

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Машинобудівний навчально-науковий інститут

(повна назва підрозділу)

Кафедра двигунів внутрішнього згоряння, установок та технічної експлуатації

(повна назва кафедри)

T7204



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

ДВИГУНИ НЕТРАДИЦІЙНИХ СХЕМ

Unconventional Engines

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

тип дисципліни обов'язкова
обов'язкова/вибіркова

мова(и) викладання українська
українська/англійська

Робоча програма навчальної дисципліни «Двигуни нетрадиційних схем» є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань

14 Електрична інженерія

(шифр і назва)

спеціальності 142 Енергетичне машинобудування

(шифр і назва)

освітня програма Двигуни внутрішнього згоряння

(зазначаються повна назва освітньої програми)

«__» _____ 2021 року. – __ с.

Розробник: Мінчев Дмитро Степанович, к.т.н, доцент

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Двигуни нетрадиційних схем» узгоджено з гарантом освітньої програми

Гарант освітньої програми «Двигуни внутрішнього згоряння»

к.т.н., професор



Юрій МОШЕНЦЕВ

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Двигуни нетрадиційних схем» розглянуто на засіданні кафедри двигунів внутрішнього згоряння, установок та технічної експлуатації

Протокол № 8 від « 27 » квітня 2021 р.

Завідувач кафедри



Борис ТИМОШЕВСЬКИЙ

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Двигуни нетрадиційних схем» розглянуто Методичною радою Машинобудівного навчально-наукового інституту

Протокол № 8 від « 13 » травня 2021 р.

Голова



Сергій СЕРБІН

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Двигуни нетрадиційних схем» погоджено з навчальним відділом

Начальник відділу



Андрій ЛАБАРТКАВА

Робоча програма навчальної дисципліни «Двигуни нетрадиційних схем» затверджена Навчально-методичною радою НУК

Протокол № 6 від « 23 » червня 2021 р.

Голова НМР НУК



Євген ТРУШЛЯКОВ

ЗМІСТ

Анотація.....	4
1. Опис навчальної дисципліни	6
2. Мета вивчення навчальної дисципліни.....	7
3. Передумови для вивчення дисципліни	7
4. Очікувані результати навчання	7
5. Програма навчальної дисципліни	8
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування.....	14
7. Форми поточного та підсумкового контролю	14
8. Критерії оцінювання результатів навчання	15
9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна	24
10. Рекомендовані джерела інформації	25

Анотація

Дисципліна «Двигуни нетрадиційних схем» належить до циклу професійно-орієнтованих дисциплін освітньо-професійної програми «Двигуни внутрішнього згоряння» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Предметом дисципліни є конструкція, принцип дії та особливості робочих процесів теплових двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), реалізованих за нетрадиційними схемами, а також двигунів зовнішнього згоряння, які можуть представляти альтернативу традиційним ДВЗ.

Під ДВЗ традиційної схеми розуміється двигун внутрішнього згоряння, робочий процес якого здійснюється в циліндрі, об'єм якого змінюється внаслідок руху поршня. Перетворення поступального руху поршня в такому двигуні здійснюється за допомогою кривошипно-шатунного механізму. В якості робочого тіла використовується атмосферне повітря (та паливо і продукти його згоряння), а в якості палива – вуглеводневі рідинні та газоподібні палива нафтового походження. Таким чином двигуни, що не відповідають вказаним вимогам в даному курсі відносяться до двигунів нетрадиційних схем. До двигунів нетрадиційних схем також слід віднести двигуни з кривошипно-шатунним механізмом та традиційною циліндро-поршневою групою, які мають відмінності щодо організації робочого циклу або регулювання. До двигунів нетрадиційних схем в даному курсі також віднесені і двигуни з зовнішнім згорянням палива (наприклад, двигуни, які працюють за циклом Стірлінга), адже вони можуть скласти цілком реальну альтернативу традиційним двигунам в деяких сферах застосування.

Дисципліна «Двигуни нетрадиційних схем» ґрунтується на фундаментальних законах фізики, хімії, термодинаміки, гідравліки та газової динаміки знання котрих має бути забезпечене попереднім вивченням здобувачами відповідних дисциплін на 1-3 курсах навчання. Дисципліна певною мірою є синтезом таких дисциплін освітньо-професійної програми «Двигуни внутрішнього згоряння», як «Теорія двигунів внутрішнього згоряння», «Конструкція та динаміка двигунів внутрішнього згоряння», «Агрегати повітропостачання двигунів внутрішнього згоряння» та поглиблює їх.

Ключові слова: *альтернативні силові механізми, двигуни зовнішнього згоряння, двигуни нетрадиційних схем, поротно-поршневі двигуни, термодинамічні цикли.*

Abstract

The discipline «Unconventional Engines» is part of the cycle of professionally oriented disciplines of the educational-professional program «Internal Combustion Engines» for first-level (bachelor's) education seekers. The subject of the discipline is the design, operation principles, and peculiarities of the working processes of internal combustion engines (ICE) implemented by non-traditional schemes, as well as external combustion engines that may provide an alternative to traditional ICE.

By traditional scheme internal combustion engines (ICE) it is meant an engine in which the working process occurs in a cylinder, the volume of which changes due to piston movement. The transformation of the reciprocating motion of the piston in such an engine is carried out by a crankshaft-connecting rod mechanism. Atmospheric air (along with fuel and its combustion products) is used as the working fluid, and hydrocarbon liquid and gaseous fuels of petroleum origin are used as fuel. Therefore, engines that do not meet these specified requirements in this course are classified as Unconventional Engines. This category also includes engines with a crankshaft-connecting rod mechanism and a traditional cylinder-piston group, which have differences in the organization of the working cycle or regulation. Additionally, external combustion engines (for example, engines operating on the Stirling cycle) are also classified as Unconventional Engines in this course, as they can present a viable alternative to traditional engines in certain application areas.

The discipline «Unconventional Engines» is based on the fundamental laws of physics, chemistry, thermodynamics, hydraulics, and gas dynamics, knowledge of which should be provided by the previous study of relevant disciplines in the 1-3 years of education. To some extent, this discipline synthesizes such disciplines of the educational-professional program «Internal Combustion Engines» as «Internal Combustion Engines Theory», «Structure and Dynamics of Internal Combustion Engines», «Air Supply Units for Internal Combustion Engines» and deepens their understanding.

Key words: *alternative power mechanisms, external combustion engines, unconventional engines, rotary-piston engines, thermodynamic cycles.*

1. Опис навчальної дисципліни

Дисципліна «Двигуни нетрадиційних схем» має на меті провести аналіз конструкцій та організації робочого процесу сучасних традиційних двигунів внутрішнього згоряння з метою визначення можливих шляхів поліпшення показників роботи перспективних ДВЗ шляхом застосування нетрадиційних конструктивних або термодинамічних схем.

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 3	Галузь знань 14 Електрична інженерія	Обов’язкова	
Модулів – 1		Рік підготовки:	
Змістових модулів – 4		4-й	4-й
Електронний адрес РПНД на сайті Університету: https://nuos.edu.ua/studentu/polozhennya-nuk/opis-opp/opp-dviguni-vnutrishnogo-zgoryannya-bakalavr/	Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування Освітньо-професійна програма «Двигуни внутрішнього згоряння»	Семестр	
		8-й	8-й
		Лекцій	
		30 год.	10 год.
		Практичні заняття	
		15 год.	4 год.
Загальна кількість годин – 90		Лабораторні заняття	
		–	–
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3; самостійної роботи студента – 3.	Освітній рівень: Перший (бакалаврський)	Самостійна робота	
		45 год.	76 год.
		Вид контролю: екзамен	
		Форма контролю: комбінована	

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення дисципліни «Експлуатація та ремонт двигунів внутрішнього згоряння, застосування палив та охолоджуючих рідин» є формування у здобувачів освіти відповідно до освітньо-професійної програми таких компетентностей:

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

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

ЗК 10. Здатність працювати в команді.

ФК 3. Здатність аналізувати інформацію з літературних джерел, здійснювати патентний пошук, а також використовувати бази даних та інші джерела інформації для здійснення професійної діяльності.

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

ФК 12. Здатність брати участь у роботі над інноваційними проектами, використовуючи методи дослідницької діяльності.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумовами для вивчення дисципліни є попереднє вивчення наступних дисциплін: Фізика, Хімія, Теоретична механіка, Технічна термодинаміка, Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів, Деталі машин, Теорія машин і механізмів, Теорія двигунів внутрішнього згоряння, Конструкція та динаміка двигунів внутрішнього згоряння, Агрегати повітропостачання двигунів внутрішнього згоряння.

4. Очікувані результати навчання

Здобувачі освіти повинні досягти таких програмних результатів навчання:

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

ПРН 6. Розробляти і проектувати вироби в галузі енергетичного машинобудування, процеси і системи, що задовольняють конкретні вимоги, які можуть включати обізнаність про нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) аспекти; обрання і застосовування адекватної методології проектування.

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

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

ПРН 21. Аналізувати розвиток науки і техніки.

5. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Загальні положення. Нетрадиційні робочі цикли в рамках традиційних конструктивних схем.

Тема 1. Визначення ДВЗ традиційної схеми, з'ясування принципових вад та недоліків традиційних схем та класифікація нетрадиційних двигунів.

Тема 2. Системний підхід до порівняльного аналізу двигунів різних схем, системний підхід до проектування нових двигунів.

Тема 3. Альтернативні робочі цикли двигунів традиційних схем, поршневі двигуни з продовженим розширенням, поршневі двигуни, що працюють за циклом Аткинсона та циклом Мілера, двигуни з розділенням робочого процесу на два циліндри (двигун Кушуля, Скудері).

Тема 4. Двигуни традиційних схем, що працюють з використанням нетрадиційного палива.

Тема 5. Рідко вживані схеми традиційних ДВЗ. Авіаційні зіркоподібні ДВЗ з повітряним охолодженням, автомобільні двигуни з повітряним охолодженням, двигуни з протилежно рухомими поршнями, двотактні двигуни з нетрадиційними схемами продувки.

Змістовий модуль 2. Поршневі ДВЗ з альтернативними силовими механізмами.

Тема 6. Визначення вад та переваг центрального кривошипно-шатунного механізму та різновидів КШМ. Класифікація та коротка характеристика альтернативних силових механізмів поршневих двигунів.

Тема 7. Двигуни з «безшатунними» силовими механізмами еліпсографічного та гіпоциклічного типу: двигуни Парсонса, Бурле, Баландіна, Мюррея, Вуля.

Тема 8. Двигуни з багатоважільними механізмами, двигуни з механізмом типу «скошена шайба» та ін.

Тема 9. ДВЗ з вільно рухомими поршнями: дизель-компресори з вільно рухомими поршнями, генератори газу високих параметрів з вільно рухомими поршнями, будівельні дизель-молоти.

Змістовий модуль 3. Роторно-поршневі ДВЗ.

Тема 10. Визначення недоліків та переваг системи поршень-циліндр для забезпечення резервуару змінного об'єму. Класифікація та коротка характеристика альтернативних схем організації резервуару змінного об'єму для забезпечення в ній робочого циклу ДВЗ.

Тема 11. Особливості конструкції, робочого циклу, проектування та розрахунку роторно-поршневого двигуна Ванкеля. Переваги та недоліки двигуна Ванкеля.

Тема 12. Особливості конструкції, робочого циклу, проектування та розрахунку роторно-лопатєвого двигуна. Переваги та недоліки роторно-лопатєвого двигуна.

Тема 13. Ротативні двигуни аксіального типу, торовидні та сферовидні двигуни, роторно-поршневі двигуни інших схем.

Змістовий модуль 4. Двигуни із зовнішнім підведенням теплоти.

Тема 14. Визначення недоліків та переваг двигунів внутрішнього згоряння, в порівнянні з двигунами зовнішнього згоряння. Двигуни зовнішнього згоряння як альтернатива сучасним ДВЗ. Конструкція двигунів з зовнішнім підведенням тепла.

Тема 15. Особливості робочого циклу та різновиди двигуна Стірлінга. Розрахунок робочого циклу та особливості проектування двигунів Стірлінга. Аналіз робочих характеристик виконаних двигунів Стірлінга.

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	Денна форма					Заочна форма				
	Разом	у тому числі				Разом	у тому числі			
		лекції	практ.	лабор.	см.р.		лекції	практ.	лабор.	см.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Модуль 1.										
Змістовий модуль 1. Загальні положення. Нетрадиційні робочі цикли в рамках традиційних конструктивних схем										
<i>Тема 1.</i> Визначення ДВЗ традиційної схеми, з'ясування принципів вад та недоліків традиційних схем та класифікація нетрадиційних двигунів.	5	2	0	0	3	8	1	0	0	7
<i>Тема 2.</i> Системний підхід до порівняльного аналізу двигунів різних схем, системний підхід до проєктування нових двигунів.	7	2	2	0	3	10	1	1	0	8
<i>Тема 3.</i> Альтернативні робочі цикли двигунів традиційних схем, поршневі двигуни з продовженим розширенням, поршневі двигуни, що працюють за циклом Аткинсона та циклом Мілера, двигуни з розділенням робочого процесу на два циліндри (двигун Кушуля, Скудері).	7	2	2	0	3	6	1	1	0	4
<i>Тема 4.</i> Двигуни традиційних схем, що працюють з використанням нетрадиційного палива.	5	2	0	0	3	3	0	0	0	3
<i>Тема 5.</i> Рідко вживані схеми традиційних ДВЗ. Авіаційні зіркоподібні ДВЗ з повітряним охолодженням, автомобільні двигуни з повітряним охолодженням, двигуни з протилежно рухомими поршнями, двотактні двигуни з нетрадиційними схемами продувки.	6	2	2	0	2	3	0	0	0	3
Разом за змістовим модулем 1	30	10	6	0	14	30	3	2	0	25
Змістовий модуль 2. Поршневі ДВЗ з альтернативними силовими механізмами										
<i>Тема 6.</i> Визначення вад та переваг центрального кривошипно-шатунного механізму та різновидів КШМ. Класифікація та коротка характеристика альтернативних силових механізмів поршневих двигунів.	9	2	2	0	5	6	0	0	0	6
<i>Тема 7.</i> Двигуни з «безшатунними» силовими механізмами еліпсографічного та гіпоциклічного типу: двигуни Парсонса, Бурле, Баландіна, Мюррея, Вуля.	9	2	2	0	5	9	1	1	0	7
<i>Тема 8.</i> Двигуни з багатоважільними механізмами, двигуни з механізмом типу «скошена шайба» та ін.	6	2	0	0	4	7	1	0	0	6

<i>Тема 9.</i> ДВЗ з вільно рухомими поршнями: дизель-компресори з вільно рухомими поршнями, генератори газу високих параметрів з вільно рухомими поршнями, будівельні дизель-молоти.	6	2	0	0	4	8	1	1	0	6
Разом за змістовим модулем 2	30	8	4	0	18	30	3	2	0	25
Змістовий модуль 3. Роторно-поршневі ДВЗ										
<i>Тема 10.</i> Визначення недоліків та переваг системи поршень-циліндр для забезпечення резервуару змінного об'єму. Класифікація та коротка характеристика альтернативних схем організації резервуару змінного об'єму для забезпечення в ній робочого циклу ДВЗ.	4	2	0	0	2	4	0	0	0	4
<i>Тема 11.</i> Особливості конструкції, робочого циклу, проєктування та розрахунку роторно-поршневого двигуна Ванкеля. Переваги та недоліки двигуна Ванкеля.	6	2	2	0	2	5	1	0	0	4
<i>Тема 12.</i> Особливості конструкції, робочого циклу, проєктування та розрахунку роторно-лопатєвого двигуна. Переваги та недоліки роторно-лопатєвого двигуна.	5	2	2	0	1	6	1	0	0	5
Разом за змістовим модулем 3	15	6	4	0	5	15	2	0	0	13
Змістовий модуль 4. Двигуни із зовнішнім підведенням теплоти										
<i>Тема 13.</i> Визначення недоліків та переваг двигунів внутрішнього згоряння, в порівнянні з двигунами зовнішнього згоряння. Двигуни зовнішнього згоряння як альтернатива сучасним ДВЗ.	5	2	0	0	3	6	0	0	0	6
<i>Тема 14.</i> Особливості робочого циклу та різновиди двигуна Стірлінга. Розрахунок робочого циклу та особливості проєктування двигунів Стірлінга. Аналіз робочих характеристик виконаних двигунів Стірлінга.	5	2	1	0	2	8	1	0	0	7
<i>Тема 15.</i> Конструкція двигунів з зовнішнім підведенням тепла.	5	2	0	0	3	1	1	0	0	0
Разом за змістовим модулем 4	15	6	1	0	8	15	2	0	0	13
Разом за курсом	90	30	15	0	45	90	10	4	0	76

Теми практичних занять

Практичні заняття мають на меті закріплення матеріалу лекційного курсу та його доповнення розглядом практичних задач розрахунку робочого циклу, або окремих процесів циклу та конструювання двигунів нетрадиційних схем і їх систем. На практичних заняттях також розглядаються основні етапи ескізного проектування двигуна, яке виконується кожною підгрупою здобувачів (докладніше про мету розділення здобувачів на підгрупи викладено в розділі «Індивідуальна робота»). Також практичні заняття використовуються для проведення контрольних заходів (контрольних робіт) та захисту підготовлених здобувачами рефератів.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	<i>Практичне заняття №1.</i> Побудова ієрархічної схеми проектування двигуна нетрадиційної схеми. Попереднє визначення основних параметрів двигуна: частота обертання, розмірність, кількість циліндрів	2
2.	<i>Практичне заняття №2.</i> Побудова розрахункового алгоритму робочого процесу в диференційній формі для відкритої термодинамічної системи. Аналіз ідеалізованого та дійсного циклів двигунів, що працюють за циклом Аткинсона, Міллера, Д'яченко. Визначення конструктивних особливостей таких двигунів	2
3.	<i>Практичне заняття №3.</i> Порівняння конструкції та особливостей роботи двигунів з рідинним та повітряним охолодженням. Визначення вимог для авіаційних поршневих двигунів. Аналіз рідко вживаних схем двотактних двигунів	2
4.	<i>Практичне заняття №4.</i> Розрахунок кінематики та динаміки безшатунного силового механізму еліпсографічного типу. Визначення причини та шляхів вирішення проблеми заклинання механізму. Ескізне порівняння двигунів з традиційним кривошипно-шатунним механізмом та з безшатунним механізмом.	2
5.	<i>Практичне заняття №5.</i> Розрахунок кінематики двигунів з вільно рухомими поршнями.	2
6.	<i>Практичне заняття №6.</i> Побудова теоретичного та дійсного профілю ротору та твірної корпусу двигуна Ванкеля. Розрахунок кінематики двигуна Ванкеля.	2
7.	<i>Практичне заняття №7.</i> Розрахунок кінематики роторно-лопатевого двигуна, розрахунок часу-перерізу органів газорозподілу.	2
8.	<i>Практичне заняття №8.</i> Розрахунок ідеалізованого двигуна Стірлінга. Особливості роботи α -, β -, γ -Стірлінга.	1

Індивідуальна робота здобувачів

Індивідуальна робота здобувачів виконується під керівництвом викладача і має на меті поглиблення та закріплення матеріалу лекційного курсу. Зважаючи на те, що аналіз нетрадиційних схем двигунів зовнішнього та внутрішнього згоряння

неможливий без докладних розрахунків їх робочих циклів, а також без ескізного проектування їх конструкції, пропонується наступна організація індивідуальної роботи здобувачів.

Академічна група здобувачів поділяється викладачем на підгрупи по 5...6 осіб, які умовно називають «конструкторськими бюро». Підгрупи отримують індивідуальне завдання на ескізне проектування двигуна нетрадиційної схеми з докладною проробкою спеціального питання. В кожній підгрупі викладачем призначається відповідальна особа (головний конструктор), до обов'язків якої входить загальне керівництво роботою підгрупи, розподіл робіт серед членів підгрупи, прийняття рішень щодо конструювання двигуна. Відповідальна особа підпорядковується безпосередньо викладачеві, інші члени підгрупи підпорядковуються відповідальній особі.

Індивідуальне завдання виконується в вигляді розрахунково-графічної роботи та містить розрахунково-пояснювальну записку і графічну частину. Виконання індивідуального завдання здійснюється за допомогою ПК та передбачає розробку кожною підгрупою необхідних програмних засобів для здійснення відповідних розрахунків. Індивідуальне завдання містить стандартні частини: опис двигунів заданої нетрадиційної схем, розрахунок кінематики двигуна, розрахунок динаміки двигуна, розрахунок робочого циклу двигуна та ескізне проектування двигуна. Крім того до кожного індивідуального завдання ставиться задача проробки спеціального питання. Зміст спеціального питання залежить від особливостей двигуна, що проектується.

Захист індивідуального завдання виконується поетапно відповідно до табл. 1. Наприкінці семестру всією підгрупою здійснюється загальний захист завдання у вигляді доповіді перед аудиторією. Індивідуальне завдання вважається захищеним якщо підгрупа отримала загалом за його виконання більше 20 балів. Захищене індивідуальне завдання є підставою для допуску до екзамену.

Крім зазначеного виду індивідуальної роботи кожен здобувач під час семестру має можливість підготувати реферат, присвячений двигуну нетрадиційної схеми, який не відповідає індивідуальному завданню жодної підгрупи. Реферат підлягає публічному захисту на практичних заняттях. Бали, отримані за підготовку та захист реферату (разом не більше 10 балів) додаються до поточного рейтингу здобувача.

Самостійна робота

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1.	Підготовка до лекцій	10	10
2.	Підготовка до практичних робіт	10	10
3.	Виконання індивідуального завдання	15	15
4.	Підготовка до екзамену	10	41
	Разом	45	76

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

Методи навчання:

- лекції;
- робота із літературою;
- репродуктивні бесіди;
- практичні роботи;

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

Методи демонстрації результатів навчання: усні відповіді на практичних заняттях, виконання і захист індивідуального завдання, письмовий екзамен з послідовним усним опитуванням в присутності одногрупників.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

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

Формами поточного контролю є:

- усні відповіді на практичних заняттях;

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

У кожного компонента своя частка в загальній системі оцінок. У проміжних оцінках здобувач освіти може набрати до 60 балів. Під компонентом проміжних оцінок розуміються поточні оцінки протягом семестру за виконання і захист модулів індивідуального завдання. Поточний контроль передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із певного модуля (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) під час роботи на практичних заняттях).

Під час екзамену із дисципліни здобувач повинен відповісти на чотири запитання екзаменаційного білету, які охоплюють теми різних змістовних модулів. Відповідь на запитання здобувачам пропонується надавати у письмовій формі із подальшими усними поясненнями та уточненнями. Під час складання екзамену можливе використання власних конспектів лекцій із дозволу викладача. Повна відповідь на всі контрольні питання оцінюється до 40 балів (максимальна кількість балів на одне питання – 10 балів).

Максимальна оцінка заключного іспиту становить 100 балів. Право складати заключний іспит надається здобувачеві освіти, якій із урахуванням проміжних оцінок та максимального балу заключного іспиту набирає не менше 60 балів.

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

8. Критерії оцінювання результатів навчання

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	Денна форма	Заочна форма
Виконання індивідуального завдання	60	–
Розробка і захист спеціального питання	–	60
Всього	60	60

Денна форма		Заочна форма	
Вид роботи	Кількість балів	Вид роботи	Кількість балів
Опис принципу дії, недоліків та переваг двигуна нетрадиційної схеми	5		
Кінематичний розрахунок двигуна	5		
Динамічний розрахунок двигуна	5		
Термодинамічний розрахунок робочого циклу двигуна	5		
Розробка спеціального питання	20	Розробка спеціального питання	40
Захист індивідуального завдання	20	Захист індивідуального завдання	20
Підсумковий контроль	Екзамен	Екзамен	40
Сума			100

Таблиця 1. *Склад, обсяг і терміни виконання змістових модулів індивідуального завдання з дисципліни «Двигуни нетрадиційних схем».*

Модулі		Найменування змістових модулів (етапів індивідуального завдання)	Термін виконання, тижнів.
Найменування	Сума балів		
1. Опис принципу дії, недоліків та переваг двигуна нетрадиційної схеми	1...5	1. Опис принципу дії двигуна, визначення принципових схем та визначення конструктивної схеми двигуна, що проєктується.	III
		2. Креслення в AutoCAD розрахункової схеми двигуна.	
		3. Попереднє визначення основних визначальних параметрів двигуна: частоти обертання, кількості циліндрів, розмірності циліндрів, габаритних розмірів, маси.	
2. Кінематичний розрахунок двигуна	1...5	1. Складання кінематичної розрахункової схеми.	V
		2. Розрахунок кінематики силового механізму та побудова залежності зміни об'єму циліндра двигуна від кута повороту валу.	
3. Динамічний розрахунок двигуна	1...5	1. Визначення розрахункової схеми для динамічного розрахунку з вказанням сил, що діють в силовому механізмі двигуна.	VII
		2. Розрахунок залежності основних сил, що діють в силовому механізмі двигуна	

		від кута повороту валу.	
4. Термодинамічний розрахунок робочого циклу двигуна	1...5	1. Складання розрахункової схеми, визначення типу математичної моделі.	IX
		2. Розробка алгоритму математичної моделі.	
		3. Виконання розрахунків.	
5. Розробка спеціального питання	1...20	1. Поглиблене вивчення окремої проблеми	XI
6. захист індивідуального завдання	1...20		XII
Разом	60		

8.1. Контроль та оцінювання знань за п. 1-4 в табл. 1

Практичне заняття	Критерії оцінювання
5	Глибоке розкриття питання теми, вільне володіння матеріалом, активна участь у роботі семінару, виступ у дискусії
4	Розкриття питання теми, вільне володіння матеріалом
3	Розкриття питання теми, недостатньо вільне володіння матеріалом
2	Неповне розкриття питання теми, недостатньо вільне володіння матеріалом
0	Незадовільне розкриття питання теми

8.1. Контроль та оцінювання знань за п. 5-6 в табл. 1. Для студентів заочної форми розробка спеціального питання (бали у дужках) і захист

Параметри оцінювання	Кількість балів	Критерії оцінювання за бальною шкалою
Розробка спеціального питання	16...20 (31...40)	Наявність чітко сформульованої проблеми; адекватність формулювання об'єкта, предмета, мети та задач дослідження; визначення ступеню розробленості проблеми дослідження; наявність посилань на використану літературу; адекватність обраних методів предмету дослідження, грамотне використання методів (процедура, обробка, інтерпретація результатів); використання методів математичної статистики; відповідність висновків меті та завданням дослідження.
	11...15 (21...30)	Зміст роботи відповідає обраній темі; але має поверхневий аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано.
	6...10 (11...20)	Робота оформлена за вимогами, які пред'являються індивідуального завдання, але має недостатньо критичний аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано.
	1...5 (1...10)	Здобувач освіти відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень і лише за допомогою викладача може виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих.
	0	Робота не носить дослідницького характеру, не має аналізу і не відповідає вимогам, які пред'являються до курсових робіт. У роботі немає висновків або вони носять декларативний

		характер
Захист індивідуального завдання	20	Доповідь логічно побудована, здобувач освіти чітко та стисло викладає основні результати дослідження, показує глибокі знання з питань теми, оперує даними дослідження, вносить пропозиції по темі дослідження, під час доповіді вміло використовує презентацію, впевнено і докладно відповідає на поставлені запитання.
	16...19	Здобувач освіти спроможний чітко та стисло викласти основні результати дослідження, дає правильні відповіді на всі запитання, але не завжди упевнений в аргументації, чи не завжди коректно її формулює.
	13...15	Здобувач освіти спроможний чітко та стисло викласти основні результати дослідження, належно обґрунтовує положення роботи, але допускає неточності у відповідях на запитання.
	10...12	Здобувач освіти спроможний чітко та стисло викласти основні результати дослідження але допускає суттєві неточності у відповідях на запитання, не завжди належно обґрунтовує положення роботи.
	7...9	Здобувач освіти невпорядковано викладає основні результати дослідження, намагається дати відповідь на поставлені запитання і робить спроби аргументувати положення роботи.
	4...6	Здобувач освіти невпорядковано викладає основні результати дослідження робить спроби аргументувати положення роботи, надає неповні, поверхові, необґрунтовані відповіді на поставлені питання.
	1...3	Здобувач освіти демонструє задовільні знання з теми дослідження, але не може впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання членів комісії, та належно обґрунтувати положення роботи.
	0	Здобувач освіти невпорядковано викладає основні результати дослідження, не спроможний дати відповідь на запитання, відстоювати свою позицію.

8.3. Критерії оцінювання програмних результатів навчання здобувачів освіти під час екзамену (4 запитання по 10 балів)

Бал	Критерії оцінювання
10	Відповідь на питання повна, підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, включає аналіз та аргументовані висновки
7...9	Відповідь на питання повна, підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, включає аналіз та аргументовані висновки, але містить незначну кількість дрібних помилок
4...6	Відповідь на питання достатньо повна, частково підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, містить значну кількість дрібних помилок
1...3	Відповідь на питання неповна, частково підтверджена відповідними формулами та ілюстративним матеріалом, містить значну кількість як дрібних, так і грубих помилок
0	Відповідь на питання відсутня

Перелік питань до курсу «Двигуни нетрадиційних схем»

Блок змістових модулів №1. Загальні положення. Нетрадиційні робочі цикли в рамках традиційних конструктивних схем.

1. Надати визначення двигуна внутрішнього згоряння традиційної схеми. Вказати на недоліки традиційних двигунів і визначити можливі шляхи їх усунення.
2. Навести відому Вам класифікацію двигунів нетрадиційних схем та надати коротку характеристику кожного типу двигуна.
3. Дати визначення та навести основні етапи життєвого циклу ДВЗ як технічного об'єкту.
4. Навести ознаки ДВЗ як складної технічної системи.
5. Навести етапи та мету процесу проектування ДВЗ. Висхідне та низхідне проектування.
6. Навести ієрархічні рівні проектування ДВЗ (ієрархічну структуру комбінованого двигуна внутрішнього згоряння) та вказати на їх взаємозв'язок.
7. Навести приклади задач синтезу та аналізу при проектуванні ДВЗ.
8. Пояснити принципи декомпозиції та ітераційності процесу проектування ДВЗ.
9. Навести низку вимог, що висуваються при проектуванні сучасного двигуна. Які при цьому використовуються техніко-економічні показники? Які основні тенденції можна виділити?
10. Яким чином здійснюється вибір частоти обертання двигуна, що проектується?
11. Що необхідно враховувати при вибиранні геометричних розмірів циліндру двигуна (діаметра циліндра D , співвідношення S/D)?
12. Які фактори слід враховувати при визначенні кількості циліндрів двигуна?
13. Яким чином слід обирати компоновку двигуна, включаючи розташування циліндрів?
14. Пояснити як залежать основні визначальні параметри двигуна (частота обертання, геометричні розміри циліндру, кількість та розташування циліндрів) від призначення двигуна.
15. Пояснити особливість організації роботи ДВЗ за циклом Аткинсона. Навести індикаторну діаграму теоретичного та дійсного циклу, провести порівняння параметрів циклу Аткинсона та циклу Отто.
16. Пояснити особливість організації роботи ДВЗ за циклом Міллера. Навести індикаторну діаграму теоретичного та дійсного циклу, провести порівняння параметрів циклу Міллера та циклу Отто.
17. Яким чином необхідно змінити конструкцію серійного двигуна-прототипу для переведення його на роботу за циклом Аткинсона та за циклом Міллера?
18. Пояснити особливість організації робочого циклу двигуна з подовженим розширенням (схем Д'яченко). Навести індикаторну діаграму теоретичного та дійсного циклу.
19. Яким чином можливо конструктивно забезпечити роботу ДВЗ за циклом з подовженим розширенням?

20. Які переваги мають двигуни з розділенням робочого циклу на два циліндри? Навести схему двигуна Кушуля та пояснити його роботу.

21. Пояснити особливості робочого процесу двигунів, що працюють на гомогенній суміші з запаленням від стиснення. Які переваги потенційно мають такі двигуни та які недоліки?

22. Які особливості мають двигуни внутрішнього згоряння, що працюють на водні? Пояснити відмінність у робочому процесі в порівнянні з бензиновими двигунами.

23. Визначити доцільність та можливості використання вугільних суспензій в якості моторного палива ДВЗ. Які основні перешкоди необхідно подолати для успішного переведення ДВЗ на тверде паливо.

24. Пояснити особливості робочого циклу двигунів, що працюють на паливах з високим вмістом кисню: етиловий та метиловий спирти. Розглянути можливість переведення двигуна на горохоподібне паливо (що містить в собі паливо й окислювач).

25. Проаналізувати основні вади та переваги повітряного охолодження ДВЗ в порівнянні з двигунами з рідинним охолодженням.

26. Навести рідко вживані схеми продувки двотактних двигунів: продувка Цоллера, прямоточно-щілинна продувка тощо. Що спричиняє поступове витиснення двотактних двигунів чотиритактними конструкціями?

Блок змістових модулів №2. Поршневі ДВЗ з альтернативними силовими механізмами.

27. Проаналізувати кривошипно-шатунний механізм різних типів з точки зору компонування двигунів. Вказати недоліки.

28. Проаналізувати кінематику кривошипно-шатунного механізму. Визначити зв'язок між кінематикою механізму та особливостями протікання робочого циклу двигуна.

29. Проаналізувати динаміку кривошипно-шатунного механізму. Що таке сили інерції другого порядку, які причини їх виникнення?

30. Пояснити основні питання врівноваження багатоциліндрових двигунів з кривошипно-шатунним механізмом.

31. Навести розрахункову схему та пояснити роботу силового механізму еліпсографічного типу.

32. Навести схеми різновидів силового механізму еліпсографічного типу. Які обмеження на загальну кількість циліндрів двигуна справедливі для даного типу механізму?

33. Проаналізувати кінематику та динаміку безшатунного механізму еліпсографічного типу. Порівняти з кривошипно-шатунним механізмом.

34. Чи впливає тип силового механізму на протікання робочого циклу двигуна? Порівняти за цим фактором кривошипно-шатунний та безшатунний силовий механізм еліпсографічного типу.

35. Навести принципову схему гіпоциклічного безшатунного силового механізму (механізм Мюррея). Які зміни в конструкції двигуна забезпечує використання механізму даного типу?

36. Проаналізувати кінематику та динаміку гіпоциклічного безшатунного силового механізму. Виконати порівняння з кривошипно-шатунним механізмом.

37. Навести відомі Вам схеми двигунів з багато важільними механізмами. Яку мету переслідують конструктори, ускладнюючи конструкцію двигуна?

38. Які переваги щодо компонування двигуна має силовий механізм типу «скошена шайба»? Який основний недолік подібних механізмів?

39. Навести схему дизель-компресора з вільно рухомими поршнями. Пояснити принцип дії.

40. Яків чином можливо здійснити розрахунок кінематики поршнів дизель-компресору з вільно рухомими поршнями? Чи відповідає кінематика поршнів вимогам термодинамічної ефективності робочого циклу дизель-компресору?

41. Навести індикаторні діаграми теоретичного та дійсного циклу дизель-компресору з вільно рухомими поршнями та діаграми в порожнинах ступенів компресору.

42. Навести схему, пояснити принцип дії та навести призначення дизель-поршневих генераторів газу з вільно рухомими поршнями.

43. Пояснити відмінності між дизель-компресором з вільно рухомими поршнями та дизель-поршневим генератором газу з вільно рухомими поршнями.

44. Навести принципову схему свайного дизель-молоту. Пояснити принцип дії, навести індикаторну діаграму теоретичного та дійсного циклу.

45. Навести блок-схему побудови алгоритму розрахунку робочого циклу двигунів з альтернативними силовими механізмами. Які необхідно внести зміни до математичної моделі робочого циклу двигуна традиційної схеми? Яким чином робота силового механізму впливає на протікання робочого циклу двигуна?

Блок змістових модулів №3. Роторно-поршневі ДВЗ.

46. Проаналізувати систему поршень-циліндр, що забезпечує судину змінного об'єму, за наступними параметрами: сили, що діють в системі, втрати на тертя, масогабаритні параметри.

47. Проаналізувати роботу системи поршневих кілець двигуна традиційної схеми.

48. Альтернативні шляхи організації судини змінного об'єму. Навести відомі Вам схеми роторно-поршневих ДВЗ.

49. Які потенційні переваги забезпечують роторно-поршневі двигуни в порівнянні з двигунами традиційної схеми?

50. Навести принципову схему двигуна Ванкеля, пояснити принцип дії двигуна.

51. Дати визначення теоретичного та дійсного контуру робочої порожнини двигуна Ванкеля.

52. Навести розрахункові формули для визначення теоретичного контуру робочої порожнини двигуна Ванкеля.
53. З яких міркувань корегується теоретичний контур робочої порожнини двигуна Ванкеля? Яким чином здійснюється коригування.
54. Яким чином розраховується профіль ротору двигуна Ванкеля? Навіщо в роторі виконуються заглиблення?
55. Навести схематично систему ущільнень двигуна Ванкеля. Які виникають проблеми з ущільненням робочих порожнин в двигунах даного типу.
56. Проаналізувати умови вигорання палива в роторно-поршневому двигуні. З чим пов'язана установка двох свічок запалення в бензинових двигунах Ванкеля?
57. Проаналізувати форму камери згорання двигуна Ванкеля з позиції термодинамічної ефективності двигуна.
58. Чи можливо організувати роботу двигуна Ванкеля за дизельним циклом.
59. Проаналізувати закон зміни об'єму робочих порожнин двигуна Ванкеля від кута повороту ротора та порівняти з традиційним кривошипно-шатунним механізмом.
60. Виконати порівняльний аналіз діаграм часу-перерізу органів газорозподілу роторно-поршневого двигуна та двигуна традиційної схеми.
61. Намалювати схему сил, діючих в роторно-поршневому двигуні Ванкеля. Яким чином здійснюється врівноваження двигунів даного типу?
62. Пояснити особливості конструювання багатороторних двигунів Ванкеля. Які при цьому виникають додаткові проблеми?
63. Навести принципову схему системи змащення двигуна Ванкеля. Якими способами утворюється шар масла на контурі робочого профілю двигуна?
64. Порівняти характеристики та основні техніко-економічні показники двигуна Ванкеля та двигуна традиційної схеми однакової потужності.
65. Намалювати принципову схему роторно-лопатєвого двигуна. Пояснити принцип дії.
66. Навести принципові схеми відомих Вам механізмів синхронізації руху лопатей роторно-лопатєвого двигуна.
67. Чи можливо створення багатороторних роторно-лопатєвих двигунів?
68. Вказати на принципові переваги та недоліки роторно-лопатєвого двигуна порівняно з двигуном традиційної схеми.
69. Визначити перспективні об'єкти застосування роторно-поршневих двигунів.
70. Пояснити особливість організації газообміну в роторно-лопатєвому двигуні.
71. Проаналізувати форму камери згорання роторно-лопатєвого двигуна з позиції термодинамічної ефективності циклу.
72. Чи можливо організувати дизельний цикл в двигуні, виконаному за роторно-лопатєвою схемою.
73. Навести принципові схеми двигунів аксіального, торовидного та сферовидного типу.
74. Якими основними факторами обмежується гранична частота обертання ротора роторно-поршневих двигунів?

75. Проаналізувати можливість застосування роторно-поршневих двигунів, зокрема роторно-лопатєвої схеми, в двигунах з зовнішнім підведенням тепла.

76. Навести низки змін, які необхідно внести в програму розрахунку робочого циклу двигуна внутрішнього згоряння традиційної схеми для забезпечення розрахунку робочого циклу роторно-поршневих двигунів.

Блок змістових модулів №4. Двигуни з зовнішнім підведенням теплоти.

77. Намалювати принципову схему двигуна з зовнішнім підведенням тепла. Вказати основні відмінності двигунів внутрішнього згоряння від двигунів з зовнішнім підведенням тепла.

78. Назвати відомі Вам типи двигунів з зовнішнім підведенням тепла.

79. Навести теоретичний цикл Стірлінга в p - V та T - S координатах. Вказати на процеси регенерації тепла.

80. Записати вираз для термічного ККД регенеративного циклу Стірлінга та порівняти даний цикл з циклом Карно.

81. Порівняти теоретичний регенеративний цикл Стірлінга з циклами Отто та Дизеля.

82. Навести сумісні індикаторні діаграми теоретичного та дійсного циклу Стірлінга. Вказати на відмінності та на причини, що їх зумовлюють.

83. Навести складові втрат енергії в дійсному циклі Стірлінга по відношенню до теоретичного циклу.

84. Дати визначення регенератору та назвати його функції в складі двигуна Стірлінга.

85. Навести принципову схему α -Стірлінга. Порівняти теоретичний та дійсний закон зміни робочих об'ємів двигуна.

86. Навести принципову схему β -Стірлінга. Порівняти теоретичний та дійсний закон зміни робочих об'ємів двигуна.

87. Навести принципову схему γ -Стірлінга. Порівняти теоретичний та дійсний закон зміни робочих об'ємів двигуна.

88. Навести алгоритм визначення основних визначальних показників двигуна Стірлінга.

89. Які робочі тіла використовуються в двигунах Стірлінга і чому?

90. Яким чином здійснюється регулювання потужності та обертів двигуна Стірлінга?

91. Проаналізувати можливі палива, придатні для застосування в двигуні Стірлінга. Які з них можна вважати найбільш перспективними?

92. Навести основу алгоритму інтегрального розрахунку двигуна Стірлінга.

93. Навести розрахункову схему для побудови математичної моделі робочого процесу двигуна Стірлінга в диференційній формі.

94. Навести базові рівняння математичної моделі робочого процесу двигуна Стірлінга в диференційній формі.

95. Назвати фактори, які обмежують подальше збільшення ефективності двигуна Стірлінга.

96. Навести відомі Вам конструктивні схеми регенератору та методи його розрахунку.

97. Яким чином конструктивно виконується підведення та відведення тепла в двигуні Стірлінга?

98. Виконати порівняння робочих характеристик двигуна Стірлінга та двигуна традиційної схеми.

99. Виконати порівняння двигуна Стірлінга та двигуна традиційної схеми за основними техніко-економічними показниками.

100. Вказати можливі сфери застосування двигуна Стірлінга, що співпадають зі сферою застосування традиційних ДВЗ.

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

До засобів навчання слід віднести використання персональних комп'ютерів з доступом до мережі інтернет, які дають змогу виконувати математичні розрахунки, моделювання, двовимірні та тривимірні креслення безпосередньо під час практичних занять.

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

Демонстрація поточних результатів виконання групового індивідуального завдання підгрупами здобувачів освіти здійснюється із використанням лазерного проектора.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Автомобільні двигуни / І. І. Тимченко, Ю. Ф. Гутаревич, К. Є. Долганов, М. Р. Муждобаєв; За ред. І. І. Тимченка. – Х.: Основа, 1995. – 464 с.
2. Наливайко В. С. Суднові двигуни внутрішнього згоряння: підручник/ В. С. Наливайко, Б. Г. Тимошевський, С. Г. Ткаченко. – Миколаїв: видавець Торубара В. В., 2015. – 332 с.
3. Двигуни внутрішнього згоряння: у 6 т. / за ред. проф. А. П. Марченка, засл. діяча науки України проф. А. Ф. Шеховцова. Харків: Видавн. центр НТУ «ХПІ», 2004. Т. 6: Надійність ДВЗ. 421 с.
4. Черниш І. І. Сучасні суднові двигуни: особливості конструкції, експлуатації та автоматизованого управління / І. І. Черниш, С. А. Кар'янський, Є. М. Оженко. – Одеса: НУ «ОМА», 2019. – 217 с.
5. Митрофанов О. С. Основи експлуатації, обслуговування та ремонту двигунів внутрішнього згоряння: навчальний посібник / О. С. Митрофанов, А. Ю. Проскурін. – Миколаїв: НУК, 2018. – 151 с.
6. Наливайко В. С. Конструктивні вузли та системи судових двигунів внутрішнього згоряння: навчальний посібник / В. С. Наливайко, Б. Г. Тимошевський. – Миколаїв: НУК, 2014. – 87 с.
7. Наливайко В. С. Режим роботи судових ДВЗ : навч. посіб / В. С. Наливайко, С. Г. Ткаченко. – Миколаїв: НУК, 2015. – 100 с.
8. Утилізація тепла судових ДВЗ: термохімічні та воднево-еталогідридні методи: монографія / М. Р. Ткач, Б. Г. Тимошевський, О. С. Митрофанов, А. Ю. Проскурін, А. С. Познанський, Ю. М. Галинкін. – Миколаїв: видавець Торубара В. В., 2019. – 178 с.
9. Кутовська А. Д. Альтернативні палива: підручник / А. Д. Кутовська, С. В. Іванов, Є. О. Бережний. – Київ: НАУ, 2014. – 624 с.
10. Марченко А. П., Рязанцев М. К., Шеховцов А. Ф. Двигуни внутрішнього згоряння : серія підручників у 6 т. Т. 1. Розробка конструкції форсованих двигунів наземних транспортних машин / ред. проф. А. П. Марченко та засл. діяча науки України проф. А. Ф. Шеховцова. Харків : Прапор, 2004. – 384 с.
11. Марченко А. П., Рязанцев М. К., Шеховцов А. Ф. Двигуни внутрішнього згоряння : серія підручників у 6 т. Т. 2. Доводка конструкції форсованих двигунів

наземних транспортних машин / ред. проф. А. П. Марченко та засл. діяча науки України проф. А. Ф. Шеховцова. Харків : Прапор, 2004. – 288 с.

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

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

Додаткова література

14. Комбінована силова установка автотранспортного засобу : пат. 100503 Україна МПК 7 В60К 6/00 / О. І. Воронков, І. М. Нікітченко, Е. В. Тесленко, О. Ю. Лінков, А. О. Назаров; заявник та патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. № u201501594; заявл. 24.02.2015 р.; опубл. 27.07.2015 р., Бюл. № 14.

15. Воронков О. І., Лісіна О. Ю., Нікітченко І. М. Визначення часу перетину в золотниковому розподільнику пневмодвигуна. Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. ХНАДУ. 2014. Вып. 34. С. 39–43.

16. Qihui Y., Cai M., Shi Y., Yuan C. Dimensionless Study on Efficiency and Speed Characteristics Of a Compressed Air engine. Beijing University of Aeronautics and Astronautics. 2015. № 137 (4).

17. Поршнева машина : пат. на винахід України № 120489 / О. С. Митрофанов, Ю. В. Шабалін, Т. Ф. Бірюк, Л. О. Єфеніна. № a201902189; заявл. 10.09.2019 р.; опубл. 10.12.2019 р. Бюл. № 23.

Інформаційні ресурси

Основними джерелами інформації для даної дисципліни є проєктна документація двигунів, проєктні керівництва (Project Guide) фірм-розробників двигунів, в першу чергу провідної корпорації MAN, MITSUBISHI, YANMAR, DAIHATSU, Wärtsilä, вітчизняні та закордонні технічні журнали по двигунобудуванню.

1. Society of Automotive Engineers (SAE): <http://www.sae.org/>
2. Сайт Wärtsilä: <https://www.wartsila.com/>

3. Wärtsilä Encyclopedia of Marine Technology:
<https://www.wartsila.com/encyclopedia>
4. Сайт WinGD Company: <https://www.wingd.com/en/>
5. Сайт MAN Diesel: <https://www.man-es.com/>
6. MAN Two-stroke project guides: <https://www.man-es.com/marine/products/planning-tools-and-downloads/project-guides/two-stroke>
7. Сайт Caterpillar <https://www.caterpillar.com>
8. Сайт Mitsubishi: <https://www.mhi.com>
9. Сайт Akasaka Diesels Ltd: <http://www.akasaka-diesel.jp/en/>
10. Сайт Daihatsu Diesel: <https://www.dhtd.co.jp/en/>
11. Сайт Hyundai: <http://www.hyundai-engine.com/en/>