

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра *Двигатели внутреннего сгорания*

АННОТАЦИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАШИН»

Уровень подготовки

Высшее образование – магистратура

(высшее образование – бакалавриат; высшее образование – специалитет, магистратура)

Направление подготовки (специальность)

13.04.03 Энергетическое машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Направленность подготовки (профиль, специализация)

Проектирование и моделирование поршневых и комбинированных двигателей

(наименование профиля подготовки, специализации)

Квалификация (степень) выпускника

Магистр

Форма обучения

Очная

Уфа 2015

Исполнитель:

К.Т.Н., доцент



А.А. Черноусов

Заведующий кафедрой
Двигатели внутреннего сгорания
д.т.н., профессор



Р.Д. Еникеев

Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «*Моделирование рабочих процессов энергетических машин*» является обязательной дисциплиной *вариативной части* учебного цикла.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки (специальности) *13.04.03 Энергетическое машиностроение*, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от "21" ноября 2014 г. № 1501.

Целью освоения дисциплины является формирование у магистрантов систематизированных знаний, умений и навыков в области методологии, теории и практики моделирования на ЭВМ процессов в системах двигателей, энергетических установок и машин, включая приобретения опыта работы со специальными пакетами прикладных программ.

Задачи:

1. Формирование знаний о моделировании физических процессов в системах как о методологии, лежащей в основе проектировочных расчетов энергетических машин и других технических систем (и представлений о связи этой методологии с *научным методом*).

2. Формирование знаний о математических моделях рабочих процессов в системах энергетических машин (на примерах моделей процессов поршневых ДВС).

3. Формирование знаний о методах решения алгебраических и дифференциальных уравнений моделей, а также о методах анализа размерностей, регрессионного анализа, методах идентификации моделей и оптимизации по моделям для решения задач проектировочных расчетов.

4. Формирование представлений о численной и программной реализации моделей и методов обработки данных в современных пакетах прикладных программ, об архитектуре и составе пакетов прикладных программ.

5. Формирование умений и навыков, позволяющих осознанно применять полученные знания для выполнения проектировочных расчетов энергетических машин и других технических систем с применением современных пакетов прикладных программ.

Входные компетенции:

№	Компетенция	Код	Уровень освоения, определяемый этапом формирования компетенции*	Название дисциплины (модуля), сформировавшего данную компетенцию
	Входные компетенции формируются на предыдущем этапе обучения – бакалавриат.			
1	Способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин и готовность использовать основные законы в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.	ПК-2	Пороговый	Математика Физика
2	Готовность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и способность	ПК-3	Пороговый	Математика Физика Термодинамика и тепло-массообмен

	привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат.			
3	Способность выполнять численные и экспериментальные исследования, проводить обработку и анализ результатов.	ПК-14	Пороговый	Физика, Механика жидкости и газа, Термодинамика и тепло-массообмен, Основы моделирования процессов в двигателях и энергоустановках
4	Способность и готовность использовать технические средства для измерения основных параметров объектов деятельности.	ПК-18	Пороговый	Физика, Механика жидкости и газа, Термодинамика и тепло-массообмен
5	Способность формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде отчета с его публикацией (публичной защитой).	ПК-7	Пороговый	Основы моделирования процессов в двигателях и энергоустановках

Исходящие компетенции:

№	Компетенция	Код	Уровень освоения, определяемый этапом формирования компетенции*	Название дисциплины (модуля), для которой данная компетенция является входной
1	Способность принимать и обосновывать конкретные технические решения при создании объектов энергетического машиностроения.	ПК-10	Базовый	Выпускная квалификационная работа (магистерская диссертация)

Перечень результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций.

Планируемые результаты обучения по дисциплине:

№	Формируемые компетенции	Код	Знать	Уметь	Владеть
1	Способность принимать и обосновывать конкретные технические решения при создании объектов энергетического машиностроения.	ПК-10	Проблематику расчетного анализа процессов, газообмена с учетом нестационарных газодинамических эффектов и расчетной оптимизации трактов ДВС.	Ставить и решать задачи расчетного анализа и оптимизации с учетом нестационарных газодинамических эффектов для целей проектирования ДВС.	Приемами расчетной оценки показателей газообмена и рабочих процессов ДВС с учетом нестационарных эффектов в газовоздушном тракте с использованием вычислительной техники.

Содержание и структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единицы (216 часов).

Трудоемкость дисциплины по видам работ:

Вид работы	Трудоемкость, час.
	1 семестр
Лекции (Л)	24
Практические занятия (ПЗ)	22
Лабораторные работы (ЛР)	16
КСР	6
Курсовая проект работа (КР)	–
Расчетно-графическая работа (РГР)	–
Самостоятельная работа (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.)	112
Подготовка и сдача экзамена	36
Подготовка и сдача зачета	–
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)	Экзамен

Содержание разделов и формы текущего контроля:

№	Наименование и содержание раздела	Количество часов						Литература, рекомендуемая студентам*	Виды интерактивных образовательных технологий**
		Аудиторная работа				СРС	Всего		
		Л	ПЗ	ЛР	КСР				
1	<p>Введение в дисциплину. Моделирование процессов как методология расчетного анализа процессов и синтеза оптимальных технических систем (объектов энергомашиностроения) при проектировании. Понятие об иерархичности модели. Простые классификации мат. моделей.</p> <p>Цель, задачи и план изучения дисциплины. Рекомендуемая литература.</p> <p>Математическое моделирование процессов как методология, реализующая <i>научный метод</i> познания объективного мира. Исходные гипотезы. Законы сохранения. Замыкание уравнений модели. Задача. Условия однозначности. Начальные условия. Точное решение. Численное решение. <i>Верификация модели по экспериментальным данным.</i></p> <p>Математическое моделирование процессов как методология, реализующая методы расчетного анализа и синтеза <i>при проектировании технических систем.</i> Идентификация модели (структурная; параметрическая). Расчетный анализ процессов в объекте (задача поверочного расчета). Параметрический анализ. Расчетный синтез объекта (проектировочный расчет) как задача, обратная расчетному анализу (оптимизация объекта). Параметрический синтез. <i>Структурный синтез.</i></p>	4	2	–	1	10	17	Р.6.1. № 1	<i>Классическая лекция</i>
2	<p>Анализ размерностей и теория подобия в моделировании рабочих процессов. Введение в анализ размерностей. <i>Основные и производные единицы измерения. Безразмерные величины. Функциональные связи.</i> П-теорема. Применение к задачам механики, термо-, гидро-, газодинамики и теории рабочих процессов энергетиче-</p>	4	2	–	1	20	27	Р.6.1. № 1; Р.6.2. № 2	<i>Классическая лекция</i>

	ских машин. Введение в теорию подобия. <i>Подобие. Условия подобия. Классы подобных систем.</i> Применение к построению универсальных характеристик объектов и их элементов. Применение к приведению показателей объектов к стандартным условиям.								
3	Математические модели рабочих процессов тепловых двигателей. Классификация моделей рабочих процессов по числу учитываемых независимых переменных. Декомпозиция объекта (проточной части двигателя) при применении моделей с малым числом пространственных переменных. <i>Иерархия моделей рабочего процесса с малым числом пространственных переменных. Иерархия пространственных моделей рабочего процесса.</i> Модели рабочих процессов тепловых двигателей, описывающие средние по сечению и по времени параметры потока рабочего тела и средние по времени показатели («квазимерные» модели); модели агрегатов и элементов их проточных частей. Модель ДВС с газотурбинным наддувом (ГТН). Модель поршневого ДВС как модель агрегата ДВС с ГТН. Модель ступени турбины. Модель ступени компрессора. Модель течения через орган газообмена ДВС (вп./вып. клапан или окно). <i>Характеристики ступеней лопаточных машин и местных сопротивлений как модели универсальных характеристик агрегатов или элементов ПЧ.</i> Уравнения квазистатических моделей как системы <i>нелинейных алгебраических уравнений (НАУ)</i> , выражающие соотношения в сечениях на границе подобластей проточной части. <i>Модели элементов проточной части на основе («эмпирических» и «феноменологических») моделей их универсальных характеристик как «квазистатические» модели, замыкающие уравнения «квазимерных», «нульмерных» и «квазиодномерных» модели рабочих</i>	8	2	8	2	40	60	Р.6.1. № 1, 2; Р.6.2. № 2	<i>Классическая лекция</i>

<p><i>процессов. Понятие о регрессионном анализе. Понятие о задачах идентификации (параметров) универсальных характеристик. Понятие о методах минимизации функций для решения задач идентификации параметров моделей (и оптимизации параметров объектов).</i></p> <p><i>Модели элементов проточной части тепловых двигателей, описывающие характеристики рабочего тела в объеме в зависимости только от времени («нульмерные» модели; 0D). Исходные гипотезы и законы сохранения для однородной открытой термодинамической системы (0D). Модель («ЦИЛИНДР») процесса в рабочей камере ДВС. «Замыкающие» модели: а) рабочего тела; б) изменения объема; в) выгорания (интегральные); г) теплоотдачи; д) утечек рабочего тела; е) образования токсичных компонентов. Понятие о многозонных моделях процессов в емкостях. Модель процесса в ресивере (как частный случай). Уравнения «нульмерных» моделей как системы обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). Применение «нульмерного» класса моделей к расчету рабочих циклов (включая газообмен) и характеристик двигателей (достоинства и недостатки).</i></p> <p><i>Модели элементов проточной части тепловых двигателей, описывающие течение рабочего тела в канале в зависимости от одной пространственной координаты и от времени («квазиодномерные» модели, 1D). Исходные гипотезы и законы сохранения для квазиодномерного течения в канале. Модель («ТРУБКА») течения рабочего тела ДВС в протяженном канале. «Замыкающие» модели путевых потерь: а) модель потерь на трение; б) модель теплоотдачи. Уравнения «квазиодномерной» модели течения в канале как системы дифференциальных уравнений с частными производными (УЧП). Условия однозначности задачи</i></p>										
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

	<p>для системы УЧП, включая <i>начальные условия</i> (НУ) и <i>граничные условия</i> (ГУ). Модель <i>квазистационарного течения в канале</i> (как частный случай: система ОДУ). Одномерные «<i>феноменологические</i>» модели течения через: а) <i>местные сопротивления</i>; б) <i>ступени турбомашин</i>.</p> <p>Модели рабочих процессов, описывающие поля пространственного течения в проточной части теплового двигателя (пространственно трехмерные или 3D-модели). Исходные гипотезы и уравнения, выражающие законы сохранения для нестационарного трехмерного (3D) течения газофазной смеси с химическими реакциями. Модели, «<i>замыкающие</i>» уравнения модели течения смеси с химическими реакциями: а) уравнения состояния многокомпонентной смеси; б) модель молекулярного переноса; в) модель кинетики неравновесных химических реакций. Модели трехмерного течения частного вида: а) модель течения однородной по составу сжимаемой «<i>ньютоновской</i>» жидкости («уравнения Навье – Стокса»); б) уравнения переноса для модели жидкости с постоянными свойствами. Классификация подходов на основе классов моделей турбулентного течения (с примерами конкретных моделей). Подход DNS (на основе детальных моделей течения). Подход LES (на основе моделей крупновихревого течения). Подход RANS (на основе моделей осредненного течения). <i>Подходы к моделированию многофазных дисперсных течений. Методология моделирования течений в специальных пакетах программ, реализующих технологию CFD.</i></p>								
4	<p>Методы численного решения прямых и обратных задач при моделировании процессов.</p> <p>О методах решения систем алгебраических и дифференциальных уравнений моделей. О методах подбора параметров в уравнениях моделей.</p> <p><i>Методы решения систем ЛАУ и НАУ. Метод хорд.</i></p>	6	14	4	1	30	55	<p>Р.6.1. № 1, 2;</p> <p>Р.6.2. № 1, 2;</p> <p>Р.6.3. № 1–3</p>	<p><i>Классическая лекция</i></p>

<p><i>Метод касательных Ньютона. Многомерный вариант метода Ньютона.</i></p> <p>О методах решения систем ОДУ и УЧП. Дискретизация и расчетная сетка. Аппроксимация производных в уравнениях и устойчивость расчетной процедуры как условия сходимости численного решения к точному решению (теорема ...).</p> <p>Методы решения систем ОДУ моделей. Класс явных методов Эйлера и Рунге – Кутты. Расчет процесса в рабочей камере ДВС двухэтапным методом Эйлера (по уравнениям модели ЦИЛИНДР). Особенности расчета при применении модели выгорания интегрального вида.</p> <p>Методы решения систем УЧП моделей. Явные одноэтапные методы. Явный одноэтапный метод решения уравнения теплопроводности (в 1D). Явный одноэтапный метод «донорской ячейки»(в 1D) линейного волнового уравнения. Явный одноэтапный метод «распада разрыва» (метод Годунова) для системы уравнений газовой динамики (в 1D). О неявных методах решения УЧП и их систем. Неявный метод решения уравнения теплопроводности (в 1D). Обобщения явных методов для уравнений газовой динамики и УНС а) на 2D и 3D и б) повышенной точности. Численные методы для расчета пространственных (3D) течений по УЧП моделей, применяемых в технологии CFD.</p> <p>Методы подбора оптимальных параметров объекта и модели. Задача многопараметрической однокритериальной оптимизации: оптимизируемые параметры и целевая функция (ЦФ). Прямой метод наименьших квадратов (МНК; на примере задачи подбора параметров полиномиальной регрессионной зависимости). Итерационные методы минимизации ЦФ: а) градиентные методы (градиентного спуска; наискорейшего спуска; Ньютона – Рафсона; Нелдера – Мида); б) эволюционные</p>												
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

	методы (генетические алгоритмы). Задачи оптимизации с ограничениями. «Штрафные» функции. <i>Задачи идентификации модели и оптимизации объекта в практике моделирования рабочих процессов.</i>								
5	Моделирование рабочих процессов с применением пакетов прикладных программ. Рациональная архитектура пакета прикладных программ (ППП). Иерархический и модульный принципы построения («архитектуры») ППП. Ядро системы. Основные компоненты ППП: расчетная программа («солвер») + программа, представляющая графический интерфейс. Прикладные модули (реализующие модели элементов и связей в моделируемой системе). Средства решения обратных задач (идентификации модели, оптимизации объекта). Расширение ППП и интеграции с внешними ППП и др. ПО. <i>Пакеты прикладных программ для инженерного анализа процессов в сложных технических системах. Краткая характеристика пакетов специального назначения (GT-POWER, AVL BOOST, «Дизель-ПК», «Альбея»). Краткая характеристика пакетов общего назначения (Matlab, LMS ImagineLab, ALLBEA и др.).</i> <i>Пакеты прикладных программ для численного решения задач механики жидкости, горения, динамики деформируемого твердого тела по технологии CFD в 3D. Краткая характеристика пакетов: (STAR-CD, STAR-CCM+, ANSYS-CFX, FLUENT, AVL FIRE и др.).</i>	2	2	4	1	12	21	Р.6.1. № 2; Р.6.2. № 2; Р.6.3. № 1–3	<i>Классическая лекция</i>
	Итого:	24	22	16	6	112	180		

Занятия, проводимые в интерактивной форме, составляют 25 % от общего количества аудиторных часов по дисциплине «Моделирование рабочих процессов энергетических машин».

Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	3	Расчет характеристик двигателя стурбонаддувом в программе ALLBEA TURBO	4
2	3	Расчет процесса в рабочей камере ДВС в программе ALLBEA BURN	4
3	5	Пакет прикладных программ ALLBEA: назначение, архитектура и применение	4
4	4	Идентификация параметров модели процесса в рабочей камере ДВС	4

Лабораторные работы (ЛР) являются важным этапом изучения дисциплины. ЛР выполняются студентами в течение семестра. Преподаватель обеспечивает контроль (защиту отчетов о ЛР) в конце семестра, проводит консультации, указывает на ошибки, оценивает объем выполненных работ. Зачет ЛР проводится исходя из оригинальности и качества выполненной работы и с учетом уровня знаний, показанных студентом во время защиты. В отчете о ЛР должны содержаться условия задачи, математическая модель, полученное решение и его обсуждение. В выводах по работе должен содержаться анализ и оценка адекватности результатов.

Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	Интегральные показатели рабочих процессов поршневых и комбинированных ДВС.	2
2	2	Размерный анализ и соображения подобия в моделировании рабочих процессов.	2
3	3	Методы статистической обработки данных регрессионные зависимости в моделях рабочих процессов.	2
4	4	Методы численного решения алгебраических уравнений моделей рабочих процессов.	2
5	4	Методы численного решения дифференциальных уравнений моделей рабочих процессов.	2
6	4	Методы параметрической идентификации моделей и оптимизации рабочих процессов ДВС.	2
7	4	Модульные библиотеки моделей и функций в моделировании процессов на ЭВМ. Реализация на ЭВМ регрессионных моделей.	2
8	4	Модульная реализация на ЭВМ решения дифференциальных уравнений модели.	2
9	4	Модульная реализация на ЭВМ решения дифференциальных уравнений модели.	2
10	4	Реализация на ЭВМ параметрической идентификации модели рабочего процесса ДВС.	2
11	5	Алгоритмизация расчетов по «многодисциплинарным» и многомасштабным моделям процессов.	2

Практические занятия (ПЗ) дополняют ЛР в курсе дисциплины. На ПЗ студенты решают задачи по темам дисциплины (как в традиционной форме, так и в форме, требующей оформления несложного модуля на ЭВМ). Преподаватель в начале каждого занятия излагает кратко теоретический и методический материал к задачам и последовательно, в течение ПЗ, условия предлагаемых задач, контролирует и направляет самостоятельное решение задач студентами, оценивает результаты в конце каждого ПЗ.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

6.1 Основная литература

1. *Фортон, В.Е.* Уравнения состояния вещества. От идеального газа до кварк-глюонной плазмы / В. Е. Фортон. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2012. — 501 с.

2. *Клеванский В.М.* Гидрогазодинамика: Учебное пособие. — 2-е изд., стер. — Уфа: УГАТУ, 2013. — 309 с.

6.2 Дополнительная литература

1. *Кавтарадзе Р.З.* Теория поршневых ДВС. Специальные главы: Учебник для ВУЗов. — М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. — 719 с.

2. *Черноусов А.А.* Основы численного моделирования рабочих процессов тепловых двигателей: Учебное пособие / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; — Уфа: УГАТУ 2008. — 265 с.

6.3 Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение)

Обучающимся по программам подготовки магистров в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальный неограниченный доступ к следующим ресурсам:

№	Наименование ресурса	Объем фонда электронных ресурсов (экз.)	Доступ	Реквизиты договоров с правообладателями
1.	ЭБС «Лань» http://e.lanbook.com/	41716	С любого компьютера, имеющего выход в Интернет, после регистрации в ЭБС по сети УГАТУ	Договор ЕД-671/0208-14 от 18.07.2014. Договор № ЕД - 1217/0208-15 от 03.08.2015
2.	ЭБС Ассоциации «Электронное образование Республики Башкортостан» http://e-library.ufa-rb.ru	1225	С любого компьютера, имеющего выход в Интернет, после регистрации в АБИС «Руслан» на площадке библиотеки УГАТУ	ЭБС создается в партнерстве с вузами РБ. Библиотека УГАТУ – координатор проекта
3.	Консорциум аэрокосмических вузов России http://elsau.ru/	1235	С любого компьютера, имеющего выход в Интернет, после регистрации в АБИС «Руслан» на площадке библиотеки УГАТУ	ЭБС создается в партнерстве с аэрокосмическими вузами РФ. Библиотека УГАТУ – координатор проекта
4.	Электронная коллекция образовательных ресурсов УГАТУ http://www.library.ugatu.ac.ru/cgi-bin/zgate.exe?lnit+ugatu-fulltxt.xml,simple-fulltxt.xsl+rus	528	С любого компьютера по сети УГАТУ	Свидетельство о регистрац. №2012620618 от 22.06.2012
5.	Электронная библиотека диссертаций РГБ	885352 экз.	Доступ с компьютеров читальных залов библиотеки, подключенных к ресурсу	Договор №1330/0208-14 от 02.12.2014

6.	СПС «КонсультантПлюс»	2007691 экз.	По сети УГАТУ	Договор 1392/0403-14т 10.12.14
7.	СПС «Гарант»	6139026 экз.	Доступ с компьютеров читальных залов библиотеки, подключенных к ресурсу	ООО «Гарант-Регион, договор № 3/Б от 21.01.2013 (продлонгирован до 08.02.2016.)
8.	ИПС «Технорма/Документ»	36939 экз.	Локальная установка: библиотека УГАТУ-5 мест; кафедра стандартизации и метрологии-1 место; кафедраначертательной геометрии и черчения-1 место	Договор № АОСС/914-15 № 989/0208-15 от 08.06.2015.
9.	* Научная электронная библиотека eLIBRARY* http://elibrary.ru/	9169 полнотекстовых журналов	С любого компьютера, имеющего выход в Интернет, после регистрации в НЭБ на площадке библиотеки УГАТУ	ООО «НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА». № 07-06/06 от 18.05.2006
10.	Тематическая коллекция полнотекстовых журналов «Mathematics» издательства Elsevier http://www.sciencedirect.com	120наимен. журнал.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	Договор №ЭА-190/0208-14 от 24.12.2014 г.
11.	Научные полнотекстовые журналы издательства Springer* http://www.springerlink.com	1900 наимен. журнал.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	Доступ открыт по гранту РФФИ

12.	Научные полнотекстовые журналы издательства Taylor & Francis Group * http://www.tandfonline.com/	1800наимен. журнал.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и Государственной публичной научно-технической библиотекой России (далее ГПНТБ России)
13.	Научные полнотекстовые журналы издательства Sage Publications *	650 наимен. журнал.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и ГПНТБ России
14.	Научные полнотекстовые журналы издательства Oxford University Press* http://www.oxfordjournals.org/	275наимен. журналов	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и ГПНТБ России
15.	Научный полнотекстовый журнал Science The American Association for the Advancement of Science http://www.sciencemag.org	1 наимен. журнала.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и ГПНТБ России
16.	Научный полнотекстовый журнал Nature компании Nature Publishing Group* http://www.nature.com/	1 наимен. журнала	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и ГПНТБ России
17.	Научные полнотекстовые журналы Американского института физики	18 наимен. журналов	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством

	http://scitation.aip.org/			образования и науки и ГПНТБ России
18.	Научные полнотекстовые ресурсы Optical Society of America* http://www.opticsinfobase.org/	22наимен. журн.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и ГПНТБ России
19.	База данных GreenFile компании EBSCO* http://www.greeninfoonline.com	5800 библиографич. записей, частично с полными текстами	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	Доступ предоставлен компанией EBSCO российским организациям-участникам консорциума НЭЙКОН (в том числе УГАТУ - без подписания лицензионного договора)
20.	Архив научных полнотекстовых журналов зарубежных издательств*- Annual Reviews (1936-2006) Cambridge University Press (1796-2011) цифровой архив журнала Nature (1869- 2011) Oxford University Press (1849–1995) SAGE Publications (1800-1998) цифровой архив журнала Science (1880 -1996) Taylor & Francis (1798-1997) Институт физики Великобритании The Institute of Physics (1874-2000)	2361 наимен. журн.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	Доступ предоставлен российским организациям-участникам консорциума НЭЙКОН (в том числе УГАТУ - без подписания лицензионного договора)

1. Программный комплекс для численного моделирования сложных технических объектов ALLBEA: Свидетельство о гос. регистрации программы № 2011619399 от 08.12.2011 г.
2. Расчет характеристик комбинированного двигателя внутреннего сгорания ALLBEATURBO: Свидетельство о гос. регистрации программы № 2014619265 от 11.09.2014 г.
3. Тепловой расчет двигателя внутреннего сгорания ALLBEABURN: Свидетельство о гос. регистрации программы № 2013612514 от 04.03.2013 г.

Образовательные технологии

При реализации дисциплины электронное обучение и дистанционные образовательные технологии не используются.

Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекции и практические занятия проводятся в специализированной аудитории кафедры двигателей внутреннего сгорания, оснащённой аппаратурой для широкоформатной визуализации презентаций и других аналогичных материалов.

Лабораторные работы проводятся в специализированной лаборатории (дисплейном классе) кафедры двигателей внутреннего сгорания. Лаборатория оснащена аппаратурой для широкоформатной визуализации презентаций и других аналогичных материалов, а также персональными компьютерами с установленными на них лицензионным ПО, включая программы и пакеты для моделирования процессов ALLBEA, ALLBEATURBO и ALLBEABURN, а также свободно распространяемую систему программирования *Dev-C++* для разработки ПО на языках программирования C и C++.

Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 14 августа 2013 г. № 697 «Об утверждении перечня специальностей и направлений подготовки, при приеме на обучение по которым поступающие проходят обязательные предварительные медицинские осмотры (обследования) в порядке, установленном при заключении трудового договора или служебного контракта по соответствующей должности или специальности» обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья по данному направлению подготовки не предусмотрено.