

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)



Первый проректор, проректор по научной
и инновационной работе

В.Г. Прокошев

« 05 » 06 201 5 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЯХ»

Направление подготовки 13.06.01. Электро- и теплотехника

Направленность (профиль) подготовки – Тепловые двигатели

Уровень высшего образования – подготовка кадров высшей квалификации

Квалификация выпускника – исследователь, преподаватель-исследователь

Форма обучения очная

Год	Трудоем- кость зач. ед./час.	Лек- ции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. ра- боты, час.	СРА, час.	Форма проме- жуточного кон- троля (экз./зачет)
2	3/108	36	-	-	72	зачет
Итого	3/108	36	-	-	72	зачет

г. Владимир 2015 г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины (модуля) «Моделирование процессов в тепловых двигателях» являются изучение аспирантами моделирования рабочего процесса в поршневых двигателях: модели нестационарных процессов переноса, моделирование турбулентного сгорания и образование оксидов азота, определение мощностных и эффективных показателей двигателя, показателей эмиссии вредных веществ, диаграмм изменения давления и температуры в элементах ДВС, скорости тепловыделения, показателей эффективности процесса газообмена, тепловых потоков через тепловоспринимающие поверхности.

Задачи дисциплины состоят в освоении основ моделирования рабочих процессов в поршневых и комбинированных двигателях, а также их системах;

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ОПОП ВО)

Дисциплина «Моделирование процессов в тепловых двигателях» относится к разделу дисциплин по выбору и читается на 2 курсе обучения. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы или 108 часа, включая 36 ч лекционных занятий и 72 ч самостоятельной подготовки аспирантов.

Для усвоения дисциплины обучаемый должен обладать базовой естественнонаучной подготовкой и знаниями специалиста или магистра по профильному направлению подготовки.

Рассматриваемая дисциплина тесно связана со следующими разделами дисциплин учебных планов специалиста или магистра профильного направления подготовки: термодинамики; математики (разделы: дифференцирование и интегрирование, дифференциальные уравнения, матрицы, ряды, алгебра), информатики (использование стандартных программ Microsoft Office Excel и др.), устройство и работа поршневых двигателей, механики жидкости и газа; агрегатов наддува двигателей – компрессоров и турбин; численных методов механики жидкости и газа; основ научных исследований и испытаний ДВС.

Освоение данной дисциплины аспирантом призвано помочь ему в приобретении знаний и навыков, необходимых для выполнения НИР и диссертационной работы, тема которых связана с повышением основных технико-экономических показателей двигателей – мощности и топливной экономичности, а также для сдачи кандидатского экзамена.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате освоения программы аспирантуры у выпускника должны быть сформированы:

– **универсальные компетенции:**

УК-1 – способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

– **общепрофессиональные компетенции:**

ОПК-3 – способностью к разработке новых методов исследования и их применения в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности;

ОПК-4 – готовностью организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности

– **профессиональные компетенции:**

ПК-1 – способность решать научно-исследовательские в области тепловых двигателей с целью повышения их технического уровня;

ПК-2 – готовность к прогнозированию технического уровня тепловых двигателей на основе анализа их рабочих процессов и показателей.

ПК-3 – способность к созданию новых технических и технологических решений для повышения эффективности тепловых двигателей.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

Знать:

- достижения науки и техники, передовой и зарубежный опыт в конструировании ДВС (УК-1);
- методы расчета процессов в поршневых двигателях, определения технические характеристики (ОПК-3);
- способы организации НИР с небольшим коллективом (ОПК-4);
- методы повышения технического уровня тепловых двигателей (ПК-1);
- способы проектирования новых конструкций поршневых двигателей с современным техническим уровнем (ПК-2);
- новые технологические и технические решения для повышения технического уровня двигателей (ПК-3).

Уметь:

- формулировать цели и задачи при проектировании нового двигателя с учетом современного состояния двигателестроения (УК-1);
- использовать новые методы испытаний и исследований поршневого двигателя (ОПК-3);
- выбрать методы и средства для проведения НИР (ОПК-4);
- выбрать эффективные конструктивные решения для повышения технического уровня двигателя (ПК-1);
- выбрать эффективные конструктивные решения нового двигателя (ПК-2);
- провести расчеты основных деталей на базе современных методик с использованием современных пакетов САПР (ПК-3).

Владеть:

- информацией из различных источников и баз данных по конструкции современных двигателей и их систем и использовать эти данные при проектировании (УК-1);
- существующими программами расчета при проектировании тепловых двигателей (ОПК-3, ОПК-4);
- техническими решениями для повышения технического уровня двигателя (ПК-1);
- методами прогнозирования технического уровня тепловых двигателей на основе анализа их рабочих процессов и показателей (ПК-2);
- методами создания новых технических и технологических решений для повышения эффективности тепловых двигателей (ПК-3).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) «МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЯХ»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Год обучения	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРА	
1	Классификация математических моделей рабочего процесса. Эмпирические модели. Термодинамические модели.	2	4			8	
2	Модели, реализующие термодинамический под-	2	4			8	

	ход к моделированию ДВС. 0-мерная постановка задачи. Одномерная постановка задачи. Однозонная, двухзонная и многозонная модели рабочего процесса. Расчет теплообмена со стенками. Расчет процесса сгорания. Модель сгорания Гриневецкого, Вибе, Хироюсу, Разлейцева.						
3	Расчет газообмена. Квазистатический метод расчета. Допущения, принимаемые для цилиндра и коллекторов. Основные соотношения для обмена, энтальпии и массы между цилиндром и объемами трубопроводов. Использование для расчета скорости истечения газа зависимостей, полученных для нестационарного течения.	2	4			8	Реферат 1
4	Ограничения на область применения квазистатического метода. Критериальные зависимости для определения границ применимости квазистатического метода. Задачи, которые принципиально не могут быть решены в рамках 0-мерных представлений и требуют рассмотрения коллекторов в нестационарном, 1-мерном представлении. Система дифференциальных уравнений для определения параметров газа в коллекторах в одномерном нестационарном представлении. Граничные условия в тройниках и границах коллекторов.	2	4			8	
5	Методы решения системы дифференциальных уравнений. Метод характеристик. Метод Годунова (распад произвольного разрыва). Метод крупных частиц. Особенности программ BOOST (AVL), Дизель-РК (МГТУ им. Н.Э. Баумана). Албея –ДВС (УГАТУ). Однозонные и многозонные модели. Допущения, применяемые при однозонном представлении. Основные уравнения однозонной модели. Необходимость использования многозонных моделей.	2	4			8	
6	Двухзонная модель. Основные предпосылки и допущения. Мгновенный коэффициент избытка воздуха для сгоревшей зоны в КС двигателя с внутренним смесеобразованием. Определение мгновенных значений масс несгоревшей и сгоревшей зон. Основные уравнения двухзонной модели. Уравнение энергии для несгоревшей зоны. Изменение внутренней энергии и температуры рабочего тела несгоревшей зоны. Уравнения состояния и энергии для сгоревшей зоны. Тепловыделение в сгоревшей зоне и энтальпия потока, поступающего в сгоревшую зону.	2	4			8	Реферат 2
7	Изменение внутренней энергии для сгоревшей зоны и изменения температуры сгоревшей зоны. Определение объемов несгоревших и сгоревших зон. Особенности двухзонной модели для двигателей с внешним смесеобразованием. Сравнительный анализ одно- и двухзонных моделей. Многозонные модели. Невозможность решения задачи определения локальных нестационарных температур рабочего тела в цилиндре двигателя с помощью одно- и двухзонных моделей. Основная система уравнений. Метод контрольных объемов (МКО). Представление объема КС двигателя конечным числом контрольных объемов.	2	4			8	
8	Расчет процессов испарения и сгорания топлива в отдельных контрольных объемах. Изменение	2	4			8	

	внутренней энергии рабочего тела в произвольной i-той зоне. Расчет скоростей испарения и сгорания в зонах. Учет массообмена между зонами. Учет теплообмена со стенками камеры сгорания и отдельными зонами. Решения системы уравнений МКО. Сравнение результатов расчета по многомерной модели и одномерной. Математическое моделирование теплового и напряженно-деформированного состояния деталей двигателей (Т и НДС). Иерархия математических моделей расчета ТиНДС двигателей. Структура математической модели, требования, предъявляемые к математической модели. Виды и классификации моделей, уровни иерархии математических моделей.					
9	Численные методы анализа ТиНДС деталей и узлов двигателей. Современные численные методы расчета, применяемые в двигателестроении для определения полей температур, деформаций и напряжений. Метод конечных разностей (МКР), метод конечных элементов (МКЭ), метод граничных элементов (МГЭ). Общая характеристика. МКЭ - основной метод численного анализа тепловой и механической напряженности деталей и узлов двигателей. Вариационная формулировка МКЭ. Глобальные и локальные координаты, преобразование координат. Виды элементов, классификация, базисные функции. Одномерные, двумерные и трехмерные линейные элементы. Элементы высоких порядков. Точность, устойчивость и сходимость решений МКЭ.	2	4		8	Реферат 3
	ИТОГО:		36		72	Зачет

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При проведении лекционных и практических занятий используются электронные средства обучения (ЭСО), разработанного кафедрой. Вид ЭСО – комплект компьютерных слайдов в формате ppt. Принципиальное новшество, вносимое компьютером в образовательный процесс, – интерактивность, позволяющая развивать активно-деятельностные формы обучения.

В процессе изучения дисциплины аспиранты имеют возможность использовать нижеследующие формы получения и закрепления знаний, а также приобретения опыта их представления:

- методы компьютерного моделирования процессов пространственного стационарного и нестационарного течения в рабочих полостях поршневых двигателей с помощью оригинальных расчетных программ Flow-vision, Diesel-RK.
- методы натурного моделирования (на примере газодинамических и топливных стендов) с использованием имеющегося на предприятиях двигателестроения оборудования;
- презентации рефератов и выступления с докладами на научно-технических конференциях.

Предусматривается участие аспирантов в проведении научно-исследовательских работ по заказам и договорам с двигателестроительными предприятиями.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ АСПИРАНТОВ

Самостоятельная работа аспирантов имеет основную цель – обеспечить качество подготовки выпускаемых специалистов в соответствии с требованиями программы.

В процессе обучения предусмотрены следующие виды самостоятельной работы обучающегося:

- работа с конспектами лекций;
- написание рефератов по отдельным разделам дисциплины;
- текущий мониторинг технической литературы и периодических изданий в области изучаемой с учетом по направления диссертационной работы;
- изучение обязательной и дополнительной литературы.

Контроль результатов самостоятельной работы осуществляется руководителем аспиранта в течение всего года. При освоении дисциплины могут быть использованы следующие формы контроля самостоятельной работы:

- контрольные вопросы при проведении аудиторных занятий;
- обсуждение и итоговая (устная) оценка докладов на научно-технической конференции;
- отзыв на реферат.

6.1. Примеры контрольных вопросов

1. Укажите применяемые граничные условия при решении краевой задачи теплопроводности.
2. Какие модели применяются при расчетах процессов в поршневых двигателях?
3. Система дифференциальных уравнений для определения параметров газа в коллекторах в одномерном нестационарном представлении.
4. Расчетная область, расчетная схема и система уравнений для определения параметров газа в ячейках.
5. Двухзонная модель. Основные предпосылки и допущения.
6. Основные уравнения двухзонной модели. Уравнение энергии для несгоревшей зоны.
7. Расчет процессов испарения и сгорания топлива в отдельных контрольных объемах.
8. Расчет скоростей испарения и сгорания в зонах.
9. Учет массообмена между зонами.
9. Учет теплообмена со стенками камеры сгорания и отдельными зонами.

6.3. Примеры тем рефератов

1. Расчет процесса газообмена. Квазистатический метод расчета.
2. Расчет теплообмена со стенками. Расчет процесса сгорания.
3. Двухзонная модель. Основные предпосылки и допущения.
4. Исследование сложного теплообмена в теории поршневых двигателей.

6.4. Вопросы к зачету

1. Классификация математических моделей рабочего процесса. Эмпирические модели. Термодинамические модели.
2. Однозонная, двухзонная и многозонная модели рабочего процесса. Расчет теплообмена со стенками. Расчет процесса сгорания. Модель сгорания Гриневецкого, Вибе, Хироэсу, Разлейцева.

3. Расчет газообмена. Квазистатический метод расчета. Допущения, принимаемые для цилиндра и коллекторов.
4. Основные соотношения для обмена, энтальпии и массы между цилиндром и объемами трубопроводов.
5. Использование для расчета скорости истечения газа зависимостей, полученных для нестационарного течения.
6. Критериальные зависимости для определения границ применимости квазистатического метода. Задачи, которые принципиально не могут быть решены в рамках 0-мерных представлений и требуют рассмотрения коллекторов в нестационарном, 1-мерном представлении.
7. Однозонные и многозонные модели. Допущения, применяемые при однозонном представлении. Основные уравнения однозонной модели. Необходимость использования многозонных моделей.
8. Двухзонная модель. Основные предпосылки и допущения. Мгновенный коэффициент избытка воздуха для сгоревшей зоны в КС двигателя с внутренним смесеобразованием.
9. Многозонные модели. Невозможность решения задачи определения локальных нестационарных температур рабочего тела в цилиндре двигателя с помощью одно- и двухзонных моделей. Основная система уравнений.
10. Математическое моделирование теплового и напряженно-деформированного состояния деталей двигателей (Т и НДС). Иерархия математических моделей расчета ТиНДС двигателей.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

а) основная литература:

1. Кавтарадзе Р.З., Онищенко Д.О., Зеленцов А.А.. Трехмерное моделирование нестационарных теплофизических процессов в поршневых двигателях [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / Р. З. Кавтарадзе, Д. О. Онищенко, А. А. Зеленцов. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. – http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0563.html.
2. Основы теории тепловых процессов и машин. В 2 ч. Ч.II [Электронный ресурс] / Н.Е. Александров и др.; под ред. Н.И. Прокопенко. - 4-е изд. - М. : БИНОМ, 2012." – <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996308347.html>.
3. Основы теории тепловых процессов и машин. В 2 ч. Ч.І [Электронный ресурс] // Н.Е. Александров и др.; под ред. Н.И. Прокопенко. - 4-е изд. - М. : БИНОМ, 2012." – Основы теории тепловых процессов и машин. В 2 ч. Ч.І [Электронный ресурс] // Н.Е. Александров и др.; под ред. Н.И. Прокопенко. - 4-е изд. - М. : БИНОМ, 2012.

б) Дополнительная литература:

1. Кавтарадзе Р.З. Теория поршневых двигателей. Специальные главы: Учебник для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 720 с.
2. Прокопенко Н. И. Термодинамический расчет идеализированного цикла поршневого двигателя внутреннего сгорания [Электронный ресурс] : учебное пособие / Прокопенко Н. И. - 3-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ, 2015.

в) периодические издания:

1. Отраслевые журналы «Известие вузов. Машиностроение», «Двигателестроение», «Двигатель», «Фундаментальные исследования», «Тракторы и сельхозмашины»

г) интернет-ресурсы:

1. Программный комплекс «Diesel RK». Бесплатный удаленный доступ к системе ДИ-ЗЕЛЬ-РК <http://www.diesel-rk.bmstu.ru/Rus/index.php?page=Vozmojnosti>.

2. Онлайн-калькулятор.
<http://ru.onlinemschool.com/math/assistance/equation/haus/>
3. <http://math.semestr.ru/gauss/gauss.php>
4. http://www.webmath.ru/web/prog13_1.php
5. <http://matematikam.ru/solve-equations/sistema-gaus.php>
6. http://www.math-pr.com/equations_1.php;
7. <http://ru.onlinemschool.com/math/assistance/equation/matr/>;

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для выполнения самостоятельных работ и при проведении практических занятий используются ПК в компьютерной классе кафедры. Используются программы Mathcad 12, MATLAB, а также программы, разработанные на кафедре.

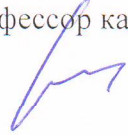
Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

- наглядные пособия и установки специализированной лаборатории;
- наборы деталей двигателей по механизмам;
- рабочие чертежи двигателей и наборы плакатов;

Вычислительная техника централизованного компьютерного класса используется при выполнении практических работ и курсового проекта как минимум для расчета рабочего цикла, динамического расчета, построения безударного профиля кулачка и конечно-элементного анализа.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального Государственного образовательного стандарта ВО по направлению 13.06.01 «Электро- и теплотехника», направленность (профиль) подготовки «Тепловые двигатели» (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Рабочую программу составил профессор кафедры ТД и ЭУ, к.т.н.


В.Ф. Гуськов

Рецензент

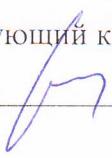
главный специалист ООО «ЗИП «КТЗ» г. Владимир
д.т.н.


А.Р. Кульчицкий

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТД и ЭУ

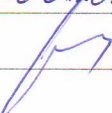
Протокол № 32 от 02.06.2015 года

Заведующий кафедрой «Тепловые двигатели и энергетические установки»


В.Ф. Гуськов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 13.06.01 «Электро- и теплотехника»

Протокол № 1 от 03.06.2015 года

Председатель комиссии  В.Ф. Гуськов

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 2015/16 учебный год

Протокол заседания кафедры № 33 от 23.08.2015 года

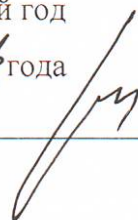
Заведующий кафедрой _____

 В. П. Туськов

Рабочая программа одобрена на 2016/17 учебный год

Протокол заседания кафедры № 3 от 06.05.2016 года

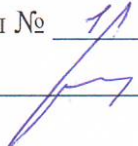
Заведующий кафедрой _____

 В. П. Туськов

Рабочая программа одобрена на 2017/2018 учебный год

Протокол заседания кафедры № 11 от 05.09.17 года

Заведующий кафедрой _____

 В. П. Туськов

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)**

Институт _____

Кафедра _____

Актуализированная
рабочая программа
рассмотрена и одобрена
на заседании кафедры
протокол № _____ от _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой

(подпись, ФИО)

Актуализация рабочей программы дисциплины

(наименование дисциплины)

Направление подготовки

Направленность (профиль) подготовки

Уровень высшего образования

Форма обучения

Владимир 20__

Рабочая программа учебной дисциплины актуализирована в части рекомендуемой литературы.

Актуализация выполнена: _____
(подпись, должность, ФИО)

а) основная литература: _____ (не более 5 книг)

б) дополнительная литература: _____

в) периодические издания: _____

г) интернет-ресурсы: _____