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

Кафедра суднового машинобудування
та енергетики

Т7427

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

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Disciplin

"Теорія двигунів внутрішнього згоряння"

"Theory of internal combustion engines"

рівень вищої освіти *перший* (*бакалаврський*)

тип дисципліни *обов'язкова*

мова викладання *українська*

Миколаїв 2023 рік

Робоча програма навчальної дисципліни “Теорія двигунів внутрішнього згоряння”, яка є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань 14 “Електрична інженерія” спеціальності 142 “Енергетичне машинобудування” освітня програма “Двигуни внутрішнього згоряння”.
"26" 10 2023 року. – 56 с.

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

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

к.т.н., доцент _____ О.В. Дрозд

Проект робочої програми навчальної дисципліни “Теорія двигунів внутрішнього згоряння” *розглянуто на засіданні кафедри суднового машинобудування та енергетики Херсонського навчально-наукового інституту НУК*
Протокол № 03 від “ 27 ” 10 2023 року.

Завідувач кафедри СМЕ,
к.т.н., професор НУК _____ А.А. Андреєв

Робоча програма навчальної дисципліни “Теорія двигунів внутрішнього згоряння” *затверджена методичною радою Херсонського навчально-наукового інституту НУК*
Протокол № 04 від “ 16 ” 11 2023 року.

Голова МР ХННІ НУК
к.т.н., професор НУК _____ О.М. Дудченко

© ХННІ НУК, 2023

ЗМІСТ

Вступ ……..….. 4
1. Опис навчальної дисципліни ……..... 5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни …… 6
3. Передумови для вивчення дисципліни ……. 7
4. Очікувані результати навчання ……..... 7
5. Програма навчальної дисциплін …… 8
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування ……. 30
7. Форми поточного та підсумкового контролів …..……. 31
8. Критерії оцінювання результатів навчання ……... 36
9. Засоби навчання ……..... 38
10. Рекомендовані джерела інформації …….. 39
Додаток 1 Питання до модульного контролю……... 42
Додаток 2 Титульний аркуш курсового проекту..…… 46
Додаток 3 Бланк завдання до курсового проекту……... 47
Додаток 4 Перелік тем до курсового проектування……. 49

ВСТУП

Анотація

Освітньою програмою “Двигуни внутрішнього згоряння” підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти передбачено набуття здобувачами вищої освіти (ЗВО) знань про сутність дії та устрою, теорію процесів у циліндрах двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), зокрема, процесів газообміну та теплопередачі між газом і охолоджуючим середовищем у ДВЗ.

Програма навчальної дисципліни “Теорія двигунів внутрішнього згоряння” розрахована на ЗВО, які вивчили наступні курси: "Вища математика", "Фізика", "Хімія", "Технічна термодинаміка", "Тепломасообмін", "Теплотехнічні вимірювання та прилади", "Газова динаміка та агрегати наддуву", "Теорія механізмів і машин".

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

Ключові слова: двигун внутрішнього згоряння, наддув, газообмін, робочий цикл, індикаторна діаграма, тепловий баланс

Annotation

The "Internal Combustion Engines" educational program for students of the first (bachelor's degree) level of higher education provides for students of higher education to acquire knowledge about the essence of action and structure, the theory of processes in the cylinders of internal combustion engines (ICE), in particular, the processes of gas exchange and heat transfer between gas and coolant environment in internal combustion engines.

The program of the study discipline "Theory of Internal Combustion Engines" is designed for students of higher education who have studied the following courses: "Higher Mathematics", "Physics", "Chemistry", "Technical Thermodynamics", "Heat and Mass Transfer", "Thermomechanical Measurements and Instruments" , "Gas dynamics and supercharging units", "Theory of mechanisms and machines".

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

Key words: internal combustion engine, supercharging, gas exchange, duty cycle, indicator diagram, heat balance

1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td rowspan="2">Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень</td><td colspan="2">Характеристика навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td>денна форма навчання</td><td>заочна форма навчання</td></tr>
<tr><td>Кількість кредитів – 9</td><td>галузь знань:
14 "Електрична інженерія"</td><td colspan="2">обов’язкова</td></tr>
<tr><td>Модулів – 3</td><td rowspan="9">спеціальність:
142 "Енергетичне машинобудування"

освітня програма "Двигуни внутрішнього згоряння"</td><td colspan="2">Рік підготовки</td></tr>
<tr><td>Змістових модулів – 8</td><td>(1-й і 2-й)*,
(2-й і 3-й)**,
(3-й і 4-й)</td><td>(1-й і 2-й)*,
(2-й і 3-й)**,
(3-й і 4-й)</td></tr>
<tr><td>Електронна адреса на сайті ХННІ НУК: http://kb.nuos.edu.ua/Licensing%20and%20accreditation%20specialties/internal-combustion-engines-b.html</td><td colspan="2">Семестри</td></tr>
<tr><td>Індивідуальне науково-дослідне завдання "Комп’ютерне моделювання відокремленого індикаторного процесу"</td><td>(2-й і 3-й)*,
(4-й і 5-й)**,
(6-й і 7-й)</td><td>(2-й і 3-й)*,
(4-й і 5-й)**,
(6-й і 7-й)</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td colspan="2">Лекції</td></tr>
<tr><td>6-й семестр – 60 годин;
7-й семестр – 30 годин</td><td>6-й семестр – 10 годин;
7-й семестр – 10 годин</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Загальна кількість – 270</td><td colspan="2">Практичні заняття</td></tr>
<tr><td>6-й семестр – 15 годин;
7-й семестр – 15 годин</td><td>6-й семестр – 6 годин;
7-й семестр – 6 годин</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Тижневих годин для денної форми навчання:
6-й семестр:
аудиторних – 5;
самостійної роботи ЗВО – 2;
7-й семестр:
аудиторних – 3;
самостійної роботи ЗВО – 8</td><td rowspan="6">Освітній рівень:
перший
(бакалаврський)</td><td colspan="2">Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>6-й семестр – 30 годин;
7-й семестр – 120 годин</td><td>6-й семестр – 89 годин;
7-й семестр – 149 годин</td></tr>
<tr><td colspan="2">Вид контролю</td></tr>
<tr><td>6-й семестр: залік;
7-й семестр: екзамен, курсовий проект</td><td>6-й семестр – залік;
7-й семестр – екзамен, курсовий проект</td></tr>
<tr><td colspan="2">Форма контролю</td></tr>
<tr><td colspan="2">комбінована (письмова, тестування)</td></tr>
</table>

Примітки:

* – для ЗВО, що навчаються за скороченим терміном навчання протягом одного року і 10 місяців (вступ на основі ОКР "молодший спеціаліст");

** – для ЗВО, що навчаються за скороченим терміном навчання протягом двох років і 10 місяців (вступ на основі ОКР "фаховий молодший бакалавр").

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

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

Інтегральна компетентність:

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

Загальні компетентності:

ЗК 3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

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

ЗК 7. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій;

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

ЗК 13. Здатність забезпечувати якість виконуваних робіт;

ЗК 14. Прагнення до збереження навколишнього середовища;

ЗК 16. Здатність розуміти значимість розвитку енергетичного машинобудування для розвитку економіки.

Спеціальні компетентності:

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

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

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

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

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

ФК 11. Здатність використовувати стандартні методики планування експеримен-

тальних досліджень, здійснювати обробку та узагальнення результатів експерименту.

3. Передумови для вивчення дисципліни

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

4. Очікувані результати навчання

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

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

ПР 3. Розуміння широкого міждисциплінарного контексту спеціальності 142 Енергетичне машинобудування;

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

ПР 5. Виявляти, формулювати і вирішувати інженерні завдання відповідно до спеціальності 142 Енергетичне машинобудування; розуміти важливість нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) обмежень;

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

ПР 8. Використовувати наукові бази даних та інші відповідні джерела інформації, здійснювати моделювання з метою детального вивчення і дослідження інженерних питань принаймні в одному з напрямів енергетичного машинобудування;

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

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

ПР 16. Отримувати й інтерпретувати відповідні дані і аналізувати складності у сфері енергетичного машинобудування для донесення суджень, які відображають від-

повідні соціальні та етичні проблеми;

ПР 21. Аналізувати розвиток науки і техніки.

5. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

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

Тема 1. Визначення ДВЗ та порівняння поршневих двигунів з іншими типами теплових машин. Класифікація ДВЗ за основними ознаками. Маркування згідно ДСТУ та фірм-виробників двигунів. Вимоги морських класифікаційних товариств.

Джерела інформації: [1], с. 9-14; [2], с. 10-15, 64-66; інформаційні ресурси: [18, 21-29].

Тема 2. Принцип будови і роботи чотири- та двотактних двигунів. Схема роботи чотиритактного двигуна без наддуву та з наддувом. Графічне зображення особливостей процесів випускання та наповнення чотиритактних двигунів без наддуву та з наддувом.

Джерела інформації: [1], с. 14-25.

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

Джерела інформації: [1], с. 14-25.

Тема 4. Загальні відомості про двигуни нетрадиційних схем. Принцип дії та конструктивні схеми двигунів: Boxer, Стирлінга, Ванкеля, Кушуля, Баліндера й інших нетрадиційних схем. Переваги і недоліки цих двигунів, перспектива розвитку і області можливого їх застосування.

Джерела інформації: [4], с. 433-438, 456-461, 463-466; інформаційні ресурси: [1, 2, 4].

Змістовий модуль 2. Цикли ДВЗ

Тема 5. Узагальнений ідеальний (термічний) цикл ДВЗ. Загальні поняття і визначення. Характеристика окремих елементарних процесів. Безрозмірні параметри показників циклу і співвідношення між ними.

Джерела інформації: [1], с. 25-30.

Тема 6. Окремі випадки узагальненого ідеального циклу. Порівняльний аналіз. Основні показники циклу та їх вплив на величину термічного ККД.

Джерела інформації: [1], с. 30-32; [10], с. 5-14.

Тема 7. Визначення коефіцієнта залишкових газів γ_r для різних типів двигунів та його вплив на їх економічність і потужність.

Джерела інформації: [1], с. 21, 137; [2], с. 36, 97, 173.

Тема 8. Розрахункові цикли ДВЗ. Загальні поняття і визначення. Основні відмінності розрахункового циклу від ідеального. Визначення параметрів робочого тіла при наповненні циліндра (виведення розрахункової формули коефіцієнта наповнення $\eta_н$ та його розрахунок).

Джерела інформації: [1], с. 113-117; [3], с. 9.

Тема 9. Процес стискання робочого тіла в циліндрі двигуна: по адіабаті, по політропі, по розрахунковій політропі (псевдоадіабаті). Визначення показників для розрахункової політропи. Основні параметри робочого тіла при стисканні (ступінь стиснення). Параметри повітря в кінці процесу стискання.

Джерела інформації: [1], с. 118-122; [3], с. 9-11.

Тема 10. Схема подачі та процес згоряння палива в циліндрі двигуна, фази згоряння. Загальна характеристика процесу згоряння в газових і дизельних двигунах. Термохімія процесу згоряння та визначення кількості необхідного повітря для згоряння палива. Теоретична і дійсна кількість повітря, необхідна для згоряння 1 кг палива. Коефіцієнт надлишку повітря α при згорянні, фактори, які впливають на його величину. Зв'язок між формою камери згоряння та значенням коефіцієнту залишкових газів γ_r.

Джерела інформації: [1], с. 123-128; [2], с. 370-374; [3], с. 11-13; інформаційні ресурси: [4].

Тема 11. Робота двигуна на суміші різних палив. Визначення теплоти згоряння палива і суміші різних палив. Кількість і склад продуктів згоряння, які утворюються при спалюванні 1 кг палива. Коефіцієнти молекулярної зміни у різ-

них точках процесу згоряння палива.

Джерела інформації: [1], с. 121-126; [4], с. 46-48.

Тема 12. Теплоємність "чистого" повітря і "чистих" продуктів згоряння. Теплоємність дійсних продуктів згоряння в характерних точках робочого циклу. Коефіцієнт виділення і використання теплоти палива, яке згоріло. Тепловий ефект реакції горіння палива в ДВЗ (закон Кірхгофа). Визначення максимального тиску в процесі згоряння.

Джерела інформації: [1], с. 124-126.

Тема 13. 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). Ступінь попереднього і подальшого розширення. Розрахункове значення політропи розширення в розрахунковому циклі. Визначення параметрів робочого тіла в кінці процесу розширення. Зв'язок між ступенем стиснення ε та ступенем попереднього та подальшого розширення.

Джерела інформації: [1], с. 132-138; [3], с. 13-14.

Тема 14. Розрахунок і побудова теоретичної індикаторної діаграми. Методика побудови розрахункової індикаторної діаграми чотири- і двотактних двигунів у координатах p-V та p-φ. Біцентрична поправка Брікса. Коефіцієнт скруглення згорнутої теоретичної індикаторної діаграми $\varphi_{скр.}$.

Джерела інформації: [1], с. 147-149; [3], с. 14-17.

Тема 15. Дійсні цикли ДВЗ. Основні відмінності дійсних циклів від розрахункового. Основні показники циклу. Порівняльний аналіз.

Джерела інформації: [2], с. 27-56.

Тема 16. Робота і середній тиск у розрахунковому циклі. Поправки до розрахункової індикаторної діаграми. Індикаторні показники робочого циклу ДВЗ. Середній індикаторний тиск та індикаторна потужність ДВЗ. Індикаторний ККД розрахункового циклу. Питома індикаторна витрата палива. Відносний ККД.

Джерела інформації: [1], с. 139-143; [3], с. 14.

Тема 17. Обґрунтування вибору коефіцієнта надлишку повітря α для різних типів ДВЗ з метою підвищення індикаторного ККД η_i.

Джерела інформації: [1], с. 147-149, 194; інформаційні ресурси: [4].

Тема 18. Механічні втрати в двигуні. Складові механічних втрат і методи їх оцінювання. Механічний ККД. Залежність механічного ККД від швидкісного і навантажувального режимів ДВЗ.

Джерела інформації: [1], с. 143-145, 192-193; [4], с. 417-421.

Тема 19. Ефективні показники, які характеризують роботу двигуна в цілому. Середній ефективний тиск та ефективна потужність, ефективний ККД і питома ефективна витрата палива. Зв'язок між індикаторними та ефективними параметрами роботи двигуна.

Джерела інформації: [1], с. 145-147; [4], с. 421-423

Змістовий модуль 3. Газодизелі

Тема 20. Характеристика, властивості та екологічне обґрунтування використання газових і газорідинних палив. Проблеми використання газу (LNG, LPG) в якості палива для ДВЗ (GI, DF) на морських суднах. Двопаливні двигуни (Dual Fuel). Особливості переобладнання дизельних двигунів у газодизелі. Конструкція газової форсунка двигунів ME-GI.

Джерела інформації: [1], с. 268; [6], с. 59-86.

Тема 21. Особливості роботи газових і газорідинних двигунів за циклом Отто. Внутрішнє сумішоутворення. Схеми подачі газу до циліндра двигуна: низького тиску та високого тиску (прямого упорскування газу – Direct Injected Gas (GD)). Вимоги морських класифікаційних товариств.

Джерела інформації: [6], с. 59-86.

Змістовий модуль 4. Наддув ДВЗ

Тема 22. Класифікація двигунів згідно основних ознак сучасних схем наддуву. Ступінь наддуву для різних двигунів. Наддув ДВЗ як засіб підвищення їх потужності.

Джерела інформації: [1], с. 153-156; [1], с. 156-171.

Тема 23. Використання енергії випускних газів для наддуву. Внутрішня утилізація теплоти. Сумісна робота турбіни та компресора у складі системи наддуву.

Джерела інформації: [1], с. 156-171; [6], с. 231-248.

Тема 24. Охолодження наддувного повітря. Нижня межа температури охолодження наддувного повітря. Цілі та способи охолодження наддувного повітря. Принципові схеми охолодження повітря різних двигунів, їх порівняльна характеристика.

Джерела інформації: [1], с. 171-176.

Змістовий модуль 5. Тепловий баланс ДВЗ, утилізація теплоти

Тема 25. Особливості теплопередачі в ДВЗ. Визначення коефіцієнта тепловіддачі від газів до внутрішньої поверхні циліндра.

Джерела інформації: [1], с. 177-179.

Тема 26. Теплонапруженість деталей ДВЗ. Визначення температури на внутрішній та зовнішній поверхнях циліндра і термічної деформації втулки циліндра. Термічні напруження у втулці.

Джерела інформації: [1], с. 180-182.

Тема 27. Тепловий баланс двигуна для різних типів ДВЗ. Розрахунок теплових втрат через стінки циліндра на основі відокремленого індикаторного процесу двигуна.

Джерела інформації: [1], с. 149-151; [2], с. 423-431.

Тема 28. Визначення термічних напружень у деталях циліндро-поршневої групи (ЦПГ).

Джерела інформації: [1], с. 184-189.

Тема 29. Утилізація теплових втрат у ДВЗ через поверхню циліндра за рахунок використання теплоти відхідних газів та теплоти при охолодженні наддувного повітря. Можливості та вплив утилізації теплових втрат на економічність енергетичної установки в цілому. Способи використання теплоти відхідних газів і охолоджувальної води. Нетрадиційні схеми утилізації теплових втрат. Використання силових турбоагрегатів.

Джерела інформації: [6], с. 359-364.

Тема 30. Визначення паропродуктивності утилізаційних котлів для ДВЗ.

Джерела інформації: [15]; с. 3-19; інформаційні ресурси: [20, 23].

Модуль 2

Змістовий модуль 6. Паливоподача та горіння палива в ДВЗ

Тема 31. Процеси паливоподачі в двигунах із внутрішнім сумішоутворенням.

Джерела інформації: [1], с. 65-75; [2], с. 370-374; [6], с. 319-327.

Тема 32. Основи розрахунку внутрішнього сумішоутворення в залежності від форми камери згоряння.

Джерела інформації: [2], с. 370-374.

Тема 33. Визначення способу та оцінювання якості розпилювання палива для різних типів двигунів.

Джерела інформації: [6], с. 319-328, 338-340.

Тема 34. Основи теорії горіння палива в ДВЗ. Використання основних положень горіння за методом професора Вібе.

Джерела інформації: [4], с. 385-394; [10], с. 7-13.

Змістовий модуль 7. Газообмін у чотири- та двотактних двигунах

Тема 35. Основні відомості про процеси газообміну у чотири- і двотактних двигунах. Фази і періоди процесу випуску із циліндрів чотири- і двотактних двигунів. Показники якості газообміну, порівняльне оцінювання існуючих систем газообміну. Особливості розрахунку процесу газообміну в двотактних двигунах із різними системами газообміну.

Джерела інформації: [2], с. 167-173, 230-234.

Тема 36. Теоретично необхідний час-переріз органів газообміну. Вихідні рівняння для виведення розрахункових співвідношень теоретично необхідного час-перерізу фаз газообміну. Розрахунок параметрів газу в циліндрі при вільному випусканні. Розрахунок теоретично необхідного час-перерізу примусового випускання і продування. Визначення наявного час-перерізу при різних фазах органів газообміну.

Джерела інформації: [2], с. 177-218, 234-248.

Тема 37. Можливості використання математичного моделювання процесів газообміну в чотири- і двотактних двигунах для розв’язання практичних інженерних задач.

Джерела інформації: [2], с. 218-230, 248-250.

Змістовий модуль 8. Екологізація ДВЗ

Тема 38. Проблеми та перспективні напрямки екологізації ДВЗ.

Джерела інформації: [1], с. 250-252, 257-268.

Тема 39. Фізико-хімічні основи та закономірності утворення оксидів азоту (термічного, "швидкого") та сажі. Оцінювання екологічності двигуна за допомогою математичних моделей.

Джерела інформації: [5], с. 18-56.

Тема 40. Основні напрямки та перспективи подальшого розвитку ДВЗ. Малотоксичні мобільні енергетичні установки майбутнього.

Джерела інформації: [1], с. 92-98; [5], с. 420-438.

Модуль 3. Курсовий проект

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

1) технічна характеристика двигуна. Сфера його застосування.

Джерела інформації: [1, 3, 34]; допоміжна література: [30]; інформаційні ресурси [18, 21-29];

2) розрахунок робочого процесу двигуна (вибір і обґрунтування основних даних для розрахунку; визначення потрібного тиску наддувного 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 енергетичних можливостей газової турбіни та повітряного компресора).

Джерела інформації: [1, 3]; інформаційні ресурси [20, 22, 23];

3) розрахунок і побудова згорнутої та розгорнутої індикаторних діаграм (побудова процесу стискання; побудова процесу розширення; визначення середнього індикаторного тиску).

Джерела інформації: [1, 3]; інформаційні ресурси [20, 22, 23];

4) виконання креслення поперечного розрізу двигуна.

Джерела інформації: [1, 3];

5) виконання креслення індикаторних діаграм і діаграм газообміну двигуна.

Джерела інформації: [1, 3];

6) оформлення пояснювальної записки та графічної частини в цілому відповідно нормам ЄСКД. Захист курсового проекту.

Джерела інформації: [1, 3].

Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин							
	денна форма				заочна форма			
	усього	у тому числі			усього	у тому числі		
		л.	пр.	с.р.		л.	пр.	с.р.
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
	6-й семестр				**6-й семестр**			
Модуль 1								
Змістовий модуль 1. Загальні відомості про двигуни внутрішнього згоряння та принцип їх роботи								
Тема 1. Визначення ДВЗ та порівняння поршневих двигунів з іншими типами теплових машин. Класифікація ДВЗ за основними ознаками. Маркування згідно ДСТУ та фірм-виробників двигунів. Вимоги морських класифікаційних товариств	3	2	-	1	3	-	-	3
Тема 2. Принцип будови і роботи чотири- та двотактних двигунів. Схема роботи чотиритактного двигуна без наддуву та з наддувом. Графічне зображення особливостей процесів випускання та наповнення чотиритактних двигунів без наддуву та з наддувом	3	2	-	1	3	1	-	2
Тема 3. Схеми роботи двотактних двигунів при різних типах газообміну (для прямоточних і контурних систем). Графічне зображення схем продування циліндра. Частка втраченого ходу та геометрична ступінь стиснення	4	2	1	1	4	1	1	2
Тема 4. Загальні відомості про двигуни нетрадиційних схем. Принцип дії та конструктивні схеми двигунів: Boxer, Стирлінга, Ванкеля, Кушуля, Баліндера й інших нетрадиційних схем. Переваги і недоліки цих двигунів, перспектива розвитку і області можливого їх застосування	4	2	1	1	4	-	1	3
Разом за змістовим модулем 1	**14**	**8**	**2**	**4**	**14**	**2**	**2**	**10**

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Змістовий модуль 2. Цикли ДВЗ								
Тема 5. Узагальнений ідеальний (термічний) цикл ДВЗ. Загальні поняття і визначення. Характеристика окремих елементарних процесів. Безрозмірні параметри показників циклу і співвідношення між ними	4	2	1	1	4	1	1	2
Тема 6. Окремі випадки узагальненого ідеального циклу. Порівняльний аналіз. Основні показники циклу та їх вплив на величину термічного ККД	3	2	-	1	3	-	-	3
Тема 7. Визначення коефіцієнта залишкових газів γ_r для різних типів двигунів та його вплив на їх економічність і потужність	3	2	-	1	3	-	-	3
Тема 8. Розрахункові цикли ДВЗ. Загальні поняття і визначення. Основні відмінності розрахункового циклу від ідеального. Визначення параметрів робочого тіла при наповненні циліндра (виведення розрахункової формули коефіцієнта наповнення $\eta_н$ та його розрахунок)	4	2	1	1	4	1	1	2
Тема 9. Процес стискання робочого тіла в циліндрі двигуна: по адіабаті, по політропі, по розрахунковій політропі (псевдоадіабаті). Визначення показників для розрахункової політропи. Основні параметри робочого тіла при стисканні (ступінь стиснення). Параметри повітря в кінці процесу стискання	3	2	-	1	3	-	-	3
Тема 10. Схема подачі та процес згоряння палива в циліндрі двигуна, фази згоряння. Загальна характеристика процесу згоряння в газових і дизельних двигунах. Термохімія процесу згоряння та визначення кількості необхідного повітря для згоряння палива. Теоретична і дійсна кількість повітря, необхідна для згоряння 1 кг палива. Коефіцієнт надлишку повітря α при згорянні, фактори, які впливають на його величину. Зв'язок між формою камери згоряння та значенням коефіцієнту залишкових газів γ_r	5	2	2	1	5	1	-	4

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
Тема 11. Робота двигуна на суміші різних палив. Визначення теплоти згоряння палива і суміші різних палив. Кількість і склад продуктів згоряння, які утворюються при спалюванні 1 кг палива. Коефіцієнти молекулярної зміни у різних точках процесу згоряння палива	3	2	-	1	3	-	-	3
Тема 12. Теплоємність "чистого" повітря і "чистих" продуктів згоряння. Теплоємність дійсних продуктів згоряння в характерних точках робочого циклу. Коефіцієнт виділення і використання теплоти палива, яке згоріло. Тепловий ефект реакції горіння палива в ДВЗ (закон Кірхгофа). Визначення максимального тиску в процесі згоряння	3	2	-	1	3	-	-	3
Тема 13. 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). Ступінь попереднього і подальшого розширення. Розрахункове значення політропи розширення в розрахунковому циклі. Визначення параметрів робочого тіла в кінці процесу розширення. Зв’язок між ступенем стиснення ε та ступенем попереднього та подальшого розширення	3	2	-	1	3	-	-	3
Тема 14. Розрахунок і побудова теоретичної індикаторної діаграми. Методика побудови розрахункової індикаторної діаграми чотири- і двотактних двигунів у координатах p-V та p-φ. Біцентрична поправка Брікса. Коефіцієнт скруглення згорнутої теоретичної індикаторної діаграми $\varphi_{скр}$	5	2	2	1	5	1	-	4
Тема 15. Дійсні цикли ДВЗ. Основні відмінності дійсних циклів від розрахункового. Основні показники циклу. Порівняльний аналіз	3	2	-	1	3	-	-	3

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
Тема 16. Робота і середній тиск у розрахунковому циклі. Поправки до розрахункової індикаторної діаграми. Індикаторні показники робочого циклу ДВЗ. Середній індикаторний тиск та індикаторна потужність ДВЗ. Індикаторний ККД розрахункового циклу. Питома індикаторна витрата палива. Відносний ККД	3	2	-	1	3	-	-	3
Тема 17. Обґрунтування вибору коефіцієнта надлишку повітря α для різних типів ДВЗ з метою підвищення індикаторного ККД η_i	4	2	1	1	4	-	-	4
Тема 18. Механічні втрати в двигуні. Складові механічних втрат і методи їх оцінювання. Механічний ККД. Залежність механічного ККД від швидкісного і навантажувального режимів ДВЗ	3	2	-	1	3	-	-	3
Тема 19. Ефективні показники, які характеризують роботу двигуна в цілому. Середній ефективний тиск та ефективна потужність, ефективний ККД і питома ефективна витрата палива. Зв'язок між індикаторними та ефективними параметрами роботи двигуна	3	2	-	1	3	-	-	3
Разом за змістовим модулем 2	**52**	**30**	**7**	**15**	**52**	**4**	**2**	**46**
Змістовий модуль 3. Газодизелі								
Тема 20. Характеристика, властивості та екологічне обґрунтування використання газових і газорідинних палив. Проблеми використання газу (LNG, LPG) в якості палива для ДВЗ (GI, DF) на морських суднах. Двопаливні двигуни (Dual Fuel). Особливості переобладнання дизельних двигунів у газодизелі. Конструкція газової форсунки двигунів ME-GI	3	2	-	1	3	1	-	2
Тема 21. Особливості роботи газових і газорідинних двигунів за циклом Отто. Внутрішнє сумішоутворення. Схеми подачі газу до циліндра двигуна: низького тиску та високого тиску (прямого упорскування газу - Direct Injected Gas (GD)). Вимоги морських класифікаційних товариств	5	2	2	1	5	1	-	4

1	*2*	*3*	*4*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*
Разом за змістовим модулем 3	**8**	**4**	**2**	**2**	**8**	**2**	**-**	**6**
Змістовий модуль 4. Наддув ДВЗ								
Тема 22. Класифікація двигунів згідно основних ознак сучасних схем наддуву. Ступінь наддуву для різних двигунів. Наддув ДВЗ як засіб підвищення їх потужності	4	2	1	1	4	-	-	4
Тема 23. Використання енергії випускних газів для наддуву. Внутрішня утилізація теплоти. Сумісна робота турбіни та компресора у складі системи наддуву	4	2	1	1	4	-	-	4
Тема 24. Охолодження наддувного повітря. Нижня межа температури охолодження наддувного повітря. Цілі та способи охолодження наддувного повітря. Принципові схеми охолодження повітря різних двигунів, їх порівняльна характеристика	3	2	-	1	3	-	-	3
Разом за змістовим модулем 4	**11**	**6**	**2**	**3**	**11**	**-**	**-**	**11**
Змістовий модуль 5. Тепловий баланс ДВЗ, утилізація теплоти								
Тема 25. Особливості теплопередачі в ДВЗ. Визначення коефіцієнта тепловіддачі від газів до внутрішньої поверхні циліндра	4	2	1	1	4	1	1	2
Тема 26. Теплонапруженість деталей ДВЗ. Визначення температури на внутрішній та зовнішній поверхнях циліндра і термічної деформації втулки циліндра. Термічні напруження у втулці	3	2	-	1	3	-	-	3
Тема 27. Тепловий баланс двигуна для різних типів ДВЗ. Розрахунок теплових втрат через стінки циліндра на основі відокремленого індикаторного процесу двигуна	4	2	1	1	4	1	1	2
Тема 28. Визначення термічних напружень у деталях циліндропоршневої групи	3	2	-	1	3	-	-	3
Тема 29. Утилізація теплових втрат у ДВЗ через поверхню циліндра за рахунок використання теплоти відхідних газів та теплоти при охолодженні наддувного повітря. Можливості та вплив утилізації теплових втрат на економічність енергетичної установки в цілому.	3	2	-	1	3	-	-	3

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
Способи використання теплоти відхідних газів і охолоджувальної води. Нетрадиційні схеми утилізації теплових втрат. Використання силових турбоагрегатів								
Тема 30. Визначення паропродуктивності утилізаційних котлів для ДВЗ	3	2	-	1	3	-	-	3
Разом за змістовим модулем 5	**20**	**12**	**2**	**6**	**20**	**2**	**2**	**16**
Усього за модулем 1	**105**	**60**	**15**	**30**	**105**	**10**	**6**	**89**
	7-й семестр				**7-й семестр**			
Модуль 2								
Змістовий модуль 6. Паливоподача та горіння палива в ДВЗ								
Тема 31. Процеси паливоподачі в двигунах із внутрішнім сумішоутворенням	9	3	2	4	9	1	1	7
Тема 32. Основи розрахунку внутрішнього сумішоутворення в залежності від форми камери згоряння	8	3	2	3	8	1	1	6
Тема 33. Визначення способу та оцінювання якості розпилювання палива для різних типів двигунів	6	3	-	3	6	1	-	5
Тема 34. Основи теорії горіння палива в ДВЗ. Використання основних положень горіння за методом професора Вібе	9	3	2	4	9	1	1	7
Разом за змістовим модулем 6	**32**	**12**	**6**	**14**	**32**	**4**	**3**	**25**
Змістовий модуль 7. Газообмін у чотири- та двотактних двигунах								
Тема 35. Основні відомості про процеси газообміну у чотири- і двотактних двигунах. Фази і періоди процесу випуску із циліндрів чотири- і двотактних двигунів. Показники якості газообміну, порівняльне оцінювання існуючих систем газообміну. Особливості розрахунку процесу газообміну в двотактних двигунах з різними системами газообміну	7	4	-	3	7	1	-	6
Тема 36. Теоретично необхідний час-переріз органів газообміну. Вихідні рівняння для виведення розрахункових співвідношень теоретич-	7	4	-	3	7	1	-	6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
но необхідного час-перерізу фаз газообміну. Розрахунок параметрів газу в циліндрі при вільному випусканні. Розрахунок теоретично необхідного час-перерізу примусового випускання і продування. Визначення наявного час-перерізу при різних фазах органів газообміну								
Тема 37. Можливості використання математичного моделювання процесів газообміну в чотири- і двотактних двигунах для розв'язання практичних інженерних задач	17	4	9	4	17	1	3	13
Разом за змістовим модулем 7	**31**	**12**	**9**	**10**	**31**	**3**	**3**	**25**
Змістовий модуль 8. Екологізація ДВЗ								
Тема 38. Проблеми та перспективні напрямки екологізації ДВЗ	4	2	-	2	4	1	-	3
Тема 39. Фізико-хімічні основи та закономірності утворення оксидів азоту (термічного, "швидкого") та сажі. Оцінювання екологічності двигуна за допомогою математичних моделей	4	2	-	2	4	1	-	3
Тема 40. Основні напрямки та перспективи подальшого розвитку ДВЗ. Малотоксичні мобільні енергетичні установки майбутнього	4	2	-	2	4	1	-	3
Разом за змістовим модулем 8	**12**	**6**	**-**	**6**	**12**	**3**	**-**	**9**
Усього за модулем 2	**75**	**30**	**15**	**30**	**75**	**10**	**6**	**59**
Модуль 3. Курсовий проект								
1.Технічна характеристика двигуна. Сфера його застосування	5	-	-	5	5	-	-	5
2. Розрахунок робочого процесу двигуна (вибір і обґрунтування основних даних для розрахунку; визначення потрібного тиску наддувного 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 енергетичних можливостей газової турбіни та повітряного компресора)	15	-	-	15	15	-	-	15

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
3. Розрахунок і побудова згорнутої та розгорнутої індикаторних діаграм (побудова процесу стискання; побудова процесу розширення; визначення середнього індикаторного тиску)	15	-	- -	15	15	-	-	15
4. Виконання креслення поперечного розрізу двигуна	15	-	-	15	15	-	-	15
5. Виконання креслення індикаторних діаграм і діаграм газообміну двигуна	15	-	-	15	15	-	-	15
6. Оформлення пояснювальної записки та графічної частини в цілому відповідно нормам ЄСКД. Захист курсового проекту	15	-	-	15	15	-	-	15
Усього за модулем 3	**90**	**-**	**-**	**90**	**90**	**-**	**-**	**90**
Усього	**270**	**90**	**30**	**150**	**270**	**20**	**12**	**238**

Примітки:

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

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

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Модуль 1			
Змістовий модуль 1. Загальні відомості про двигуни внутрішнього згоряння та принцип їх роботи			
1	Графічне визначення частки втраченого ходу та геометричного ступеня стиснення. *Джерела інформації*: [1], с. 14-25.	1	1
2	Принцип роботи та конструктивна схема опозитного двигуна Subaru типу Boxer(FB) та 6ТД-2. *Джерела інформації*: [4], с. 433-438, 456-461, 463-466; інформаційні ресурси: [1, 2, 4]	1	1
Змістовий модуль 2. Цикли ДВЗ			
3	Ідеальні цикли ДВЗ. Аналіз впливу основних факторів на ККД різних циклів. *Джерела інформації*: [1], с. 25-30	1	1
4	Аналіз впливу різноманітних чинників на процес наповнення циліндра $\eta_н$. *Джерела інформації*: [1], с. 114-118; [2], с. 36, 173-174	1	1
5	Визначення теплоти згоряння палива. Теоретична та дійсна кількість повітря для згоряння 1 кг палива. *Джерела інформації*: [1], с. 122-132; [3], с. 10-13	2	-
6	Розрахунок та побудова згорнутої індикаторної діаграми, визначення індикаторної потужності двигуна. *Джерела інформації*: [1], с. 147-149; [3], с. 14-17	2	-
7	Обґрунтування вибору коефіцієнта надлишку повітря α для різних типів ДВЗ за допомогою математичної моделі відокремленого індикаторного процесу. *Джерела інформації*: [1], с. 147-149, 194; [10], с. 69	1	-
Змістовий модуль 3. Газодизелі			
8	Особливості розрахунку робочого циклу газорідинного двигуна. *Джерела інформації*: [6], с. 59-86; [28], с. 169-188	2	-
Змістовий модуль 4. Наддув ДВЗ			
9	Аналіз систем наддуву двигунів наземного транспорту та суднових ДВЗ. *Джерела інформації*: [1], с. 156-163	1	-
10	Визначення балансу потужності турбіни та компресора при газотурбінному наддуві. *Джерела інформації*: [1], с. 163-169	1	-

Змістовий модуль 5. Тепловий баланс ДВЗ, утилізація теплоти			
11	Визначення коефіцієнта тепловіддачі від газів до внутрішньої поверхні циліндра дво- та чотиритактних ДВЗ. *Джерела інформації*: [1], с. 183-184	1	1
12	Розрахунки теплового балансу двигунів різних типів. Вивчення шляхів утилізації теплових втрат у ДВЗ. *Джерела інформації*: : [1], с. 149-152	1	1
Разом за модулем 1		**15**	**6**
Модуль 2			
Змістовий модуль 6. Паливоподача та горіння палива в ДВЗ			
13	Аналіз процесів паливоподачі в дизельних двигунах. Системи паливоподачі. *Джерела інформації*: [1], с. 65-75; [2], с. 370-374; [6], с. 319-327	2	1
14	Аналіз геометрії факелу розпилення палива в залежності від форми камери згоряння. *Джерела інформації*: [2], с. 334-336, 374-384	2	1
15	Практичне застосування емпіричного закону горіння Вібе при розрахунку робочого циклу двигуна. *Джерела інформації*: [23], с. 5-14	2	1
Змістовий модуль 7. Газообмін чотири- та двотактних двигунів			
16	Розрахунок теоретично необхідного та побудова наявного час-перерізу органів газообміну для різних систем газообміну. *Джерела інформації*: [2], с. 143-163	3	1
17	Розрахунок наявного час-перерізу органів газообміну двотактного двигуна з різними типами продування. *Джерела інформації*: [2], с. 230-248.	3	1
18	Розрахунок та побудова діаграм наявного час-перерізу чотиритактного двигуна. Визначення параметрів газу у випускному колекторі чотиритактного двигуна з ізобарною системою наддуву. *Джерела інформації*: [2], с. 167-218.	3	1
Разом за модулем 2		**15**	**6**
	Усього	**30**	**12**

Самостійна робота

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

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

- виконання курсового проекту.

Розподіл годин самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин		
		Норматив	денна форма навчання	заочна форма навчання
6-й семестр				
1	Підготовка до лекційних занять	0,5 години на 1 лекцію	15	5
2	Підготовка до практичних робіт	0,5 години на 1 роботу	6	3
3	Підготовка до поточного модульного контролю	підготовка до контрольних заходів – до 15 годин на 1 захід	4	-
4	Підготовка до заліку		5	15
5	Самостійне опрацювання окремих тем	до 2 годин на 1 тему	-	51
6	Виконання контрольної роботи	до 15 годин на 1 роботу	-	15
	Разом за семестр		30	89
7-й семестр				
1	Підготовка до лекційних занять	0,5 годин на 1 лекцію	7	5
2	Підготовка до практичних робіт	0,5 годин на 1 роботу	3	3
3	Підготовка до поточного модульного контролю	підготовка до контрольних заходів – до 15 годин на 1 захід	10	-
4	Підготовка до екзамену		10	15
5	Самостійне опрацювання окремих тем	до 3 годин на 1 тему	-	21
6	Виконання контрольної роботи	до 15 годин на 1 роботу	-	15
7	Виконання курсового проекту	90 годин	90	90
	Разом за семестр		120	149
	Разом за дисципліну		150	238

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 двигуни внутрішнього згоряння та принцип їх роботи		
1	Маркування згідно ДСТУ та фірм-виробників двигунів. Вимоги морських класифікаційних товариств	[1], с. 9-14; [2], с. 10-15, 64-66 [18], с. 1, 187
2	Схема роботи чотиритактного двигуна без наддуву та з наддувом	[1], с. 14-20
3	Графічне зображення схем продування циліндра. Частка втраченого ходу та геометрична ступінь стиснення	[1], с. 20-24
4	Принцип дії та конструктивні схеми двигунів: Boxer, Стирлінга, Ванкеля, Кушуля та інших нетрадиційних схем	[1], с. 24; інф. ресурси: [2, 4]
Змістовий модуль 2. Цикли ДВЗ		
5	Безрозмірні параметри показників термічного циклу і співвідношення між ними	[1], с. 25-30
6	Основні показники ідеального циклу та їх вплив на величину термічного ККД	[1], с. 30-32
7	Визначення коефіцієнта залишкових газів γ_r для різних типів ДВЗ	[1], с. 137; [3], с. 5
8	Визначення параметрів робочого тіла при наповненні циліндра та принцип їх розрахунку	[1], с. 114-118; [3], с. 9-10
9	Процес стискання робочого тіла в циліндрі двигуна	[1], с. 118-122; [3], с. 10
10	Термохімія процесу згоряння та визначення кількості необхідного повітря для згоряння палива. Теоретична і дійсна кількість повітря, необхідна для згоряння 1 кг палива	[1], с. 122-132; [3], с. 10-13
11	Робота двигуна на суміші різних палив. Коефіцієнти молекулярної зміни у різних точках згоряння палива	[1], с. 125-126; [3], с. 11
12	Коефіцієнт виділення і використання теплоти палива, яке згоріло. Закон Кірхгофа. Визначення максимального тиску в процесі згоряння	[1], с. 129-132; [3], с. 12-13
13	Рекомендовані періоди випередження подачі та згоряння палива. Зв'язок між ступенем стиснення ε та ступенем попереднього та подальшого розширення	[1], с. 16,17,25
14	Біцентрична поправка Брікса. Коефіцієнт скруглення згорнутої теоретичної індикаторної діаграми $\varphi_{скр}$	[1], с. 227-228; [3], с. 15
15	Основні показники дійсних циклів ДВЗ	[1], с. 27-56
16	Індикаторний ККД розрахункового циклу, питома індикаторна витрата палива. Відносний ККД	[1], с. 139-143
17	Залежність значень коефіцієнта надлишку повітря від індикаторного ККД	[1], с. 147-149, 194
18	Залежність механічного ККД від швидкісного і навантажувального режимів ДВЗ	[1], с. 197-198
19	Зв'язок між індикаторними та ефективними параметрами роботи двигуна	[1], с. 145-147

Змістовий модуль 3. Газодизелі		
20	Особливості переобладнання дизельних двигунів у газодизелі. Конструкція газової форсунки двигунів ME-GI	[1], с. 268; [6], с. 59-86; [28], с. 160-169.
21	Схеми подачі газу до циліндра двигуна: низького тиску та високого тиску (прямого упорскування газу – Direct Injected Gas (GD)). Вимоги морських класифікаційних товариств	[6], с. 59-86; [28], с. 169-188.
Змістовий модуль 4. Наддув ДВЗ		
22	Ступінь наддуву для різних двигунів. Наддув ДВЗ як засіб підвищення потужності різних типів ДВЗ	[1], с. 153-156; [1], с. 156-171.
23	Фізичні основи наддуву. Сумісна робота турбіни та компресора у складі системи наддуву. Різниця між випускними системами двигунів з імпульсним та ізобарним наддувами	[1], с. 156-171; [6], с. 231-248
24	Принципові схеми охолодження повітря різних двигунів, їх порівняльна характеристика. Причини застосування міжступеневого охолодження повітря при двоступеневому наддуві	[1], с. 171-176.
Змістовий модуль 5. Тепловий баланс ДВЗ, утилізація теплоти		
25	Визначення коефіцієнта тепловіддачі від газів до внутрішньої поверхні циліндра	[1], с. 183-184; 184-189
26	Термічні напруження та деформації у втулці ДВЗ	[1], с. 177-180
27	Розрахунок значень теплових втрат через стінки циліндра на основі відокремленого індикаторного процесу двигуна	[10], с. 5-14
28	Визначення термічних напружень у деталях ЦПГ	[1], с. 184-189
29	Способи використання теплоти відхідних газів і охолоджувальної води. Нетрадиційні схеми утилізації теплових втрат. Використання силових турбоагрегатів	[6], с. 359-364
30	Визначення паропродуктивності утилізаційних котлів для ДВЗ	Джерела інформації: [15]; с. 3-19; інфрмаційні ресурси: [20, 23]
Модуль 2		
Змістовий модуль 6. Паливоподача та горіння палива в ДВЗ		
31	Процеси паливоподачі в двигунах з внутрішнім сумішоутворенням	[1], с. 65-75; [2], с. 370-374; [6], с. 319-327
32	Основні види форм камер згоряння ДВЗ. Залежність внутрішнього сумішоутворення від форми камери згоряння	[1], с. 47; [23], с. 83-88
33	Визначення способу та оцінювання якості розпилювання палива для різних типів двигунів	[6], с. 319-328, 338-340; [28], с. 190-200, 221-226
34	Теорія горіння професора Вібе	[22], с. 187-216
Змістовий модуль 7. Газообмін у чотири- та двотактних двигунах		
35	Показники якості газообміну, порівняльне оцінювання існуючих систем газообміну. Особливості розрахунку процесу газообміну двотактних двигунів з різними системами газообміну	[2], с. 167-173, 230-234
36	Розрахунок параметрів газу в циліндрі при вільному випусканні. Розрахунок теоретично необхідного час-перерізу примусово-	[2], с. 177-218, 234-248

	го випускання і продування. Визначення наявного час-перерізу при різних фазах органів газообміну	
37	Можливості використання математичного моделювання процесів газообміну в чотири- і двотактних двигунах для розв'язання практичних інженерних задач	[2], с. 218-230, 248-250
Змістовий модуль 8. Екологізація ДВЗ		
38	Проблеми та перспективні напрямки екологізації ДВЗ	[1], с. 250-252, 257-268.
39	Фізико-хімічні основи та закономірності утворення оксидів азоту (термічного, "швидкого") та сажі	[5], с. 18-56
40	Основні напрямки та перспективи подальшого розвитку ДВЗ. Малотоксичні мобільні енергетичні установки майбутнього	[1] , с. 92-98; [5] , с. 420-438

Курсовий проект

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

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

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

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

Додатки розміщують після основної частини курсового проекту.

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

Контрольна робота

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

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

Питання контрольної роботи

Номер варіан-ту	Номер запитання (з переліку запитань)					
	6-й (3-й) семестр - Модуль 1			7-й (4-й) семестр - Модуль 2		
1	1	3	5	30	3	9
2	2	4	6	10	1	29
3	10	9	8	2	27	9
4	7	11	12	21	6	11
5	20	18	16	13	28	17
6	15	14	17	8	29	13
7	19	21	23	26	5	21
8	22	24	26	6	12	23
9	29	25	27	4	25	5
10	31	28	30	17	1	22
11	30	29	17	24	3	11
12	9	6	1	7	9	23
13	23	4	7	4	30	1
14	26	24	11	22	14	8
15	15	21	5	10	24	26
16	14	21	11	15	21	5
17	3	29	15	14	21	11
18	27	24	9	3	29	15
19	30	20	6	27	24	9
20	22	9	13	30	20	6
21	21	4	7	8	29	16
22	8	30	4	16	15	18
23	5	9	3	4	13	2
24	25	27	17	18	1	11
25	4	6	6	3	9	19
26	13	18	22	12	20	17
27	21	10	1	7	14	15
28	29	6	23	16	22	2
29	17	11	24	19	30	5
30	17	3	19	3	23	13

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 - питально-відповідний метод, завдання якого – спонукати здобувачів до актуалізації відомих і засвоєння нових знань шляхом самостійних роздумів, висновків і узагальнень;

для практичних занять:

- практична робота - метод поглиблення і закріплення теоретичних знань та перевірки наукових висновків;
- методи контролю і самоконтролю:
- фронтальне опитування;
- контрольні роботи.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання є:

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

7. Форми поточного та підсумкового контролів

Досягнення ЗВО оцінюються за 100-бальною системою Університету.

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

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

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

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

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

Форми контролю результатів навчальної діяльності здобувачів вищої освіти та їх оцінювання

Практична робота

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

Курсовий проект

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

		дослідження, під час доповіді впевнено і докладно відповідає на поставлені запитання
	35	ЗВО спроможний чітко та стисло викласти основні результати виконання проекту, дає правильні відповіді на всі запитання, але не завжди упевнений в аргументації, чи не завжди коректно її формулює
	30	ЗВО спроможний чітко та стисло викласти основні результати виконання проекту, належно обґрунтовує положення проекту, але допускає неточності у відповідях на запитання
	25	ЗВО спроможний чітко та стисло викласти основні результати виконання проекту, але допускає суттєві неточності у відповідях на запитання, не завжди належно обґрунтовує положення проекту
	20	ЗВО невпорядковано викладає основні результати виконання проекту, намагається дати відповідь на поставлені запитання і робить спроби аргументувати положення проекту
	15	ЗВО невпорядковано викладає основні результати виконання проекту, робить спроби аргументувати положення роботи, надає неповні, поверхові, необґрунтовані відповіді на поставлені питання
	10	ЗВО демонструє задовільні знання з навчального матеріалу проекту, але не може впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання членів комісії та належно обґрунтувати положення проекту
	5	ЗВО невпорядковано викладає основні результати виконання проекту, не спроможний дати відповідь на запитання, відстоювати свою позицію

Контрольна робота (для ЗВО заочної форми навчання)

Кількість балів	**Критерії оцінювання**
42	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
30	Робота виконана у встановлений термін. Матеріал викладено у достатньому обсязі, логічно. Використані рекомендовані джерела інформації. Правильно сформульовані узагальнюючі ви-

	сновки. Робота оформлена акуратно, з дотриманням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи ЗВО орієнтується в матеріалах, у відповідях є неточності
20	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 оформлені роботи є порушення вимог до технічної документації. Під час захисту роботи ЗВО в цілому орієнтується в матеріалах, у відповідях є помилки та неточності
10	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Матеріал викладено безсистемно, висновки сформульовані формально або відсутні. Робота оформлена неохайно, з порушенням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи ЗВО слабо орієнтується в матеріалах, у відповідях є помилки
0	Роботу не виконано

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

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

Письмова відповідь

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

6-й семестр

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Виконання практичних робіт	12 робіт × 3 бали = 36 балів	6 робіт × 3 бали = 18 балів
Поточний модульний контроль	2 МКР × 12 балів = 24 бали	-
Виконання контрольних робіт	-	1 робота × 42 бали = 42 бали
Всього	**60**	**60**

Поточний модульний контроль у формі тестування

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

Кількість правильних відповідей	13…15	11…12	9…10	8	7	6	5	4	3	2	1
Бал	21	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2

7-й семестр

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Виконання практичних робіт	6 робіт × 3 бали = 18 балів	6 робіт × 3 бали = 18 балів
Поточний модульний контроль	2 МКР × 21 бал = 42 бали	-
Виконання контрольних робіт	-	1 робота × 42 бали = 42 бали
Всього	**60**	**60**

Підсумковий контроль

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

Письмова відповідь (1 питання - 10 балів**)**

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

8. Критерії оцінювання результатів навчання

Номер модуля	Номер змістового модуля	Номер теми	Денна форма навчання		Заочна форма навчання	
			Вид роботи	Кількість балів	Вид роботи	Кількість балів
6-й семестр						
М1	ЗМ1	Т1	-	-	-	-
		Т2	-	-	-	-
		Т3	Практична робота № 1	0…3	Практична робота № 1	0…3
		Т4	Практична робота № 2	0…3	Практична робота № 2	0…3
	ЗМ2	Т5	Практична робота № 3	0…3	Практична робота № 3	0…3
		Т6	-	-	-	-
		Т7	-	-	-	-
		Т8	Практична робота № 4	0…3	Практична робота № 4	0…3
		Т9	-	-	-	-
		Т10	Практична робота № 5	0…3	-	-
		Т11	-	-	-	-
		Т12	-	-	-	-

		Т13	-	-	-	-
		Т14	Практична робота № 6	0…3	-	-
		Т15	-	-	-	-
		Т16	-	-	-	-
		Т17	Практична робота № 7	0…3	-	-
		Т18	-	-	-	-
		Т19	-	-	-	-
	Поточний контроль		МКР № 1	0…12	-	-
	ЗМ3	Т20	-	-	-	-
		Т21	Практична робота № 8	0…3	-	-
	ЗМ4	Т22	Практична робота № 9	0…3	-	-
		Т23	Практична робота № 10	0…3	-	-
		Т24	-	-	-	-
	ЗМ5	Т25	Практична робота № 11	0…3	Практична робота № 11	0…3
		Т26	-	-	-	-
		Т27	Практична робота № 12	0…3	Практична робота № 12	0…3
		Т28	-	-	-	-
		Т29	-	-	-	-
		Т30	-	-	-	-
	Поточний контроль		МКР № 2	0…12	-	-
	-		-	-	Контрольна робота	0…42
	Підсумковий контроль		Залік (письмова відповідь)	0…40	Залік (письмова відповідь)	0…40
	Сума			**0…100**	**-**	**0…100**
7-й семестр						
М2	ЗМ 6	Т31	Практична робота № 13	0…3	Практична робота № 13	0…3
		Т32	Практична робота № 14	0…3	Практична робота № 14	0…3
		Т33	-	-	-	-
		Т34	Практична робота № 15	0…3	Практична робота № 15	0…3
	Поточний контроль		МКР № 1	0…21	-	-

	ЗМ 7	Т35	-	-	-	-
		Т36	-	-	-	-
		Т37	Практична робота № 16	0…3	Практична робота № 16	0…3
			Практична робота № 17	0…3	Практична робота № 17	0…3
			Практична робота № 18	0…3	Практична робота № 18	0…3
	ЗМ8	Т38	-	-	-	-
		Т39	-	-	-	-
		Т40	-	-	-	-
	Поточний контроль		МКР № 2	0…21	-	-
	-		-	-	Контрольна робота	0…42
	Підсумковий контроль		Екзамен (письмова відповідь)	0…40	Екзамен (письмова відповідь)	0…40
	Сума			**0…100**	**-**	**0…100**

Критерії оцінювання виконання курсового проекту

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

9. Засоби навчання

При вивченні даної дисципліни використовуються такі засоби навчання:

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

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

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

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. **Наливайко, В.С.** Суднові двигуни внутрішнього згоряння : підруч. для студентів ВНЗ / В. С. Наливайко, Б. Г. Тимошевський, С. Г. Ткаченко. - Миколаїв : Торубара В. В. [вид.], 2015. - 331 с.
2. **Дьяченко, В.Г.** Двигуни внутрішнього згоряння. Теорія : підручник / В.Г. Дяченко; За ред. А.П. Марченка. – Харків: НТУ "ХПІ", 2008. – 488 с. [Електронний варіант]
3. **Наливайко, В.С.** Суднові двигуни внутрішнього згоряння : методичні вказівки / В.С. Наливайко, С.Г. Ткаченко, В.С. Хоменко. – Миколаїв: НУК, 2012. – 72 с.
4. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т.1. Розробка конструкцій форсованих двигунів наземних транспортних машин. / За редакцією проф. А.П. Марченка, засл. діяча науки України, проф. А.Ф. Шеховцова. – Харків: Видавн. центр НТУ "ХПІ", 2004. – 384 с. [Електронний варіант]
5. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. Т.5. Екологізація ДВЗ. – Підручник для студентів ВНЗ, що навчаються за напрямом "Інженерна механіка" / За редакцією проф. А.П. Марченка, засл. діяча науки України проф. А.Ф. Шеховцова. – Харків: Видавничий центр НТУ "ХПІ", 2004. – 466 с. [Електронний варіант]
6. **Malcolm L.** Pounder’s Marine Diesel Engines and Gas Turbines : textbook / L. Malcolm. - Butterworth-Heinemann, 2020. – 956 p. (ebook)

Допоміжна література

7. **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.
8. **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.
9. **Наливайко, В.С.** Режими роботи суднових ДВЗ : навчальний посібник / В.С. Наливайко, С.Г. Ткаченко. – Миколаїв: НУК, 2011. – 100 с.
10. **Наливайко, В.С.** Основи комп'ютерного проектування ДВЗ [Текст] : навчальний посібник для поглибленого вивчення курсу та отримання практичних навичок при створенні математичних моделей процесів ДВЗ та конструкцій окремих вузлів і деталей для студентів спец. 142 "Енергетичне машинобудування" (спеціалізація "Двигуни внутрішнього згоряння") / В.С. Наливайко, С.Г. Ткаченко, В.С. Хоменко, Р.Ю. Авдюнін. – Миколаїв: видавець Торубара В.В., 2017. – 138 с.
11. **Абрамчук Ф.І.** Автомобільні двигуни : підруч. для вищ. навч. закладів / Ф.І. Абрамчук, Ю.Ф. Гутаревич, К.Є Долганов, І.І. Тимченко. – К.: Арістей, 2004. – 438 с.

12. **Гащук, П.** Теплотворення й теплоспоживання в двигуні швидкого внутрішнього згоряння : монографія / П. Гащук, С. Нікіпчук. – К. : Видавничий дім «Кондор», 2021. – 324 с.
13. **Горбов, В.М.** Енергетичні палива : навчальний посібник / В.М. Горбов. — Миколаїв: УДМТУ, 2004. — 325 с.
14. **Горбов, В.М.** Енциклопедія суднової енергетики : підруч. / В. М. Горбов. – Миколаїв: НУК, 2010. – 624 с.
15. **Горбов, В.М.** Збірник задач з дисципліни "Суднові енергетичні установки": навчальний посібник / В.М. Горбов,. І.П. Єсін, Т.Г. Слаутіна , О.К. Чередниченко.– Миколаїв: НУК, 2010. – 60 с.
16. **Білокурець, А.О.** 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.
17. **Pounder C. C.** Marine diesel engines and gas turbines. — London: Dous Woodyard, 2009. — 887 p.
18. **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.
19. **Pounder C. C.** Marine diesel engines and gas turbines. — London: DousWoodyard, 2009. — 887 p.
20. **Jan Babicz** Wärtsilä encyclopedia of ship technology Second Edition Consulting Naval Architect & Ship Surveyor. — Helsinki, 2015. — 659 p.
21. **D. Griffiths** Marine Low Speed Diesel Engines. MEP Series, Volume 2, Part 17. Institute of Marine Engineers, London – 89 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.oldiplus.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. WorldScientificOpen is in full compliance with the latest open access mandates so authors can ensure their research is freely available online, freely redistributed and reused: http://www.worldscientific.com/
3. Сайт Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова: http://www.nuos.edu.ua/
4. Репозиторій НУК: http://eir.nuos.edu.ua/xmlui/
5. Конференції НУК: http://conference.nuos.edu.ua/catalog/

6. Сайт ХННІ НУК: http://kb.nuos.edu.ua/
7. Сайт НТУ ХПІ: http://www.kpi.kharkov.ua/

Морські класифікаційні товариства:

8. Класифікаційне товариство Регістр судноплавства України (каталог видань): http://shipregister.ua/books/index.html
9. Lloyds Register of Shipping: http://www.lr.org/en/
10. Российский Морской Регистр Судноплавства: http://www.rs-class.org/ru/
11. Российский Речной Регистр http://www.rivreg.ru/
12. China Classification Society: http://www.ccs.org.cn/ccswz/
13. Germanischer Lloyd: https://www.dnvgl.de/
14. Polski Rejestr Stratkow - Polish Register of Shipping: https://www.prs.pl/
15. Міжнародна морська організація (International Maritime Organization): http://www.imo.org/en/Pages/Default.aspx
16. National Marine Manufacturers Association (NMMA): https://www.nmma.org/

Провідні двигунобудівні фірми:

17. Society of Automotive Engineers (SAE): http://www.sae.org/
18. Сайт Wartsila: https://www.wartsila.com/
19. Wärtsilä Encyclopedia of Marine Technology: https://www.wartsila.com/encyclopedia
20. General Technical Data is an engine simulation tool: https://www.wingd.com/en/media/general-technical-data/
21. Сайт MAN Diesel: https://www.man-es.com/
22. Simulation Solutions AVL FIRE™ M: https://www.avl.com/en/simulation-solutions/software-offering/simulation-tools-z/avl-fire-m
23. MAN Two-stroke project guides: https://www.man-es.com/marine/products/planning-tools-and-downloads/project-guides/two-stroke
24. CEAS engine calculations: https://www.man-es.com/marine/products/planning-tools-and-downloads/ceas-engine-calculations
25. Сайт Caterpillar: http://www.caterpillar.com/ru.html
26. Сайт Mitsubishi: http://www.mhi.co.jp/
27. Сайт Akasaka Diesels Ltd: http://www.akasaka-diesel.jp/en/
28. Сайт Daihatsu Diesel: http://www.dhtd.co.jp/ja/index.html
29. Сайт Niigata: http://www.niigata-power.com/english/index.html
30. Сайт Hyundai: http://www.hyundai-engine.com/
31. Сайт SUBARU: https://subaru.ua/the-subaru-boxer-engine

Розробники:

професор кафедри ДВЗУ та ТЕ,
к.т.н., професор НУК — В.С. Наливайко

викладач кафедри СМЕ — Р.Ю. Авдюнін

Додаток 1

Питання до модульного контролю

Модуль 1

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

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

50.З якою метою використовують силові турбіни?
51.Принцип дії форсажної камери.
52.Системи інжекторної подачі палива.
53.Перерахуйте типи камер згоряння та способи сумішоутворення в дизельних двигунах.
54.Перерахуйте параметри паливного факелу та параметри розпилювання.
55.Назвіть способи подачі газу в газових двигунах.

Модуль 2

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

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

Додаток 2

Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
Херсонський навчально-науковий інститут

Кафедра суднового машинобудування
та енергетики

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

з дисципліни "Теорія двигунів внутрішнього згоряння"
(назва дисципліни)

на тему: Розрахунок робочих процесів _____

_____

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

_____
(прізвище та ініціали здобувача вищої освіти)

Керівник _____
(прізвище та ініціали)

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

Національна шкала _____
Кількість балів: _____Оцінка: ECTS ____

Члени комісії

_____ _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

_____ _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

_____ _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

м. Миколаїв – 202_ рік

Додаток 3

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

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

ЗАВДАННЯ
до виконання курсового проекту з дисципліни
"**Теорія двигунів внутрішнього згоряння**"
із спеціальності 142 "Енергетичне машинобудування"
(освітня програма "Двигуни внутрішнього згоряння")

Тема проекту: "Розрахунок робочого процесу двигуна_____
_____"

Вихідні дані:
Потужність двигуна N_e =_____кВт;
Частота обертання n =_____хв.$^{-1}$;
Діаметр циліндра $D_ц$ =_____м;
Хід поршня S =_____м;
Кількість циліндрів i =_____;
Тактність двигуна z =_____.

ЗМІСТ ПРОЕКТУ:
РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Перелік прийнятих скорочень.
Вступ *(1...2 стор.).*
Розділ 1. Технічна характеристика двигуна. Сфера його застосування.
Розділ 2. Розрахунок робочого процесу двигуна.
2.1. Вибір і обґрунтування основних даних для розрахунку.
2.2. Визначення потрібного тиску наддувного повітря для отримання необхідної потужності.
2.3. Розрахунок процесу наповнення циліндру.
2.4. Розрахунок процесу стискання.
2.5. Розрахунок процесу згоряння.
2.6. Розрахунок процесу розширення.
2.7. Визначення індикаторних показників циклу.
2.8. Визначення ефективних параметрів двигуна.
2.9. Визначення енергетичних можливостей газової турбіни та повітряного компресора.

Розділ 3. Розрахунок і побудова згорнутої та розгорнутої індикаторних діаграм.
3.1. Побудова процесу стискання.
3.2. Побудова процесу розширення.
3.3. Визначення середнього індикаторного тиску.
Висновки.
Список використаних літературних джерел.

ОБСЯГ ПРОЕКТУ ТА ОСНОВНІ ВИМОГИ

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

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА ПРОЕКТУ

1. Поперечний розріз двигуна – 1 аркуш формату А1.
2. Індикаторні діаграми та діаграма газообміну – 1 аркуш формату А1.

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

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

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

Керівник проекту _____

Додаток 4

Перелік тем до курсового проектування

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

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

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

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

Таблиця 4.2 Основні дані сучасних МОД фірми "Wartsila Corporation"

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

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

Таблиця 4.3 Основні дані сучасних МОД фірми "Mitsubishi Heavy Industries Ltd"

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

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

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

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

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

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

Таблиця 4.6 Основні дані сучасних суднових СОД фірми "Caterpillar"

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

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

Таблиця 4.7 Основні дані сучасних суднових двигунів вітчизняного та закордонного виробництва

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

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