

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский университет дружбы народов»

Инженерная академия  
(факультет/институт/академия)

Рекомендовано МССН

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины Теория тепловых двигателей (спец. главы)

Рекомендуется для направления подготовки/специальности

13.04.03 «Энергетическое машиностроение»

*(указываются код и наименование направления подготовки/специальности)*

Направленность программы (профиль)

Паро- и газотурбинные установки и двигатели

*(наименование образовательной программы в соответствии с направленностью (профилем))*

**1. Цели и задачи дисциплины:** Преподавание знаний, умений, навыков и опыта деятельности в области проектирования и эксплуатации двигателей внутреннего сгорания, характеризующих этапы формирования компетенций и обеспечивающих достижение планируемых результатов освоения образовательной программы.

Основными **задачами** дисциплины являются:

- изучить физические особенности рабочих процессов ДВС;
- научиться выбрать системы ДВС в соответствии с требуемыми характеристиками двигателя;
- овладеть способами организации эффективных процессов, обеспечивающих достижение высоких мощностных, экономических, экологических показателей двигателей.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП ВО:

Дисциплина Теория тепловых двигателей (спец.главы) относится к *вариативной* части блока 1 учебного плана.

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

Таблица № 1

### Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
<b>Универсальные компетенции</b>			
	Способность осуществлять поиск, критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий (УК-1)	Б1.О.03.07 Управление техническими системами Б1.О.02.03 Математическое моделирование тепловых процессов	Б1.О.02.02 Современные проблемы науки и производства в энергетическом машиностроении
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>			
	Способность формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки (ОПК-1)	Б1.О.03.04 Теория паровых и газовых турбин	Б1.О.02.08 Проблемы снижения вредных выбросов ДВС Б1.В.01.ДВ.03.01 Спецглавы теории двигателей (конструкция)

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

### универсальные компетенции (УК)

- Способность осуществлять поиск, критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий (УК-1)

### общепрофессиональные компетенции (ОПК)

- Способность формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки (ОПК-1)

В результате изучения дисциплины студент должен:

### **Знать:**

- современные методы исследования и анализа процессов КДВС,
- достижения науки и техники в данной области, зарубежный опыт в данной области,
- методы критического анализа предлагаемых решений при модернизации ДВС наддувом.
- современные методы математического моделирования рабочих процессов, систем, деталей и органов управления тепловыми двигателями.

### **Уметь:**

- формулировать цель работы по совершенствованию показателей и характеристик двигателя, использовать информационные технологии для решения поставленных задач, уметь проектировать двигатели с заданными параметрами, показателями и характеристиками.
- разрабатывать необходимые математические модели рабочих процессов, систем, деталей и органов управления тепловыми двигателями;
- строить различные характеристики стационарных и нестационарных режимов работы тепловых двигателей и делать оценку их эффективности;
- выполнять проектировочные и конструкторские расчеты.

### **Владеть:**

- практическими навыками составления и использования программ расчётов, практическими навыками проведения расчётов и оптимизации рабочих процессов с целью достижения высоких эффективных и экономических показателей, а также желательных характеристик ДВС - методами диагностирования эксплуатационных показателей тепловых двигателей;
- методами обработки результатов экспериментальных исследований характеристик тепловых двигателей;
- методами анализа качества принимаемых расчетных, проектировочных и конструкторских решений.

## **4. Объем дисциплины и виды учебной работы**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		3	4		
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	86	54	32		
В том числе:	-	-	-	-	-
<i>Лекции</i>	26	18	8		
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	34	18	16		
<i>Семинары (С)</i>					
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	26	18	8		
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	58	36	22		
<b>Контроль</b>	36	18	18		
Общая трудоемкость	час	180	108	72	
	зач. ед.	5	3	2	

## **5. Содержание дисциплины**

### **5.1. Содержание разделов дисциплины**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.	Термодинамические циклы поршневых двигателей	Рабочий процесс в поршневых двигателях. Цикл Карно. Обобщенный термодинамический цикл поршневых и комбинированных двигателей. Цикл Отто. Цикл Дизеля. Цикл Тринклера. Термодинамические циклы комбинированных двигателей. Термодинамический цикл Стирлинга. Термодинамический цикл роторных ДВС. Цикл

		Миллера. Процесс с воспламенением гомогенной смеси от сжатия (НССИ-процесс). Цикл газотурбинных двигателей. Цикл Ренкина.
2.	Термодинамические параметры рабочего тела	Молекулярная масс, объемные и массовые доли компонентов и теплофизические свойства компонентов рабочего тела (теплоемкость, газовая постоянная, низшая теплота сгорания). Теоретическое необходимое количество для сгорания 1 кг топлива. Особенности изменения параметров рабочего тела
3.	Моделирование рабочего процесса в ДВС	Понятие модели. Однозонная модель. Двухзонная модель. Многозонная модель. Индикаторные и эффективные показатели двигателя. Тепловой баланс.
4.	Впрыскивание и распыливание топлива в ДВС	Впрыскивание топлива в бензиновых двигателях и дизелях. Характеристики впрыскивания топлива. Влияние многократного впрыскивания на эффективные и экологические показатели рабочего процесса. Теория распада струи жидкого топлива.
5.	Методы расчета тепловыделения в ДВС	Основные виды тепловыделения. Однократное тепловыделения. Кинетическая и диффузионная фазы процесса сгорания. Двухкратное тепловыделения. Расчет тепловыделения на основе бимолекулярной реакции. Расчет тепловыделения на основе теории цепных реакций. Закон Вибе. Показатель характера сгорания.
6.	Теплообмен в ДВС.	Эволюция учения о теплообмене в ДВС. Формула Нуссельта. Формула Вошни.
7.	Теплоизоляция деталей и ее влияние на рабочий процесс ДВС	Теплоизоляция камеры сгорания. «Адиабатный» двигатель. Двигатель с низкими тепловыми потерями. Естественная теплоизоляция камеры сгорания. Нестационарная температура и тепловой поток на поверхности слоя нагара. Определение локальной толщины слоя нагара. Искусственная теплоизоляция камеры сгорания и ее влияние на расход топлива. Эффект Вошни. Особенности рабочего процесса при высоких температурах поверхности камеры сгорания. Усовершенствование рабочего процесса дизеля с искусственной теплоизоляцией камеры сгорания.

## 5.2. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. зан.	Лаб. зан.	Семина	СРС	Всего час.
1.	Термодинамические циклы поршневых двигателей	6	4	4	-	8	22
2.	Термодинамические параметры рабочего тела	2	4	4	-	8	18
3.	Моделирование рабочего процесса в ДВС	8	10	8	-	20	46
4.	Впрыскивание и распыливание топлива в ДВС	2	4	2	-	4	12

5.	Методы расчета тепловыделения в ДВС	4	4	2	-	6	16
6.	Теплообмен в ДВС.	2	6	4	-	8	20
7.	Теплоизоляция деталей и ее влияние на рабочий процесс ДВС	2	2	2	-	4	10

## 6. Лабораторный практикум

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудо-емкость (час.)
1.	1	Проведение инструкции по технике безопасности в лаборатории ДВС. Устройство двигателей, работающих по циклам Карно, Отто, Дизеля и Тринклера.	2
2.	1	Устройство и работа двигателей, работающих по циклу Стирлинга.	2
3.	2	Устройство и методика определения термодинамических параметров рабочего тела при использовании в качестве топлива: бензина, дизельного топлива, пропано-бутанового сжиженного газа и метана.	2
4.	2	Устройство и методика определения термодинамических параметров рабочего тела при использовании в качестве топлива: водорода и биотоплив различного состава.	2
5.	3	Подготовка исходных данных и проведение расчетных исследований индикаторных параметров на однозонной модели для различных топлив.	2
6.	3	Подготовка исходных данных и проведение расчетных исследований индикаторных параметров на однозонной модели процесса цикла Миллера	2
7.	3	Подготовка исходных данных и проведение расчетных исследований индикаторных параметров на однозонной модели процесса с воспламенением гомогенной смеси от сжатия (НССИ-процесс).	2
8.	3	Подготовка исходных данных и проведение расчетных исследований индикаторных параметров на двухзонной модели для бензинового двигателя.	2
9.	3	Подготовка исходных данных и проведение расчетных исследований индикаторных параметров на двухзонной модели для бензинового двигателя с различными формами камеры сгорания и различными положениями свечи зажигания.	2
10.	4	Проверка технического состояния форсунок и их регулировка, определение качества распыливания.	2
11.	5	Подготовка исходных данных и расчет тепловыделения по уравнению Вибе для различных процессов и используемых топлив.	2
12.	6	Подготовка исходных данных и расчет коэффициента теплообмена по уравнению Вошни для различных процессов и используемых топлив.	2

13	6	Подготовка исходных данных и расчет коэффициента теплообмена по уравнению Вошни для различных процессов и используемых топлив.	2
15	7	Подготовка исходных данных и расчет индикаторных показателей ДВС при использовании теплоизолирующих покрытий на поверхности камеры сгорания.	2

## 7. Практические занятия (семинары)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудо-емкость (час.)
1	1	Проведение сравнительного анализа циклов Карно, Отто, Дизеля и Тринклера.	2
2	1	Определение термодинамических параметров комбинированных двигателей, термодинамического цикла Стирлинга.	2
3	2	Определение термодинамических параметров рабочего тела при использовании в качестве топлива: бензина, дизельного топлива, пропано-бутанового сжиженного газа и метана.	2
4	2	Определение термодинамических параметров рабочего тела при использовании в качестве топлива: водорода и биотоплив различного состава.	2
5	2	Обработка результатов расчетов и сравнительный анализ расчетных исследований индикаторных параметров на однозонной модели для различных топлив.	2
6	2	Обработка результатов расчетов и сравнительный анализ расчетных исследований индикаторных параметров на однозонной модели процесса цикла Миллера	2
7	3	Обработка результатов расчетов и сравнительный анализ расчетных исследований индикаторных параметров на однозонной модели процесса с воспламенением гомогенной смеси от сжатия (НССИ-процесс).	2
8	3	Обработка результатов расчетов и сравнительный анализ расчетных исследований индикаторных параметров на двухзонной модели для бензинового двигателя	2
9	3	Обработка результатов расчетов и сравнительный анализ расчетных исследований индикаторных параметров на двухзонной модели для бензинового двигателя с различными формами камеры сгорания и различными положениями свечи зажигания.	2
10	4	Особенности впрыскивания топлива в бензиновых двигателях и дизелях.	2
11	4	Характеристики впрыскивания топлива.	2

		Влияние многократного впрыскивания на эффективные и экологические показатели рабочего процесса.	
12	5	Обработка результатов расчетов и сравнительный анализ расчетных исследований тепловыделения по уравнению Вибе для различных процессов и различных используемых топлив.	2
13	5	Обработка результатов расчетов и сравнительный анализ расчетных исследований тепловыделения по уравнению Вибе для различных процессов и различных используемых топлив.	2
14	6	Обработка результатов расчетов и сравнительный анализ расчетных исследований коэффициента теплообмена по уравнению Вошни для различных процессов и используемых топлив.	2
15	6	Обработка результатов расчетов и сравнительный анализ расчетных исследований коэффициента теплообмена по уравнению Вошни для различных процессов и используемых топлив.	2
16	6	Тепловой баланс для различных индикаторных процессов.	2
17	7	Обработка результатов расчетов и сравнительный анализ расчетных исследований индикаторных показателей ДВС при использовании теплоизолирующих покрытий на поверхности камеры сгорания.	2

#### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

- компьютерный класс для проведения расчетных работ
- мультимедийный проектор
- исследовательские двигательные установки ИДТ и УИТ
- топливный стенд для исследования топливных насосов высокого давления
- стенд для исследования электромагнитных форсунок

#### 9. Информационное обеспечение дисциплины

##### а) программное обеспечение

Специализированное программное обеспечение проведения лекционных, лабораторных и практических занятий, выполнения курсового проекта/работы и самостоятельной работы студентов не предусмотрено.

*Методические материалы для самостоятельной работы обучающихся и изучения дисциплины размещены в ТУИС РУДН в соответствующем разделе дисциплины.*

##### б) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров:

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН <http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>
- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>
- ЭБС «Консультант студента» [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru)
- ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>

2. Базы данных и поисковые системы:

- электронный фонд правовой и нормативно-технической документации <http://docs.cntd.ru/>
- поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>
- поисковая система Google <https://www.google.ru/>
- реферативная база данных SCOPUS <http://www.elsevier.com/locate/scopus/>

## **10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:**

### **а) основная литература**

1. Кавтарадзе Р.З. Теория поршневых двигателей. Учебник для вузов.- М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016.-720 с. <http://ebooks.bmstu.press/catalog/198/book1502.html>
2. Кавтарадзе Р.З. Локальный теплообмен в поршневых двигателях.- 3 изд. перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016.-520 с. [https://www.studmed.ru/kavtaradze-rz-lokalnyy-teploobmen-v-porshnevyh-dvigatelyah\\_3824853ec7c.html](https://www.studmed.ru/kavtaradze-rz-lokalnyy-teploobmen-v-porshnevyh-dvigatelyah_3824853ec7c.html)
3. Патрахальцев Н. Н. Характеристики двигателей внутреннего сгорания [Текст/электронный ресурс] : Учебное пособие / - Электронные текстовые данные. - М. : Изд-во РУДН, 2012. - 153 с. : ил. - ISBN 978-5-209-04247-1 : 86.66. <http://lib.rudn.ru/MegaPro2/Web/SearchResult/ToPage/1>

### **б) дополнительная литература**

1. Комбинированные двигатели внутреннего сгорания: Учебник для студентов вузов./ Н. Д. Чайнов, Н. А. Иващенко, А. Н. Краснокутский, Л. Л. Мягков; Под ред. Н. Д. Чайнова.- М.: Машиностроение, 2008. – 496 с. <https://www.twirpx.com/file/346021/>
2. Патрахальцев Н. Н. Повышение экономических и экологических качеств двигателей внутреннего сгорания на основе применения альтернативных топлив [Текст/электронный ресурс] : Учебное пособие / - М. : Изд-во РУДН, 2008. - 267 с. : ил. - (Приоритетный национальный проект "Образование": Комплекс экспортоориентированных инновационных образовательных программ по приоритетным направлениям науки и технологий). - Приложение: CD ROM (Электр.ресурс). - 94.64. <http://lib.rudn.ru/MegaPro2/Web/SearchResult/ToPage/1>
3. Патрахальцев Н. Н. Наддув двигателей внутреннего сгорания [Текст] : Учебное пособие / - М. : Изд-во РУДН, 2003, 2006. - 319 с. - ISBN 5-209-01501-7 : 125.00. <http://lib.rudn.ru/MegaPro2/Web/SearchResult/ToPage/1>

## **11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Организация занятий по дисциплине «Теория тепловых двигателей (спец.главы)» проводится по следующим видам учебной работы: лекции, практические и лабораторные занятия. Реализация компетентного подхода в рамках направления подготовки 13.04.03 «Энергетическое машиностроение предусматривает сочетание в учебном процессе контактной работы с преподавателем и внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся для более полного формирования и развития его профессиональных навыков.

Лекционные занятия проводятся в поточной аудитории, в том числе с применением мультимедийного проектора в виде учебной презентации. Основные моменты лекционных занятий конспектируются магистрами, отдельные темы (части тем и разделов) предлагаются для самостоятельного изучения с обязательным составлением конспекта (проверяется преподавателем в процессе текущего контроля).

Целью практических и лабораторных занятий является получение магистрами знаний и выработка практических навыков работы в области тепловых двигателей. Для достижения этих целей используются традиционные формы работы – проведение исследований с помощью специализированных программ на компьютерах.

Групповая работа при анализе конкретной ситуации развивает способности проведения анализа и диагностики проблем. С помощью метода анализа конкретной ситуации у обучающихся развиваются такие квалификационные качества, как умение четко формулировать и высказывать свою позицию, умение коммуницировать, дискутировать,

воспринимать и оценивать информацию, поступающую в вербальной форме. Практические занятия проводятся в специальных аудиториях, оборудованных необходимыми наглядными материалами.

Самостоятельная работа охватывает проработку обучающимися отдельных вопросов теоретического курса, подготовка презентаций, выступление с докладами.

Самостоятельная работа осуществляется в индивидуальном формате на основе учебно-методических материалов дисциплины. Уровень освоения материала по самостоятельно изучаемым вопросам курса проверяется при проведении текущего контроля и аттестационных испытаний по дисциплине.

## **12. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

*Материалы для оценки уровня освоения учебного материала дисциплины «Теория тепловых двигателей (спец.главы)» (оценочные материалы), включающие в себя перечень компетенций с указанием этапов их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, разработаны в полном объеме и доступны для обучающихся на странице дисциплины в ТУИС РУДН.*

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН.

### **Разработчики:**

Доцент департамента машиностроения и приборостроения  
должность, название кафедры

  
подпись

С.В. Смирнов  
инициалы, фамилия

### **Руководитель программы**

Доцент департамента машиностроения и приборостроения  
должность, название кафедры

  
подпись

П.П. Ощепков  
инициалы, фамилия

**Директор департамента  
машиностроения и приборостроения**  
название кафедры

\_\_\_\_\_   
подпись



А.В. Корнилова  
инициалы, фамилия