 2025

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Опис навчальної дисципліни	7
2. Мета вивчення навчальної дисципліни	7
3. Передумови для вивчення дисципліни	8
4. Очікувані результати навчання	8
5. Програма навчальної дисципліни	9
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування.....	17
7. Форми поточного та підсумкового контролю	22
8. Критерії оцінювання результатів навчання	24
9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, викорис- тання яких передбачає навчальна дисципліна	28
10. Рекомендовані джерела інформації	28

ВСТУП

Анотація

Дисципліна «Теорія робочих процесів двигунів внутрішнього згоряння» належить до циклу обов'язкових професійно-орієнтованих дисциплін навчального плану магістрів, що навчаються за ОПП «Двигуни внутрішнього згоряння». Дисципліна значним чином є поглибленням та розвитком дисципліни «Теорія двигунів внутрішнього згоряння», яка викладається бакалаврам спеціалізації «Двигуни внутрішнього згоряння». Предмет дисципліни – основні принципи організації та дослідження робочих циклів сучасних двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), дослідження параметрів основних робочих процесів, що протікають в циліндрі двигуна, колекторах системи повітропостачання та газовипуску, в елементах паливної системи двигуна та системі автоматичного керування. При викладені дисципліни акцент робиться на вивченні методів математичного моделювання вказаних процесів, доведенні їх до алгоритмів та розрахункових програм.

Розглянуті основні методи математичного моделювання робочих процесів в циліндрі двигуна з використанням системи диференціальних рівнянь, які описують стан робочого тіла та його зміну відповідно до кута повороту колінчастого валу. Квазістаціонарні одно- та багатозонні математичні моделі, а також одновимірні математичні моделі розглядаються докладно з повними алгоритмами та широким використанням програмних засобів, розроблених на кафедрі двигунів внутрішнього згоряння НУК. Тривимірні CFD моделі розглянуті оглядово з висвітленням основних принципів їх створення та використання. Передбачається широке застосування математичних моделей робочих процесів, що утворюють робочий цикл двигуна, протягом навчання при виконанні студентами індивідуальних завдань та при курсовому проектуванні.

Дисципліна «Теорія робочих процесів ДВЗ» ґрунтується на фундаментальних законах фізики, хімії, термодинаміки, гідравліки та газової динаміки знання котрих має бути забезпечене попереднім вивченням студентів відповідних предметів на попередніх курсах навчання. Для опанування даного ку-

рсу студент також повинен мати уяву про основні фізико-хімічні властивості матеріалів, з яких виробляють деталі ДВЗ, принципи програмування та алгоритмізації.

Ключові слова: робочі процеси, математичне моделювання, згоряння палива, системи наддуву, нестационарний теплообмін, тепловий баланс.

Abstract

The “Theory of the Internal Combustion Engines Operating Processes” – is the mandatory professional discipline of the “Internal Combustion Engines” masters teaching plan. The discipline could be considered as further development of the “Theory of Internal Combustion Engines” discipline from the bachelors teaching plan for the same specialty.

The subject of the discipline – basic principles of engine operating processes and working cycles organization for the modern combined Internal Combustion Engines; research into the in-cylinder and intake / exhaust systems working medium parameters development as well as the deeper learning of the fuel injection and heat transfer processes and engine control issues. The discipline is also focused on the application of the mathematical models of the mentioned processes and their implementation as a software application.

The bench of basic approaches for the ICE operating cycle synthesis is considered. Mathematical models are based on the set of differential equations, which are solved to get the working fluids parameters buildup referred to the crank angle. Quasistationary single and multiple zones mathematical models coupled with the one-dimensional unsteady models are presented in details, which include complete algorithms and open-source software, developed by the “Internal Combustion Engines, Plants and Technical Maintenance” specialists. The three-dimensional CFD models are also observed with the focus on mathematical methods and practical application. All mentioned types of mathematical models implemented as the software tools are widely applied into the educational process especially at practice lessons and for course project task.

The “Theory of the Internal Combustion Engines Operating Processes” discipline is based on the basic laws of chemistry, physics, thermodynamics, hydrau-

lics, and gas dynamics, which the student has to learn previously. It is also highly recommended for the student to get basic knowledge in materials properties, algorithms and programming,

Key words: operating processes, mathematical simulation, fuel combustion, super-charge systems, unsteady heat transfer, heat balance.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни			
		денна форма навчання		заочна форма навчання	
Кількість кредитів – 10	Галузь знань G Інженерія, виробництво та будівництво	Обов’язкова			
Модулів – 3		Рік підготовки:			
Змістових модулів – 5		1-й	1-й		
Електронний адрес РПНД на сайті Університету https://nuos.edu.ua/studentu/po lozhennya-nuk/opis-opp/opp- dviguni-vnutrishnogo- zgoryannya-magistr/ Індивідуальне науково- дослідне завдання (Курсовий проєкт)	Спеціальність G11 Машинобудування Спеціалізація G11.02 Двигуни та енергетичні установки Освітньо-професійна програма «Двигуни внутрішнього згоряння»	Семестр			
		1-й	2-й	1-й	2-й
		Лекцій			
		30 год.	15 год.	14 год.	8 год.
		Практичні, семінарські			
		15 год.	15 год.	6 год.	8 год.
		Лабораторні			
		15 год.		6 год.	
Загальна кількість годин – 300					
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5; самостійної роботи студента – 9;	Освітній рівень: перший (бакалаврський)	Самостійна робота			
		90 год.	120 год.	124 год.	134 год.
		Індивідуальні завдання: 90 год.			
		Вид контролю			
		залік	екза- мен	залік	екза- мен
		Форма контролю: комбінована			

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Мета дисципліни – з'ясувати фізико-хімічні основи процесів теплообміну, газообміну, сумішоутворення та згоряння в двигунах внутрішнього згоряння та особливості їх математичного представлення, визначення шляхів подальшого розвитку ДВЗ.

Завдання дисципліни – надати студентам теоретичних та практичних знань з математичних методів, алгоритмів та програм розрахунків робочих процесів в двигунах внутрішнього згоряння з застосуванням систем диференційних рівнянь для опису стану робочого тіла та їх реалізацію в загальному програмному комплексі.

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

ІК-1. Здатність розв’язувати задачі дослідницького та/або інноваційного характеру у галузі енергетичного машинобудування.

СК 01. Здатність застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки в сфері енергетичного машинобудування.

СК 04. Здатність аналізувати, оцінювати та застосовувати науково-технічну інформацію в галузі енергетичного машинобудування.

СК 08. Здатність до усвідомлення принципів та норм академічної доброчесності.

СК 09. Здатність розробляти математичні моделі процесів в циліндрах та приєднаних системах двигуна, здійснювати аналіз результатів моделювання, проводити теоретичні та експериментальні дослідження.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумовами для вивчення дисципліни є вивчення дисциплін: Вища математика, Фізика, Хімія, Гідравліка, Термодинаміка, Теплотехнічні основи теплотехніки, Тепломасообмін, Основи інформаційних технологій, Основи САПР в енергетичному машинобудуванні.

4. Очікувані результати навчання

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

РН 01. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у галузі енергетичного машинобудування для розв'язування складних задач професійної діяльності.

РН 06. Використовувати методи моделювання, а також методи експериментальних досліджень з метою детального вивчення тепло- і масообмінних, гідравлічних та інших процесів, які відбуваються в технологічному обладнанні та об'єктах енергетичного машинобудування.

РН 08. Розробляти, обирати та застосовувати ефективні розрахункові методи розв'язання складних задач енергетичного машинобудування.

РН 11. Презентувати результати досліджень та інновацій, зрозуміло і недвозначно доносити власні знання, висновки та аргументацію до фахівців і нефахівців.

РН 14. Виконувати наукові дослідження в галузі енергетичного машинобудування, обирати і застосовувати сучасні технології, інструменти і методи дослідження, аргументувати висновки, за результатами досліджень надавати практичні рекомендації.

5. Програма навчальної дисципліни

Модуль №1.

Змістовий модуль №1. Синтез робочого процесу ДВЗ в диференційній формі.

Тема №1. Класифікація та коротка характеристика математичних моделей для синтезу робочого процесу ДВЗ. Основні припущення та базова система рівнянь нульвимірної квазістаціонарної термодинамічної моделі в диференційній формі.

Тема №2. Чисельні методи вирішення системи рівнянь, що описують зміну параметрів робочого тіла в відкритих термодинамічних системах.

Змістовий модуль №2. Процеси згоряння палива в ДВЗ.

Тема №3. Фізико-хімічна сутність процесів згоряння палива у циліндрі ДВЗ. Особливості згоряння палива для двигунів з іскровим запалюванням та займанням від стиснення.

Тема №4. Методи організації процесу згоряння.

Тема №5. Аналіз процесу згоряння за індикаторною діаграмою. Основні фази згоряння у двигунах.

Змістовий модуль №3. Математичне моделювання процесів згоряння палива в ДВЗ.

Тема №6. Характеристики тепловиділення. Метод Вібе для розрахунку характеристик тепловиділення. Основні переваги та обмеження методу Вібе.

Тема №7. Утворення горючих сумішей.

Тема №8. Динаміка та структура факела розпиленого палива.

Тема №9. Рівняння випаровування палива в циліндрі дизеля на ділянці паливоподачі.

Тема №10. Рівняння згоряння палива в циліндрі дизеля.

Тема №11. Узагальнене рівняння процесу дифузійного горіння палива у дизелях.

Тема №12. Розрахунок характеристик тепловиділення за методикою Разлейцева.

Модуль №2.

Змістовий модуль №4. Математичне моделювання процесів теплообміну та газообміну в ДВЗ.

Тема №13. Особливості процесів теплообміну в робочому циліндрі ДВЗ та колекторах системи наддуву. Розрахунок коефіцієнтів тепловіддачі від робочого тіла до стінок циліндрів.

Тема №14. Відносна зміна маси робочого тіла, об'єму циліндра та прохідних перерізів органів газорозподілу.

Змістовий модуль №5. Математичне моделювання процесів неповного згоряння палива в ДВЗ.

Тема №15. Неповне згоряння рідкого палива.

Тема №16. Рівняння динаміки утворення та вигорання сажі в циліндрі дизеля.

Тематичний план навчальної дисципліни

Розподіл навчального навантаження

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										
Семестр I										
Змістовий модуль 1. Синтез робочого процесу ДВЗ в диференційній формі										
Тема 1. Класифікація та коротка характеристика математичних моделей для синтезу робочого процесу ДВЗ. Основні припущення та базова система рівнянь нульвимірної квазістаціонарної термодинамічної моделі в диференційній формі.	15	4	2	–	9	14	2	–	–	12
Тема 2. Чисельні методи вирішення системи рівнянь, що описують зміну параметрів робочого тіла в відкритих термодинамічних системах.	15	2	3	–	10	16	2	2	–	12
Разом за змістовим модулем 1	30	6	5	–	19	30	4	2	–	24
Змістовий модуль 2. Процеси згоряння палива в ДВЗ										
Тема 3. Фізико-хімічна сутність процесів згоряння палива у циліндрі ДВЗ. Особливості згоряння палива для двигунів з іскровим запалюванням та займанням від стиснення.	10	2	2	2	4	10	2	–	2	6
Тема 4. Методи організації процесу згоряння.	10	2	2	–	6	10	–	–	–	10
Тема 5. Аналіз процесу згоряння за індикаторною діаграмою. Основні фази згоряння у двигунах.	10	2	2	4	2	10	2	2	2	4
Разом за змістовим модулем 2	30	6	6	6	12	30	4	2	4	20
Змістовий модуль 3. Математичне моделювання процесів згоряння палива в ДВЗ										
Тема №6. Характеристики тепловиділення. Метод Вібе для розрахунку характеристик тепловиділення. Основні переваги та обмеження методу Вібе.	15	4	2	3	6	15	2	2	2	9

Тема №7. Утворення горючих сумішей	12	2	–	3	7	12	2	–	–	10
Тема №8. Динаміка та структура факела розпиленого палива.	12	2	–	–	10	12	–	–	–	12
Тема №9. Рівняння випаровування палива в циліндрі дизеля на ділянці паливopодачі.	12	2	–	–	10	12	–	–	–	12
Тема №10. Рівняння згоряння палива в циліндрі дизеля.	12	2	–	–	10	12	–	–	–	12
Тема №11. Узагальнене рівняння процесу дифузійного горіння палива у дизелях.	12	2	–	–	10	12	–	–	–	12
Тема №12. Розрахунок характеристик тепловиділення за методикою Разлейцева.	15	4	2	3	6	15	2	–	–	13
Разом за змістовим модулем 3	90	18	4	9	59	90	6	2	2	80
Разом за перший семестр	150	30	15	15	90	150	14	6	6	124
Модуль 2										
Семестр II										
Змістовий модуль 4. Математичне моделювання процесів теплообміну та газообміну в ДВЗ										
Тема №13. Особливості процесів теплообміну в робочому циліндрі ДВЗ та колекторах системи наддуву. Розрахунок коефіцієнтів тепловіддачі від робочого тіла до стінок циліндрів.	15	4	5	–	6	15	2	2	–	11
Тема №14. Відносна зміна маси робочого тіла, об'єму циліндра та прохідних перерізів органів газорозподілу.	15	4	6	–	5	15	2	2	–	11
Разом за змістовим модулем 4	30	8	11	–	11	30	4	4	–	22
Змістовий модуль №5. Математичне моделювання процесів неповного згоряння палива в ДВЗ										
Тема №15. Неповне згоряння рідкого палива.	15	3	4	–	8	15	2	2	–	11
Тема №16. Рівняння динаміки утворення та вигорання сажі в циліндрі дизеля.	15	4	–	–	11	15	2	2	–	11
Разом за змістовим модулем 5	30	7	4	–	19	30	4	4	–	22
Модуль 3										
Курсовий проєкт	90	–	–	–	90	90	–	–	–	90
Разом за другий семестр	150	15	15	–	120	150	8	8	–	134
Усього годин за два семестри навчання	300	45	30	15	210	300	22	14	6	258

* За заочної формою проводяться оглядові лекції

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Базова система рівнянь нульвимірної квазістаціонарної математичної моделі відкритої термодинамічної системи.	2	–
2	Дослідження чисельних методів – Ейлера, Рунге-Кути, явних та неявних та їх порівняння.	3	2
3	Аналіз основних фази згоряння за індикаторною діаграмою двигуна.	6	2
4	Застосування моделі Вібе для синтезу характеристик тепловиділення.	2	2
5	Застосування моделі Разлейцева для синтезу характеристик тепловиділення в двигунах з примусовим запалюванням.	2	–
6	Розрахунки коефіцієнтів тепловіддачі від робочого тіла до стінок циліндру.	3	2
7	Розрахунки температури стінок теплосприймаючих поверхонь відкритих термодинамічних систем.	2	–
8	Розрахунок масового обміну між відкритими термодинамічними системами для моделей енергоізолизованого сопла.	6	2
9	Розрахунок продуктів згоряння рідкого палива.	4	4
	Разом	30	14

Теми лабораторних робіт

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Експериментальне визначення характеристик впорскування дизельного двигуна типу 8ЧН 12/12	3	2
2	Експериментальне визначення характеристик тепловиділення дизельного двигуна типу 8ЧН 12/12	3	2
3	Експериментальне дослідження сумісної роботи турбіни та компресора турбокомпресора ТКР-11 в складі двигуна типу 8ЧН 12/12	3	–
4	Експериментальне дослідження впливу температури надувного повітря на параметри робочого процесу двигуна типу 8ЧН 12/12	3	2
5	Дослідження перехідних режимів роботи двигуна 8ЧН 12/12	3	–
	Разом	15	6

Самостійна робота

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Підготовка до лекцій	22	12
2	Підготовка до лабораторних робіт	15	9
3	Підготовка до практичних робіт	18	14
4	Виконання курсового проєкту	90	90
5	Підготовка до контрольних заходів	65	133
	Разом	210	258

Завдання на виконання курсового проєкту

У другому семестрі курс дисципліни супроводжується курсовим проєктуванням. Курсовий проєкт оцінюється окремо. Курсовий проєкт виконується з застосуванням сучасних програмних засобів моделювання та синтезу робочого процесу двигунів внутрішнього згоряння різних типів і включає в себе задачі оптимізації деяких параметрів двигуна з застосуванням методів, що вивчені протягом курсу «Теорія двигунів внутрішнього згоряння».

Ціль виконання проєкту – отримання практичних навичок синтезу робочого процесу ДВЗ з застосуванням математичних моделей, що базуються на вирішенні систем диференціальних рівнянь стану робочого тіла в нульвимірній та одновимірній постановці, та виконання оптимізаційного пошуку раціональних параметрів робочого процесу двигуна, наддуву, паливоподачі; набуття досвіду пошукового дослідження методів підвищення екологічних та економічних характеристик двигуна-прототипу.

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

- титульний лист;
- завдання на виконання курсового проєкту;
- зміст;
- вступ (у вступі необхідно коротко викласти мету виконуваного курсового проєкту та основні очікувані результати);
- опис двигуна-прототипу;
- визначення вихідних даних для синтезу робочого процесу двигуна при його роботі на номінальному режимі;
- розрахунок номінального режиму двигуна-прототипу;
- дослідження впливу конструктивних параметрів двигуна та параметрів робочого процесу на ефективні показники;
- дослідження процесу згоряння палива за рахунок пошуку раціонального поєднання параметрів паливоподачі та елементів паливної системи двигуна;

– пропозиції та обґрунтування можливих конструктивних заходів чи змін у організації робочого процесу, спрямованих на підвищення експлуатаційних показників двигуна-прототипу;

– висновки (у висновку необхідно навести основні підсумки проведених розрахункових досліджень із зазначенням основних кількісних та якісних результатів роботи);

– перелік використаної літератури.

Графічна частина складається з плакатів, що містять детальні діаграми результатів розрахунку робочого процесу номінального режиму двигуна, плакати з графічним представленням результатів дослідження. Також до графічної частини входить креслення елементу конструкції двигуна, або самого двигуна з запропонованими змінами, що дозволяють підвищити його ефективні показники і зменшити рівень шкідливих викидів.

Склад, обсяг і терміни виконання змістових модулів курсового проекту наведені в таблиці 4, приклад завдання – в Додатку 1.

Параметри двигунів*

№ з/п	Типи двигунів та їх основні параметри
1	Судновий дизель-генератор типу 8ЧН 21/31 (MAN 8L21/31), $N_e = 1760$ кВт, $n = 900$ об/хв ($P_k = 4,45$, $b_b = 192$ г/кВт·год)
2	Судновий двигун типу 12ЧН 28/33 (MAN V28/33D STC), $N_e = 5460$ кВт, $n = 1000$ об/хв ($P_k = 4,5$, $b_b = 189$ г/кВт·год)
3	Судновий двигун типу 6ЧН 25,5/40 (MAK M25C), $N_e = 1900$ кВт, $n = 720$ об/хв ($P_k = 4,1$, $b_b = 186$ г/кВт·год)
4	Судновий двигун типу 16ЧН 48/60 (MAN 16V48/60), $N_e = 18200$ кВт, $n = 500$ об/хв. ($P_k = 3,8$, $b_b = 182$ г/кВт·год)
5	Судновий двигун типу 6ЧН 22,5/30 (MAN B&W 6L23/30), $N_e = 960$ кВт, $n = 900$ об/хв ($P_k = 4,0$, $b_b = 191$ г/кВт·год)
6	Судновий двигун типу 8ЧН 32/42 (MAK 43C), $N_e = 2400$ кВт, $n = 600$ об/хв ($P_k = 4,0$, $b_b = 193$ г/кВт·год)
7	Судновий двигун типу 4 ЧН 20/28 (Wartsila 4L20), $N_e = 730$ кВт, $n = 1000$ об/хв ($P_k = 3,5$, $b_b = 195$ г/кВт·год)
8	Судновий двигун типу 8ЧН 34/40 (Wärtsilä 8L34DF), $N_e = 4000$ кВт, $n = 750$ об/хв ($P_k = 3,8$, $b_b = 175$ г/кВт·год)
9	Судновий двигун типу 8ЧН 35/44 (MAN 8L35/44DF), $N_e = 4240$ кВт, $n = 750$ об/хв ($P_k = 3,8$, $b_b = 174$ г/кВт·год)

*Список двигунів та їх параметрів постійно оновлюється

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

Методи навчання:

- лекції;
- робота із літературою;
- репродуктивні бесіди;
- практичні та лабораторні роботи.

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 є:

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

Підсумковий контроль – екзамен.

Перелік питань до дисципліни:

1. Дати визначення математичній моделі робочого циклу ДВЗ. Навести класифікацію відомих Вам типів математичних моделей з зазначенням переваг та недоліків кожного з них.
2. Дати визначення відкритій термодинамічній системі та записати базові рівняння термодинаміки, що є справедливими для відкритої термодинамічної системи. Пояснити термін «нульвимірна математична модель».
3. Представлення двигуна внутрішнього згоряння як сукупності поєднаних відкритих термодинамічних систем, що можуть здійснювати масовий, енергетичний та тепловий обміни між собою та оточуючим середовищем.

4. Записати базову систему рівнянь для синтезу робочого процесу ДВЗ в диференційній формі в рамках феноменологічного нульвимірного представлення.
5. Назвіть відомі Вам форми представлення рівнянь стану робочих тіл ДВЗ. Чи допустиме використання моделі ідеального газу?
6. Обґрунтуйте можливість розрахунку робочих процесів в циліндрі ДВЗ в рамках нуль вимірного представлення, виконайте оцінку швидкості вирівнювання тиску та температури в циліндрі.
7. Дайте визначення середньої та істинної теплоємності робочого тіла та вкажіть на особливості їх визначення для різних робочих тіл.
8. Наведіть розрахункову схему метода Ейлера для чисельного інтегрування базової системи рівнянь, що описують стан робочого тіла в відкритих термодинамічних системах ДВЗ. Недоліки та переваги даного метода.
9. Наведіть розрахункові схеми явного методу Рунге-Кутти четвертого порядку та неявного методу Рунге-Кутти другого порядку. Вкажіть на переваги даних методів порівняно з методом Ейлера.
10. Наведіть приклади та опишіть методику оцінки точності застосування того чи іншого чисельного методу для вирішення задачі моделювання робочого процесу ДВЗ.
11. Поясніть необхідність використання багатозонних математичних моделей при синтезі робочого процесу ДВЗ, наведіть приклади.
12. Особливості організації математичного моделювання при заданих потужності, цикловій дозі пального або коефіцієнту надлишку повітря. Чому для двигунів з зовнішнім сумішоутворення доцільно використовувати розрахунки лише при заданому значенні коефіцієнта надлишку повітря?
13. Наведіть ключові елементи двигуна, розрахунок процесів в яких доцільно виконувати в одновимірних та тривимірних математичних моделях. Чи можливе поєднання математичних моделей різної розмірності в рамках загальної моделі робочого процесу двигуна?

14. Дайте загальну характеристику процесу теплообміну в ДВЗ, які основні способі передачі тепла при цьому реалізуються та в яких елементах двигуна і відповідних відкритих термодинамічних системах?
15. Конвективний теплообмін між робочим тілом та стінками циліндру двигуна. Наведіть відомі Вам критеріальні рівняння (Нусельта, Пфлаума, Вошні, Розенбліта) та вкажіть на їх особливості.
16. Способи врахування променевого теплообміну. Для яких двигунів даний вид теплообміну є більш важливим і чому?
17. Яким чином можливий розрахунок локальних значень коефіцієнтів тепловіддачі в рамках реалізації підходів обчислювальної газової динамік?
18. Способи визначення тепловіддачі від стінок циліндра до охолоджуючого теплоносія, наведіть відомі Вам критеріальні рівняння.
19. Визначення результуючих температур газу та середнього коефіцієнта тепловіддачі в рамках нуль-одновимірної моделі теплообміну.
20. Записати систему рівнянь вирішення задачі одновимірного теплообміну в циліндрі ДВЗ в рамках квазістаціонарного уявлення.
21. Пояснити обмеження щодо можливого застосування моделі одновимірного теплообміну при розрахунку середньої температури деталей двигуна, зокрема циліндрової втулки.
22. Модифікація одновимірної моделі теплообміну в робочому циліндрі двигуна для отримання епюри температури вогневої поверхні втулки циліндру.
23. Експериментальні методи дослідження процесів теплообміну в робочому циліндрі ДВЗ та способи перевірки адекватності математичного моделювання.
24. Застосування високотемпературного охолодження деталей ДВЗ, принципи, переваги та недоліки, конструктивні схеми.
25. Визначення сумарної кількості теплоти, що відводиться за цикл до охолоджуючих теплоносіїв двигуна. Шляхи зменшення втрат енергії палива при охолодженні деталей двигуна.

26. Назвіть основні відомі Вам способи організації робочого процесу двигунів з іскровим запаленням при різних типах зовнішнього сумішоутворення. Надайте характеристику кожному з способів.
27. Опишіть основні особливості вигорання палива при застосуванні іскрового запалення. Дайте визначення фронту полум'я, та охарактеризуйте процеси, що здійснюються у фронті полум'я.
28. Поясніть ланцюгову природу згорання вуглеводневого палива в циліндрі двигуна, наведіть рівняння для визначення швидкості утворення нових центрів реакції.
29. Наведіть рівняння І. І. Вібе для розрахунку характеристики тепловиділення при згоранні гомогенної паливо-повітряної суміші в циліндрі двигуна внутрішнього згорання.
30. Поясніть яким чином можливе налаштування математичної моделі Вібе для наявних експериментальних даних? Дайте визначення та охарактеризуйте вплив параметру m (характеру процесу згорання), та параметру φ_z – тривалості процесу згорання.
31. Недоліки математичної моделі вигорання палива, запропонованої Вібе І. І. при моделюванні процесів згорання в двигунах з запаленням від стиснення та при моделюванні горіння негомогенних паливо-повітряних сумішей.
32. Детонація в двигунах з примусовим запаленням. Сутність процесу детонації, особливості математичного прогнозу детонації в циліндрі двигуна та засоби її уникнення.
33. Вдосконалення математичної моделі І. І. Вібе шляхом виділення декількох фаз вигорання пального.
34. Наведіть відомі Вам способи сумішоутворення в двигунах з запаленням від стиснення (дизельних двигунах) при організації розділеної камери згорання. Переваги та недоліки.
35. Організація робочого процесу в дизельних двигунах при впорскуванні пального у відкриту камеру згорання: плівкове, об'ємно-плівкове та об'ємне сумішоутворення. Охарактеризуйте кожний з цих типів.

36. Використання кінетичної енергії потоку робочого тіла для покращення сумішоутворення та пришвидшення вигорання палива в дизельних двигунах. Види вихорів, що спеціальним чином організуються в робочій порожнині. Типи впускних каналів.
37. Наведіть структуру та опишіть динаміку розвитку паливної струї при впорскуванні палива з використанням форсунки закритого типу у відповідності до математичної моделі Разлейцева М. Ф.
38. Характеристики впорскування пального та методики їх обчислення. Статистична структура паливного факела, визначення середнього діаметру крапель паливного факела.
39. Формули Лишевського для розрахунку динаміки паливних струй.
40. Випаровування пального в умовах робочого циліндру ДВЗ. Рівняння Срезневського та його використання для обчислення характеристик випаровування пального в методиці Разлейцева М. Ф.
41. Затримка самоспалахування пального. Способи обчислення періоду самоспалахування за рівняннями Толстого, Хіроясу та ін.
42. Виділення декількох ділянок вигорання пального в умовах циліндра дизельного двигуна. Розрахунок тепловиділення на ділянці затримки самоспалахування пального.
43. Розрахунок тепловиділення на ділянці впорскування пального за кінетичними рівняннями Разлейцева М. Ф.
44. Розрахунок тепловиділення на ділянці розвиненого догорання пального за кінетичними рівняннями Разлейцева М. Ф.
45. Розрахунок процесів утворення та вигорання сажі в математичній моделі Разлейцева М. Ф.
46. Вдосконалення математичної моделі вигорання дизельного пального за рахунок окремого розрахунку динаміки руху кожної струї палива та її взаємодії зі стінками камери згорання.
47. Вплив на процеси згорання рециркуляції відпрацьованих газів та необхідність його врахування при здійсненні математичного моделювання.

48. Особливості розрахунку процесу згоряння двопаливних суднових двигунів, в яких запалення основного газоподібного палива здійснюється за рахунок впорскування запальної дози дизельного пального. Поєднання методики І. І. Вібе та М. Ф. Разлейцева.
49. Загальні основи розрахунку процесів впорскування, випаровування та вигорання пального в рамках підходів обчислювальної газової динаміки.
50. Шляхи зменшення викидів шкідливих речовин ДВЗ шляхом внесення змін до організації процесів сумішоутворення та вигорання палива.
51. Запишіть систему рівнянь для розрахунку стаціонарної течії газу в рамках моделі енергоізолюваного сопла. Яким чином дана модель застосовується при розрахунку процесів течії газу через органи газорозподілу.
52. Визначення коефіцієнту витрати органів газообміну, проблема врахування тертя при русі газу в елементах газоповітряного тракту ДВЗ.
53. Дати опис характеристик компресорів, що використовуються для наддуву ДВЗ.

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 заключного екзамену.

У кожного компонента своя частка в загальній системі оцінок. У проміжних оцінках здобувач освіти може набрати до 60 балів. Під компонентом проміжних оцінок розуміються поточні оцінки протягом семестру (активність, участь в дискусіях; виконання завдань та інше).

Залік проводиться після закінчення вивчення дисципліни в першому семестрі, до початку екзаменаційної сесії. Залік виставляється за результатами підсумкової співбесіди в обсязі навчального матеріалу, визначеного навчальною програмою.

Під час проведення екзамену із дисципліни студент повинен відповісти на три питання із екзаменаційного білету, які формуються із питань до кож-

ного 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 заліку або екзамену в загальній системі оцінок – **40 балів**. Право здавати заключний залік (в першому семестрі) та екзамен (в другому семестрі) дається здобувачеві освіти, якій із урахуванням проміжних оцінок і максимального балу заключного іспиту набирає 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
І семестр					
ЗМ 1	T1	Контрольна робота №1	5	Контрольна робота №1	10
	T2				
ЗМ 2	T3	Лабораторна робота №1	10	Лабораторна робота №1	10
	T4	Лабораторна робота №2	10	Лабораторна робота №2	10
	T5				
ЗМ3	T6	Лабораторна робота №3	10	Лабораторна робота №3	10
	T7	Лабораторна робота №4	10	Контрольна робота №2	10
	T8	Контрольна робота №2	5		
	T9				
	T10				
	T11				
	T12	Лабораторна робота №5	10	Контрольна робота №3	10
Підсумковий контроль		Залік	40	Залік	40
Сума			100		100
ІІ семестр					
ЗМ4	T13	Контрольна робота №3	30	Контрольна робота №4	30
	T14				
ЗМ5	T15	Контрольна робота №4	30	Контрольна робота №5	30
	T16				
Підсумковий контроль		Екзамен	40	Екзамен	40
Сума			100		100

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	Денна форма	Заочна форма
	І семестр	
Виконання контрольних робіт	5 + 5 = 10 балів	10 + 10 + 10 = 30 балів
Виконання лабораторних робіт	10+10+10+10+10 = 50 балів	10 +10 +10 = 30 балів
Всього	60	60
	ІІ семестр	
Виконання контрольних робіт	30 + 30 = 60 балів	30 + 30 = 60 балів
Всього	60	60

Поточний контроль проводиться на практичних і лабораторних заняттях у вигляді контрольних робіт та захисту лабораторних робіт. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) під час роботи на практичних заняттях та набутих навичок під час виконання завдань лабораторних робіт.

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 форми навчання (в дужках бали для другого семестру)

Бали	Критерії оцінювання
5 (30)	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
4 (24)	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
3 (14)	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
2 (6)	Робота виконана з порушенням встановлених строків, має суттєві помилки, недоліки в оформленні, студент відповів лише на частину поставлених питань та задач
0 (0)	Контрольна робота не здана вчасно, або не містить правильних відповідей

– для студентів заочної форми навчання (в дужках бали для другого семестру)

Бали	Критерії оцінювання
10 (30)	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
7 (24)	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
5 (14)	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
3 (6)	Робота виконана з порушенням встановлених строків, має суттєві помилки, недоліки в оформленні, студент відповів лише на частину поставлених питань та задач
0 (0)	Контрольна робота не здана вчасно, або не містить правильних відповідей

8.2. Контроль та оцінювання знань за виконання лабораторних робіт

Лаб. робота	Критерії оцінювання
10	Робота виконана у встановлений термін. Виконана самостійно, чітко сформульовані цілі, завдання та гіпотеза досліджень. Застосовувалися коректні методи обробки отриманих результатів. У висновках проведена коректна інтерпретація результатів.
8	Робота виконана у встановлений термін. Здобувач освіти виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача; описує спостереження; в цілому правильно складає звіт та робить висновки.
6	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача; описує спостереження; складає звіт, що містить неточності у висновках та помилки.
4	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Здобувач освіти виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією; складений звіт містить неточності у висновках та помилки.
2	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Здобувач освіти виконує лабораторну під керівництвом викладача; складений звіт містить неточності у висновках та помилки.
0	Робота не виконувалася

8.3. 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 математичної 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 осно-

		вні 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 і робить спроби аргументувати положення роботи.
	15	Здобувач освіти невпорядковано 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 невпорядковано викладає основні результати дослідження, не спроможний дати відповідь на запитання, відстоювати свою позицію.

8.4. 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

До засобів навчання слід віднести використання персональних комп'ютерів з доступом до мережі інтернет, які дають змогу виконувати математичні розрахунки, моделювання, двовимірні та тривимірні креслення безпосередньо під час практичних занять. Демонстрація поточних результатів виконання групового індивідуального завдання підгрупами студентів, захист рефератів та підсумковий залік виконуються з використанням лазерного проєктора. Крім цих матеріалів для вивчення конструкції використовуються натурні деталі, вузли, розрізи макетів та діючі стендові зразки двигунів внутрішнього згоряння.

10. Рекомендовані джерела інформації

1. Двигуни внутрішнього згоряння. Теорія : Підручник / В.Г. Дяченко; За ред. А. П. Марченка. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2008. – 488 с.
2. Марченко А. П., Пильов В. О. М. К., Шеховцов А. Ф. Двигуни внутрішнього згоряння : серія підручників у 6 т. Т. 4. Основи САПР ДВЗ / ред. проф. А. П. Марченко та засл. діяча науки України проф. А. Ф. Шеховцова. Харків : Прапор, 2004. – 336 с.
3. Абрамчук Ф. І. Автомобільні двигуни: Підручник / Ф. І. Абрамчук, Ю. Ф. Гутаревич, К. Є. Долганов, І. І. Тимченко. – К.: Арістей, 2004. – 474 с.
4. Двигуни внутрішнього згоряння : Серія підручників у 6 томах. Т.5. Екологізація ДВЗ / за ред. А. П. Марченка, А. Ф. Шеховцова. – Х. : Видавн. центр НТУ “ХПІ”, 2004. – 466 с.
5. Diesel engine reference book / edited by B. Challen, R. Baranescu. – Oxford : Butterworth - Heinemann, 1999. – 714 p.

6. Heywood John B. Internal Combustion Engine Fundamentals / John B. Heywood. – New York. : McGraw Hill New York, 1988. – 930 p. – ISBN 0-07-100499-8.

7. Hiereth H. Charging the Internal Combustion Engine. Powertrain / H. Hiereth, P. Prenninger. – Wien. : Springer Wien New York, 2007. – 268 p.

8. Mollenhauer, K. Handbook of diesel engines / K. Mollenhauer, H. Tschoeke. – Berlin : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010. – 634 p.

9. Pounder's Marine Diesel Engines and Gas Turbines Eighth edition / Edited by Doug Woodyard. - Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004. – 884 p.

10. Наливайко В. С. Характеристики двигунів внутрішнього згоряння та споживачів / В. С. Наливайко, С. Г. Ткаченко, В. Г. Хоменко – Миколаїв: НУК, 2011. – 95 с.

Допоміжна література

1. Наливайко В. С. Суднові двигуни внутрішнього згоряння : Підручник / В. С. Наливайко, Б. Г. Тимошевський, С. Г. Ткаченко. – Миколаїв: видавець Торубара В. В., 2015. – 332 с.

2. Марченко А. П., Рязанцев М. К., Шеховцов А. Ф. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Том 1. Розробка конструкцій форсованих двигунів наземних транспортних машин Підручник. – Харків: Прапор, 2004. – 384 с.

3. Марченко А. П., Рязанцев М. К., Шеховцов А. Ф. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Том 2. Доводка конструкцій форсованих двигунів наземних транспортних машин Підручник. – Харків: Прапор, 2004. – 288 с.

4. Isermann R. Engine Modeling and Control / R. Isermann. – Springer Heidelberg Dordrecht London New York, 2014. – 646 p.

Інформаційні ресурси

1. Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського. Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua>
2. Наукова бібліотека Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова. Режим доступу: <http://lib.nuos.edu.ua>
3. Харківська державна наукова бібліотека імені В. Г. Короленка. Режим доступу: <http://korolenko.kharkov.com>

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
«Теорія робочих процесів ДВЗ»

Виконати проєкт двигуна _____ що викорис-
товується в якості _____

1.Розрахунково-пояснювальна записка (25...50 арк.):

- опис двигуна-прототипу;
- визначення вихідних даних для синтезу робочого процесу двигуна при його роботі на номінальному режимі;
- розрахунок номінального режиму двигуна-прототипу;
- дослідження впливу конструктивних параметрів двигуна та параметрів робочого процесу на ефективні показники;
- дослідження процесу згоряння палива за рахунок пошуку раціонального поєднання параметрів паливоподачі та елементів паливної системи двигуна;
- пропозиції та обґрунтування можливих конструктивних заходів чи змін у організації робочого процесу, спрямованих на підвищення експлуатаційних показників двигуна-прототипу;
- висновки;
- перелік використаної літератури.

2.Графічна частина :

- плакат з основними результатами розрахунку робочого процесу двигуна (індикаторні діаграми (тиску, температури) у згорнутому та розгорнутому вигляді, діаграми теплообміну, масообміну, тепловиділення);
- побудова графічних залежностей результатів дослідження;
- креслення елемента двигуна або самого двигуна з запропонованими конструктивними змінами.

Строк здачі проєкту _____

Виконавець студент _____ гр. _____

Керівник

д.т.н., професор Митрофанов О. С.

Завідувач кафедри

к.т.н., доцент Гогоренко О. А.