

УОН

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

Аэрокосмический факультет
Кафедра «Авиационные двигатели»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
д-р техн. наук, проф.

Н. В. Лобов Н. В. Лобов

«17» 07 2017 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Математическое моделирование авиационных двигателей»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа специалитета

**Специальность: 24.05.02 «Проектирование авиационных
и ракетных двигателей»**

Специализация программы специалитета	«Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок»
Квалификация выпускника	инженер
Выпускающая кафедра	Авиационные двигатели
Форма обучения	очная

Курс: 5

Семестр(ы): 9

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:	5 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	180 ч

Виды контроля:

Экзамен: 9 Диф. зачёт: -нет Зачет:-- нет Курсовой проект: -нет Курсовая работа: -нет

Пермь, 2017 г.

Учебно методический комплекс дисциплины «Математическое моделирование авиационных двигателей» разработан на основании:

- самостоятельно устанавливаемого образовательного стандарта, утвержденного приказом ректора от 03 апреля 2017 г. номер приказа 24-О по специальности 24.05.02 «проектирование авиационных и ракетных двигателей» ;
- компетентностной модели выпускника ООП по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», специализации «Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок», утверждённой « 03 апреля 2017 г.;
- базового учебного плана очной формы обучения по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», специализации «Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок», утверждённого « 03 апреля 2017 г.

Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин «Математика», «Уравнения математической физики», «Физика», «Теоретическая механика», «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика», «Сопротивление материалов», «Детали машин», «Теория механизмов и машин», «Термодинамика», «Теплопередача», «Механика жидкости и газа», «Автоматика и регулирование авиационных двигателей (АД) и энергетических установок (ЭУ)», «Основы инженерного эксперимента», «Системы автоматизированного проектирования», «Испытания и обеспечение надежности АД и ЭУ», «Научно-исследовательская работа студентов», участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчик

д-р техн.наук., проф.
(учёная степень, звание)

(подпись)

В.Г. Августинovich
(инициалы, фамилия)

Рецензент

д-р техн. наук, проф.
(учёная степень, звание)

(подпись)

Р.В Бульбович
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
«Авиационные двигатели» « 10 » 05 2017 г., протокол № 22

Заведующий кафедрой
«Авиационные двигатели»,
ведущей дисциплину

д-р техн. наук, проф.
(ученая степень, звание)

(подпись)

А.А. Иноземцев
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией Аэрокосмического факультета « 16 » 06 2017 г., протокол № 9 .

Председатель учебно-методической комиссии аэрокосмического факультета

канд. техн. наук доц.

(подпись)

Н.Е. Чигодаев
(инициалы, фамилия)

Согласовано:

Заведующий выпускающей кафедрой «Авиационные двигатели»

д-р техн. наук, проф.
(ученая степень, звание)

(подпись)

А.А. Иноземцев
(инициалы, фамилия)

Начальник управления образовательных программ

канд. техн. наук, доц.
(ученая степень, звание)

(подпись)

Д.С. Репецкий
(инициалы, фамилия)

1 Общие положения

1.1 Цель дисциплины

– формирование знания технологии разработки математической модели авиационного двигателя.

В процессе изучения данной дисциплины студент расширяет и углубляет следующие профессиональные компетенции АПК.ПК-1, АПК.НИ-1, АПК.НИ-3:

- способность принимать участие в работах по расчёту и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей и энергетических установок летательных аппаратов в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования (АПК. ПК-1);
- способность творчески применять математические, естественнонаучные, профессиональные и специальные знания для подготовки и постановки задач научных исследований в профессиональной сфере деятельности (АПК.НИ-1);
- способность готовить и выполнять научные и экспериментальные исследования, обработку и анализ их результатов самостоятельно и в составе групп, использовать автоматизированные системы регистрации и обработки информации (АПК.НИ-3).

1.2 Задачи учебной дисциплины:

- **формирование знаний**

типовых схем авиационных двигателей и методов их отображения с помощью математических моделей; современных методов математического моделирования процессов в авиационных двигателях; технологии постановки задачи численного моделирования процессов в авиационных двигателях и подготовки данных для вычислительного эксперимента; технологии построения математической модели авиационного двигателя.

- **формирование умений**

осуществлять постановку задачи численного моделирования процессов в авиационных двигателях и составление алгоритма ее решения; задавать для неё начальные и граничные условия; работать с конкретными схемами авиационных двигателей и составлять математические модели; решить задачу или составить алгоритм ее решения.

- **формирование навыков**

выбора уровня математической модели для решения конкретных задач проектирования авиационных двигателей; подготовки вычислительного эксперимента (алгоритмизация, начальные и граничные условия), применения прикладного программного обеспечения для вычислительного эксперимента и составления отчета (описание разработанной модели).

1.3 Предметом освоения учебной дисциплины являются следующие объекты:

- математическая модель авиационного двигателя как термодинамической системы;
- рабочие процессы в авиационных двигателях;
- задачи численного моделирования процессов в авиационных двигателях ;
- параметрическая диагностика авиационного двигателя.

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Математическое моделирование авиационных двигателей» относится к дисциплинам по выбору блока 1 «Дисциплины (модули)» по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», специализации «Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок».

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций, заявленных в пункте 1.1.

Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенций

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Профессиональные компетенции			
АПК. ПК-1	способность принимать участие в работах по расчёту и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей и энергетических установок летательных аппаратов в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования	Б1.Б14 Начерт. геом., инж. и комп.графика. Б1.Б15 Сопромат Б1.Б16 Детали машин Б1.Б17 ТММ Б1.Б21 Термодинамика Б1.Б22 Теплопередача Б1.Б26 МЖГ Б1.В04 САПР	Б1.Б28 Автоматика и регулir. АД и ЭУ
АПК. НИ-1	способность творчески применять математические, естественнонаучные, профессиональные и специальные знания для подготовки и постановки задач научных исследований в профессиональной сфере деятельности	Б1.Б08 Математика Б1.Б09 Ур. матфизики Б1.Б11 Физика Б1.Б12 Теор. механика Б1.Б21 Термодинамика Б1.Б26 МЖГ Б1.В11 НИРС	–
АПК. НИ-3	способность готовить и выполнять научные и экспериментальные исследования, обработку и анализ их результатов самостоятельно и в составе групп, использовать автоматизированные системы регистрации и обработки информации	Б1.Б11 Физика Б1.В.01 основы инж. эксперимента Б1.В11 НИРС	Б1.В.10 Испыт. и обесп. надежности АД и ЭУ

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций АПК.ПК-1, АПК.НИ-1, АПК.НИ-3

2.1 Дисциплинарная карта компетенции АПК.ПК-1

Код	Формулировка компетенции:
АПК.ПК-1	способность принимать участие в работах по расчёту и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей и энергетических установок летательных аппаратов в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
АПК.ПК-1 Б1.ДВ.02.1	способность участвовать в расчётах процессов в авиационных газотурбинных двигателях и их узлах

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: – типовые схемы авиационных двигателей и методы их отображения с помощью, математических моделей; – современные методы математического моделирования процессов в авиационных двигателях;	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.	Вопросы рубежной контрольной работы
Уметь: – осуществлять постановку задачи численного моделирования процессов в авиационных двигателях и составление алгоритма ее решения; – задавать для неё начальные и граничные условия;	Практические занятия. Самостоятельная работа	Задания к практическим занятиям Индивидуальное задание Задания рубежной контрольной работы
Владеть: – навыками выбора уровня математической модели для решения конкретных задач проектирования авиационных двигателей.	Практические занятия. Самостоятельная работа	Задания к практическим занятиям Индивидуальное задание Экзамен

2.2 Дисциплинарная карта компетенции АПК.НИ-1

Код	Формулировка компетенции:
АПК.НИ-1	способность творчески применять математические, естественнонаучные, профессиональные и специальные знания для подготовки и постановки

	задач научных исследований в профессиональной сфере деятельности
--	--

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
АПК.НИ-1 Б1.ДВ.02.1	способность разрабатывать математические модели нестационарных процессов в авиационных газотурбинных двигателях и их узлах

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: – технологию постановки задачи численного моделирования процессов в авиационных двигателях и подготовки данных для вычислительного эксперимента;	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.	Вопросы рубежной контрольной работы
Уметь: – работать с конкретными схемами авиационных двигателей и составлять математические модели;	Практические занятия. Самостоятельная работа	Задания к практическим занятиям Индивидуальное задание Задания рубежной контрольной работы
Владеть: – навыками подготовки вычислительного эксперимента (алгоритмизация, начальные и граничные условия).	Практические занятия. Самостоятельная работа	Задания к практическим занятиям Индивидуальное задание Экзамен

2.3 Дисциплинарная карта компетенции АПК.ПК-3

Код	Формулировка компетенции:
АПК.НИ-3	способность готовить и выполнять научные и экспериментальные исследования, обработку и анализ их результатов самостоятельно и в составе групп, использовать автоматизированные системы регистрации и обработки информации.

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
ПК-32 Б1.ДВ.02.1	способность решать задачи диагностики технического состояния авиационных газотурбинных двигателей

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: – технологию построения математической модели авиационного двигателя;	Лекции. Самостоятельная работа студентов	Вопросы рубежной контрольной работы

	по изучению теоретического материала.	
Уметь: – решить задачу или составить алгоритм ее решения;	Практические занятия. Самостоятельная работа	Задания к практическим занятиям Индивидуальное задание Задания рубежной контрольной работы
Владеть: – навыками применения прикладного программного обеспечения для вычислительного эксперимента и составления отчета (описание разработанной модели) .	Практические занятия. Самостоятельная работа	Задания к практическим занятиям Индивидуальное задание Экзамен.

3 Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 5 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся указано в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Объём и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость
		всего
1	2	3
1	Аудиторная (контактная) работа	72
	- лекции (Л)	32
	- практические занятия (ПЗ)	36
	-контроль самостоятельной работы (КСР)	4
2	Самостоятельная работа студентов (СРС)	72
	-изучение теоретического материала	24
	-индивидуальное задание	24
	-подготовка к аудиторным занятиям (лекционным, практическим)	24
3	Итоговый контроль обучающихся по дисциплине (экзамен)	36
4	Трудоёмкость дисциплины, всего: в часах (ч) в зачётных единицах (ЗЕ)	180 ч 5 ЗЕ

4 Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учебного модуля	Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий (очная форма обучения)						Трудоёмкость, ч / ЗЕ
			аудиторная работа			КСР	Итоговый контроль	самостоятельная работа	
			всего	Л	ПЗ				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	2	2				4	6/0,2
		2	2	2				4	6/0,2
		3	6	2	4			4	10/0,3
	2	4	6	2	4			4	10/0,3
		5	6	2	4			4	10/0,3
		6	6	2	4			4	10/0,3
		7	2	2				4	6/0,2
		8	2	2				4	6/0,2
		9	6	2	4			4	10/0,3
		10	8	2	4	2		8	16/0,4
Итого по модулю:			46	20	24	2		44	90/2,5
2	3	11	8	4	4			8	16/0,4
		12	9	4	4	1		8	17/0,5
	Итого по модулю:			17	8	8	1		16
3	4	13	9	4	4	1		12	21/0,5
		Заключение							
	Итого по модулю:			9	4	4	1		12
Итоговая аттестация							Экзамен/36		36/1
Итого:			72	32	36	4	36	72	180/5,0

4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Модуль 1 Общие сведения о математическом моделировании. Математическая модель авиационного ГТД.

Раздел 1. Математические модели физических процессов и технология их применения при создании двигателей

Л – 6 ч, ПЗ-4 ч. СРС – 12 ч.

Введение. Предмет и цель изучения курса «математическое моделирование авиационных двигателей». Газотурбинный двигатель как объект проектирования. Главная задача термодинамического проектирования — определение его выходных характеристик на стационарных и нестационарных режимах при любом сочетании полетных и погодных условий.

Тема 1. Общие сведения о математическом моделировании.

Понятие математической модели объекта. Основные задачи, решаемые с помощью математического моделирования. Виды моделей и их классификация по уровню описания физических процессов. Комбинации моделей разного уровня. Фокусирование. Модели, работающие в реальном масштабе времени.

Тема 2. Определение облика двигателя с помощью модели самолета.

Основные положения методологии оптимального проектирования. Критерии оптимизации и требования, ограничивающие задачу оптимизации. Условия определения облика двигателя. Математическая модель самолета, или поляра. Область полетов самолета (эксплуатации двигателя). Определение потребных тяг двигателя. Данные для проектирования двигателя. Ожидаемые условия эксплуатации.

Тема 3. Критерии оптимизации авиационного двигателя.

Экономический критерий: стоимость жизненного цикла. Технические критерии: экономичность и КПД двигателя, дальность полета самолета (максимальная транспортная работа). Оптимальное соотношение скорости истечения и скорости полета, оптимизация КПД и степени двухконтурности.

Раздел 2. Методика построения математической модели двигателя.

Л – 14 ч, ПЗ — 20 ч., СРС – 32 ч. КСР-2 ч.

Тема 4. Блок-схема математической модели ГТД.

Разбиение ГТД как системы на подсистемы (блоки) и составление системы уравнений связей между блоками.

Тема 5. Понятие расходной характеристики узла.

Расходная характеристика как замыкающий (граничный) элемент системы. Типовые расходные характеристики компрессора, турбины, сопла.

Тема 6. Критерии подобия режимов работы ГТД.

Практический смысл применения критериев подобия для математических моделей узлов двигателя и двигателя в целом. Формирование критериев подобия. Геометрическое, кинематическое и гидродинамическое подобие режимов работы.

Тема 7. Физические основы построения математической модели камеры сгорания.

Закон Гесса. Теплотворная способность топлива. Теоретически необходимое количество окислителя и коэффициент избытка воздуха. Условия устойчивого горения.

Тема 8. Основы механизмов формирования эмиссии вредных веществ. Механизм генерации вредных веществ. Традиционная технология организации горения. Нормирование эмиссии окислов азота. Основные пути развития малоэмиссионных камер сгорания.

Тема 9. Математическая модель системы управления двигателем. Принципиальная схема системы управления. ПИД-регулятор. Дополнительные функции системы управления, многоконтурность.

Тема 10. Особенности моделирования процессов в смесителе и определение гидравлических потерь по тракту двигателя.

Функция и смысл применения смесителя в двухконтурном двигателе. Особенности математической модели смесителя и ее применение.

Модуль 2. Математическое моделирование стационарных, нестационарных и автоколебательных процессов в ГТД.

Раздел 3. Математическое моделирование стационарных, нестационарных и автоколебательных процессов в ГТД.

Л – 8 ч., ПЗ – 8 ч., СРС – 16 ч., КСР-1 ч.

Тема 11. Общая постановка задачи моделирования.

Формирование граничных и начальных условий. Исходные данные. Система дифференциальных уравнений математической модели. Рекуррентные соотношения. Условия окончания процесса моделирования (интегрирования системы уравнений): асимптотическое и периодическое решения.

Тема 12. Особенности моделирования автоколебательных процессов в компрессоре и камере сгорания.

Причины автоколебательности системы: краевые условия с энергетической подпиткой, наличие нелинейного элемента в системе (невозможность стационарного решения) и обратной связи. Упрощенные модели срыва горения в камере сгорания и помпажа в компрессоре.

Модуль 3. Применение математической модели ГТД в задачах диагностики технического состояния двигателей.

Раздел 4. Применение математической модели ГТД в задачах диагностики технического состояния двигателей

Л.—4 ч., ПЗ—4 ч., СРС—12 ч., КСР-1 ч.

Тема 13. Задача диагностики технического состояния объекта

Измеряемые и неизмеряемые параметры. Представление измеряемых параметров объекта в виде разложения функции в ряд Тэйлора в окрестности режима по неизмеряемым параметрам. Решение системы линейных уравнений относительно неизмеряемых параметров. Пример решения задачи.

4.3 Перечень тем практических занятий

Таблица 4.2 – Темы практических занятий.

№ п/п	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1	Тема 3	Разработка математической модели первого уровня для самолета -4 часа
2	Тема 4	Методика структурирования двигателя как подсистемы на примере ПС-90А, — 4 часа
3	Тема 5	Методика построения математических моделей узлов —4 часа.
4	Тема 6	Применение теории подобия в математическом моделировании —4 часа.
5	Тема 9	Построение математической модели системы управления двигателем —4 часа.
6	Тема 10	Построение математической модели смесителя — 4 часа
7	Тема 11	Формирование граничных и начальных условий. Исходные данные. Рекуррентные соотношения—4 часа
8	Тема 12	Постановка задачи моделирования автоколебательных процессов в двигателе—4 часа
9	Тема 13	Постановка задачи параметрической диагностики состояния объекта-4 часа

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом.

4.5 Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 4.4 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоёмкость, часов
1	2	3
1	Изучение теоретического материала	4
2	Изучение теоретического материала	4
3	Подготовка к практическим занятиям	4
4	Подготовка к практическим занятиям	4
5	Подготовка к практическим занятиям	4
6	Подготовка к практическим занятиям	4
7	Изучение теоретического материала	6
8	Изучение теоретического материала	6
9	Подготовка к практическим занятиям	4
10	Подготовка к практическим занятиям	4
11	Выполнение индивидуального задания	12
12	Изучение теоретического материала	4
13	Выполнение индивидуального задания	12
	Итого: в ч / в ЗЕ	72 / 2

4.5.1. Изучение теоретического материала

Тематика вопросов, изучаемых самостоятельно (в дополнение к лекциям)

Тема 1. Общие сведения о математическом моделировании.

Тема 2. Определение облика двигателя с помощью модели самолета.

Тема 7. Физические процессы в камере сгорания.

Тема 8. Основы механизмов формирования эмиссии вредных веществ.

4.5.2. Курсовой проект (курсовая работа)

Курсовой проект (курсовая работа) не предусмотрен.

4.5.3. Реферат

Реферат не предусмотрен.

4.5.4. Расчетно-графическая работа.

Расчетно-графическая работа не предусмотрена.

4.5.5. Индивидуальное задание

Предусмотрено выполнение индивидуального задания группой студентов, состоящей из двух человек. Тема индивидуального задания: составление математической модели авиационного двигателя (система уравнений, начальные и граничные условия, алгоритм численного интегрирования) применительно к конкретному для каждого задания двигателю (турбореактивный двухконтурный, турбовинтовой, турбовальный, форсажный/бесфорсажный, одно-, двух-, трехвальный и т.д.) из банка данных. В качестве исходных данных выдается изображение продольного разреза конкретного двигателя (Д-27, Д-136, НК-12, М-53, ВР.710, ВВ.211, СФМ.56, J-79 и т.п.). В результате выполнения индивидуального задания студент осваивает технологию разработки математической модели авиационного двигателя. Планируемый результат-способность студента разрабатывать алгоритм функционирования матмодели авиационного двигателя любой газодинамической схемы.

5 Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Проведение практических занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором учащиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности учащихся на достижение целей занятия.

Практические занятия проводятся в классе с использованием современных средств визуализации процессов, что позволяет развивать навыки работы в современной виртуальной среде проектирования двигателей. Решение конкретной задачи математического моделирования с применением современных вычислительных методов позволяет закрепить теоретические знания, полученные на лекциях, и в ходе самостоятельного изучения.

6 Управление и контроль освоения компетенций

6.1 Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных компетенций

Текущий контроль освоения дисциплинарных компетенций проводится в следующих формах:

- оценка работы студента на лекционных и практических занятиях в рамках рейтинговой системы.

6.2 Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных Дисциплинарных частей компетенций

Рубежный контроль освоения дисциплинарных компетенций проводится по окончании модулей дисциплины в следующих формах:

- бланочное тестирование (модуль 1);
- защита отчета по индивидуальному заданию (модуль 2);
- контрольная работа (модуль 3).

6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных компетенций

1) Экзамен

Экзамен по дисциплине проводится с использованием фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (разрабатывается отдельным документом).

Экзаменационная оценка выставляется с учетом результатов рубежного контроля.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблица планирования результатов обучения, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входят в состав РПД в виде приложения.

6.4 Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и частей компетенций

Таблица 6.1 - Виды контроля освоения элементов и частей компетенций

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля				
	Текущий и промежуточный		Рубежный	Промежуточная аттестация	
	ТК	ПЗ	ИЗ	КР	Экзамен
Усвоенные знания					
З.1 типовые схемы авиационных двигателей и методы их отображения с помощью математических моделей;	+				+
З.2 современные методы математического моделирования процессов в авиационных двигателях;	+				+
З.3 технология постановки задачи численного моделирования процессов в авиационных двигателях и подготовки данных для вычислительного эксперимента;	+				+
З.4 технология построения математической модели авиационного двигателя;	+	+			+
Освоенные умения					
У.1 составлять блок-схемы термодинамических моделей ГТД различных схем;		+	+	+	+
У.2 задавать начальные и граничные условия для решения системы уравнений, являющейся математической моделью двигателя		+	+	+	+
У.3 работать с конкретными схемами авиационных двигателей и составлять математические модели;		+	+	+	+
У.4 решить задачу или составить алгоритм ее решения;		+	+	+	+
Приобретенные владения					
В.1 навыками выбора уровня математической модели для решения конкретных задач проектирования авиационных двигателей.		+	+		+
В.2 навыками подготовки вычислительного эксперимента (алгоритмизация, начальные и граничные условия).		+	+		+
В.3 навыками применения прикладного программного обеспечения для вычислительного эксперимента и составления отчета (описание разработанной модели) .		+	+		+

ТК – текущий контроль; ИЗ – индивидуальное задание;

КР – рубежная контрольная работа по модулю (оценка знаний и умений);

ПЗ – выполнение практических занятий (оценка умений и владений)

8 Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

8.1 Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.ДВ.02.1 Математическое моделирование авиационных двигателей	Математический и научно-инженерный цикл (цикл дисциплины)		
(индекс и полное название дисциплины)	<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"> <input type="checkbox"/> обязательная <input checked="" type="checkbox"/> по выбору студента </td> <td style="width: 50%; text-align: center;"> <input type="checkbox"/> базовая часть цикла <input checked="" type="checkbox"/> вариативная часть цикла </td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> обязательная <input checked="" type="checkbox"/> по выбору студента	<input type="checkbox"/> базовая часть цикла <input checked="" type="checkbox"/> вариативная часть цикла
<input type="checkbox"/> обязательная <input checked="" type="checkbox"/> по выбору студента	<input type="checkbox"/> базовая часть цикла <input checked="" type="checkbox"/> вариативная часть цикла		

24.05.02 (код специальности)	Проектирование авиационных и ракетных двигателей/ Проектирование авиационных двигателей и энергетических установок (полное название направления подготовки / специальности)
---------------------------------	---

АД/АД (аббревиатура направления / специальности)	Уровень подготовки <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> специалист</tr></table>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/>		

 Форма обучения | | |-------------------------------------| | <input checked="" type="checkbox"/> | |-------------------------------------| || | заочная
| | очно-заочная

2017
 (год утверждения учебного плана ОПОП)

Семестр(ы) 9

Количество групп 1
 Количество студентов 20

Августинович В.Г.
 (фамилия, инициалы преподавателя)

профессор
 (должность)

Аэрокосмический

(факультет)

АД

(кафедра)

тел. 2391361
 (контактная информация)

Карта книго-
 обеспеченности
 в библиотеку сдана

8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины ¹


№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
1 Основная литература		
1	Августинович В.Г. Математическое моделирование авиационных двигателей: учеб. пособие/ В.Г. Августинович.—Пермь: Изд-во Перм. Гос. Техн. Ун-та, 2008.—100с.	49 + ЭБ
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
2	Численное моделирование нестационарных явлений в газотурбинных двигателях /под. ред. Августиновича В.Г. и Шмотина Ю.Н.—М.: Машиностроение, 2005.—536 с.	-
2.2 Периодические издания		
3	Авиационная и ракетная техника: научно-технический журнал / ПНИ-ПУ.— Пермь: ПНИПУ, 2000 - . — В вузах: ПГТУ 2007 - 2012 .— Издаётся с 2000 г. — Ежеквартальное .— ISSN 1994-3210.	
2.3 Нормативно-технические издания		
4	Технические описания газотурбинных двигателей: АМ-3, Д-20П, Д-30П, Д-30КУ/КП, ВК-1, АИ-20А, ТВ2-117, ГТД-3Ф, ГТД-350, Д-25В, АЛ-31Ф, ГТД-550СА, Р11Ф-300, РУ-19.	
2.4 Официальные издания		
Не предусмотрены		
2.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины		
1	Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс : полнотекстовая база данных электрон. документов изданных в Изд-ве ПНИ-ПУ]. – Электрон. дан. (1 912 записей). – Пермь, 2014- . – Режим доступа: http://elib.pstu.ru/ . – Загл. с экрана.	
2	Лань [Электронный ресурс : электрон.-библ. система : полнотекстовая база данных электрон. документов по гуманит., естеств., и техн. наукам] / Изд-во «Лань». – Санкт-Петербург : Лань, 2010- . – Режим доступа: http://e.lanbook.com/ . – Загл. с экрана.	
3	Консультант Плюс [Электронный ресурс : справочная правовая система : документы и комментарии : универсал. информ. ресурс]. – Версия Проф, сетевая. – Москва, 1992– . – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, свободный	

Основные данные об обеспеченности на 01.06.2017
(дата составления рабочей программы)

основная литература обеспечена не обеспечена

дополнительная литература обеспечена не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки



Н.В. Тюрикова

Данные об обеспеченности на
01.06.2017

(дата составления рабочей программы)

основная литература обеспечена не обеспечена

дополнительная литература обеспечена не обеспечена

Зав. отделом комплектования
научной библиотеки

Н.В. Тюрикова

Карта книго-
обеспеченности
в библиотеку сдана

8.2 Компьютерные обучающие и контролирующие программы

не предусмотрены.

8.3 Аудио- и видео-пособия

не предусмотрены.

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины

9.1 Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Лаборатория конструкций АД	Кафедра АД	111		20

9.2 Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Макет двигателя ПС-90	1		111

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		