

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

**В. С. НАЛИВАЙКО, Р. Ю. АВДЮНІН
А. А. АНДРЕЄВ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання самостійної роботи з дисципліни
«Суднові двигуни внутрішнього згоряння»**

Рекомендовано Методичною радою НУК



2022

УДК 621.431(076)

Н23

Автори:

В. С. Наливайко, канд. техн. наук, професор НУК, професор кафедри двигунів внутрішнього згоряння, установок та технічної експлуатації НУК;

Р. Ю. Авдунін, викладач кафедри суднового машинобудування та енергетики Херсонського навчально-наукового інституту НУК;

А. А. Андрєєв, канд. техн. наук, доцент кафедри теплотехніки Херсонського навчально-наукового інституту НУК

Рецензент

О. А. Гогоренко, канд. техн. наук, в. о. завідувача кафедри двигунів внутрішнього згоряння, установок та технічної експлуатації НУК

Рекомендовано Методичною радою НУК

Наливайко В. С.

Н23

Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни «Суднові двигуни внутрішнього згоряння» / В. С. Наливайко, Р. Ю. Авдунін, А. А. Андрєєв. – Миколаїв : НУК, 2022. – 64 с.

Дійсні вказівки містять рекомендації щодо виконання самостійних та контрольних робіт в області суднових ДВЗ, передбачених програмою дисципліни. До вказівок включені теоретичні матеріали, які необхідно використовувати для теоретичного розрахунку відповідних завдань, порядок виконання робіт і складання звітів, питання для захисту та самоконтролю, а також завдання до курсового проєкту та екзаменаційні білети.

Призначено для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з галузі знань 13 «Механічна інженерія», спеціальності 135 «Суднобудування», освітньої програми «Суднові енергетичні установки та устаткування».

УДК 621.431(076)

© Наливайко В. С., Авдунін Р. Ю.,
Андрєєв А. А., 2022

© Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, 2022

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Опис навчальної дисципліни	6
2. Мета вивчення навчальної дисципліни	7
3. Передумови для вивчення дисципліни	8
4. Очікувані результати навчання	9
5. Програма навчальної дисциплін	10
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування	32
7. Форми поточного та підсумкового контролів	33
8. Критерії оцінювання результатів навчання	43
9. Засоби навчання	35
10. Рекомендовані джерела інформації	46
<i>Додаток 1. Питання для модульного контролю.....</i>	<i>53</i>
<i>Додаток 2. Титульний аркуш курсового проєкту.....</i>	<i>59</i>
<i>Додаток 3. Бланк завдання до курсового проєкту.....</i>	<i>60</i>

ВСТУП

Анотація

Освітньою програмою «Суднові двигуни внутрішнього згоряння» підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти передбачено набуття здобувачами вищої освіти (ЗВО) знань з теорії робочих процесів, термодинамічного циклу, конструктивної будови суднових двигунів внутрішнього згоряння (СДВЗ) та їх елементів і систем, теплопередачі, кінематики та динаміки, основних характеристик і режимів, а також низки інших знань, прямо чи опосередковано пов'язаних із двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ).

Програма навчальної дисципліни «Суднові двигуни внутрішнього згоряння» розрахована на ЗВО, які вивчили наступні курси: «Вища математика», «Фізика», «Опір матеріалів», «Технічна термодинаміка», «Тепломасообмін», «Теплотехнічні вимірювання та прилади», «Теорія механізмів і машин».

Передбачається, що навички, отримані при вивченні дисципліни «Суднові двигуни внутрішнього згоряння», будуть використовуватися ЗВО при виконанні курсових проєктів і робіт з інших спеціальних дисциплін; проведенні ними науково-дослідних робіт і підготовці випускної бакалаврської роботи.

Ключові слова: двигун внутрішнього згоряння, наддув, газообмін, робочий цикл, кривошипно-шатунний механізм, тепловий баланс, режими роботи.

Annotation

The educational program “Marine Internal Combustion Engines” prepares applicants for the first (bachelor’s) level of higher education knowledge of the theory of work processes, thermodynamic cycle, structural design of marine internal combustion engines (MICE) and their elements and systems, heat transfer, kinematics and dynamics, basic characteristics and modes, as well as a number of other knowledges directly or indirectly related to internal combustion engines (ICE).

The program of the discipline “Marine Internal Combustion Engines” is designed for ZVO, who have studied the following courses: “Higher Mathematics”, “Physics”, “Resistance of Materials”, “Technical Thermodynamics”, “Thermal Exchange”, “Thermal Measurements and Instruments”, “Theory of mechanisms and machines”.

It is assumed that the skills acquired in the discipline of “Marine Internal Combustion Engines” will be used by higher education students in the implementation of course projects and work in other special disciplines; conducting research work and preparing a bachelor’s thesis.

Key words: internal combustion engine, supercharging, gas exchange, duty cycle, crank mechanism, heat balance, operating modes.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 8	галузь знань 13 «Механічна інженерія»	обов'язкова	
Модулів – 3	спеціальність 135 «Суднобудування»	Рік підготовки	
Змістових модулів – 6		3-й, 4-й (1-й, 2-й)	3-й, 4-й (1-й, 2-й)
Індивідуальне науково-дослідне завдання «Комп'ютерне моделювання відокремленого індикаторного процесу СДВЗ»		Семестри	
		6-й, 7-й (2-й, 3-й)	6-й, 7-й (2-й, 3-й)
		Лекції	
		6-й (2-й) семестр – 30 годин; 7-й (3-й) семестр – 15 годин	6-й (2-й) семестр – 10 годин; 7-й (3-й) семестр – 10 годин
		Лабораторні заняття	
		6-й семестр 15 годин	6-й (2-й) семестр – 4 години
Загальна кількість – 240	освітня програма «Суднові енергетичні установки та устаткування»	Практичні заняття	
		6-й (2-й) семестр – 15 годин; 7-й (3-й) семестр – 15 годин	7-й (3-й) семестр – 6 годин
Тижневих годин для денної форми навчання: 6-й (2-й) семестр: аудиторних – 4 (3); самостійної роботи ЗВО – 2 (3); 7-й (3-й) семестр: аудиторних – 2; самостійної роботи ЗВО – 8	Освітній рівень: перший (бакалаврський)	Самостійна робота	
		6-й (2-й) семестр – 30 годин; 7-й (3-й) семестр – 120 годин	6-й (2-й) семестр – 76 годин; 7-й (3-й) семестр – 134 години
		Вид контролю	
		6-й (2-й) семестр: залік; 7-й (3-й) семестр: екзамен, курсовий проєкт	6-й (2-й) семестр: залік, контрольна робота; 7-й (3-й) семестр: екзамен, курсовий проєкт, контрольна робота
		Форма контролю	
		комбінована (письмова, тестування)	

Примітки:

- у дужках для ЗВО скороченого терміну навчання;
- для ЗВО денної форми скороченого терміну навчання лабораторні заняття у 2-му семестрі (в обсязі 15 годин) переносяться на самостійну роботу ЗВО з тим же обсягом годин, формою звітності та кількістю нарахованих балів.

2. МЕТА ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «Суднові двигуни внутрішнього згоряння» є формування у ЗВО згідно зі Стандартом вищої освіти України, затвердженим Наказом Міністерства освіти і науки України № 1073 від 04.10.2018 р., та освітньо-професійною програмою першого (бакалаврського) рівня вищої освіти «Суднові енергетичні установки та устаткування» таких компетентностей.

Інтегральна компетентність:

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у сфері суднобудування або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів механічної інженерії і характеризується комплексністю та невідомістю умов.

Загальні компетентності:

K03. Прагнення до збереження навколишнього середовища;

K04. Навики здійснення безпечної діяльності;

K08. Здатність приймати обґрунтовані рішення;

K10. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

Спеціальні компетентності:

K13. Здатність виконувати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість, вібрацію основних конструктивних елементів суден різних типів, морських плавучих споруд, засобів океанотехніки, суднових енергетичних установок, суднового обладнання, суднових пристроїв, суднової електротехніки, автоматики та інших об'єктів, які належать до сфери професійної діяльності (відповідно до спеціалізації);

K14. Здатність аналізувати ефективність проєктних рішень, пов'язаних з розрахунками характеристик суднових енергетичних та електротехнічних установок, суден різних типів, морських плавучих споруд, засобів океанотехніки та інших об'єктів, які належать до сфери професійної діяльності (відповідно до спеціалізації).

K15. Обізнаність із нормативними документами, які використовуються у сфері професійної діяльності відповідно до спеціалізації.

K20. Обізнаність з основами проєктування, конструювання, монтажу, ремонту, реновації, експлуатації, технічного обслуговування та утилізації різних типів суден, морських плавучих споруд, засобів океанотехніки та інших об'єктів, які належать до сфери професійної діяльності (відповідно до спеціалізації), їх основних конструктивних елементів, енергетичних та електротехнічних установок, систем, пристроїв.

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами для вивчення даної дисципліни є наступні дисципліни: «Вища математика», «Фізика», «Опір матеріалів», «Технічна термодинаміка», «Тепломасообмін», «Теплотехнічні вимірювання та прилади», «Теорія механізмів і машин».

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

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

ПРО5. Уміти виконувати розрахунки, що належать до сфери професійної діяльності, із застосуванням інформаційних і комунікаційних технологій, сучасного програмного забезпечення та систем автоматизованого проектування;

ПРО9. Знати та розуміти предметну область, основні за-
сади професійної діяльності;

ПРО12. Уміти користуватися довідковою та нормативною літературою, технологічною та конструкторською документацією для вирішення інженерних завдань, пов'язаних з професійною діяльністю;

ПРО13. Уміти розв'язувати типові спеціалізовані задачі, що пов'язані з проектуванням, конструюванням, технологією виробництва, ремонтом, реновацією, експлуатацією, обслуговуванням та утилізацією суден різних типів, морських плавучих споруд, засобів океанотехніки, суднових енергетичних, електротехнічних установок, систем, пристроїв та інших об'єктів суднобудування, їх основних конструктивних елементів (відповідно до спеціалізації);

ПРО16. Розуміти основні принципи механічної інженерії (механіки твердого тіла, опору матеріалів, термодинаміки, теплофізики, механіки рідини і газу) відповідно до спеціалізації.

5. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Модуль 1

Змістовий модуль 1. Загальні відомості про судові двигуни внутрішнього згоряння та принцип їх роботи

Тема 1. Визначення ДВЗ. Класифікація СДВЗ за основними ознаками. Маркування згідно з ДСТУ та фірмами-виробниками двигунів.

Джерела інформації: [1], с. 9–14; [4], с. 1–11.

Тема 2. Схема роботи чотиритактного двигуна без наддуву та з наддувом. Графічне зображення особливостей процесу випускання та наповнення чотиритактних двигунів без наддуву та з наддувом.

Джерела інформації: [1], с. 14–18.

Тема 3. Схеми роботи двотактних двигунів при різних типах газообміну (для прямоточних і контурних систем). Графічне зображення схем продування циліндра. Частка втраченого ходу та геометричний ступінь стиснення.

Джерела інформації: [1], с. 18–25.

Тема 4. Узагальнений ідеальний (термічний) цикл СДВЗ. Особливості ідеального циклу газових і газорідних судових дизелів. Порівняльний аналіз. Основні показники циклу та їх вплив на величину термічного ККД.

Джерела інформації: [1], с. 25–32.

Змістовий модуль 2. Основи теорії робочих циклів СДВЗ

Тема 5. Розрахункові цикли СДВЗ. Визначення параметрів робочого тіла при наповненні циліндра (коефіцієнт наповнення та його розрахунок). Процес стиснення робочого тіла в циліндрі двигуна (визначення середнього показника політропи стиснення) та основні параметри робочого тіла при стисненні (ступінь стиснення). Схема подачі палива в циліндр та основні фази його згоряння. Ступінь підвищення тиску

при згорянні палива та визначення максимальної температури робочого тіла (T_z). Рекомендовані періоди випередження подачі та згоряння палива. Процес розширення (ізобарне та політропне). Визначення параметрів робочого тіла в кінці процесу розширення.

Джерела інформації: [1], с. 113–138.

Тема 6. Дійсні цикли СДВЗ. Основні показники циклу. Порівняльний аналіз.

Джерела інформації: [3], с. 27–56.

Тема 7. Індикаторні показники робочого циклу СДВЗ. Побудова згорнутої розрахункової індикаторної діаграми циклу та визначення середнього індикаторного тиску.

Джерела інформації: [1], с. 139–143, 147–149.

Тема 8. Механічні втрати енергії в ДВЗ. Види механічних втрат і способи їх оцінювання. Ефективні параметри роботи СДВЗ.

Джерела інформації: [1], с. 143–147; [4], с. 19–20.

Змістовий модуль 3. Наддув СДВЗ

Тема 9. Класифікація двигунів за способом наддуву. Наддув ДВЗ як засіб підвищення їх потужності.

Джерела інформації: [1], с. 153–163; [4], с. 231–236.

Тема 10. Використання енергії відпрацьованих газів для наддуву. Внутрішня утилізація теплоти.

Джерела інформації: [1], с. 163–169.

Тема 11. Охолодження наддувочного повітря.

Джерела інформації: [1], с. 171–176; [4], с. 236–238.

Модуль 2

Змістовий модуль 4. Загальна будова СДВЗ та основи динаміки

Тема 12. Класифікація кривошипно-шатунних механізмів (КШМ) для судових двигунів різних типів за основними

ознаками: для тронкових і крейцкопфних двигунів; за розташуванням осі КШМ (з центральним і дезаксіальним КШМ) та інші. Заміна розподілених мас окремих ланок деталей КШМ їх пружними елементами. Заміна окремих ланок реальних КШМ їх динамічною моделлю. Залежність переміщення ходу поршня від кута повороту кривошипа. Заміна переміщення деталей КШМ, які поступально рухаються, від кута повороту кривошипа. Визначення швидкості та прискорення руху деталей КШМ, які поступально рухаються. Визначення поступальних зосереджених мас. Визначення обертальних мас механізму.

Джерела інформації: [1], с. 46–58; [2], с. 18–23.

Тема 13. Побудова силової схеми КШМ. Визначення сил, які діють на деталі КШМ при його роботі. Визначення рушійної сили, діючої на КШМ. Побудова діаграм сил: нормальної, діючої вздовж шатуна, радіальної та дотичної. Побудова діаграми сумарної дотичної сили двигуна і визначення індикаторної та надлишкової роботи. Визначення індикаторної потужності двигуна за результатами побудови діаграми сумарних дотичних сил. Основні розрахунки маховика.

Джерела інформації: [1], с. 227–236; [2], с. 22–33.

Тема 14. Зовнішня невірноваженість двигуна. Визначення геометричним способом невірноваженості двигуна від сил інерції першого та другого порядків.

Перевірка невірноваженості двигуна за силами інерції поступальних мас другого порядку. Побудова силових багатокутників для перевірки двигуна за моментами від відцентрових сил. Побудова багатокутників геометричним способом для перевірки ввірноваженості двигуна за поступальними силами інерції першого порядку та їх моментами. Побудова багатокутників геометричним способом для перевірки ввірноваженості двигуна за поступальними силами інерції другого порядку та їх моментами. Способи боротьби з невірноваженістю двигунів.

Джерела інформації: [1], с. 236–243; [4], с. 44–58.

Тема 15. Загальні відомості про крутильні коливання колінчастих валів і валопроводів та основні терміни при розрахунках крутильних коливань. Заміна діючих схем рухомих деталей, пов'язаних із колінчастим валом, їх динамічними моделями. Крутильні розрахункові схеми. Визначення частоти вільних коливань багатомасової крутильної схеми за способами Толе або Терських. Розкладання крутного моменту в ряд Фур'є для отримання гармонік, які резонують з частотою власних коливань. Визначення та побудова форми коливань для вибраної резонуючої частоти. Визначення сил демпфування на обраній частоті та розрахунок величини амплітуди коливань першої маси в системі. Способи боротьби з крутильними коливаннями.

Джерела інформації: [1], с. 243–249.

Змістовий модуль 5. Теплообмін і тепловий баланс ДВЗ

Тема 16. Особливості теплопередачі в ДВЗ. Визначення коефіцієнту тепловіддачі від газів до внутрішньої поверхні циліндра.

Джерела інформації: [1], с. 177–184.

Тема 17. Теплонапруженість деталей ДВЗ. Визначення температури на внутрішній та зовнішній поверхні циліндра і термічної деформації втулки циліндра. Термічні напруження у втулці.

Джерела інформації: [1], с. 184–189.

Тема 18. Тепловий баланс двигуна для різних типів СДВЗ. Розрахунок теплових втрат в індикаторному циклі.

Джерела інформації: [1], с. 149–151; [3], с. 423–431; [4], с. 16–18.

Змістовий модуль 6. Експлуатаційні характеристики та режими роботи суднових ДВЗ

Тема 19. Основні характеристики СДВЗ. Класифікація.

Джерела інформації: [1], с. 190–207.

Тема 20. Усталені режими роботи ДВЗ. Неусталені режими роботи судових ДВЗ. Вплив оптимізації режимів роботи на екологізацію СДВЗ.

Джерела інформації: [1], с. 208–227.

Модуль 3. Курсовий проєкт

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

1) опис двигуна (стислий опис конструкції деталей: остова двигуна; деталей КШМ; деталей механізму газорозподілення).

Джерела інформації: [1], с. 33–64.

Інформаційні ресурси: [19, 22, 23, 27–32];

2) системи двигуна (стислий опис систем: паливної, масляної, охолодження, пуску, повітропостачання та випускання газів).

Джерела інформації: [1], с. 65–91.

Інформаційні ресурси: [19, 22, 23, 27–32];

3) розрахунок робочого циклу двигуна (вибір та обґрунтування вихідних даних до розрахунку; визначення потрібного тиску наддувочного повітря для отримання необхідної потужності; розрахунок процесу наповнення циліндру, розрахунок процесу стискання; розрахунок процесу згоряння; розрахунок процесу розширення; визначення індикаторних показників циклу; визначення ефективних параметрів двигуна; визначення середнього індикаторного тиску за згорнутою індикаторною діаграмою).

Джерела інформації: [2], с. 4–17.

Інформаційні ресурси: [21, 24–26];

4) розрахунок динаміки двигуна (вибір та обґрунтування вихідних даних; побудова силової схеми КШМ; розрахунок і побудова діаграм діючих сил; побудова діаграми сумарних дотичних сил; визначення середньої сумарної дотичної сили та індикаторної потужності двигуна; визначення

надлишкової роботи крутильного моменту та основних розмірів маховика).

Джерела інформації: [2], с. 18–33;

5) графічна частина проєкту: поперечний розріз двигуна.

Джерела інформації: [37], с. 1–384.

Інформаційні ресурси: [19, 22, 23, 27–32];

6) графічна частина проєкту: індикаторні діаграми та діаграма газообміну.

Джерела інформації: [2], с. 15, 13, 28.

4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин										
	денна форма					заочна форма					
	усього	у тому числі				усього	у тому числі				
		л.	п.р.	л.р.	с.р.		л.	п.р.	л.р.	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	6-й (2-й) семестр					6-й (2-й) семестр					
Модуль 1											
Змістовий модуль 1. Загальні відомості про суднові двигуни внутрішнього згорання та принципи їх роботи											
Тема 1. Визначення ДВЗ. Класифікація СДВЗ за основними ознаками. Маркування згідно з ДСТУ та фірмовими виробниками двигунів	4	2	–	–	2	4	–	–	–	4	
Тема 2. Схема роботи чотиритактного двигуна без наддуву та з наддувом. Графічне зображення особливостей процесу випускання та наповнення чотиритактних двигунів без наддуву та з наддувом	10	3	–	5 (–)	2 (7)	10	2	–	1	7	
Тема 3. Схема роботи двотактних двигунів при різних типах газообміну (для прямооточних і контурних систем). Графічне зображення схем продування циліндра. Частка втраченого ходу та геометричний ступінь стиснення	12	3	2	4 (–)	3 (7)	12	2	–	1	9	
Тема 4. Узагальнений ідеальний (термічний) цикл СДВЗ. Особливості ідеального циклу газових і газорідних суднових дизелів. Порівняльний аналіз. Основні показники циклу та їх вплив на величину термічного ККД	8	2	3	–	3	8	–	–	–	8	
Разом за змістовим модулем 1	34	10	5	9 (–)	10 (19)	34	4	–	2	28	

Змістовий модуль 2. Основи теорії робочих циклів СДВЗ

Змістовий модуль 2. Основи теорії робочих циклів СДВЗ										
Тема 5. Розрахункові цикли СДВЗ. Визначення параметрів робочого тіла при наповненні циліндра (коефіцієнт наповнення та його розрахунок). Процес стиснення робочого тіла в циліндрі двигуна (визначення середнього показника політропи стиснення) та основні параметри робочого тіла при стисненні (ступінь стиснення). Схема подачі палива в циліндр та основні фази його згоряння. Ступінь підвищення тиску при згорянні палива та визначення максимальної температури робочого тіла (Т _z). Рекомендовані періоди випередження подачі та згоряння палива. Процес розширення (ізобарне та політропне). Визначення параметрів робочого тіла в кінці процесу розширення	17	8	6	–	3	17	2	–		15
	4	2	–	–	2	4	2	–		2
Тема 6. Дійсні цикли СДВЗ. Основні показники циклу. Порівняльний аналіз										
Тема 7. Індикаторні показники робочого циклу СДВЗ. Побудова згорнутої розрахункової індикаторної діаграми циклу та визначення середнього індикаторного тиску	8	2	–		3	3	8	–	1	7
					(–)	(6)				
Тема 8. Механічні втрати енергії в ДВЗ. Види механічних втрат і способи їх оцінювання. Ефективні параметри роботи СДВЗ	9	2	2		3	2	9	–	1	8
					(–)	(5)				
Разом за змістовим модулем 2	38	14	8		6	10	38	4	–	32
					(–)	(16)				

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Змістовий модуль 3. Наддув СДВЗ										
Тема 9. Класифікація двигунів за способом наддуву. Наддув ДВЗ як засіб підвищення їх потужності	5	2	–	–	3	5	–	–	–	5
Тема 10. Використання енергії відпрацьованих газів для наддуву. Внутрішня утилізація теплоти	6	2	–	–	4	6	2	–	–	4
Тема 11. Охолодження наддувочного повітря	7	2	2	–	3	7	–	–	–	7
Разом за змістовим модулем 3	18	6	2	–	10	18	2	–	–	16
Усього за модулем 1	90	30	15	15 (–)	30 (45)	90	10	–	4	76
7-й (3-й) семестр						7-й (3-й) семестр				
Модуль 2										
Змістовий модуль 4. Загальна будова СДВЗ та основи динаміки										
Тема 12. Класифікація кривошпинно-шатунних механізмів для суднових двигунів різних типів за основними ознаками: для тронкових і крейцкопфних двигунів; за розташуванням осі КШМ (з центральним і дезаксіальним КШМ) та інші. Заміна розподілених мас окремих ланок деталей КШМ їх пружними елементами. Заміна окремих ланок реальних КШМ їх динамічною моделлю. Залежність переміщення ходу поршня від кута повороту кривошипа. Заміна переміщення деталей КШМ, які поступально рухаються, від кута повороту кривошипа. Визначення швидкості та прискорення руху деталей КШМ, які поступально рухаються. Визначення поступальних зосереджених мас. Визначення обертальних мас механізму	6	2	2	–	2	6	2	2	–	2

Тема 13. Побудова силової схеми КШМ. Визначення сил, які діють на деталі КШМ при його роботі. Визначення рушійної сили, діючої на КШМ. Побудова діаграм сил: нормальної, діючої вздовж шатуна, радіальної та дотичної. Побудова діаграм сумарної дотичної сили двигуна і визначення індикаторної та надлишкової роботи. Визначення індикаторної потужності двигуна за результатами побудови діаграм сумарних дотичних сил. Основні розрахунки маховика	8	2	3	–	3	8	2	2	–	4
Тема 14. Зовнішня нерівноваженість двигуна. Визначення геометричним способом нерівноваженості двигуна від сил інерції першого та другого порядків. Перевірка нерівноваженості двигуна за силами інерції поступальних мас другого порядку. Побудова силових багатокутників для перевірки двигуна за моментами від відцентрових сил. Побудова многокутників геометричним способом для перевірки врівноваженості двигуна за поступальними силами інерції першого порядку та їх моментами. Побудова многокутників геометричним способом для перевірки врівноваженості двигуна за поступальними силами інерції другого порядку та їх моментами. Способи боротьби з нерівноваженістю двигунів	7	2	2	–	3	7	2	–	–	5

<i>I</i>		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Тема 15. Загальні відомості про крутильні коливання колінчастих валів і валопроводів та основні терміни при розрахунках крутильних коливань. Заміна діючих схем рухомих деталей, пов'язаних із колінчастим валом, їх динамічними моделями. Крутильні розрахункові схеми. Визначення частоти вільних коливань багатомасової крутильної схеми за способом Толе або Терсиках. Розкладання крутного моменту в ряд Фур'є для отримання гармонік, які резонують з частотою власних коливань. Визначення та побудова форми коливань для вибраної резонуючої частоти. Визначення сил демпфування на обраній частоті та розрахунок величини амплітуди коливань першої маси в системі. Способи боротьби з крутильними коливаннями		4	2	–	–	2	4	–	–	–	4
Разом за змістовим модулем 4		25	8	7	–	10	25	6	4	–	15
Змістовий модуль 5. Теплообмін і тепловий баланс ДВЗ											
Тема 16. Особливості теплопередачі в ДВЗ. Визначення коефіцієнту тепловіддачі від газів до внутрішньої поверхні циліндра		6	1	2	–	3	6	2	1	–	3
Тема 17. Теплонапруженість деталей ДВЗ. Визначення температури на внутрішній та зовнішній поверхні циліндра і термічної деформації втулки циліндра. Термічні напруження у втулці		8	2	2	–	4	8	2	1	–	5
Тема 18. Тепловий баланс двигуна для різних типів СДВЗ. Розрахунок теплових втрат в індикаторному циклі		4	1	–	–	3	4	–	–	–	4
Разом за змістовим модулем 5		18	4	4	–	10	18	4	2	–	12
Змістовий модуль 6. Експлуатаційні характеристики та режими роботи суднових ДВЗ											
Тема 19. Основні характеристики СДВЗ. Класифікація		8	1	2	–	5	8	–	–	–	8
Тема 20. Усталені режими роботи ДВЗ. Неусталені режими роботи суднових ДВЗ. Вплив оптимізації режимів роботи на екологізацію СДВЗ		9	2	2	–	5	9	–	–	–	9
Разом за змістовим модулем 6		17	3	4	–	10	17	–	–	–	17
Усього за модулем 2		60	15	15	–	30	60	10	6	–	44

Модуль 3. Курсовий проєкт											
1. Опис двигуна (стиглий опис конструкції деталей: основа двигуна; деталей КШМ; деталей механізму газорозподілення)	15	–	–	–	15	15	–	–	–	–	15
2. Системи двигуна (стиглий опис систем: паливної, масляної, охолодження, пускання, повітропостачання та випуску газів)	15	–	–	–	15	15	–	–	–	–	15
3. Розрахунок робочого циклу двигуна (вибір та обґрунтування вихідних даних до розрахунку; визначення потрібного тиску наддувочного повітря для отримання необхідної потужності; розрахунок процесу наповнення циліндру, розрахунок процесу стискування; розрахунок процесу згоряння; розрахунок процесу розширення; визначення індикаторних показників циклу; визначення ефективних параметрів двигуна; визначення середнього індикаторного тиску за згорнутою індикаторною діаграмою)	15	–	–	–	15	15	–	–	–	–	15
4. Розрахунок динаміки двигуна (вибір та обґрунтування вихідних даних; побудова силової схеми кривошипно-шатунного механізму; розрахунок і побудова діаграм діючих сил; побудова діаграм сумарних дотичних сил; визначення середньої сумарної дотичної сили та індикаторної потужності двигуна; визначення надлишкової роботи крутильного моменту та основних розмірів маховика)	15	–	–	–	15	15	–	–	–	–	15
5. Графічна частина проєкту. Поперечний розріз двигуна	15	–	–	–	15	15	–	–	–	–	15
6. Графічна частина проєкту. Індикаторні діаграми та діаграма газообміну	15	–	–	–	15	15	–	–	–	–	15
Усього за модулем 3	90	–	–	–	90	90	–	–	–	–	90
Усього	240	45	30	15	150	240	20	6	4	210	

Примітка: 1) л. – лекції; п. р. – практичні роботи; с. р. – самостійна робота ЗВО; л. р. – лабораторні роботи; 2) для ЗВО заочної форми навчання викладаються оглядові лекції за темами змістових модулів в обсягах відповідно до вищенаведеної таблиці; 3) у дужках – для скороченого терміну навчання.

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Модуль 1			
Змістовий модуль 1. Загальні відомості про суднові двигуни внутрішнього згоряння та принцип їх роботи			
1	Визначення фаз газорозподілення у чотири- та двотактних двигунах. Джерела інформації: [1], с. 17, 20; [3], с. 168–172; [4], с. 20–23	2	–
2	Ідеальні цикли СДВЗ. Аналіз впливу різних факторів на ККД різних циклів. Джерела інформації: [1], с. 25–32	3	–
Змістовий модуль 2. Основи теорії робочих циклів СДВЗ			
3	Аналіз впливу різноманітних факторів на процеси наповнення циліндра двигуна. Джерела інформації: [1], с. 114–118; [3], с. 36, 173–182	2	–
4	Процес стиснення в ДВЗ. Визначення параметрів процесу стиснення. Джерела інформації: [1], с. 118–122; [3], с. 312–318	2	–
5	Розрахункове дослідження кількості теплоти згоряння палива і суміші різних палив. Кількість і склад продуктів згоряння 1 кг палива. Джерела інформації: [1], с. 118–122; [3], с. 77–83	2	–
6	Визначення та оптимізація індикаторних і ефективних показників роботи двигуна. Механічні втрати в двигуні. Джерела інформації: [1], с. 139–145; [3], с. 410–421	2	–
Змістовий модуль 3. Наддув СДВЗ			
7	Вивчення характеристик систем наддуву судових ДВЗ. Джерела інформації: [1], с. 153–176; [4], с. 231–319	2	–
Разом за модулем 1		15	–

Продовження таблиці

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Модуль 2			
Змістовий модуль 4. Загальна будова СДВЗ та основи динаміки			
8	Основні конструктивні схеми різних типів ДВЗ. Конструктивні схеми остова двигуна. Елементи остова двигуна. Джерела інформації: [1], с. 33–46; [4], с. 231–319	2	2
9	Побудова діаграми сумарної дотичної сили двигуна та визначення індикаторної та надлишкової роботи. Розрахунок маховика. Джерела інформації: [1], с. 233–234; [2], с. 26–28	3	2
10	Графічні способи перевірки врівноваженості двигуна. Джерела інформації: [1], с. 236–243; [4], с. 44–49	2	–
Змістовий модуль 5. Теплообмін і тепловий баланс ДВЗ			
11	Визначення коефіцієнту тепловіддачі від газів до внутрішньої поверхні циліндра дво– та чотири-тактних СДВЗ. Джерела інформації: [1], с. 183–184; [3], с. 136–141	2	1
12	Визначення температури на внутрішній та зовнішній поверхнях циліндра і термічної деформації втулки циліндра. Джерела інформації: [1], с. 180–183	2	1
Змістовий модуль 6. Експлуатаційні характеристики та режими роботи судових ДВЗ			
13	Основні конструктивні способи полегшення швартовних характеристик судна. Реальні конструкції пристроїв різних виробників. Джерела інформації: [1], с. 190–207; [31, 32]	2	–
14	Визначення навантаження головних і допоміжних двигунів при відключенні циліндрів і демонтуванні деталей кривошипно-шатунного механізму. Джерела інформації: [1], с. 190–207; [31, 32]	2	–
Разом за модулем 2		15	6
Усього		30	6

Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Модуль 1			
Змістовий модуль 1. Загальні відомості про суднові двигуни внутрішнього згоряння та принцип їх роботи			
1	Дослідження процесу випускання та наповнення чотиритактних двигунів графічним способом. Джерела інформації: [1], с. 114–118, 135–138; [3], с. 182–230	3	1
2	Дослідження будови та роботи чотиритактного двигуна. Джерела інформації: [1], с. 14–25, 33–64	2	–
3	Дослідження різних типів газообміну чотири- та двотактних двигунів. Джерела інформації: [3], с. 167–173; 230–234	2	1
4	Дослідження будови та роботи двотактного двигуна. Джерела інформації: [1], с. 14–25, 33–64	2	–
Змістовий модуль 2. Основи теорії робочих циклів СДВЗ			
5	Дослідження залежності переміщення ходу поршня від кута повороту колінчастого валу графічним та аналітичним способом для різних типів КШМ. Джерела інформації: [1], с. 227–228; [2], с. 23–26	3	1
6	Визначення теплового балансу двигуна при роботі по гвинтовій характеристиці. Джерела інформації: [1], с. 190–207; [31, 32]	3	1
Усього		15	4

Самостійна робота

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

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

Розподіл годин самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин		
		Норматив	денна форма навчання	заочна форма навчання
6-й (2-й) семестр				
1	Підготовка до лекційних занять	0,5 годин на 1 лекцію	7	5
2	Підготовка до лабораторних робіт	0,5 годин на 1 роботу	3	2
3	Підготовка до практичних робіт	0,5 годин на 1 роботу	3	–
4	Підготовка до поточного модульного контролю	підготовка до контрольних заходів – до 15 годин на 1 захід	7	–
5	Підготовка до заліку		10	15
6	Самостійне опрацювання окремих тем	до 4 годин на 1 тему	–	39

Продовження таблиці

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин		
		Норматив	денна форма навчання	заочна форма навчання
7	Виконання контрольної роботи	до 15 годин на 1 роботу	–	15
Разом за 6-й (2-й) семестр			30	76
7-й (3-й) семестр				
1	Підготовка до лекційних занять	0,5 годин на 1 лекцію	4	3
2	Підготовка до практичних робіт	0,5 годин на 1 роботу	3	2
3	Підготовка до поточного модульного контролю	підготовка до контрольних заходів – до 15 годин на 1 захід	10	–
4	Підготовка до екзамену		13	13
5	Самостійне опрацювання окремих тем	до 2 годин на 1 тему	–	16
6	Виконання контрольної роботи	до 15 годин на 1 роботу	–	10
7	Виконання курсового проєкту	90 годин	90	90
Разом за 7-й (3-й) семестр			120	134

Примітка: у дужках – для ЗВО скороченого терміну навчання.

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

№ з/п	Завдання для самостійної роботи	Література
Модуль 1		
Змістовий модуль 1. Загальні відомості про суднові двигуни внутрішнього згоряння та принцип їх роботи		
1	Основні марки двигунів вітчизняного та закордонного виробництва	[1], с. 9–14; [4], с. 1–11
2	Кругова та розгорнута діаграма фаз газообміну чотиритактних СДВЗ	[1], с. 17–18; [3], с. 32–35, 218–228; [4], с. 20–22
3	Основна умова для здійснення процесу газообміну в двотактному двигуні. Кругова діаграма фаз газообміну двотактних СДВЗ. Існуючі схеми продування циліндра. Визначення частки втраченого ходу та геометрична ступінь стиснення	[1], с. 18–24; [4], с. 22–23; [5]
4	Особливості ідеального циклу газових і газорідних суднових дизелів	[4], с. 59–70
Змістовий модуль 2. Основи теорії робочих циклів СДВЗ		
5	Основні фази процесу горіння палива у дизельному двигуні та чим вони характеризуються. Схема подачі палива в циліндр та основні фази його згоряння. Рекомендовані періоди випередження подачі та згоряння палива. Процес розширення (ізобарний та політропний). Визначення параметрів робочого тіла в кінці процесу розширення	[1], с. 304–305, 323; [3], с. 431–433
6	Порівняльний аналіз дійсних циклів СДВЗ	[3], с. 27–56
7	Основи побудови згорнутої розрахункової індикаторної діаграми циклу та визначення середнього індикаторного тиску дво- та чотиритактних СДВЗ з наддувом	[3], с. 14–17
8	Природа механічних втрат енергії в ДВЗ. Взаємозв'язок механічних втрат з параметрами циклу	[1], с. 143–147; [4], с. 19–20

Продовження таблиці

№ з/п	Завдання для самостійної роботи	Література
Змістовий модуль 3. Наддув СДВЗ		
9	Наддув ДВЗ як засіб підвищення потужності дизелів	[1], с. 153–163
10	Внутрішня утилізація теплоти в судових ДВЗ	[1], с. 163–169
11	Причини охолодження наддувочного повітря	[1], с. 171–176; [4], с. 236–238
Модуль 2		
Змістовий модуль 4. Загальна будова СДВЗ та основи динаміки		
12	Заміна окремих ланок реальних КШМ їх динамічною моделлю. Визначення швидкості та прискорення руху деталей КШМ, які поступально рухаються. Визначення поступальних зосереджених мас. Визначення обертальних мас механізму	[1], с. 227–233; [2], с. 18–22
13	Визначення індикаторної потужності двигуна за результатами побудови діаграми сумарних дотичних сил. Основні розрахунки маховика	[1], с. 234–235; [2], с. 29–30
14	Побудова силових багатокутників для перевірки врівноваженості двигуна за моментами від відцентрових сил. Побудова багатокутників геометричним способом для перевірки врівноваженості двигуна за поступальними силами інерції першого порядку та їх моментами. Побудова багатокутників геометричним способом для перевірки врівноваженості двигуна за поступальними силами інерції другого порядку та їх моментами	[1], с. 236–243; [4], с. 27–58
15	Розкладання крутного моменту в ряд Фур'є для отримання гармонік, які резонують з частотою власних коливань. Визначення та побудова форми коливань для вибраної резонуючої частоти. Визначення сил демпфування на обраній частоті та розрахунок величини амплітуди коливань першої маси в системі	[1], с. 243–249

Продовження таблиці

№ з/п	Завдання для самостійної роботи	Література
Змістовий модуль 5. Теплообмін і тепловий баланс ДВЗ		
16	Визначення коефіцієнту тепловіддачі від газів до внутрішньої поверхні циліндра	[1], с. 183–184; [3], с. 136–141
17	Визначення температури на внутрішній та зовнішній поверхні циліндра і термічної деформації втулки циліндра. Термічні напруження у втулці	[1], с. 180–183
18	Статті розподілу теплоти, яка виділяється в двигуні при згорянні палива	[1], с. 149–151; [3], с. 423–431; [4], с. 16–18
Змістовий модуль 6. Експлуатаційні характеристики і режими суднових ДВЗ		
19	Типи регуляторів, які застосовуються для головних і допоміжних двигунів. Фізичний зміст суднової гвинтової характеристики при сталій швидкості судна $V_p = \text{const}$	[1], с. 190–207; [31]
20	Особливості роботи головного суднового двигуна при швартовних випробуваннях судна. Способи полегшення суднових гвинтових характеристик на швартовах. Екологічні характеристики суднових ДВЗ	[1], с. 190–207; [31]

Курсовий проєкт

Курсовий проєкт є складовою самостійної роботи ЗВО, яку він виконує, спираючись на знання, отримані в ході вивчення дисципліни «Суднові двигуни внутрішнього згорання». Курсовий проєкт виконується згідно з індивідуальним завданням і під керівництвом НПП.

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

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

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

Додатки розміщують після основної частини курсового проєкту.

Тематика курсових проєктів обирається відповідно до джерела [9] інформаційних ресурсів у відповідності до розпорядження завідувача випускової кафедри.

Контрольна робота

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

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

Питання контрольної роботи

Номер варіанта	Номер запитання (з переліку запитань)					
	6-й (2-й) семестр – Модуль 1			7-й (3-й) семестр – Модуль 2		
1	1	14	41	1	13	27
2	2	15	42	2	14	28
3	3	16	43	3	15	29
4	4	17	44	4	16	30
5	5	18	45	5	17	31
6	6	19	46	6	18	32
7	7	20	47	7	19	33
8	8	21	48	8	20	34
9	9	22	49	9	21	35
10	10	23	42	10	22	36
11	11	24	44	11	23	37
12	12	25	46	12	24	38
13	13	26	48	8	25	39
14	10	27	45	7	26	40
15	9	28	47	6	17	41
16	8	29	48	5	18	42
17	7	30	42	4	19	31
18	6	31	46	3	14	32
19	5	32	43	2	13	33
20	4	33	42	1	22	34
21	3	34	44	5	18	35
22	2	35	47	8	20	36
23	7	36	44	5	21	38
24	13	37	49	9	13	39
25	5	38	42	4	14	40
26	7	39	48	7	20	41
27	9	40	49	3	25	42
28	5	16	42	11	20	27
29	1	20	48	1	21	28
30	4	24	41	8	22	29
31	8	28	44	9	19	30
32	11	32	46	12	22	40
33	6	36	48	7	23	41
34	10	38	44	6	24	42
35	2	40	49	2	13	31

Примітка: у дужках – для ЗВО скороченого терміну навчання

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

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

для всіх видів занять:

- робота з літературою – опрацювання різних видів джерел, спрямоване на формування нових знань, їх закріплення, вироблення вмінь і навичок;

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

- дискусія – обмін поглядами щодо конкретної проблеми з метою набуття нових знань, зміцнення власної думки, формування вміння її обстоювати;

- демонстрування – наочно-чуттєве ознайомлення здобувачів з явищами, процесами, об'єктами в їх природному вигляді;

для лекційних занять:

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

- бесіда – метод «питання-відповідь», завдання якого – спонукати здобувачів до актуалізації відомих і засвоєння нових знань шляхом самостійних роздумів, висновків і узагальнень;

для практичних і лабораторних занять:

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

- лабораторна робота – вивчення в спеціальних умовах явищ природи за допомогою спеціального обладнання;

методи контролю і самоконтролю:

- фронтальне опитування;
- контрольні роботи.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання є:

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

7. ФОРМИ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛІВ

Досягнення ЗВО оцінюються за 100-бальною системою Університету.

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

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

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

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

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

Форми контролю результатів навчальної діяльності здобувачів вищої освіти та їх оцінювання

Практична робота

Кількість балів	Критерії оцінювання
2	Робота виконана в установлений термін. ЗВО самостійно визначає тип задачі та раціонально розв'язує її. Може розв'язувати комбіновані задачі. Звіт відповідає встановленим вимогам
1	Робота виконана з порушенням установлених термінів. ЗВО наводить потрібні формули. Розв'язує задачу, користуючись алгоритмом. Складений звіт містить неточності у висновках і помилки
0	ЗВО не розв'язує задачі

Лабораторна робота

Кількість балів	Критерії оцінювання
3	Робота виконана самостійно в установлений термін. ЗВО виконав завдання у повному обсязі, без помилок. Чітко сформульовані цілі та завдання досліджень. Застосовувалися коректні методи обробки отриманих результатів. Правильно сформульовані висновки. Звіт відповідає встановленим вимогам
2	Робота виконана самостійно з порушенням установлених термінів. ЗВО виконує роботу згідно з методикою, іноді після консультації з НПП. Звіт відповідає встановленим вимогам

Продовження таблиці

Кількість балів	Критерії оцінювання
1	Робота виконана з порушенням установлених термінів. ЗВО виконує роботу під керівництвом НПП. Звіт містить неточності та помилки
0	Робота не виконувалася

Курсовий проєкт

Параметри оцінювання	Кількість балів	Критерії оцінювання
Пояснювальна записка	20	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 проєкту стандарту; адекватність обраних методів предмету дослідження, грамотне використання методів (процедура, обробка, інтерпретація результатів); відповідність висновків меті та завданням дослідження. Робота виконувалася систематично та вчасно подана на перевірку керівнику у відповідності із планом виконання курсового проєкту
	15	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); відповідність висновків меті

Продовження таблиці

Параметри оцінювання	Кількість балів	Критерії оцінювання
		та завданням дослідження. Проект виконувався не систематично та поданий на перевірку керівнику з порушенням плану виконання курсового проекту
	10	Зміст проекту відповідає обраній темі, але має поверховий аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано. Проект виконувався не систематично та поданий на перевірку керівнику з порушенням плану виконання курсового проекту
	5	Зміст проекту не відповідає обраній темі. Проект не відповідає вимогам, які висуваються до курсових проектів. У проекті немає висновків або вони носять декларативний характер
Індивідуальне науково-дослідне завдання	20	Завдання відповідає обраній темі; чітко сформульована проблема; адекватно сформульовано об'єкт, предмет, мета та задачі дослідження; обрані методи відповідають предмету дослідження; відповідність висновків меті та завданням дослідження
	10	Завдання відповідає обраній темі; чітко сформульована проблема; недостатньо адекватно сформульовано об'єкт, предмет, мета та задачі дослідження; наявність деяких невідповідностей висновків меті та завданням дослідження
	5	Зміст завдання не відповідає обраній темі; не чітко сформульована проблема; недостатньо адекватно сформульовано об'єкт, предмет, мета та задачі дослідження; наявність невідповідностей висновків меті та завданням дослідження

Продовження таблиці

Параметри оцінювання	Кількість балів	Критерії оцінювання
Графічна частина	20	Графічні матеріали виконані без помилок на високому рівні. Оформлення креслень здійснювалось з дотриманням стандартів і вимог, що висуваються
	15	Графічні матеріали виконані без помилок на достатньому рівні. Оформлення креслень здійснювалось з деякими відхиленнями від стандартів і вимог, що висуваються
	10	Графічні матеріали виконані з невеликою кількістю помилок на середньому рівні. В оформленні креслень присутні відхилення від стандартів і вимог, що висуваються
	5	Графічні матеріали низької якості
Захист проєкту	40	Доповідь логічно побудована, ЗВО чітко та стисло викладає основні результати дослідження, показує глибокі знання з питань теми, оперує даними дослідження, вносить пропозиції з теми дослідження, під час доповіді впевнено і докладно відповідає на поставлені запитання
	35	ЗВО 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	ЗВО спроможний чітко та стисло викласти основні результати дослідження, належно обґрунтовує положення проєкту, але допускає неточності у відповідях на запитання
	25	ЗВО спроможний чітко та стисло викласти основні результати дослідження, але допускає суттєві неточності у відповідях на запитання, не завжди належно обґрунтовує положення проєкту

Продовження таблиці

Параметри оцінювання	Кількість балів	Критерії оцінювання
	20	ЗВО неупорядковано викладає основні результати дослідження, намагається дати відповідь на поставлені запитання і робить спроби аргументувати положення проєкту
	15	ЗВО неупорядковано викладає основні результати дослідження, робить спроби аргументувати положення роботи, надає неповні, поверхові, необґрунтовані відповіді на поставлені питання
	10	ЗВО демонструє задовільні знання з теми дослідження, але не може впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання членів комісії та належно обґрунтувати положення проєкту
	5	ЗВО неупорядковано викладає основні результати дослідження, не спроможний дати відповідь на запитання, відстоювати свою позицію

Контрольна робота (для ЗВО заочної форми)

Кількість балів		Критерії оцінювання
6-й (2-й) семестр	7-й (3-й) семестр	
48	52	Робота виконана в установленний 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

Продовження таблиці

Кількість балів		Критерії оцінювання
6-й (2-й) семестр	7-й (3-й) семестр	
20	25	Робота виконана з порушенням установлених термінів. Матеріал викладено у правильній послідовності, але недостатньо повно. Недостатньо використані рекомендовані джерела інформації. Висновки сформульовані формально або не зв'язані з матеріалами роботи. В оформленні роботи є порушення вимог до технічної документації. Під час захисту роботи ЗВО в цілому орієнтується в матеріалах, у відповідях є помилки та неточності
10	15	Робота виконана з порушенням установлених 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	0	Роботу не виконано

Примітка: у дужках – для ЗВО скороченого терміну навчання

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

для ЗВО скороченого терміну навчання – 2-й семестр)

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

Письмова відповідь

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

6-й семестр

(для ЗВО скороченого терміну навчання – 2-й семестр)

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Виконання лабораторних робіт	6 робіт $\times$ 3 бали = = 18 балів	4 роботи $\times$ 3 бали = = 12 балів
Виконання практичних робіт	7 робіт $\times$ 2 бали = = 14 балів	—
Поточний модульний контроль	2 МКР $\times$ 14 балів = = 28 балів	—
Виконання контрольних робіт	—	1 робота $\times$ 48 балів = = 48 балів
Всього	60	60

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

для ЗВО скороченого терміну навчання – 3-й семестр)

На кожну з двох модульних контрольних робіт у 7-му (для ЗВО скороченого терміну навчання – 3-му) семестрі виноситься по 15 тестових завдань. Як тестові завдання

використовується Пакет комплексних контрольних робіт для оцінювання якості підготовки магістрів з дисципліни «Суднові двигуни внутрішнього згоряння».

Кількість правильних відповідей	13...15	11...12	9...10	8	7	6	5	4	3	2	1
Бал	23	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2

7-й семестр (для ЗВО скороченого терміну навчання – 3-й семестр)

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Виконання практичних робіт	7 робіт $\times$ 2 бали = = 14 балів	4 роботи $\times$ 2 бали = = 8 балів
Поточний модульний контроль	2 МКР $\times$ 23 бали = = 46 балів	–
Виконання контрольних робіт	–	1 робота $\times$ 52 бали = = 52 бали
Всього	60	60

Підсумковий контроль

Підсумковий контроль: залік для 6-го семестру та екзамен для 7-го семестру (для ЗВО скороченого терміну навчання відповідно 2-го і 3-го семестру) складається з письмових відповідей на 4 контрольні питання, перелік яких наведено у Додатку 1.

Письмова відповідь (1 питання – 10 балів)

Бал	Критерії оцінювання
10	Відповідь правильна, повна, логічна, містить аналіз, систематизацію, узагальнення, використані міжпредметні зв'язки, містить аргументовані висновки

Продовження таблиці

Бал	Критерії оцінювання
8	Відповідь у цілому правильна, достатньо повна, логічна; допущені несуттєві помилки та неточності у викладенні матеріалу
6	Відповідь частково правильна, містить неточності, недостатньо обґрунтована
4	Відповідь має суттєві помилки, аргументи несформульовані, використовується невірна термінологія
2	Відповідь містить значну кількість суттєвих помилок, не обґрунтована
0	ЗВО не дає відповіді

8. КРИТЕРІЙ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Номер модуля	Номер змістового модуля	Номер теми	Денна форма навчання		Заочна форма навчання	
			Вид роботи	Кількість балів	Вид роботи	Кількість балів
М1	ЗМ1	Т1	–	–	–	–
			Лабораторна робота № 1	0...3	Лабораторна робота № 1	0...3
		Т2	Лабораторна робота № 2	0...3	–	–
			Лабораторна робота № 3	0...3	Лабораторна робота № 3	0...3
		Т3	Лабораторна робота № 4	0...3	–	–
			Практична робота № 1	0...2	–	–
		Т4	Практична робота № 2	0...2	–	–
			МКР № 1	0...14	–	–
		Т5	Практична робота № 3	0...2	–	–
			Практична робота № 4	0...2	–	–
		ЗМ2	Т6	–	–	–
	Т7		Лабораторна робота № 5	0...3	Лабораторна робота № 5	0...3
	Т8		Лабораторна робота № 6	0...3	Лабораторна робота № 6	0...3
		Практична робота № 6	0...2	–	–	
	ЗМ3	Т9	–	–	–	–
Т10		–	–	–	–	
Т11		Практична робота № 6	0...2	–	–	
		–	–	Контрольна робота	0...48	

Номер модуля	Номер змістового модуля	Номер теми	Денна форма навчання		Заочна форма навчання	
			Вид роботи	Кількість балів	Вид роботи	Кількість балів
	Підсумковий контроль		Залік (Письмова відповідь)	0...40	Залік (Письмова відповідь)	0...40
		Сума		0...100		0...100
7-й (3-й) семестр						
М2	ЗМ 4	Т12	Практична робота № 8	0...2	Практична робота № 8	0...2
		Т13	Практична робота № 9	0...2	Практична робота № 9	0...2
		Т14	Практична робота № 10	0...2	–	–
		Т15	–	–	–	–
	Поточний контроль		МКР № 1	0...23	–	–
	ЗМ 5	Т16	Практична робота № 11	0...2	Практична робота № 11	0...2
		Т17	Практична робота № 12	0...2	Практична робота № 12	0...2
		Т18	–	–	–	–
	ЗМ6	Т19	Практична робота № 13	0...2	–	–
		Т20	Практична робота № 14	0...2	–	–
	Поточний контроль		МКР № 2	0...23	–	–
	–		–	–	Контрольна робота	0...52
	Підсумковий контроль		Екзамен (Письмова відповідь)	0...40	Екзамен (Письмова відповідь)	0...40
		Сума		0...100		0...100

Примітка: у дужках – для ЗВО скороченого терміну навчання.

Критерії оцінювання виконання курсowego проєкту

Пояснювальна записка	ІНДЗ	Графічна частина	Захист проєкту	Сума
до 20	до 20	до 20	до 40	до 100

9. ЗАСОБИ НАВЧАННЯ

При вивченні даної дисципліни використовуються такі засоби навчання:

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

- програмне забезпечення (CAD/CAM-системи автоматизованого проєктування/системи автоматизованого виробництва; програмні рішення відкритого доступу: WinGD's General Technical Data (GTD) application provides information to plan the layout of WinGD low-speed engines; MAN CEAS engine calculations; EPD (Engine Planning Data) calculator; DIESEL-RK, engine simulation tool для вирішення інженерних та дослідницьких задач; апробовані системні програмні рішення Visual Basic for Applications, що розроблені на кафедрі суднового машинобудування та енергетики для розрахункової частини курсового проєкту;

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

10. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. **Наливайко В. С.** Суднові двигуни внутрішнього згоряння : підруч. для студентів ВНЗ / В. С. Наливайко, Б. Г. Тимошевський, С. Г. Ткаченко. – Миколаїв : Торубара В. В. [вид.], 2015. – 331 с.
2. **Наливайко В. С.** Суднові двигуни внутрішнього згоряння : методичні вказівки до виконання графічно-розрахункових робіт / В. С. Наливайко, С. Г. Ткаченко, В. С. Хоменко. – Миколаїв: НУК, 2012. – 72 с.
3. **Дьяченко В. Г.** Двигуни внутрішнього згоряння. Теорія : підручник / В. Г. Дьяченко; за ред. А. П. Марченка. – Харків: НТУ «ХПІ», 2008. – 488 с.
4. **Malcolm L.** Pounder's Marine Diesel Engines and Gas Turbines : textbook / L. Malcolm. – Butterworth-Heinemann, 2020. – 956 p. (ebook)

Допоміжна література

5. **Фомин Ю. Я.** Судовые двигатели внутреннего сгорания : учебник / Ю. Я. Фомин, А. И. Горбань, В. В. Добровольский, А. И. Лукин и др. – Л.: Судостроение, 1989. – 344 с.: ил.
6. **Ваншейдт В. А.** Судовые двигатели внутреннего сгорания : учебник / В. А. Ваншейдт. – 2-е изд. – Л.: Судостроение, 1977. – 392 с.
7. **Наливайко В. С.** Конструктивні вузли та системи суднових двигунів внутрішнього згоряння : навч. посібник / В. С. Наливайко, Б. Г. Тимошевський. – Миколаїв : НУК, 2013. – 100 с.
8. **Возницкий И. В.** Судовые двигатели внутреннего сгорания, т. 1: Конструкция двигателей / И. В. Возницкий, А. С. Пунда. – М.: Моркнига, 2010. – 259 с.
9. **Возницкий И. В.** Судовые двигатели внутреннего сгорания, т. 2: Теория и эксплуатация двигателей / И. В. Возницкий, А. С. Пунда. – М.: Моркнига, 2010. – 259 с.

10. **Яманин А. И.** Динамика поршневых двигателей : учебное пособие / А. И. Яманин, А. В. Жаров. – М.: Машиностроение, 2003. – 464 с.

11. **Чистяков В. К.** Динамика поршневых и комбинированных двигателей внутреннего сгорания : учебное пособие / В. К. Чистяков. – М.: Машиностроение, 1989. – 256 с.

12. **Гоц А. Н.** Кинематика и динамика кривошипно-шатунного механизма поршневых двигателей : учеб. пособие / А. Н. Гоц; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Редакционно-издательский комплекс ВлГУ, 2005. – 124 с.

13. **Пода В. В.** Динамічний розрахунок і зрівноваження поршневих двигунів внутрішнього згоряння : навч. посібник / В. В. Пода. – Харків: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2007. – 105 с.

14. **Наливайко, В. С.** Методические указания к проведению лабораторных работ по курсу «Судовые ДВС» / В. С. Наливайко, А. Н. Ступаченко, С. А. Сыпко. – Николаев: НКИ, 1987. – 41 с.

15. **Брук М. А.** Режимы работы судовых дизелей : учебное пособие / М. А. Брук, А. А. Рихтер. – Л.: Судпром, 1963. – 484 с.

16. **Конкс Г. А.** Мировое судовое дизелестроение. Концепция конструирования, анализ международного опыта : учебное пособие / Г. А. Конкс, В. А. Лашко. – М.: Машиностроение, 2005. – 512 с.

17. **Стенин В. А.** Судовое главное энергетическое оборудование. Расчёт судового дизеля : учебное пособие / В. А. Стенин. – Архангельск: Сафу им. М. В. Ломоносова, 2014. – 250 с.

18. **Пахомов Ю. А.** Судовые энергетические установки с двигателями внутреннего сгорания / Ю. А. Пахомов. – М.: «ТрансЛит», 2007. – 527 с.

19. **Ткаченко С. Г.** Теорія двигунів внутрішнього згоряння. Програма, методичні вказівки та контрольні завдан-

ня для студентів заочної форми навчання / С. Г. Ткаченко, В. С. Наливайко, В. С. Хоменко. – Миколаїв: УДМТУ, 2001. – 56 с.

20. **Горбов В. М.** Энергетичні палива : навчальний посібник / В. М. Горбов. – Миколаїв: УДМТУ, 2004. – 325 с.

21. **Горбов В. М.** Енциклопедія суднової енергетики : підручник / В. М. Горбов. – Миколаїв: НУК, 2010. – 624 с.

22. **Горбов В. М.** Энциклопедия судовой энергетики : учеб. / В. М. Горбов, В. П. Кот. – Николаев : НУК, 2013. – 607 с.

23. **Белоусов Е. В.** Топливные системы современных судовых дизелей : учебное пособие / В. Е. Белоусов. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 256 с.

24. Регістр судноплавства України: Серія у 4 томах. Т. 3. Правила класифікації та побудови суден внутрішнього плавання / відповідальні розробники: А. О. Білокурець, В. Д. Губенко. – Київ, 2016. – 535 с.

25. **Румб В. К.** Судовая пропульсивная установка с двигателем внутреннего сгорания: учебное пособие / В. К. Румб. – СПб.: СПбГМТУ, 2012. – 316 с.

26. Судовой механик: Серия справочников : в 3 томах / А. А. Фока Т. 1. Судовой механик // За ред. Фока А. А., доктора технических наук, судового старшего механика. – Одесса: Феникс, 2008. – 1036 с.

27. **Самсонов А. И.** Судовые двигатели внутреннего сгорания: метод. пособие / А. И. Самсонов; Инженерная школа ДВФУ. – Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2014. – 34 с.

28. **Шароглазов Б. А.** Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчёт процессов : учебник / Б. А. Шароглазов, М. Ф. Фарафонов, В. В. Клементьев. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. – 403 с.

29. **Истомин П. А.** Крутильные колебания в судовых ДВС : учебник / П. А. Истомин. – Ленинград: Судостроение, 1968. – 305 с.

30. Двигатели внутреннего сгорания: устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей : учебник

для студентов вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / В. П. Алексеев, В. Ф. Воронин, Л. В. Грехов и др.; под общ. ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 288 с.

31. **Наливайко В. С.** Характеристики двигунів внутрішнього згоряння та споживачів: навчальний посібник / В. С. Наливайко, С. Г. Ткаченко, В. С. Хоменко. – Миколаїв: НУК, 2011. – 96 с.

32. **Наливайко В. С.** Режимы работы судовых ДВЗ : навчальний посібник / В. С. Наливайко, С. Г. Ткаченко. – Миколаїв: НУК, 2011. – 100 с.

33. **Pounder C. C.** Marine diesel engines and gas turbines. – London: DousWoodyard, 2009. – 887 p.

34. **Jan Babicz** Wärtsilä encyclopedia of ship technology Second Edition Consulting Naval Architect & Ship Surveyor. – Helsinki, 2015. – 659 p.

35. **Taylor D. A.** Introduction to marine engineering / D.A. Taylor. – Wiltshire Elsevier, 2003. – 372 p.

36. Pistons engine testing / MAHLE GmbH. – Stuttgart, 2015. – 295 p.

37. **Ievgen Bilousov, M. Bulgakov, V. Savchuk** Modern Marine Internal Combustion Engines. Springer Series on Naval Architecture, Marine Engineering, Shipbuilding and Shipping, Volume 8. Switzerland AG 2020. – 395 p.

38. **Constantine D. Rakopoulos, Evangelos G. Giakoumis** Diesel Engine Transient Operation Principles of Operation and Simulation Analysis. Library of Congress Control Number: PCN applied for © 2009 Springer-Verlag London Limited. – 408 p.

39. **Willard W. Pulkrabek** Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine. Prentice Hall, Upper Sadle River, New Jersey. – 426 p.

40. **George W. Casey, JR** Marine Engineman's Handbook. Headquarters department of the army. Washington, D.C., 2009. – 478 p.

41. **S. M. Kadirov**, Nawal K. Paswan Internal combustion engines. APH Publishing Corporation, Ansari Road, Darya Ganj New Delhi. 2013. – 240 p.

42. **Allan T. Kirkpatrick** Internal Combustion Engines Applied Thermosciences. John Wiley & Sons, Inc., 111 River Street, Hoboken, NJ 07030, USA, 2021. – 635 p.

43. Mahle GmbH. Pistons and engine testing. Springer Fachmedien Wiesbaden 2011 – 305 p.

44. **Malcolm Latache**. Pounder's marine diesel engines and gas turbines. Elsevier Ltd. 2021. – 932 p.

45. **D. Griffiths** Marine Low Speed Diesel Engines. MEP Series, Volume 2, Part 17. Institute of Marine Engineers, London – 89 p.

46. **J. D. Irwin** Mechanical Engineer's Handbook. Academic Press, 2001. – 876 p.

47. **D. K. Sanyal** Principles & practice of marine diesel engines. Bhandarkar publication, 2002. – 252 p.

Інформаційні ресурси

1. Наукова бібліотека Національного університету кораблебудування: <http://lib.nuos.edu.ua/> (інструкції з доступу):

1.1 Підручники, навчальні посібники:

– видавництво «Олді+»: <http://ebooks.olddiplus.ua/> (за IP-адресами НУК, ХННІ НУК);

– Видавництво Bentham Science на платформі Edanz: <https://www.edanz.com/>

1.2 Міжнародні наукові та науково-метричні бази:

– Access Global NewsBank 2021: <https://infoweb.newsbank.com/apps/news/easy-search?p=AWGLNB>

– Elsevier: <https://www.elsevier.com/>

– Web of Science: <http://webofknowledge.com>

– EBSCOhost: <http://search.ebscohost.com>

– Springer: <https://link.springer.com/>

2. World Scientific Open is in full compliance with the latest open access mandates so authors can ensure their research is

freely available online, freely redistributed and reused: <http://www.worldscientific.com/>

3. Сайт Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова: <http://www.nuos.edu.ua/>

4. Репозитарій НУК: <http://eir.nuos.edu.ua/xmlui/>

5. Конференції НУК: <http://conference.nuos.edu.ua/catalog/>

6. Сайт ХННІ НУК: <http://kb.nuos.edu.ua/>

7. Сайт НТУ ХПІ: <http://www.kpi.kharkov.ua/>

8. ДНАОП – законодавча база: <https://dnaop.com/>

9. Journal Significant Ships (Royal Institution of Naval Architects): <https://www.rina.org.uk/sigships.html>

Морські класифікаційні товариства

10. Класифікаційне товариство Регістр судноплавства України (каталог видань): <http://shipregister.ua/books/index.html>

11. Lloyds Register of Shipping: <http://www.lr.org/en/>

12. Российский Морской Регистр Судноплавства: <http://www.rs-class.org/ru/>

13. Российский Речной Регистр <http://www.rivreg.ru/>

14. China Classification Society: <http://www.ccs.org.cn/ccswz/>

15. Germanischer Lloyd: <https://www.dnvgi.de/>

16. Polski Rejestr Statków – Polish Register of Shipping: <https://www.prs.pl/>

17. Міжнародна морська організація (International Maritime Organization): <http://www.imo.org/en/Pages/Default.aspx>

18. National Marine Manufacturers Association (NMMA): <https://www.nmma.org/>

Провідні двигунобудівні фірми

19. Сайт Wartsila: <https://www.wartsila.com/>

20. Wärtsilä Encyclopedia of Marine Technology: <https://www.wartsila.com/encyclopedia>

21. Wärtsilä Methane Number Calculator: <https://www.wartsila.com/marine/products/gas-solutions/methane-number-calculator>

22. General Technical Data is an engine simulation tool:
<https://www.wingd.com/en/media/general-technical-data/>
23. Сайт MAN Diesel: <https://www.man-es.com/>
24. MAN Two-stroke project guides: <https://www.man-es.com/marine/products/planning-tools-and-downloads/project-guides/two-stroke>
25. CEAS engine calculations: <https://www.man-es.com/marine/products/planning-tools-and-downloads/ceas-engine-calculations>
26. EPD (Engine Planning Data) calculator <https://www2.j-eng.co.jp/web/site/tech/EPD/Planning/Page1>
27. DIESEL-RK (engine simulation tool): <https://diesel-rk.bmstu.ru/Eng/index.php?page=Main>
28. Сайт Caterpillar: <http://www.caterpillar.com/ru.html>
29. Сайт Mitsubishi: <https://www.j-eng.co.jp/en/index.html>
30. Сайт Akasaka Diesels Ltd: <http://www.akasaka-diesel.jp/en/>
31. Сайт Daihatsu Diesel: <http://www.dhtd.co.jp/ja/index.html>
32. Сайт Niigata: <http://www.niigata-power.com/english/index.html>
33. Сайт Hyundai: <http://www.hyundai-engine.com/>

Питання для модульного контролю

Модуль 1

**Змістовий модуль 1. Загальні відомості
про судові двигуни внутрішнього згоряння
та принцип їх роботи**

1. Чому з усіх відомих теплових двигунів дизель має найбільший коефіцієнт корисної дії?
2. Які переваги ДВЗ перед іншими тепловими двигунами?
3. У чому принципова різниця дизельних агрегатів, що мають таке маркування 6ЧНСП 25/34 і 6ЧНРП 25/34?
4. Як розшифровуються такі марки двигунів 12 ДРН $\frac{23}{2 \times 30}$ і 9ДКРН $\frac{70}{120 \times 50}$?
5. Які основні переваги кейцкопфного двигуна перед тронковим?
6. Для чого вводиться наддув двигуна?
7. Які основні марки двигунів вітчизняного виробництва?
8. Яка кількість обертів колінчастого валу необхідна для завершення повного циклу чотири- і двотактного двигунів?
9. Чому в чотиритактному двигуні з наддувом лінія наповнення іде вище лінії випускання?
10. Яка основна умова для здійснення процесу газообміну в двотактному двигуні?
11. У скільки разів, при всіх інших рівних умовах, потужність двотактного двигуна більша, ніж чотиритактного, і чому?
12. Чим оцінюється якість системи продування двотактних двигунів?
13. Які області застосування чотири- і двотактних двигунів?

Змістовий модуль 2. Основи теорії робочих циклів СДВЗ

14. Чим відрізняються ідеальні цикли від розрахункових і дійсних?

15. Які основні ідеальні цикли покладені в основу роботи різних типів ДВЗ?

16. Що таке узагальнений ідеальний цикл?

17. Які основні безрозмірні параметри узагальненого ідеального циклу?

18. Які фактори впливають на економічність узагальненого ідеального циклу?

19. Чим відрізняється розрахунковий цикл ДВЗ від ідеального?

20. Які конструктивні та експлуатаційні фактори знижують кількість повітря, що надходить у циліндр при наповненні, тобто зменшують коефіцієнт наповнення η_v ?

21. Які передумови використовуються для виведення формули, що визначає температуру на початку стискання T_a ?

22. Чим відрізняється термодинамічний процес стиснення в ідеальному циклі від процесу стиснення в реальному двигуні?

23. Чим визначається вибір мінімального значення ступеня стискання для різних типів ДВЗ?

24. Який середній склад палива і навіщо це поняття вводиться?

25. Скільки кілограмів повітря необхідно для спалення 1 кг дизельного палива і бензину?

26. Які основні фази процесу горіння палива у дизельному двигуні та чим вони характеризуються?

27. Що таке дисоціація молекул і чому максимальна температура газів не повинна перевищувати 2100...2200 K?

28. Чим обмежується прагнення збільшити значення ступеня підвищення тиску λ ?

29. Якими показниками оцінюється жорсткість роботи ДВЗ?

30. Чим різняться процеси розширення в ідеальному і розрахунковому циклах?

31. Який закон термодинаміки лежить в основі виведення розрахункового рівняння показника політропи розширення n_2 ?

32. Як визначити параметри робочого тіла (P_e і T_e) наприкінці процесу розширення?

33. Які основні фази процесу випускання в чотири- і двотактних двигунах і чим вони характеризуються?

34. Як вибирається рівень тиску газів у випускному колекторі?

35. Що таке індикаторні та ефективні показники двигуна?

36. Що таке середній індикаторний тиск і як його визначити, використовуючи індикаторну діаграму двигуна?

37. Які втрати в двигуні відносять до механічних?

38. Які значення ефективних показників характерні для сучасних двигунів?

39. Які основні принципи побудови теоретичної індикаторної діаграми для чотири- і двотактних двигунів?

40. Чим відрізняються індикаторні діаграми, побудовані в координатах $p-v$, $p-v/v_c$ і $p-\varphi$?

Змістовий модуль 3. Наддув СДВЗ

41. З якою метою здійснюється наддув у ДВЗ?

42. Які особливості наддуву чотири- і двотактних двигунів?

43. Які існують системи наддуву з точки зору використання енергії відпрацьованих газів у газових турбінах турбокомпресорів?

44. Що розуміють під коефіцієнтом імпульсності та який характер його зміни і залежності від тиску наддуву?

45. Чому при високому тиску наддуву віддається перевага ізобарній системі наддуву?

46. Залежно від яких факторів визначають потужність компресора в розрахунку енергетичного балансу турбокомпресора?

47. Як визначити середній тиск газів перед турбіною при розрахунку енергетичного балансу турбокомпресора?

48. З якою метою застосовується постійне охолодження повітря після компресора?

49. Які основні способи постійного охолодження повітря?

Модуль 2

Змістовий модуль 4. Загальна будова СДВЗ та основи динаміки

1. Які основні кінематичні параметри КШМ двигуна?

2. Які недоліки мають графічні способи для визначення шляху, швидкості та прискорення поршня?

3. Що таке динамічна модель КШМ, у чому полягає необхідність її створення і який вид має динамічна модель реального КШМ двигуна?

4. Як визначити величину мас, зосереджених у центрі головного і мотильового підшипників?

5. Що таке рушійна сила, яка діє на КШМ?

6. Які сили створюють крутний та перекидний моменти?

7. Як побудувати графік сумарної дотичної сили для всього двигуна?

8. Що таке нерівномірність обертання колінчастого валу і яке її значення для різних за призначенням двигунів?

9. Чи можна повністю врівноважити ДВЗ?

10. Як здійснити урівноваження невривноважених сил інерції I і II порядку?

11. Що таке крутильні коливання колінчастих валів і внаслідок чого вони виникають?

12. Що таке заборонена зона частот обертання колінчастого валу і як її усунути?

Змістовий модуль 5. Теплообмін і тепловий баланс ДВЗ

13. Яку роль відіграє теплообмін у робочому процесі ДВЗ?

14. Якими способами проходить віддача теплоти від робочого тіла стінкам робочого циліндра?

15. Від яких параметрів робочого процесу залежить коефіцієнт тепловіддачі від газів до стінки?

16. Що таке середня результуюча температура теплопередачі?

17. Які застосовують методи розрахунку теплового стану деталей ЦПГ?

18. На які дві групи діляться показники, що характеризують теплонапруженість суднових ДВЗ?

19. Як впливає товщина стінок деталей ЦПГ на теплову і механічну напруженість?

20. Якими конструктивними заходами знижується теплонапруженість деталей ЦПГ?

21. Для чого складається зовнішній тепловий баланс двигуна і які складові входять до нього?

22. Що таке адіабатний двигун і чим він відрізняється від звичайного?

23. Як змінюються складові зовнішнього балансу в залежності від режиму роботи двигуна?

24. Які основні втрати теплоти в двигуні?

25. Які основні напрямки покращення тепловикористання в СДВЗ?

26. В яких елементах суднової дизельної установки утилізується теплота відхідних газів і охолоджуючої води?

Змістовий модуль 6. Експлуатаційні характеристики і режими роботи суднових ДВЗ

27. Що таке абсолютна зовнішня характеристика і які умови її отримання?

28. Як вибираються обмежувальні параметри?
29. Що таке економічна характеристика двигуна?
30. Які типи регуляторів застосовуються для головних і допоміжних двигунів?
31. Як імітувати роботу двигуна по гвинтовій характеристиці в умовах лабораторного стенда?
32. Що таке криві дії гребного гвинта?
33. Як побудувати суднову гвинтову характеристику при відносному поступу $\lambda_p = \text{const}$?
34. Який фізичний зміст суднової гвинтової характеристики при сталій швидкості судна $V_p = \text{const}$?
35. Що таке коефіцієнт обтяжування суднової гвинтової характеристики?
36. Які особливості роботи головного суднового двигуна при швартовних випробуваннях судна?
37. Які способи полегшення суднових гвинтових характеристик на швартовах?
38. Як зміниться режим роботи головного двигуна при буксируванні однотипного судна?
39. Як визначити допустимий режим роботи головного двигуна при зменшенні водотонажності?
40. Як зрушити судно з місця, якщо вийшов з ладу регулятор швидкості?
41. Що таке екстрений розгін судна?
42. Що таке екстрене реверсування і коли воно застосовується?

Додаток 2

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
Херсонський навчально-науковий інститут

Кафедра суднового машинобудування
та енергетики

КУРСОВИЙ ПРОЄКТ

з дисципліни «Суднові двигуни внутрішнього згорання»
(назва дисципліни)

на тему: _____

($Ne =$ _____ кВт, $n =$ _____ хв.⁻¹)

Здобувач (ка) вищої
освіти _____ курсу _____ групи
спеціальності 135 «Суднобудування»
освітня програма «Суднові енергетичні
установки та устаткування»

(здобувач вищої освіти, прізвище та ініціали)

Керівник _____

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

Національна шкала _____

Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS _____

Члени комісії

_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

м. Херсон – 202 рік

Додаток 3

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

«Затверджую»
Завідувач кафедри СМЕ, професор
_____ Андреев А. А.
«__» _____ 202_ р.

ЗАВДАННЯ

на виконання курсового проєкту з дисципліни
«Суднові двигуни внутрішнього згоряння»
зі спеціальності 135 «Суднобудування»
(освітня програма «Суднові енергетичні установки
та устаткування»)

Тема: «_____»

_____»

Вихідні дані:

- потужність двигуна
- питома витрата палива
- частота обертів
- діаметр циліндра
- хід поршня
- кількість циліндрів
- тактність двигуна

$Ne =$ _____ кВт;
 $g_e =$ _____ кг/(кВт·год);
 $n =$ _____ хв.⁻¹;
 $D_y =$ _____ м;
 $S =$ _____ м;
 $i =$ _____;
 $z =$ _____

ЗМІСТ ТА ОБСЯГ ПРОЄКТУ

РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Вступ (1...2 стор.).

1. Опис двигуна (12...15 стор.).

1.1. Загальна будова та характеристики двигуна.

1.1.1. Опис будови двигуна.

1.1.1.1. Будова деталей остову.

1.1.1.2. Будова деталей кривошипно-шатунного механізму.

1.1.1.3. Будова деталей механізму газорозподілення. Побудова діаграми газорозподілення.

1.1.2. Характеристики двигуна.

1.2. Системи двигуна.

1.2.1. Система паливна.

1.2.2. Система змащення.

1.2.3. Система охолодження.

1.2.4. Система пуску.

1.2.5. Спеціальні системи двигуна.

2. Розрахунок робочого циклу двигуна (10...12 стор.).

2.1. Вибір та обґрунтування вихідних даних до розрахунку.

2.2. Розрахунок процесу наповнення циліндру.

2.3. Розрахунок процесу стискання.

2.4. Розрахунок процесу згоряння.

2.5. Розрахунок процесу розширення.

2.6. Визначення індикаторних показників циклу.

2.7. Визначення ефективних параметрів двигуна.

2.8. Визначення середнього індикаторного тиску по згорнутій індикаторній діаграмі.

3. Визначення енергетичної можливості турбокомпресора.

4. Розрахунок динаміки двигуна.

4.1. Вибір та обґрунтування вихідних даних.

4.2. Побудова силової схеми кривошипно-шатунного механізму.

4.3. Розрахунок та побудова діаграм діючих сил.

4.4. Побудова діаграми сумарних дотичних сил.

4.5. Визначення середньої сумарної дотичної сили та індикаторної потужності двигуна.

4.6. Визначення надлишкової роботи крутильного моменту та основних розмірів маховика.

Висновки.

Список використаних літературних джерел.

Графічна частина (2 аркуші формату А1) повинна включати:

1. Поперечний розріз двигуна (1 аркуш).

2. Діаграми динаміки двигуна (1 аркуш).

Завдання видано «____» _____ 202__ р.

Термін захисту проєкту «____» _____ 202__ р.

Виконавець: здобувач (ка) вищої освіти групи _____

(прізвище та ініціали)

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

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Навчальне видання

НАЛИВАЙКО Василь Степанович
АВДЮНІН Роман Юрійович
АНДРЕЄВ Артем Андрійович

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання самостійної роботи з дисципліни
«Суднові двигуни внутрішнього згоряння»

Комп'ютерне верстання *В. В. Москаленко*
Коректор *О. Є. Вакула*

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 3,7. Тираж 100 прим. Вид. № 28. Зам. № 1508-27.
Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
просп. Героїв України, 9, м. Миколаїв, 54025
E-mail : publishing@nuos.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6402 від 19.09.2018 р.