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)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з науково-педагогічної роботи

_____ Сергій СЛОБОДЯН

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЙ СУЧАСНИХ ТУРБОКОМПРЕСОРІВ

Engineering Analysis and Optimization of Modern Turbocompressor Designs

рівень вищої освіти перший, бакалаврський

перший (бакалаврський) / другий (магістерський)

тип дисципліни вибіркова

обов'язкова/вибіркова

мова(и) викладання українська

українська/англійська

Миколаїв – 2024

Вивчення дисципліни «Інженерний аналіз та оптимізація конструкцій сучасних турбокомпресорів» сприяє поглибленій підготовці та більш повному задоволенню освітніх і кваліфікаційних запитів здобувачів освіти всіх спеціальностей галузей знань 13 «Механічна інженерія» та 14 «Електрична інженерія»

«___»_____ 2024 року. – _____ с.

Розробник: Мошенцев Юрій Леонідович, к.т.н., професор

Проєкт робочої програми навчальної дисципліни «Інженерний аналіз та оптимізація конструкцій сучасних турбокомпресорів» розглянуто на засіданні кафедри двигунів внутрішнього згоряння, установок та технічної експлуатації

Протокол № 9 від « 23 » квітня 2024 р.

В.о. завідувача кафедри Олексій ГОГОРЕНКО

Проєкт робочої програми навчальної дисципліни «Інженерний аналіз та оптимізація конструкцій сучасних турбокомпресорів» розглянуто Навчально-методичною радою Машинобудівного навчально-наукового інституту

Протокол № 2 від « 15 » травня 2024 р.

Голова Сергій СЕРБІН

Проєкт робочої програми навчальної дисципліни «Інженерний аналіз та оптимізація конструкцій сучасних турбокомпресорів» погоджено з навчальним відділом

Начальник відділу Андрій ЛАБАРТКАВА

Робоча програма навчальної дисципліни «Інженерний аналіз та оптимізація конструкцій сучасних турбокомпресорів» затверджена Навчально-методичною радою НУК

Протокол № 4 від « 29 » травня 2024 р.

Голова НМР НУК Сергій СЛОБОДЯН

© НУК, 2024

ЗМІСТ

Вступ 4

1. Опис навчальної дисципліни 6
2. Мета навчальної дисципліни..... 7
3. Передумови для вивчення дисципліни 7
4. Очікувані результати навчання 7
5. Програма навчальної дисципліни 7
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування..... 11
7. Форми поточного та підсумкового контролю 12
8. Критерії оцінювання результатів навчання 13
9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна…….. 13
10. Рекомендовані джерела інформації 14

ВСТУП

Анотація

За сучасних умов розвитку двигунів внутрішнього згоряння турбокомпресори стали одним з їх основних елементів. Вони зазнають постійних змін і вдосконалень відповідно до досвіду конструювання та експлуатації. Проте, традиційні навчальні курси засновані, в основному, на відносно спрощеній схемі розгляду роботи компресорного ступеня і зосереджуються, в основному, на розрахунках типових конструкцій проточних трактів компресорів та турбін.

Важливо, що при однакових вихідних параметрах, можна отримати різні рівні ефективності компресорного ступеня залежно від ретельного підбору конструктивних параметрів елементів проточного тракту. Курс «Інженерний аналіз та оптимізація конструкцій сучасних турбокомпресорів» пропонує здобувачам освіти більш глибокий і розширений погляд на сучасні конструкції турбокомпресорів, надаючи особливої уваги раціональному підбору вихідних даних. Здобувачі освіти вивчать можливості покращення ефективності компресорів через більш ретельний вибір конструктивних рішень.

Курс включає практичні завдання, спрямовані на розвиток навичок оптимізації конструкцій турбокомпресорів, що дозволить здобувачам освіти застосовувати отримані знання на практиці. Таким чином, випускники матимуть поглиблені знання про роботу та конструкції турбокомпресорів і здатність оптимізувати їх для створення більш ефективних та інноваційних технологій щодо виробництва двигунів внутрішнього згоряння.

Ключові слова: турбокомпресор, наддув, проточний тракт, інноваційні технології, оптимізація конструкції.

Abstract

Under modern conditions of development of internal combustion engines, turbochargers have become one of their main elements. They undergo constant changes and improvements in accordance with the experience of construction and operation. However, traditional training courses are based mainly on a relatively simplified scheme of con-

sideration of the operation of the compressor stage and focus mainly on the calculations of typical designs of the flow paths of compressors and turbines.

It is important that with the same initial parameters, it is possible to obtain different levels of efficiency of the compressor stage depending on the careful selection of design parameters of the elements of the flow path. The course "Engineering analysis and optimization of modern turbocharger designs" offers students a deeper look at modern turbocharger designs, paying special attention to the rational selection of input data. Learners will explore opportunities to improve compressor efficiency through more careful design choices.

The course includes practical tasks aimed at developing turbocharger design optimization skills, which will allow students to apply the acquired knowledge in practice. Thus, graduates will have in-depth knowledge of turbocharger operation and designs and the ability to optimize them to create more efficient and innovative technologies for the production of internal combustion engines.

Keywords: turbocharger, supercharging, flow path, innovative technologies, design optimization.

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 – 5</td><td rowspan="3">Галузі знані

13 Механічна інженерія

14 Електрична інженерія</td><td colspan="2">Вибіркова</td></tr>
<tr><td>Модулів – 1</td><td colspan="2">Рік підготовки:</td></tr>
<tr><td>Змістових модулів – 4</td><td>3-й</td><td>3-й</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Електронний адрес РПНД на сайті Університету</td><td rowspan="7">Спеціальність

135 Суднобудування

142 Енергетичне машинобудування

144 Теплоенергетика</td><td colspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td>6-й</td><td>6-й</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лекцій</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Індивідуальне науково-дослідне завдання

Контрольна робота
(заочна форма навчання)</td><td>30 год.</td><td>10 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Практичні, семінарські</td></tr>
<tr><td>Загальна кількість годин – 150</td><td>30 год.</td><td>10 год.</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">Лабораторні</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Тижневих годин для денної форми навчання:
аудиторних – 4;

самостійної роботи студента – 6;</td><td></td><td>–</td><td>–</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Освітній рівень:

перший (бакалаврський)</td><td colspan="2">Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>90 год.</td><td>130 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Індивідуальні завдання:
–</td></tr>
<tr><td colspan="2">Вид контролю: залік</td></tr>
<tr><td colspan="2">Форма контролю: комбінована</td></tr>
</table>

2. Мета навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни «*ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЙ СУЧАСНИХ ТУРБОКОМПРЕСОРІВ*» є отримання здобувачами освіти теоретичних знань і практичних навичок щодо вдосконалення турбокомпресорів за рахунок більш ретельного вибору початкових параметрів при розрахунках та конструюванні проточних частин цих машин.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумови для вивчення дисципліни не передбачаються.

4. Очікувані результати навчання

Здобувачі освіти дізнаються про сучасні методи опису процесів у проточних трактах компресорних машинах турбокомпресорів, вони зможуть обирати більш ефективні форми проточних частин і розраховувати їх, підвищуючи ефективність роботи цих елементів порівняно з такими, що проектуються на основі спрощених баз, матимуть змогу покращити якість двигунів внутрішнього згоряння..

В результаті вивчення дисципліни здобувачі освіти мають набути елементи наступних компетентностей:

- знати сучасні способи опису процесів у проточних частинах компресорів;
- вміти обирати ефективні початкові параметри при проектуванні компресорів;
- вміти обчислювати втрати енергії на ділянках проточного такту, які будуть пов’язані з конструктивними параметрами цих ділянок;
- здатність проектувати більш ефективні конструкції компресорів для наддуву поршневих двигунів;
- здатність проектувати більш ефективні двигуни внутрішнього згоряння, основними складовими елементами яких стануть вдосконалені компресори.

5. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. Наддув сучасних ДВЗ та способи вдосконалення турбокомпресорів.

Тема 1. Характеристики навантаження сучасних двигунів. [13. стор.1…15].

Тема 2. Характеристики турбокомпресорів, сумісна робота ТК та двигунів. [1. стор. 15…33]

Тема 3. Способи регулювання турбокомпресорів і їх конструктивні особливості для забезпечення параметрів сумісної роботи. [13. стор 33…44]

Змістовий модуль 2. Безрозмірні параметри оцінювання компресорних машин

Тема 4. Безрозмірні критерії. [13. стор 56…64]

Тема 5. Степінь реактивності колеса як засіб оцінювання його ефективності. [13. стор 64…71]

Тема 6. Способи оцінювання реальних параметрів колеса компресору через коефіцієнти реактивності та споріднені вирази. [13. стор 77…83]

Змістовий модуль 3. Проектування колеса компресора

Тема 7. Вибір основних параметрів колеса при проектуванні турбокомпресора. [13. стор 71…77]

Тема 8. Вплив кута β_2 на параметри робочого колеса та компресорного ступеня. [13. стор 77…79]

Тема 9. Методи проектування меридіанного профілю осерадіальних коліс. [13. стор 78…83]

Тема 10. Розрахунок колеса компресора з $\beta_2<90^o$. [13. стор 83…92]

Змістовий модуль 4. Нерухомі елементи проточного тракту компресорів і їх можливі оптимізації.

Тема 11. БЛД, умови роботи, сучасні рекомендації щодо поліпшення форми каналу, розрахунок втрат, залежних від змінних параметрів конструкції та потоку повітря. [13. стор 98…107]

Тема 12. ЛД, умови роботи, сучасні рекомендації щодо поліпшення форми каналу, розрахунок втрат, залежних від змінних параметрів конструкції та потоку повітря. [13. стор 107…115]

Тема 13. Завитка, умови роботи, сучасні рекомендації щодо поліпшення форми каналу, втрати, залежні від змінних параметрів конструкції та потоку повітря. [13. стор 115…123]

Тема 14. Залежність ККД компресорного ступеня від ефективності роботи всіх елементів повітряного шляху. [13. стор 123…130]

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	Денна форма					Заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		л	пр	лаб	с.р.		л*	пр	лаб	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Модуль 1.										
Змістовий модуль 1. Наддув сучасних ДВЗ та способи вдосконалення турбокомпресорів										
Тема 1. Характеристики навантаження сучасних двигунів	10	2	2	–	6	12	2	2	–	8
Тема 2. Характеристики турбокомпресорів, сумісна робота ТК та двигунів.	10	2	2	–	6	9	–	–	–	9
Тема 3. Способи регулювання турбокомпресорів і їх конструктивні особливості для забезпечення параметрів сумісної роботи	10	2	2	–	6	9	–	–	–	9
Разом за змістовим модулем 1	30	6	6	–	18	30	2	2	–	26
Змістовий модуль 2. Безрозмірні параметри оцінювання компресорних машин										
Тема 4. Безрозмірні критерії	12	2	2	–	8	17	2	2	–	13
Тема 5. Степінь реактивності колеса як засіб оцінювання його ефективності	11	2	2	–	7	14	–	–	–	14
Тема 6. Способи оцінювання реальних параметрів колеса через коефіцієнти реактивності та споріднені вирази	22	4	4	–	14	14	–	–	–	14
Разом за змістовим модулем 2	45	8	8	–	29	45	2	2	–	41
Змістовий модуль 3. Проектування колеса компресора										
Тема 7. Вибір основних параметрів колеса при проектуванні турбокомпресора	12	2	2	–	8	13	2	2	–	9
Тема 8. Вплив кута β_2 на параметри робочого колеса та компресорного ступеня	11	2	2	–	7	9	–	–	–	9
Тема 9. Методи проектування меридіанного профілю осерадіальних коліс	11	2	2	–	7	10	–	–	–	10
Тема 10. Розрахунок колеса компресора з $\beta_2<90^o$	11	2	2	–	7	13	2	2	–	9

Разом за змістовим модулем 3	45	8	8	–	29	45	4	4	–	37
Змістовий модуль 4. Нерухомі елементи проточного тракту компресорів і їх можлива оптимізація										
Тема 11. БЛД, умови роботи, сучасні рекомендації щодо поліпшення форми каналу, розрахунок втрат, залежних від змінних параметрів конструкції та потоку повітря	8	2	2	–	4	7	–	–	–	7
Тема 12. ЛД, умови роботи, сучасні рекомендації щодо поліпшення форми каналу, розрахунок втрат, залежних від змінних параметрів конструкції та потоку повітря	7	2	2	–	3	7	–	–	–	7
Тема 13. Завитка, умови роботи, сучасні рекомендації щодо поліпшення форми каналу, втрати, залежні від змінних параметрів конструкції та потоку повітря	8	2	2	–	4	10	2	2	–	6
Тема 14 Залежність ККД компресорного ступеня від ефективності роботи всіх елементів повітряного шляху	7	2	2	–	3	6	–	–	–	6
Разом за змістовим модулем 4	30	8	8	–	14	30	2	2	–	26
Разом за модулем	150	30	30	–	90	150	10	10	–	130

* Для здобувачів заочної форми навчання проводяться оглядові лекції

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Характеристики навантаження сучасних двигунів	2	2
2	Характеристики турбокомпресорів, сумісна робота ТК та двигунів	2	–
3	Способи регулювання турбокомпресорів і їх конструктивні особливості для забезпечення параметрів сумісної роботи	2	–
4	Безрозмірні критерії для турбокомпресорів	2	2
5	Степінь реактивності колеса як засіб оцінювання його ефективності	2	–
6	Способи оцінювання реальних параметрів колеса через коефіцієнти реактивності та споріднені вирази	4	–
7	Вибір основних параметрів колеса при проектуванні турбокомпресора	2	2
8	Вплив кута β_2 на параметри робочого колеса та компресорного ступеня	2	–
9	Методи проектування меридіанного профілю осерадіаль-	2	–

	них коліс		
10	Розрахунок колеса компресора з $\beta_2<90^o$	2	2
11	БЛД, умови роботи, сучасні рекомендації щодо поліпшення форми каналу, розрахунок втрат, залежних від змінних параметрів конструкції та потоку повітря	2	–
12	ЛД, умови роботи, сучасні рекомендації щодо поліпшення форми каналу, розрахунок втрат, залежних від змінних параметрів конструкції та потоку повітря	2	–
13	Завитка, умови роботи, сучасні рекомендації щодо поліпшення форми каналу, втрати, залежні від змінних параметрів конструкції та потоку повітря	2	2
14	Залежність ККД компресорного ступеня від ефективності роботи всіх елементів повітряного шляху	2	–
	Разом	30	10

Самостійна робота

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Підготовка до лекцій	30	10
2	Підготовка до практичних робіт	30	20
3	Підготовка до письмових модульних контрольних робіт	30	100
	Разом	90	130

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 і підсумкового контролю.

Поточний контроль полягає у перевірці знань і практичної підготовленості здобувачів з певної завершеної частини змістового модуля, умінь виконання індивідуальних практичних завдань.

Формами поточного контролю є:

- усне опитування на практичних заняттях;

- виступ на практичних заняттях;
- письмова модульна контрольна робота (ПМК).

Підсумковий контроль – залік.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення студента оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю. У кожного компонента своя частка в загальній системі оцінок. У проміжних оцінках студент може набрати до 100 балів. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок.

Поточний контроль передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми та набутих практичних навичок під час виконання завдань практичних робіт.

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

		Вид роботи	Кількість балів	
			Денна форма	Заочна форма
ЗМ 1	Тема 1	Практичне заняття 1-3	15	15
	Тема 2			
	Тема 3			
	ПМК	Лекційний курс (3 теми)	10	10
Всього за змістовним модулем 1			25	25
ЗМ 2	Тема 4	Практичне заняття 4-6	15	15
	Тема 5			
	Тема 6			
	ПМК	Лекційний курс (3 теми)	10	10
Всього за змістовним модулем 2			25	25
ЗМ 3	Тема 7	Практичне заняття 7-10	15	15
	Тема 8			
	Тема 9			
	Тема 10			
	ПМК	Лекційний курс (4 теми)	10	10
Всього за змістовним модулем 3			25	25
ЗМ 4	Тема 11	Практичне заняття 11-14	15	15
	Тема 12			
	Тема 13			
	Тема 14			
	ПМК	Лекційний курс (4 теми)	10	10

Всього за змістовним модулем 4	25	25
Сума	100	100

Заключний залік проводиться після закінчення вивчення дисципліни, до початку екзаменаційної сесії. Залік виставляється за результатами роботи студента в семестрі, якщо він отримав не менше 60 балів під час проміжного оцінювання.

8. Критерії оцінювання результатів навчання

8.1. Контроль та оцінювання знань на практичних заняттях

Критерії оцінювання	Бали
Глибоке розкриття питання теми, вільне володіння матеріалом, активна участь у роботі семінару, виступ у дискусіях	15
Розкриття питання теми, вільне володіння матеріалом	12
Розкриття питання теми, недостатньо вільне володіння матеріалом	8
Неповне розкриття питання теми, недостатньо вільне володіння матеріалом	4
Незадовільне розкриття питання теми	0

8.2. Письмова контрольна робота

Критерії оцінювання	Бали
Робота виконана у встановлений терміні і містить повні відповіді	10
Робота виконана вчасно, але містить неповні відповіді або допущені деякі неточності	8
Робота виконана вчасно, але містить неповні відповіді і допущені окремі помилки	6
Робота виконана з порушенням встановлених строків містить неповні відповіді, допущені суттєві помилки	4
Контрольна робота не здана вчасно, або містить незадовільні відповіді	0

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

До засобів навчання слід віднести використання персональних комп’ютерів із доступом до мережі інтернет для отримання доступу до наукової, навчальної та методичної літератури, а також до електронних ресурсів та інші джерела інформації. Крім того, для організації дистанційного навчання і обміну інформацією використовується месенджер Zoom та Google Classroom.

11. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Корогодський В. А. Газова динаміка та агрегати наддуву. Конспект лекцій. - Харків: ХНАДУ, 2022. – 188 с.

2. Методичні вказівки з навчальної дисципліни «Газова динаміка та агрегати наддуву» до виконання розрахунково-графічної роботи студентів III-го року навчання за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування»: метод. реком. / В. А. Корогодський. – Харків : ХНАДУ, 2022. – 56 с.

3. Методичні вказівки з навчальної дисципліни «Газова динаміка та агрегати наддуву» для самостійної роботи студентів Ш-го року навчання за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування»: метод. реком. / В. А. Корогодський. – Харків: ХНАДУ, 2022. – 52 с.

4. Счастний Є. Є. Призначення і реалізація газотурбінного наддуву ДВЗ. Турбокомпресори для наддуву ДВЗ. Конспект лекцій. Український державний університет залізничного транспорту. Харків. 2019. – 32 с.

5. Nguyen-Schafer H. Rotordynamics of Automotive Turbochargers 2nd ed. - Cham; Heidelberg; New York; Dordrecht; London: Springer, 2015. – 362 p.

6. Грэм Белл. Підвищення потужності двигуна шляхом наддуву / Грэм Белл - Київ: Авто клуб, 2013. – 241 с.

7. Halderman, J. Principles, Diagnosis, and Service / J. Haldennan // Pearson Education. – 2012. – 64 p.

8. Wintrujf I. The next generation of MTU series 4000 rail engines to comply with EUI1IB emission legislation / I. Wintruff, O. Buecheler, S. Huchler // CIMAC Congress 2010.

9. Codan E. Emissions A new Challenge for Turbocharging / E. Codan, C. Mathey // CIMAC Congress 2007. – Paper No. 245.

10. Baines, N. C. Fundamentals of turbocharging / N. C. Baines. – Concepts ETI, 2005. – 280 p.

11. Мандрус В. І. Гідравлічні та аеродинамічні машини (насоси, вентилятори, газодувки, компресори): Підручник. – Львів: «Магнолія плюс», видавець В. М. Піча, 2005. – 340 с.

12. Mollenhauer K., Tschoeke H. Handbook of Diesel Engines. Springer-Verlag Berlin – Heidelberg. 2010. – 637 p.

13. Мошенцев Ю. Л. Оптимізація сучасних турбокомпресорів. Альтернативний курс. Конспект лекцій (електронна версія). – Миколаїв: УДМТУ: 2024. – 125 с.

Допоміжна література

1. Герасимов Г. Г. Нагнітачі та теплові двигуни: навч. посіб. / Г. Г. Герасимов. – Рівне; НУВГП, 2012. – 552 с.

2. Методичні вказівки до виконання курсової роботи «Вибір параметрів і газодинамічній розрахунок турбокомпресора двигуна внутрішнього згоряння» / А. П. Марченко, І. В. Парсаданов. – Харків: НТУ «ХПІ», 2006. – 44 с.

3. Nguyen-Schafer H. Aero and Vibroacoustics of Automotive Turbochargers Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013. – 142 p.

4. Leontiev D., Voronkov O., Korohodskyi V., Hlushkova D., Nikitchenko L, Teslenko E., Lykhodii O. (2020). Mathematical Modelling of Operating Processes in the Pneumatic Engine of the Car. SAE Technical Paper 2020-01-2222.

5. Rogovyi, A., Korohodskyi, V., Medvediev, Y. (2021). Influence of Bingham fluid viscosity on energy performances of a vortex chamber pump. Energy Vol. 218 (2021)119432.

Інформаційні ресурси

1. Наукова бібліотека Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова. Режим доступу: http://lib.nuos.edu.ua

2. Харківська державна наукова бібліотека імені В. Г. Короленка. Режим доступу: http://korolenko.kharkov.com

3. Репозитарій НУК: https://eir.nuos.edu.ua/home

4. Society of Automotive Engineers (SAE): http://www.sae.org

5. Winterthur Gas & Diesel Ltd. (WinGD) www.wingd.com

6. Wärtsilä https://www.wartsila.com

7. MAN Energy Solutions https://www.man-es.com

8. Сайт Caterpillar https://www.caterpillar.com

9. Сайт Mitsubishi: https://www.mhi.com

10. Сайт Akasaka Diesels Ltd: http://www.akasaka-diesel.jp/en/
11. Сайт Daihatsu Diesel: https://www.dhtd.co.jp/en/
12. Сайт Hyundai: http://www.hyundai-engine.com/en/