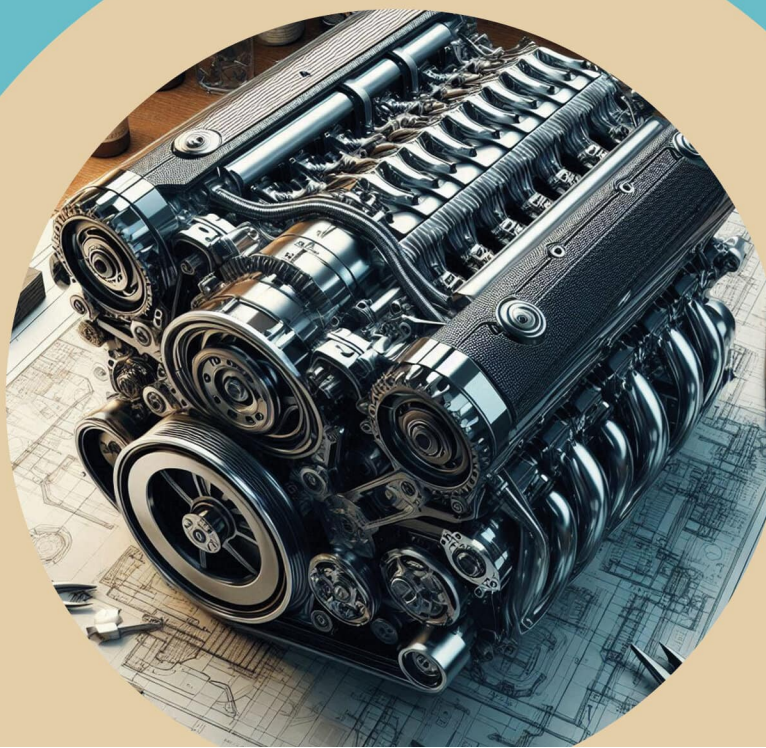


Д.О. Шалапко
А.А. Андреев
О.В. Дрозд



ВИПРОБУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Методичні вказівки до виконання самостійних робіт
для здобувачів вищої освіти спеціальності
142 «Енергетичне машинобудування»
освітньої програми «Двигуни внутрішнього згоряння»



ОЛДІ
ПІЮС

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Д. О. ШАЛАПКО
А. А. АНДРЕЄВ
О. В. ДРОЗД

ВИПРОБУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ
ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ
Методичні вказівки до виконання самостійних робіт
для здобувачів вищої освіти спеціальності
142 «Енергетичне машинобудування»
освітньої програми «Двигуни внутрішнього згоряння»

Рекомендовано Методичною радою НУК

Одеса • 2025 • Олді+

УДК 621.43(072)

B51

Автори: Д. О. Шалапко, кандидат технічних наук, доцент;
А. А. Андрєєв, кандидат технічних наук, доцент; О. В. Дрозд, кан-
дидат технічних наук, доцент

Рецензент: О. А. Гогоренко, завідувач кафедри двигунів внутріш-
нього згоряння, установок та технічної експлуатації НУК, канди-
дат технічних наук, доцент

*Рекомендовано Методичною радою НУК
(протокол № 1 від 29.01.2025 р.)*

Випробування та дослідження двигунів внутрішнього
B51 згоряння : методичні вказівки до виконання самостійних робіт
для здобувачів вищої освіти спеціальності 142 «Енергетичне
машинобудування» освітньої програми «Двигуни внутрішнього
згоряння» / Д. О. Шалапко, А. А. Андрєєв, О. В. Дрозд ;
Національний університет кораблебудування імені адмірала
Макарова. – Одеса : Олді+, 2025. – 36 с.

ISBN 978-966-289-961-0

Методичні вказівки містять систему єдиних вимог, роз'яснень і рекомендацій щодо виконання самостійних робіт із навчальної дисципліни «Випробування та дослідження двигунів внутрішнього згоряння». Вони визначають структуру, зміст та обсяг самостійних робіт, а також встановлюють обов'язкові вимоги до їх оформлення. Призначені для здобувачів вищої освіти другого освітнього рівня «Магістр» спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» освітньої програми «Двигуни внутрішнього згоряння».

The methodological instructions contain a system of uniform requirements, explanations, and recommendations for the performance of independent works in the academic discipline “Testing and research of internal combustion engines”. They determine independent works’ structure, content, and scope and establish mandatory design requirements. Intended for applicants for the higher education of the second educational level “master”, specialty 142 “Power engineering” (educational program “Internal Combustion Engines”).

УДК 621.43(072)

© Д. О. Шалапко, А. А. Андрєєв, О. В. Дрозд, 2025

© Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, 2025

ISBN 978-966-289-961-0

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. Опис навчальної дисципліни	6
2. Мета та завдання навчальної дисципліни	8
3. Передумови для вивчення дисципліни	9
4. Очікувані результати навчання	10
5. Програма навчальної дисципліни	11
5.1. Тематичний план навчальної дисципліни.....	13
5.2. Теми лабораторних робіт	14
5.3. Самостійна робота.....	15
5.4. Контрольна робота.....	16
5.5. Наукова робота.....	16
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування	17
7. Форми поточного та підсумкового контролів	20
7.1. Форми контролю результатів навчальної діяльності здобувачів вищої освіти та їх оцінювання.....	21
7.2. Контрольна робота (для ЗВО заочної форми навчання).....	22
7.3. Поточний модульний контроль.....	23
7.4. Підсумковий контроль у формі письмового екзамену.....	25
8. Критерії оцінювання результатів навчання	26
9. Засоби навчання	28
10. Рекомендовані джерела інформації	29
Додаток. Питання для модульного контролю	31

ВСТУП

Анотація

Освітньо-професійною програмою «Двигуни внутрішнього згоряння» підготовки здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти передбачено вивчення питань організації та проведення випробувань і експериментальних досліджень двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), надбанні практичних навичок у виконанні вимірювань параметрів роботи ДВЗ. Завдання вивчення дисципліни полягає в тому, щоб здобувачі вищої освіти (ЗВО) засвоїли методологію проведення випробувань ДВЗ і вміли виконувати вимірювання параметрів ДВЗ для оцінювання його технічного стану в цілому, а також окремих його вузлів.

Програма навчальної дисципліни «Випробування та дослідження двигунів внутрішнього згоряння» передбачає комплексне застосування набутих компетенцій для розв'язання прикладних задач в області випробувань та досліджень ДВЗ.

Дисципліна «Випробування та дослідження двигунів внутрішнього згоряння» носить міждисциплінарний характер, вона забезпечує підготовку ЗВО до виконання відповідних розділів випускної магістерської роботи.

Ключові слова: двигун внутрішнього згоряння, випробування, індиціювання, дослідження, вимірювальні системи.

Abstract

The educational and professional program “Internal Combustion Engines” for the preparation of applicants for the second (master’s) level of higher education provides for the study of the organization and conduct of tests and experimental research of internal combustion engines, the acquisition of practical skills in measuring the parameters of internal combustion engines. The task of studying the discipline is to ensure that applicants for higher education have mastered the methodology of testing the internal combustion engine and can measure the parameters of the internal combustion engine to assess its technical condition as a whole and its individual components.

The program of the discipline “Testing and research of internal combustion engines” provides a comprehensive application of the acquired competencies to solve applied problems in the field of testing and research of internal combustion engines.

The discipline “Testing and research of internal combustion engines” is interdisciplinary in nature; it provides preparation for implementing the relevant sections of the master’s thesis.

Keywords: internal combustion engine, tests, indication, research, measuring systems.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітньо-професійна програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни		
		денна форма навчання	заочна форма навчання	
Кількість кредитів – 3	Галузь знань 14 «Електрична інженерія»	Цикл професійної підготовки. Нормативна навчальна дисципліна		
Модулів – 1		Рік підготовки		
Змістових модулів – 3		1-й		1-й
http://www.kb.nuos.edu.ua/Licensing%20and%20accreditation%20specialties/engineering-sector.html				
Індивідуальне науково-дослідне завдання: «Розробка методики проведення випробування (діагностики) вузла, або системи двигуна»				
Загальна кількість годин – 90		Семестр		
		1-й	1-й	

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітньо-професійна програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2; самостійної роботи ЗВО – 10	Рівень вищої освіти: другий (магістерський)	Лекції	
		15 годин	6 годин
		Практичні заняття	
		-	-
		Лабораторні заняття	
		15 годин	6 години
		Самостійна робота	
		60 годин	78 годин
		Види контролю	
		екзамен	екзамен, контрольна робота
		Форма контролю	
		письмова	

2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «Випробування та дослідження двигунів внутрішнього згоряння» є формування у ЗВО згідно зі Стандартом вищої освіти України, затвердженим Наказом Міністерства освіти і науки України № 427 від 16.04.2021 р., та освітньо-професійною програмою «Двигуни внутрішнього згоряння» таких компетентностей.

Інтегральна компетентність:

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

Загальні компетентності

ЗК04. Здатність розробляти проекти та управляти ними.

Спеціальні компетентності:

СК06. Здатність проектувати та експлуатувати енергетичне і теплотехнологічне обладнання;

СК07. Здатність приймати ефективні рішення з виробництва і експлуатації енергетичного та теплотехнологічного обладнання з урахуванням вимог щодо якості, екологічності, надійності, конкурентноздатності та охорони праці.

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами для вивчення даної дисципліни є дисципліни: «Теорія двигунів внутрішнього згоряння»; «Системи двигунів внутрішнього згоряння»; «Теплотехнічні вимірювання та прилади»; «Конструкція та динаміка двигунів внутрішнього згоряння».

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

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

РН3. Формулювати і розв'язувати складні інженерні, виробничі та/або дослідницькі задачі під час проектування, виготовлення і експлуатації енергетичного обладнання та створення конкурентоспроможних розробок, втілення результатів у інноваційних проектах;

РН4. Розробляти і реалізовувати проекти у галузі енергетичного машинобудування та пов'язані з нею міждисциплінарні проекти з урахуванням технічних, економічних, правових, соціальних та екологічних аспектів;

РН5. Створювати новітні технології та процеси і обґрунтовувати вибір обладнання та інструментів, з урахуванням обмежень в енергетичному машинобудуванні на основі сучасних знань в енергетичній та суміжних галузях;

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

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

РН13. Управляти складними робочими процесами у галузі енергетичного машинобудування, у тому числі такими, що є непередбачуваними та потребують нових стратегічних підходів.

5. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Модуль 1

Змістовий модуль 1. Загальні питання випробувань та експериментальних досліджень ДВЗ

Тема 1. Методи проведення випробувань. Основи теорії та практики випробувань.

Джерела інформації: [1] – стор. 5–8, [2] – стор. 43–58.

Тема 2. Використання електронних вимірювальних систем загального призначення. Визначення потужності двигуна. Вимірювання частоти обертання та часу. Вимірювання тиску. Вимірювання температури. Вимірювання витрати рідин і газів.

Джерела інформації: [1] – стор. 10–36, [2] – стор. 58–72, [4] – стор. 130–148.

Тема 3. Вимірювання переміщень деталей, вібрації та шуму при роботі двигуна.

Джерела інформації: [5] – стор. 190–221.

Змістовий модуль 2. Випробування двигунів

Тема 4. Дослідження зношування деталей двигуна. Визначення механічних втрат. Визначення теплових втрат.

Джерела інформації: [1] – стор. 37–58, [5] – стор. 210–218.

Тема 5. Визначення характеристик двигунів. Типові та контрольні випробування двигунів серійного виробництва.

Джерела інформації: [4] – стор. 116–146,
[5] – стор. 167–209.

Змістовий модуль 3. Експериментальні дослідження
та індиціювання двигуна

Тема 6. Експериментальні дослідження при створенні нового двигуна. Доводочні випробування. Застосування методів моделювання для дослідження ДВЗ.

Джерела інформації: [1] – стор. 60–81, [4] – стор. 176–189,
[7] – стор. 270–305.

Тема 7. Загальні відомості щодо індиціювання двигуна. Обробка індикаторних діаграм.

Джерела інформації: [1] – стор. 82–104.

Тема 8. Стендові випробування ДВЗ. Імітаційні та контрольні випробування. Обробка результатів випробувань.

Джерела інформації: [1] – стор. 104–124, [6] – стор. 326–337.

5.1. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин денна форма навчання				Кількість годин заочна форма навчання			
	усього	у тому числі			усього	у тому числі		
		Л	ЛР	СР		Л	ЛР	СР
	2	3	4	5	6	7	8	10
1	2	3	4	5	6	7	8	10
Модуль 1								
Змістовий модуль 1. Загальні питання випробувань та експериментальних досліджень ДВЗ								
Тема 1. Методи проведення випробувань. Основи теорії та практики випробувань	6	–	–	6	6	–	–	6
Тема 2. Використання електронних вимірювальних систем загального призначення. Вимірювання тиску. Вимірювання температури. Вимірювання витрати рідин і газів	12	2	2	8	12	–	2	10
Тема 3. Вимірювання переміщень деталей, вібрації та шуму при роботі двигуна	12	2	–	10	12	2	–	10
Змістовий модуль 2. Випробування двигунів								
Тема 4. Дослідження зношування деталей двигуна. Визначення механічних втрат. Визначення теплових втрат	12	2	2	8	12	2	–	10
Тема 5. Визначення характеристик двигунів. Типові та контрольні випробування двигунів серійного виробництва	12	2	3	7	12	–	2	10
Змістовий модуль 3. Експериментальні дослідження та індиціювання двигуна								
Тема 6. Експериментальні дослідження при створенні нового двигуна. Доводочні випробування. Застосування методів моделювання для дослідження ДВЗ	12	2	3	7	12	2	–	10

1	2	3	4	5	6	7	8	10
Тема 7. Загальні відомості щодо індикювання двигуна. Обробка індикаторних діаграм	12	2	3	7	12	–	–	8
Тема 8. Стендові випробування ДВЗ. Імітаційні та контрольні випробування. Обробка результатів випробувань	12	3	2	7	12	–	2	10
Усього за модулем 1	90	15	15	60	90	6	6	78
Разом	90	15	15	60	90	6	6	78

Примітка: Л – лекції; ЛР – лабораторні роботи; ПЗ – практичні заняття; СР – самостійна робота.

5.2. ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Номер лабораторної роботи	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
1	Ознайомлення з вимірювальною апаратурою двигуна [9]	2	1
2	Зняття індикаторних діаграм двигуна [9]	2	1
3	Визначення характеристик двигунів [9]	3	1
4	Застосування методів моделювання для дослідження ДВЗ [9]	3	1
5	Обробка індикаторних діаграм [9]	3	1
6	Обробка результатів випробування двигуна та його елементів [9]	2	1
Разом		15	6

5.3. САМОСТІЙНА РОБОТА

Під час самостійної роботи ЗВО закріплює теоретичний (лекційний) та практичний матеріали, вчиться самостійно працювати з літературою та іншими інформаційними ресурсами.

До складу самостійної роботи входять:

- робота над конспектом лекцій та опанування навчально-методичної літератури;
- підготовка до виконання та захисту лабораторних робіт;
- підготовка до виконання та захисту практичних робіт (для ЗВО заочної форми навчання);
- виконання індивідуального науково-дослідного завдання із даної навчальної дисципліни;
- виконання контрольної роботи (для ЗВО заочної форми навчання);
- підготовка до складання підсумкового модульного контролю (екзамену).

Розподіл годин самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин		
		Норматив	денна форма	заочна форма
1	Підготовка до лекційних занять	0,5 (1) години на 1 лекцію	7	6
2	Підготовка до лабораторних робіт	до 1 (2) години на 1 роботу	15	12
3	Підготовка до поточного модульного контролю	підготовка до контрольних заходів – до 15 (30) годин на 1 захід	23	–
4	Підготовка до екзамену		15	30
5	Виконання контрольної роботи	до 30 годин на 1 роботу	–	30
Разом			80	78

Примітка. У дужках для заочної форми навчання.

5.4. КОНТРОЛЬНА РОБОТА

Контрольна робота виконується ЗВО заочної форми навчання. Контрольна робота передбачає підготовку ними письмових відповідей на питання з кожного змістового модуля (Додаток 1) відповідно до номеру варіанта ЗВО (за журналом академічної групи). Відповідність номера варіанта і контрольних питань наведено нижче в таблиці.

**Відповідність номеру варіанта ЗВО і питань
контрольної роботи**

Номер варіанта	Номер питання	Номер варіанта	Номер питання	Номер варіанта	Номер питання
1	1, 21, 37	11	11, 31, 47	21	1, 25, 41
2	2, 22, 38	12	12, 32, 48	22	2, 26, 42
3	3, 23, 39	13	13, 33, 49	23	3, 27, 43
4	4, 24, 40	14	14, 34, 50	24	4, 28, 44
5	5, 25, 41	15	15, 35, 51	25	5, 29, 45
6	6, 26, 42	16	16, 36, 52	26	6, 30, 46
7	7, 27, 43	17	17, 21, 37	27	7, 31, 47
8	8, 28, 44	18	18, 22, 38	28	8, 32, 48
9	9, 29, 45	19	19, 23, 39	29	9, 33, 49
10	10, 30, 46	20	20, 24, 40	30	10, 34, 50

5.5. НАУКОВА РОБОТА

Робота ЗВО над ІНДЗ полягає у поглибленому вивченні ним окремих питань даної дисципліни відповідно до її робочої навчальної програми. У рамках ІНДЗ він консультується з питань майбутньої випускної магістерської роботи щодо початкової інформації, методів і методик для її виконання.

6. МЕТОДИ НАВЧАННЯ, ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ ТА МЕТОДИ ЇХ ДЕМОНСТРУВАННЯ

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

для всіх видів занять:

- робота з літературою – опрацювання різних видів джерел, спрямоване на формування нових знань, їх закріплення, вироблення вмінь і навичок та реалізацію контрольнокорекційної функції в умовах формальної, неформальної та інформальної освіти;

- пояснення – словесне розкриття причинно-наслідкових зв'язків і закономірностей у розвитку природи, людського суспільства і людського мислення;

для лекційних занять:

- лекція – усний виклад навчального матеріалу, який характеризується великим обсягом, складністю логічних побудов, сконцентрованістю розумових образів, доведень і узагальнень;

для практичних, лабораторних та семінарських занять:

- практична робота – метод поглиблення і закріплення теоретичних знань та перевірки наукових висновків;

– інструктаж – ознайомлення зі способами виконання завдань, інструментами, матеріалами, технікою безпеки, показ операцій та організацію робочого місця;

– спостереження – тривале цілеспрямоване сприймання об'єктів чи явищ із фіксацією змін, які в них відбуваються, і виявлення на цій основі внутрішніх зв'язків і залежностей, розкриття сутності явищ;

– методи контролю і самоконтролю;

– контрольні роботи, письмові заліки;

– контрольні тестові роботи програмованого типу (перелік запитань і можливі варіанти відповідей).

Альтернативно може застосовуватися наступна класифікація методів навчання:

– пояснювально-ілюстративний метод – повідомлення готової інформації різними засобами (словесними, наочними, практичними) та усвідомлення і запам'ятовування цієї інформації здобувачами;

– проблемного викладу – постановка викладачем перед здобувачами проблеми і визначення шляхів її розв'язання з приховуванням можливих пізнавальних суперечностей;

дослідницький – творче застосування знань, оволодіння методами наукового пізнання, формування досвіду самостійного наукового пошуку.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання є:

- підсумковий контроль (екзамен);
- поточний модульний контроль;
- лабораторні роботи;
- контрольна робота (для ЗВО заочної форми навчання).

Для ЗВО денної форми навчання оцінювання рівня засвоєння матеріалу, викладеного на лекціях і закріпленого й розширеного на лабораторних заняттях і внаслідок самостійної

роботи, здійснюється поточним модульним контролем (ПМК) – співбесідами на лабораторних роботах, оцінюванням індивідуального конспекту в аспекті подання інформації, її якості та оцінювання якості виконання модульних контрольних робіт (МКР).

ЗВО денної форми навчання вважається допущеним до складання екзамену, якщо отримав за поточні контролю не менше, ніж 50 балів.

7. ФОРМИ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛІВ

Досягнення ЗВО оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки заключного екзамену.

Питома вага заключного екзамену в загальній системі оцінок – **40 балів**. Право складати заключний екзамен надається ЗВО, який набирає з урахуванням отриманих балів проміжних оцінок і заключного екзамену не менше **60 балів**. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки екзамену.

Поточний контроль проводиться на кожному лабораторному занятті та за результатами виконання завдань самостійної роботи. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки ЗВО із зазначеної теми (у тому числі самостійно опрацьованого матеріалу) під час виконання завдань лабораторних робіт.

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

7.1. ФОРМИ КОНТРОЛЮ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ТА ЇХ ОЦІНЮВАННЯ

Лабораторна робота

Кількість балів	Критерії оцінювання
5	Робота виконана у встановлений термін. Виконана самостійно, чітко розкриті цілі, мета та структура роботи. Застосовувалися коректні методи обробки отриманих результатів. У висновках проведена коректна інтерпретація результатів
4	Робота виконана у встановлений термін. ЗВО виконує задану роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації науково-педагогічного працівника (НПП); описує спостереження; в цілому правильно складає звіт і робить висновки
3	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. ЗВО виконує роботу згідно з інструкцією; складений звіт містить неточності у висновках і помилки
2	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. ЗВО виконує завдання під керівництвом НПП; складений звіт містить неточності у висновках і помилки
0	Робота не виконувалася

7.2. КОНТРОЛЬНА РОБОТА (ДЛЯ ЗВО ЗАОЧНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ)

Бал	Критерії оцінювання
30	Робота виконана у встановлений термін. Матеріал викладено у достатньому обсязі, аргументовано і у правильній послідовності. Використані не тільки рекомендовані джерела інформації, а й новітні, самостійно знайдені у періодичних виданнях і в інтернет-ресурсах. Правильно сформульовані узагальнюючі висновки. Робота достатньо ілюстрована, оформлена акуратно, з дотриманням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи ЗВО вільно орієнтується в матеріалах
20	Робота виконана у встановлений термін. Матеріал викладено у достатньому обсязі, логічно. Використані рекомендовані джерела інформації. Правильно сформульовані узагальнюючі висновки. Робота оформлена акуратно, з дотриманням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи ЗВО орієнтується в матеріалах, у відповідях є неточності
10	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Матеріал викладено у правильній послідовності, але недостатньо повно. Недостатньо використані рекомендовані джерела інформації. Висновки сформульовані формально або не зв'язані з матеріалами роботи. В оформленні роботи є порушення вимог до технічної документації. Під час захисту роботи ЗВО в цілому орієнтується в матеріалах, у відповідях є помилки та неточності
5	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Матеріал викладено безсистемно, висновки сформульовані формально або відсутні. Робота оформлена неохайно, з порушенням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи ЗВО слабо орієнтується в матеріалах, у відповідях є помилки
0	Роботу не виконано

7.3. ПОТОЧНИЙ МОДУЛЬНИЙ КОНТРОЛЬ

Поточний модульний контроль здійснюється за принципом оцінювання письмової відповіді на питання з вказаного модуля. Проводяться дві модульні контрольні роботи (МКР). Перша охоплює матеріал змістового модуля 1 і містить одне контрольне питання, а друга – змістового модуля 2 і змістового модуля 3 і містить два контрольні питання по одному із кожного модуля. Перелік контрольних питань наведено у Додатку 1. Максимальна кількість балів за одне питання – 10.

Бал	Критерії оцінювання (за одне питання)
1	2
10	ЗВО вільно володіє матеріалом відповідного модуля, здатен охарактеризувати процеси випробувань як двигуна загалом, так і його компонентів, може назвати всі типи випробувань двигуна, пояснити необхідність випробувань та може дати характеристику роботі двигуна за отриманими з випробувань даними
7	ЗВО гарно володіє матеріалом відповідного модуля, здатен охарактеризувати процеси випробувань двигуна та його компонентів, здатен назвати основні типи випробувань двигуна, пояснити необхідність випробувань та може дати характеристику роботі двигуна за отриманими з випробувань даними, але не достатньо чітку
5	ЗВО добре володіє матеріалом відповідного модуля, здатен майже повністю охарактеризувати процеси випробувань двигуна та його компонентів, здатен назвати найбільш розповсюджені типи випробувань двигуна, вагається при поясненні необхідності випробувань та дає характеристику роботі двигуна за отриманими з випробувань даними, спираючись на методичну літературу
3	ЗВО достатньо володіє матеріалом відповідного модуля, поверхнево характеризує процеси випробувань двигуна та його компонентів, плутається при поясненні типів випробувань та їх сутності, вагається при поясненні необхідності випробувань та не може дати характеристику роботі двигуна за отриманими з випробувань даними, навіть спираючись на методичну літературу

1	2
1	ЗВО поверхнево володіє матеріалом відповідного модуля, не може дати характеристику процесам випробувань двигуна та його компонентів, плутається при поясненні типів випробувань та їх сутності, не може чітко пояснити необхідність випробувань та не може дати характеристику роботі двигуна за отриманими з випробувань даними
0	ЗВО не орієнтується у матеріалах питання, не може відповісти на додаткові питання за змістом навчальної дисципліни

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Виконання лабораторних робіт	6 робіт $\times$ 5 балів = 30 балів	6 роботи $\times$ 5 балів = 30 балів
Поточний модульний контроль	МКР № 1 $\times$ 10 балів+ МКР № 2 $\times$ 20 балів = 30 балів	—
Виконання контрольної роботи	—	1 робота $\times$ 30 балів = 30 балів
Усього	60	60

7.4. ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ У ФОРМІ ПИСЬМОВОГО ЕКЗАМЕНУ

Підсумковий контроль складається з письмової відповіді на 4 контрольних питання екзаменаційного білету. Питання в екзаменаційних білетах дублюються з контрольними питаннями з Додатку 1.

Письмова відповідь (10 балів за одне питання)

Бал	Критерії оцінювання
10	ЗВО вільно володіє матеріалом, здатен охарактеризувати процеси випробувань як двигуна загалом, так і його компонентів, може назвати всі типи випробувань двигуна, пояснити необхідність випробувань та може дати характеристику роботі двигуна за отриманими з випробувань даними
7	ЗВО гарно володіє матеріалом відповідного модуля, здатен охарактеризувати процеси випробувань двигуна та його компонентів, здатен назвати основні типи випробувань двигуна, пояснити необхідність випробувань та може дати характеристику роботі двигуна за отриманими з випробувань даними, але не достатньо чітко
5	ЗВО добре володіє матеріалом, здатен майже повністю охарактеризувати процеси випробувань двигуна та його компонентів, здатен назвати найбільш розповсюджені типи випробувань двигуна, вагається при поясненні необхідності випробувань та дає характеристику роботі двигуна за отриманими з випробувань даними, спираючись на методичну літературу
3	ЗВО достатньо володіє матеріалом, поверхнево характеризує процеси випробувань двигуна та його компонентів, плутається при поясненні типів випробувань та їх сутності, вагається при поясненні необхідності випробувань та не може дати характеристику роботі двигуна за отриманими з випробувань даними, навіть спираючись на методичну літературу
1	ЗВО поверхнево володіє матеріалом, не може дати характеристику процесам випробувань двигуна та його компонентів, плутається при поясненні типів випробувань та їх сутності, не може чітко пояснити необхідність випробувань та не може дати характеристику роботі двигуна за отриманими з випробувань даними
0	ЗВО не орієнтується у матеріалах питання, не може відповісти на додаткові питання за змістом навчальної дисципліни

8. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Можливі поточні бали за опанування матеріалу кожної теми (тестування) та виконання кожної лабораторної та практичної роботи, а також необхідна кількість балів для зарахування модуля наведені в наступній таблиці.

Номер модуля	Номер змістового модуля	Номер теми	Денна форма навчання		Заочна форма навчання	
			Вид роботи	Кількість балів	Вид роботи	Кількість балів
1	2	3	4	5	6	7
Модуль 1	ЗМ1	T1	—	—	—	—
		T2	Лабораторна робота № 1	0...5	Лабораторна робота № 1	0...5
		T3	—	—	—	—
	ЗМ2	T4	Лабораторна робота № 2	0...5	Лабораторна робота № 1	0...5
		T5	Лабораторна робота № 3	0...5	Лабораторна робота № 1	0...5
		Поточний контроль	МКР № 1	0...10	—	

1	2	3	4	5	6	7
Модуль 1	ЗМЗ	T6	Лабораторна робота № 4	0...5	Лабораторна робота № 1	0...5
		T7	Лабораторна робота № 5	0...5	Лабораторна робота № 1	0...5
		T8	Лабораторна робота № 6	0...5	Лабораторна робота № 2	0...5
		Поточний контроль	МКР № 2	0...20	–	
–			–	–	Контрольна робота	0...30
			Екзамен	0...40	Екзамен	0...40
Сума				0...100		0...100

Примітка: ЗМ – змістовий модуль; T1, T2, ... T12 – теми змістових модулів; МКР – модульна контрольна робота.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою для екзамену
90–100	A	відмінно
82–89	B	добре
74–81	C	
64–73	B	задовільно
60–63	E	
35–59	EX	незадовільно з можливістю повторного складання
0–34	P	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

9. ЗАСОБИ НАВЧАННЯ

Для проведення аудиторних занять виготовлено конспект лекцій за основними темами дисципліни.

Для поглибленого вивчення даної дисципліни ЗВО мають можливість опрацьовувати фахові журнали та відповідну інформацію на сторінках у мережі Інтернет.

Поряд із цим, ЗВО мають можливість ознайомитися випускними магістерськими роботами за освітньо-професійною програмою (спеціалізацією) «Двигуни внутрішнього згоряння», у яких значна частина змісту пов'язана з даною дисципліною.

10. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Шалапко Д. О. Конспект лекцій з дисципліни «Випробовування та дослідження двигунів внутрішнього згоряння» : навч. наоч. посібник / МОН України, НУК ім. адмірала Макарова. Миколаїв : Торубара В. В., 2021. 134 с.

2. Митрофанов, О. С. Основи експлуатації, обслуговування та ремонту двигунів внутрішнього згоряння [Текст] : навч. посібник / О. С. Митрофанов, А. Ю. Проскурін ; МОН України, НУК ім. адмірала Макарова. Миколаїв : Торубара В. В., 2018. 152 с. (електронний варіант).

3. Гутаревич Ю. Ф. Випробування двигунів внутрішнього згоряння : навч. посіб., 2-е вид., перероб. і доп. Київ : НТУ. 2013. 246 с. (електронний варіант).

4. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т. 3. Комп'ютерні системи керування ДВЗ / за редакцією А. П. Марченка, засл. діяча науки України проф. А. Ф. Шеховцова. Харків : Видавн. центр НТУ «ХПІ», 2004. 429 с. (електронний варіант).

5. Двигуни внутрішнього згоряння : Серія підручників у 6 томах. Т. 6. Надійність ДВЗ / за редакцією проф. А. П. Марченка, засл. діяча науки України проф. А. Ф. Шеховцова. Харків : Видавн. центр НТУ «ХПІ», 2004. 425 с. (електронний варіант).

6. Zima S., Greuter E. Engine failure analysis: internal combustion engine failures and their causes. 2012. 582 с. (електронний варіант).

7. Atkins R. D. An introduction to engine testing and development. SAE Technical Paper, 2009. 308 с. (електронний варіант).

8. Martyr, Anthony J., and Michael Alexander Plint. Engine testing: the design, building, modification and use of powertrain test facilities. Elsevier, 2012. 600 p.

9. Методичні вказівки до випробування двигунів 2Ч7,2/6 та 6ЧН 12/14 за навантажувальною характеристикою / О. С. Митрофанов, А. Ю. Проскурін, А. С. Познанський. Миколаїв : НУК, 2015. 45 с.

10. Роговський І. Л., Тітова Л. Л., Надточій О. В. Випробування автомобілів і двигунів : начальний посібник. Київ : НУБіП України, 2021. 396 с. (електронний варіант).

Допоміжна література

11. Шалапко Д. О., Максимов В. І., Пирисунько М. А. Методичні вказівки до виконання самостійних робіт з дисципліни «Випробування та дослідження двигунів внутрішнього згоряння». Миколаїв : Ілліон, 2019. 16 с.

12. Шалапко, Д. О. Перспективні способи підвищення ефективності експлуатації судових енергетичних установок : навчальний посібник / Д. О. Шалапко, М. А. Пирисунько, А. А. Андрєєв. Миколаїв : Іліон, 2023. 298 с.

13. Автомобільні двигуни : підручник / Ф. І. Абрамчук, Ю. Ф. Гутаревич, К. Є. Долганов, І. І. Тимченко. Київ : Арістей, 2007. 476 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. <https://www.wingd.com/en/>
2. <https://man-es.com/marine>

ДОДАТОК

ПИТАННЯ ДЛЯ МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЮ

Контрольні питання до 1-го змістового модуля

1. Які бувають види випробувань та їхнє призначення?
2. Описати будову експериментального стенду для дослідження ДВЗ.
3. Які вимоги висуваються до вимірювальних приладів та якими показниками вони характеризуються?
4. Назвіть типи перетворювачів неелектричних величин в електричні та принцип їхньої дії.
5. Якими критеріями оцінюють точність вимірювання, як їх визначити?
6. Що таке відносна похибка?
7. Що таке абсолютна похибка?
8. Які виникають похибки при вимірюванні швидкозмінних параметрів?
9. Як враховують похибки при вимірюванні швидкозмінних параметрів?
10. Як позбутись похибки при вимірюванні?
11. Описати пристрої, які використовуються для навантаження двигуна при вимірюванні його потужності.
12. Дати характеристику приладам для вимірювання тиску.

13. Які типи приладів для вимірювання тиску використовують у ДВЗ?

14. Датчики вимірювання індикаторного тиску.

15. Дати характеристику приладам для вимірювання температури.

16. Типи приладів для вимірювання температури?

17. Проблема інертності при вимірюванні температури.

18. Охарактеризувати типи спаїв для термопар.

19. Засоби вимірювання витрат палива на двигуні.

20. Які існують сучасні витратоміри?

21. Засоби вимірювання витрат повітря на двигуні.

22. Як визначається рівномірність навантаження циліндрів?

23. Яка послідовність визначення фаз газорозподілення на двигуні?

24. Як виконується перевірка об'єму камери стискання та її регулювання?

25. Які фізичні методи використовуються для визначення витрат відхідних газів ДВЗ?

26. Які види індикаторних діаграм знімаються при індиціюванні двигунів та які параметри вони дозволяють визначити?

27. Навести приклади індикаторних діаграм, що характеризують несправності двигуна.

28. Будова та принцип дії датчиків різного типу, які використовуються при індиціюванні.

29. Принцип дії, переваги та недоліки механічних, електричних і пневмо-електричних індикаторів.

30. Методика визначення середнього індикаторного тиску по індикаторній діаграмі.

31. Методика визначення показників робочого процесу по розгорненій індикаторній діаграмі.

- 32. Як визначаються характеристики паливних насосів високого тиску (ПНВТ)?
- 33. Як визначають тиск у лінії високого тиску палива?
- 34. Яка методика визначення характеристик ПНВТ?
- 35. Як здійснюється регулювання ПНВТ?
- 36. Як проводиться випробування ПНВТ?
- 37. Які характеристики форсунок визначаються та яка методика їх визначення?
- 38. Як визначаються характеристики розпилювання?
- 39. Тонкість та однорідність розпилювання.
- 40. Які параметри характеризують якість процесу газо-обміну та як вони визначаються?
- 41. Визначення показників компресії в циліндрі.
- 42. Які існують методи визначення складу відхідних газів ДВЗ, у чому їхня сутність?
- 43. Навести засоби вимірювання температури деталей циліндро-поршневої групи (ЦПГ) двигунів.
- 44. Як установлюються термомпари в деталях ЦПГ при вимірюванні їх температури?

Контрольні питання до 2-го змістового модуля

- 45. Будова струмознімних пристроїв для з'єднання датчиків на рухомих деталях із реєструвальною апаратурою.
- 46. Як визначити розподіл температур, величину та напрямок теплових потоків у деталях?
- 47. Визначення теплових втрат у відхідні гази та охолоджуючу рідину.
- 48. Визначення теплових втрат у систему змащення.
- 49. Як визначаються деформація та напружений стан деталей за допомогою тензодатчиків?
- 50. Навести приклади способів розміщення тензодатчиків на деталях при дослідженні їх напруженого стану.

51. Особливості визначення деформацій та напружень при динамічному навантаженні та при підвищених температурах.
52. Як визначаються переміщення голки форсунки?
53. Як визначають переміщення штоків клапанів?
54. Як визначаються зазори між поршнем і втулкою циліндра?
55. Як визначити зазори в підшипниках ковзання?
56. Як визначити величину масляного клину?
57. Як визначаються шум і вібрація двигуна та його елементів?
58. Описати методику оцінювання зношування за допомогою обмірювання деталі, зняття профілограм і методу штучних баз.
59. Описати методику оцінювання зношування шляхом визначення концентрації металевих домішок у маслі та радіоактивних методів.
60. Описати методику визначення механічного ККД шляхом прокрутки двигуна стороннім джерелом енергії та аналізу кривих змін частоти обертання колінчастого валу.
61. Описати методику визначення механічного ККД шляхом аналізу кривої годинної витрати палива та почергового відключення подачі палива до циліндрів.

Контрольні питання до 3-го змістового модуля

62. Складові частини механічних втрат у двигуні та методика їхнього визначення.
63. Статті зовнішнього теплового балансу двигуна та методика їхнього визначення.
64. Як визначаються втрати теплоти крізь деталі ЦПГ при їх охолодженні?
65. Навести методику дослідження впливу окремих параметрів двигуна на статті теплового балансу.

66. Порядок визначення навантажувальної та гвинтової характеристик двигуна.

67. Порядок визначення зовнішньої та обмежувальної характеристик двигуна.

68. Методика проведення та вимоги до типових і контрольних випробувань.

69. Методика проведення досліджень з метою вибору раціональних регулювальних параметрів.

70. У чому полягає сутність метода електричного моделювання для визначення теплового стану деталей ЦПГ?

71. У чому полягає сутність фізичного моделювання – метода теорії подібності та метода аналізу розмірностей?

72. Особливості стендових випробувань ДВЗ.

73. Режими стендових випробувань та обкатки на стенді.

74. Охарактеризувати методику швартовних випробувань суднових ДВЗ?

75. Особливості режимів навантаження суднових ДВЗ на швартовних випробуваннях.

76. За якої максимальної потужності головного двигуна можливо проводити випробування?

77. Способи проведення швартовних випробувань.

78. Ходові випробування суднових ДВЗ.

79. Режими ходових випробувань суднових головних двигунів.

80. Особливості імітаційних випробувань суднових ДВЗ.

81. Випробування суднових дизель-генераторів.

Навчальне видання

ШАЛАПКО Денис Олегович
АНДРЕЄВ Артем Андрійович
ДРОЗД Оксана Володимирівна

**ВИПРОБУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ
ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ**
Методичні вказівки до виконання самостійних робіт
для здобувачів вищої освіти спеціальності
142 «Енергетичне машинобудування»
освітньої програми «Двигуни внутрішнього згоряння»

Технічний редактор *О. Гринюк*
Дизайн обкладинки *В. Савельєва*
Верстка *Ю. Семенченко*



Підписано до друку 20.02.2025 р.
Формат 60×84/16. Папір офсетний.
Цифровий друк. Гарнітура Times.
Ум. друк. арк. 2,09. Наклад 300.
Замовлення № 0225-005.

Видавництво та друк: Олді+
65101, м. Одеса, вул. Інглєзі, 6/1
тел.: +38 (095) 559-45-45, e-mail: office@oldiplus.ua
Свідоцтво ДК № 7642 від 29.07.2022 р.
Замовлення книг:
тел.: +38 (050) 915-34-54, +38 (068) 517-50-33
e-mail: book@oldiplus.ua

**ОЛДІ
ПЛЮС**