

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор по образовательной  
деятельности

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев  
«\_\_» \_\_\_\_\_

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1163161	Рабочие процессы поршневых и комбинированных двигателей

Екатеринбург

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Газовые, паровые турбины и двигатели внутреннего сгорания	<b>Код ОП</b> 1. 13.03.03/33.01
<b>Направление подготовки</b> 1. Энергетическое машиностроение	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 13.03.03

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Плотников Леонид Валерьевич	доктор технических наук, доцент	Профессор	турбин и двигателей

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Рабочие процессы поршневых и комбинированных двигателей

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль «Рабочие процессы поршневых и комбинированных двигателей» содержит дисциплину «Теория рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания». В модуле рассматриваются процессы преобразования тепловой энергии в механическую работу в ДВС и факторы, влияющие на эффективность этого процесса. Представлен комплекс теоретических знаний и практических вопросов, связанных с изучением методов расчета рабочих процессов ДВС, режимов и характеристик работы ДВС, организацией рабочих циклов и их влияния на технико-экономические показатели поршневых и комбинированных ДВС.

## 1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Теория рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания	12
ИТОГО по модулю:		12

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

<b>Пререквизиты модуля</b>	1. Теплотехника
<b>Постреквизиты и кореквизиты модуля</b>	1. Конструирование двигателей внутреннего сгорания 2. Исследования и испытания двигателей 3. Лабораторные и промышленные испытания двигателей 4. Диагностика и эксплуатация энергоустановок с двигателями 5. Энергетические машины и установки с поршневыми двигателями

## 1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
---------------------------	--------------------------------	--

1	2	3
Теория рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания	ПК-10 - Способен организовать и выполнять эксплуатацию, обслуживание, проводить измерения физических величин, техническую диагностику и наладку энергетических установок с двигателями внутреннего сгорания	<p>З-1 - Понимать термодинамические основы и рабочие процессы действительных циклов поршневых и комбинированных ДВС</p> <p>З-2 - Описать тепловой баланс, режимы и основные характеристики работы ДВС</p> <p>У-1 - Решать задачи расчета термодинамического цикла, теплового баланса и технико-экономических показателей ДВС</p> <p>П-1 - Иметь практический опыт расчетов: термодинамического цикла и теплового баланса, и основных технико-экономических показателей ДВС</p> <p>П-2 - Пользоваться методами численных исследований в области двигателестроения</p>

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Теория рабочих процессов двигателей**  
**внутреннего сгорания**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Плотников Леонид Валерьевич	доктор технических наук, доцент	Профессор	турбин и двигателей

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральский энергетический**

Протокол № 8 от 05.07.2023 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Плотников Леонид Валерьевич, Профессор, турбин и двигателей

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	История развития теории рабочих процессов двигателей и роль отечественной науки в ее создании и развитии. Достижения теории рабочих процессов в РФ и за границей. Научные центры разработки проблем двигателестроения в РФ.
P2	Классификация двигателей по способу осуществления рабочего цикла	Особенности рабочих процессов четырехтактных и двухтактных ДВС.
P3	Термодинамические основы действительных рабочих процессов и циклов	Параметры рабочих циклов и процессы, их связывающие. Термический коэффициент полезного действия и среднее давление термодинамических циклов. Термодинамические циклы с различными способами подвода и отвода теплоты. Анализ качественных и количественных показателей циклов. Термодинамические циклы как прообраз действительных циклов комбинированных двигателей.
P4	Рабочие тела и их свойства	Рабочие тела, применяемые в ДВС: топлива, окислители, их

		<p>основные свойства. Реакции сгорания жидких и газообразных топлив. Стехиометрическое количество воздуха, коэффициент избытка воздуха. Состав горючей смеси и продуктов сгорания, коэффициент молекулярного изменения свежей смеси.</p> <p>Совершенное, несовершенное, полное и неполное сгорания топлива. Теплота сгорания горючей смеси и ее зависимость от состава топлива и горючей смеси. Теплоемкость и внутренняя энергия свежей рабочей смеси и продуктов сгорания.</p>
<b>P5</b>	Процессы газообмена	<p>Газообмен в 4-тактных двигателях. Показатели процессов газообмена: коэффициент наполнения, коэффициент остаточных газов, коэффициент продувки камеры сгорания и коэффициент избытка продувочного воздуха.</p> <p>Экспериментальное определение показателей газообмена.</p> <p>Газообмен в 2-тактных двигателях. Расчетные методы определения температур за время газообмена в цилиндрах, выпускных трубопроводах и перед турбинами 2- и 4-тактных двигателей, экспериментальное определение показателей газообмена.</p>
<b>P6</b>	Процесс сжатия	<p>Величина степени сжатия в различных двигателях. Физические и химические процессы, протекающие в рабочем теле в процессе сжатия. Теплообмен между рабочим телом и стенками цилиндра и зависимость его от размеров цилиндра, режимов работы двигателя и других факторов. Показатель условной политропы сжатия. Значения давлений и температур рабочего тела в конце процесса сжатия в двигателях.</p>
<b>P7</b>	Процессы смесеобразования и сгорания	<p>Роль процессов смесеобразования в действительных циклах различных двигателей. Внешнее и внутреннее смесеобразование.</p> <p>Воспламенение горючих смесей. Распространение пламени по объему камер сгорания; фазы сгорания; влияние конструктивных и режимных факторов на процессы сгорания в двигателях с различными способами воспламенения смесей.</p> <p>Параметры, характеризующие процесс сгорания. Принципы расчета состояния рабочего тела в период сгорания.</p> <p>Экспериментальные методы исследования сгорания.</p>

		Токсичность продуктов сгорания, способы ее определения и снижения.
<b>P8</b>	Процесс расширения	Особенности процесса расширения в действительных циклах. Теплоотдача в стенки, догорание топлива. Изменение коэффициента использования теплоты в процессе расширения. Расчет состояния рабочего тела в конце расширения для различных двигателей.
<b>P9</b>	Индикаторные показатели рабочего цикла	Среднее индикаторное давление расчетного цикла: расчетное и действительное. Зависимость среднего индикаторного давления от параметров рабочего цикла, зависимость его от конструктивных и режимных факторов. Удельный индикаторный расход топлива; индикаторный КПД. Значения индикаторных расходов топлив и индикаторных КПД для различных двигателей; их зависимость от конструктивных и режимных факторов.
<b>P10</b>	Эффективные показатели работы двигателя	Составляющие механических потерь. Механический КПД, его зависимость от конструктивных, режимных и других факторов. Экспериментальное определение механических потерь. Среднее эффективное давление, эффективная мощность двигателя. Способы повышения эффективной мощности. Удельный эффективный расход топлива, эффективный КПД двигателя. Экспериментальные методы определения эффективных показателей двигателя. Методы повышения эффективной мощности двигателя. Показатели, характеризующие напряженность рабочего процесса.
<b>P11</b>	Режимы работы и характеристики двигателей внутреннего сгорания	Установившиеся режимы работы двигателя, процессы перехода от одного установившегося режима к другому (неустановившиеся режимы). Области режимов работы двигателя. Понятие характеристики двигателей. Нагрузочные, скоростные, комбинированные, регулировочные, специальные характеристики. Совместная работа двигателей и потребителей мощности. Влияние на характеристики двигателей конструктивных, режимных и эксплуатационных факторов.
<b>P12</b>	Тепловой баланс двигателя	Внешний и внутренний тепловой балансы двигателей.

		Определение составляющих теплового баланса. Изменение теплового баланса от режимов двигателя. Теплоотдача в двигателях и теплонапряженность.
<b>P13</b>	Использование энергии выпускных газов	Способы использования энергии выпускных газов в двигателях. Типы комбинированных двигателей. Достоинства и недостатки различных типов комбинированных двигателей. Принципиальные факторы, обуславливающие протекание рабочих процессов в комбинированных двигателях.
<b>P14</b>	Особенности рабочих процессов при неуставившихся режимах работы двигателя	Условия перехода системы двигатель-потребитель с установившегося режима работы на неуставившийся. Динамические характеристики двигателя. Работа двигателя с потребителем мощности в условиях неуставившихся режимов. Сходственные условия работы двигателя. Разгон двигателя. Прием нагрузки. Особенности работы двигателя при пуске, прогреве и остановке. Нерегулярный, колебательный и циклический режимы.
<b>P15</b>	Заключение	Проблемы и перспективы дальнейшего развития теории рабочих процессов ДВС.

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Формирование социально-значимых ценностей	профориентационная деятельность общение в социальных сетях и электронной почте в системах «студент-преподаватель», «группа студентов-преподаватель», «студент-студент», «студент-группа	Технология самостоятельной работы Технология анализа образовательных задач	ПК-10 - Способен организовать и выполнять эксплуатацию, обслуживание, проводить измерения физических величин, техническую диагностику и наладку энергетических установок с двигателями внутреннего	З-1 - Понимать термодинамические основы и рабочие процессы действительных циклов поршневых и комбинированных ДВС

	студентов»		сгорания	
--	------------	--	----------	--

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Теория рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Захаров, А. И.; Двигатели внутреннего сгорания : практикум.; Томский государственный архитектурно-строительный университет (ТГАСУ), Томск; 2017; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=693782> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Шароглазов, Б. А., Шароглазов, Б. А.; Поршневые двигатели: теория, моделирование и расчет процессов : учебник по курсу "Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания" для студентов вузов, обучающихся по специальности 140501 "Двигатели внутреннего сгорания" направления подготовки 140500 "Энергомашиностроение".; ЮУрГУ, Челябинск; 2011 (10 экз.)

2. , Чайнов, Н. Д.; Конструирование двигателей внутреннего сгорания : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности "Двигатели внутреннего сгорания" направления подгот. "Энергомашиностроение".; Машиностроение, Москва; 2011 (5 экз.)

3. , Луканин, В. Н., Шатров, М. Г., Кричевская, Т. Ю.; Двигатели внутреннего сгорания : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности "Автомобили и автомобил. хоз-во" направления подгот. дипломир. специалистов "Эксплуатация назем. транспорта и транспорт. оборудования" : в 3 кн. Кн. 3. Компьютерный практикум. Моделирование процессов в ДВС ; Высшая школа, Москва; 2007 (18 экз.)

4. , Вырубов, Д. Н., Круглов, М. Г., Леонов, О. Б., Орлин, А. С., Роганов, С. Г., Симаков, Ф. Ф., Чайнов, Н. Д.; Двигатели внутреннего сгорания : учебник для вузов. Т.3. Конструкция и расчет поршневых и комбинированных двигателей; Машиностроение, Москва; 1972 (1 экз.)

5. Корж, С. А.; Теория поршневых и комбинированных двигателей : конспект лекций.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2005 (68 экз.)

#### Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Шестаков Д.С., Солнцев Д.М.; Газодинамический расчет турбо-компрессора для наддува двигателя внутреннего сгорания: учеб-метод. пособие.; Из-во Уральского университета: Екатеринбург. 2021. 76 с. Режим доступа: [https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/100375/1/978-5-7996-3274-8\\_2021.pdf](https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/100375/1/978-5-7996-3274-8_2021.pdf)

2. Плотников Л.В. Теория рабочих процессов ДВС. Режим доступа: <http://study.urfu.ru/Aid/ViewMeta/10925>

#### Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

## Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Зональная научная библиотека <http://lib.urfu.ru/>

### 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Теория рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не используется
2	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Персональные компьютеры по количеству обучающихся Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Р7-Офис Профессиональный (Десктопная версия) Браузер Google Chrome Microsoft Office
3	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Персональные компьютеры по количеству обучающихся Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с	Р7-Офис Профессиональный (Десктопная версия) Браузер Google Chrome Microsoft Office

		санитарными правилами и нормами	
4	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Не используется
5	Самостоятельная работа студентов	Персональные компьютеры по количеству обучающихся  Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами  Подключение к сети Интернет	Р7-Офис Профессиональный (Десктопная версия)  Браузер Google Chrome  Microsoft Office
6	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя	Не используется