

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ястребов Олег Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 30.06.2022 18:05:19  
Уникальный программный ключ:  
ca953a0120d891083f939673078ef1a989dae18a

*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 выбирать 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<br>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<br>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.<br>Однозонная модель.<br>Двухзонная модель.<br>Многозонная модель.<br>Индикаторные и эффективные показатели двигателя.<br>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)  | Трудоемкость (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. Влияние многократного впрыскивания на эффективные и экологические показатели рабочего процесса.   | 2                   |

|    |   |   |   |
|----|---|---|---|
| 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.elsevierscience.ru/products/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 компетентностного 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 кафедры Энергетическое машиностроение  
должность, название кафедры

\_\_\_\_\_   
подпись

С.В. Смирнов  
инициалы, фамилия

### **Руководитель программы**

Доцент кафедры Энергетическое машиностроение  
должность, название кафедры



П.П. Ощепков

### **Заведующий кафедрой**

Энергетическое машиностроение  
название кафедры

\_\_\_\_\_   
подпись

Ю.А. Радин

инициалы, фамилия