

Yan

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



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**
Аэрокосмический факультет
Кафедра «Ракетно-космическая техника и энергетические системы»

УТВЕРЖДАЮ

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



[Handwritten signature]
06

Н.В. Лобов
2017 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Моделирование рабочих процессов в ракетных двигателях»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа специалитета

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

Специализация программы специалитета

**Проектирование ракетных двигателей
твердого топлива**

Квалификация выпускника:
Выпускающая кафедра:

инженер
**Ракетно-космическая техника и
энергетические системы**

Форма обучения:

очная

Курс: 4

Семестр(ы): 7

Трудоемкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:
Часов по рабочему учебному плану:

5
180

Виды контроля:

Экзамен: 7 Зачет: — Курсовой проект: — Курсовая работа: —


Учебно-методический комплекс дисциплины «Моделирование рабочих процессов в ракетных двигателях» разработан на основании:

- самостоятельно устанавливаемого образовательного стандарта по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», утвержденного приказом ректора от 03 апреля 2017 г., номер приказа №24-О;
- компетентностной модели выпускника ОПОП по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», специализации «Проектирование ракетных двигателей твердого топлива», утверждённой 03 апреля 2017 г.;
- базового учебного плана очной формы обучения по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», специализации «Проектирование ракетных двигателей твердого топлива», утвержденного 03 апреля 2017 г.

Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин «Высшая математика», «Физика», «Теоретическая механика», «Термодинамика», «Уравнения математической физики», «Теплопередача», «Механика жидкости и газа», «Численные методы в инженерных задачах», «Электротехника и электроника», «Автоматическое управление ракетными двигательными установками», «Теория, расчет и проектирование ракетных двигателей твердого топлива», «Основы конструирования ракетных двигателей твердого топлива», «Проектирование зарядов твердых ракетных топлив», «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика», «Сопrotивление материалов», «Теория механизмов и машин», «Детали машин и основы конструирования», «Автоматизация проектирования ракетных двигателей», «Конструкция ракетных двигателей твердого топлива», «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов», «САЕ-системы в механике деформируемого твердого тела», «САЕ-системы в механике жидкости и газа», «Научно-исследовательская работа студента» и программами учебной и производственной практик, участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчик

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


(подпись)

Н.Л. Бачев
(инициалы, фамилия)

Рецензент

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

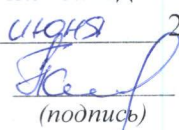

(подпись)

Р.В. Бульбович
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Ракетно-космическая техника и энергетические системы» «06» иниц 2017 г., протокол № 19.

Заведующий кафедрой «Ракетно-космическая техника и энергетические системы», ведущей дисциплину

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


(подпись)

М.И. Соколовский
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией Аэрокосмического факультета «28» 06 2017 г., протокол № 9.

Председатель учебно-методической комиссии аэрокосмического факультета

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

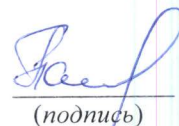

(подпись)

Н.Е. Чигодаев
(инициалы, фамилия)

Согласовано:

Заведующий выпускающей кафедрой «Ракетно-космическая техника и энергетические системы»

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


(подпись)

М.И. Соколовский
(инициалы, фамилия)

Начальник управления образовательных программ

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


(подпись)

Д.С. Репецкий
(инициалы, фамилия)

1 Общие положения

1.1 Цели дисциплины

Цель учебной дисциплины – изучение современных методов исследования рабочих процессов в ракетных двигателях (РД) и энергетических установках (ЭУ).

В процессе изучения данной дисциплины студент расширяет и углубляет следующие профессиональные и профессионально-специализированные компетенции:

– 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 в полном объёме задач научных исследований процессов, явлений и объектов в профессиональной сфере деятельности (АПК.НИ-1);

– способность применять профессионально-специализированные знания для разработки физических и математических моделей процессов и явлений в ракетных двигателях твердого топлива (АПСК-1).

1.2 Задачи дисциплины:

- освоение методов исследования рабочего процесса в РД и ЭУ;
- формирование умения и практических навыков математического и физического моделирования рабочего процесса в РД и ЭУ;
- привитие студентам навыков анализа и создания новых моделей рабочего процесса в РД и ЭУ.

1.3 Предметом изучения дисциплины являются следующие объекты:

- математические и физические модели рабочего процесса в РД и ЭУ;
- уравнения рабочего процесса на стационарном и нестационарном режимах работы;
- методы расчета параметров рабочего процесса.

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Моделирование рабочих процессов в ракетных двигателях» относится к вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)» дисциплин рабочего учебного плана и является обязательной при освоении ОПОП по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», специализации «Проектирование ракетных двигателей твердого топлива».

После изучения дисциплины обучающийся должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и продемонстрировать следующие результаты:

- **знать:**
 - модели рабочих процессов в РД и ЭУ на стационарном и нестационарном режимах работы;
 - методы математического и физического моделирования рабочих процессов в РД и ЭУ;
 - направления совершенствования рабочих процессов в РД и ЭУ.

- **уметь:**

- определять параметры рабочего процесса в соответствии с техзаданием;
- моделировать и анализировать рабочие процессы в РД и ЭУ;
- составлять математические модели рабочих процессов в РД и ЭУ.

- **владеть:**

- навыками использования моделей рабочего процесса при определении режимных параметров РД и ЭУ;
- навыками анализа результатов моделирования рабочих процессов в РД и ЭУ;
- навыками разработки математических и физических моделей рабочих процессов в РД и ЭУ.

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	Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика, Сопротивление материалов, Термодинамика, Теория механизмов и машин, Детали машин и основы конструирования, Теплопередача, Учебная практика (практика по получению первичных профессиональных умений и навыков).	Основы конструирования ракетных двигателей твердого топлива, Проектирование зарядов твердых ракетных топлив, Конструкция ракетных двигателей твердого топлива, Автоматизация проектирования ракетных двигателей, Конструирование и производство изделий из композиционных материалов, Производственная практика (стажировка проектно-конструкторская).
АПК.НИ-1	Способность творчески применять математические, естественнонаучные, профессиональные и специальные знания для подготовки и постановки в полном объёме задач научных исследований процессов, явлений и объектов в профессиональной сфере деятельности	Высшая математика, Физика, Теоретическая механика. Термодинамика, Уравнения математической физики, Теплопередача, Механика жидкости и газа, Численные методы в инженерных задачах, Электротехника и электроника,	Теория, расчет и проектирование ракетных двигателей твердого топлива, Научно-исследовательская работа студента.

		Автоматическое управление ракетными двигательными установками, Учебная практика (практика по получению первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности).	
Профессионально-специализированные компетенции			
АПСК-1	Способность применять профессионально-специализированные знания для разработки физических и математических моделей процессов и явлений в ракетных двигателях твердого топлива		CAE-системы в механике деформируемого твердого тела, CAE-системы в механике жидкости и газа.

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, АПСК-1.

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.В.03	Способность принимать участие в расчетах деталей и узлов РД и ЭУ в соответствии с техническими заданиями и использованием программных комплексов

Требования к компонентному составу компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знает: – модели рабочих процессов в РД и ЭУ на стационарном и нестационарном режимах работы;	Лекции с использованием мультимедиа-технологий. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.	Тестовые вопросы для рубежного контроля. Экзамен.
Умеет: – определять параметры рабочего процесса в соответствии с техзаданием;	Практические занятия и лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов по решению практических задач и выполнению расчетно-графических работ	Практические задания к контрольным работам. Отчеты по лабораторным и расчетно-графическим работам. Экзамен.
Владеет: – навыками использования моделей рабочего процесса при определении режимных параметров РД и ЭУ;	Лабораторные работы. Самостоятельная работа по выполнению расчетно-графических работ. Подготовка к экзамену.	Результаты решенных задач, выполненных лабораторных и расчетно-графических работ. 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 в полном объеме задач научных исследований процессов, явлений и объектов в профессиональной сфере деятельности

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
АПК.НИ-1. Б1.В.03	Способность применять знания при исследовании рабочих процессов в РД и ЭУ

Требования к компонентному составу компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знает: – методы математического и физического моделирования рабочих процессов в РД и ЭУ;	Лекции с использованием мультимедиа-технологий. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.	Тестовые вопросы для рубежного контроля. Экзамен.
Умеет: – моделировать и анализировать рабочие процессы в РД и ЭУ;	Практические занятия и лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов по решению практических задач и выполнению расчетно-графических работ	Практические задания к контрольным работам. Отчеты по лабораторным и расчетно-графическим работам. Экзамен.
Владеет: – навыками анализа результатов моделирования рабочих процессов в РД и ЭУ;	Лабораторные работы. Самостоятельная работа по выполнению расчетно-графических работ. Подготовка к экзамену.	Результаты решенных задач, выполненных лабораторных и расчетно-графических работ. Экзамен.

2.3 Дисциплинарная карта компетенции АПСК-1

Код	Формулировка компетенции
АПСК-1	Способность применять профессионально-специализированные знания для разработки физических и математических моделей процессов и явлений в ракетных двигателях твердого топлива

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
АПСК-1.Б1.В.03	Способность разрабатывать новые физические и математические модели рабочих процессов в РД и ЭУ

Требования к компонентному составу компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знает: – направления совершенствования рабочих процессов в РД и ЭУ;	Лекции с использованием мультимедиа-технологий. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.	Тестовые вопросы для рубежного контроля. Экзамен.
Умеет: – составлять математические модели рабочих процессов в РД и ЭУ;	Практические занятия и лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов по решению практических задач и выполнению расчетно-графических работ	Практические задания к контрольным работам. Отчеты по лабораторным и расчетно-графическим работам. Экзамен.
Владеет: – навыками разработки математических и физических моделей рабочих процессов в РД и ЭУ;	Лабораторные работы. Самостоятельная работа по выполнению расчетно-графических работ.	Результаты решенных задач, выполненных лабораторных и расчетно-графических работ. 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	Трудоемкость, час.
1	Аудиторная (контактная) работа	72
	– лекции (Л)	32
	– практические занятия (ПЗ)	18
	– лабораторные работы (ЛР)	18
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4
2	Самостоятельная работа	72
	– изучение теоретического материала	16
	– подготовка отчетов по лабораторным работам	18
	– индивидуальные задания (РГР)	38
3	Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине	Экзамен 36
4	Трудоёмкость дисциплины, всего:	
	в часах (ч)	180
	в зачётных единицах (ЗЕ)	5

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					итоговый контроль	самостоятельная работа		
			всего	Л	ПЗ	ЛР	КСР				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	Введение		1	1							1,0/0,03
1	1	1	12,5	4	4	4	0,5		6	18,5	
		2	6,5	4	2	-	0,5		2	8,5	
		3	12,5	4	2	6	0,5		28	40,5	
		4	8,5	4	2	4	0,5		6	14,5	
	Итого по модулю:		42	16	10	14	2		42	84/2,33	
2	2	5	6,5	4	2	-	0,5		2	8,5	
		6	8,5	4	4	-	0,5		2	10,5	
	Итого по модулю:		15	8	6	-	1		4	19,0/0,53	
3	3	7	4,5	4	-	-	0,5		20	24,5	
		8	10,5	2	2	4	0,5		6	16,5	
	Итого по модулю:		13	6	2	4	1		26	39,0/1,08	
	Заключение		1	1						1,0/0,03	
Промежуточная аттестация								Экзамен		36,0/1,00	
Всего:			72	32	18	18	4	36	72	180/5	

4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Введение. Л – 1 ч.

Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины. Место дисциплины в системе подготовки специалиста. Состав дисциплины. Формы промежуточного и заключительного контроля. Рекомендуемая основная и дополнительная литература. Основные методы построения моделей рабочего процесса в РД и ЭУ.

Модуль 1. Математические модели квазистационарных процессов в РДТТ

Раздел 1. Математические модели квазистационарных процессов в РДТТ

Л – 16 ч, ПЗ – 10 ч, ЛР- 14ч, СРС – 42 ч

Тема 1. Модели течения однофазных продуктов сгорания (ПС)

Двумерное течение однофазных ПС в камере сгорания (КС). Система уравнений. Постановка граничных условий. Коэффициент неравномерности скорости по

поперечному сечению канала. Одномерное течение однофазных ПС в КС. Система уравнений. Постановка граничных условий. Частные случаи течения ПС.

Тема 2. Математическая модель горения твердого топлива в турбулентном потоке.

Механизм и законы стационарного горения. Нестационарная скорость горения твердого топлива (ТТ). Возникновение турбулентного горения ТТ. Математическая модель горения ТТ в турбулентном потоке. Нестабильное горение заряда ТТ.

Тема 3. Движение двухфазных продуктов сгорания

Механизм взаимодействия двухфазных ПС. Нестационарное течение двухфазных ПС в КС. Нестационарное течение двухфазных ПС в предсопловом объеме КС и дозвуковой части сопла. Основные уравнения одномерного течения двухфазных ПС в сопле.

Тема 4. Предельные условия заряжания камеры сгорания

Предельные условия работы РДТТ. Выбор предельного давления в КС. Предельные условия заряжания. Определение гидродинамических потерь в предсопловом объеме РДТТ. Определение максимального давления. Влияние деформирования заряда на плотность заряжания.

Модуль 2. Математическая модель нестационарных процессов в РДТТ

Раздел 2. Математическая модель нестационарных процессов в РДТТ

Л – 8 ч, ПЗ – 6 ч, СРС – 4 ч

Тема 5. Механизм воспламенения твердотопливного заряда и выход двигателя на стационарный режим работы.

Физические предпосылки процесса воспламенения. Одномерная нестационарная модель выхода двигателя на стационарный режим. Нульмерная нестационарная модель выхода двигателя на стационарный режим. Приближенный метод определения временных характеристик двигателя.

Тема 6. Методы расчета параметров рабочего процесса для периода спада давления.

Способы прекращения работы двигателя. Критические условия прекращения работы двигателя. Методы расчета давления и температуры ПС после вскрытия отверстий. Математическое описание процесса в КС при гашении заряда ТТ впрыском жидкого хладагента.

Модуль 3. Моделирование рабочего процесса в камерах сгорания и газогенераторах ЖРД.

Раздел 3. Моделирование рабочего процесса в камерах сгорания и газогенераторах ЖРД.

Л – 6ч, ПЗ – 2 ч, ЛР-4 ч, СРС – 26 ч

Тема 7. Моделирование турбулентного течения и горения в ЖРД.

Двухфазное турбулентное течение с горением в КС ЖРД. Уравнения сохранения для газовой (непрерывной) фазы в форме Эйлера. Уравнения сохранения для капельной (дискретной) фазы в форме Лагранжа.

Тема 8. Моделирование межфазного взаимодействия

Спектры распыла капель. Модели межфазного силового взаимодействия. Модели межфазного теплового взаимодействия. Модели испарения капель.

Заключение -1 час.

Современные тенденции и пути совершенствования моделей рабочих процессов в РД и ЭУ.

4.3 Перечень тем практических занятий

Таблица 4.2 – Темы практических занятий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1	1	Определение параметров потока газов в предсопловом объеме – 2 ч
2	1	Определение параметров движения ПС в цилиндрическом канале заряда- 2ч
3	2	Расчет температуры газов в КС при турбулентном горении- 2 ч
4	3	Определение параметров течения двухфазной среды - 2 ч
5	4	Определение предельного давления в КС РДТТ- 2 ч
6	5	Определение времени выхода на стационарный режим работы камеры – 2 ч
7	6	Определение характеристик истечения после окончания горения ТТ – 2 ч
8	6	Расчет изменения давления в КС после полного сгорания ТТ – 2 ч
9	8	Определение диаметра капли горючего по времени и длине КС – 2 ч

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.3 – Темы лабораторных работ

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторной работы
1	1	Компьютерное моделирование течения ПС в канале заряда РДТТ – 2 ч
2	1	Компьютерное моделирование течения ПС в предсопловом объеме РДТТ – 2 ч
3	3	Компьютерное моделирование течения двухфазных ПС в канале заряда РДТТ – 2 ч
4	3	Компьютерное моделирование течения двухфазных ПС в пресопловом объеме КС РДТТ – 2ч
5	3	Компьютерное моделирование течения двухфазных ПС в дозвуковой части сопла РДТТ - 2ч
6	4	Расчетное определение относительного изменения давления при нормированном уносе массы в критическом сечении сопла – 2ч
7	4	Расчетное определение относительного изменения поверхности горения заряда при нормированном уносе массы в критическом

		сечении сопла – 2ч
8	8	Компьютерное моделирование диффузионного горения распыленных капель по времени и длине КС ЖРД -4ч

5. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Изучение дисциплины осуществляется в течение двух семестров, график изучения дисциплины приводится п.7.
5. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

5.1 Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 5.1 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоемкость, час.
1	2	3
1	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка отчета по лабораторной работе	4
2	Изучение теоретического материала	2
3	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка отчета по лабораторной работе	6
	Выполнение РГР	20
4	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка отчета по лабораторной работе	4
5	Изучение теоретического материала	2
6	Изучение теоретического материала	2
7	Изучение теоретического материала	2
	Выполнение РГР	18
8	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка отчета по лабораторной работе	4
	Итого час./ ЗЕ	72/2

5.1.1 Изучение теоретического материала

Тематика вопросов, изучаемых самостоятельно:

Тема 1. Течение газа в канале заряда нецилиндрической формы

Тема 2. Неустойчивые режимы работы РДТТ

Тема 3. Механизм горения металлических частиц

Тема 4. Влияние прочности заряда на плотность заряжания

Тема 5. Основные требования к воспламенительным устройствам

Тема 6. Комбинированный способ гашения заряда РДТТ

Тема 7. Методы расчета скорости турбулентного горения

Тема 8. Законы изменения диаметра капли горючего по времени и длине КС

5.1.2 Курсовой проект (курсовая работа)

Не предусмотрены.

5.1.3 Реферат

Не предусмотрен.

5.1.4 Расчетно-графические работы

Типовые темы РГР

1. Исследования по диффузионному горению распыленных капель горючего в КС ЖРД

2. Исследования по влиянию конденсированной фазы в составе ПС на выходные характеристики РДТТ

5.1.5 Индивидуальные задания

Не предусмотрены

5.2 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.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются и ставятся проблемные задачи, формируются команды, заслушиваются варианты решения. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: закрепление и углубление знаний, умений и навыков в области определения качества продукции на основании статистической обработки данных и построения корреляционных зависимостей, развитие творческой инженерной инициативы, закрепление навыков использования справочной и специальной технической литературы, навыков выполнения графической работы и оформления технической документации.

Проведение практических занятий и лабораторных работ основывается на интерактивном методе обучения, при которой 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.

6 Фонд оценочных средств дисциплины

6.1 Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится в следующих формах:

– опрос, текущая контрольная работа для анализа усвоения материала предыдущей лекции;

6.2 Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

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

- рубежное тестирование (модуль 1,2,3);
- контрольные работы (модуль 1, 2, 3);
- защита лабораторных работ (модуль 1,3);
- защита РГР (модуль 1,3)

6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

1) Зачёт

Не предусмотрен.

2) Экзамен

Экзамен по дисциплине проводится устно по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса и одно практическое задание.

Экзаменационная оценка выставляется с учётом результатов рубежного контроля.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы и методы оценки, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблицу 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 освоения дисциплины (ЗУВЫ)	Вид контроля					
	ТК	КР	ПЗ	ЛР	РГР	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7
Усвоенные знания						
ЗНАЕТ:						
- модели рабочих процессов в РД и ЭУ на стационарном и нестационарном режимах работы	+	+	+			ТВ
- методы математического и физического моделирования рабочих процессов в РД и ЭУ	+	+	+			ТВ
- направления совершенствования рабочих процессов в РД и ЭУ	+	+	+			ТВ
Освоенные умения						
Умеет:						
- определять параметры рабочего процесса в соответствии с техзаданием			+	+	+	КЗ
- моделировать и анализировать рабочие процессы в РД и ЭУ			+	+	+	КЗ
- составлять математические модели рабочих процессов в РД и ЭУ			+	+	+	КЗ
Приобретенные владения						
Владеет:						
- навыками использования моделей при определении режимных параметров РД и ЭУ				+	+	КЗ
- навыками анализа результатов моделирования рабочих процессов в РД и ЭУ				+	+	КЗ
- навыками разработки математических и физических моделей рабочих процессов в РД и ЭУ					+	КЗ

Примечание:

ТК – текущий контроль знаний по теме (опрос);

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

ИЗ – индивидуальное задание (оценка умений и владений);

ЛР – выполнение лабораторных работ с подготовкой отчёта (оценка умений);

ПЗ – выполнение практических занятий с подготовкой и защитой отчёта (оценка владения);

ТВ – теоретический вопрос; КЗ – комплексное задание экзамена.

Таблица 7.1 – График учебного процесса по дисциплине

Вид работы	Распределение часов по учебным неделям																		Итого
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Раздел:	P1									P2						P3			
Лекции	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			32
Практ. занятия	2		2		2		2		2		2		2		2		2		18
Лаборат. занятия		2		2		2		2		2		2		2		2		2	18
КСР								2					1					1	4
Изучение теор. мат.		2		2		2		2		2		2		2		2			16
Подготовка отчетов лаб. раб.	2		2		2		2		2		2		2		2		2		18
Расчетно-графическая работа	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	38
Модуль:	M1									M2						M3			144
Контрольные работы									+					+				+	
Дисциплин. контроль																			Экзамен 36

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

8.1. Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.В.03 <i>Моделирование рабочих процессов в ракетных двигателях</i>	Блок 1. Дисциплины (модули) <small>(блок дисциплины)</small>								
<small>(индекс и полное название дисциплины)</small>	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="padding: 0 10px;">базовая часть блока</td> <td style="border: 1px solid black; width: 20%; text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="padding: 0 10px;">обязательная</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="padding: 0 10px;">вариативная часть блока</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="padding: 0 10px;">по выбору студента</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/>	базовая часть блока	<input checked="" type="checkbox"/>	обязательная	<input checked="" type="checkbox"/>	вариативная часть блока	<input type="checkbox"/>	по выбору студента
<input type="checkbox"/>	базовая часть блока	<input checked="" type="checkbox"/>	обязательная						
<input checked="" type="checkbox"/>	вариативная часть блока	<input type="checkbox"/>	по выбору студента						

24.05.02	«Проектирование авиационных и ракетных двигателей», специализация «Проектирование ракетных двигателей твердого топлива»
<small>(код направления/ специальности)</small>	<small>(полное название направления подготовки / специальности)</small>

АРД / РД	Уровень подготовки <table style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="border: 1px solid black; text-align: center; width: 20px;">x</td></tr> <tr><td style="border: 1px solid black; text-align: center;"> </td></tr> <tr><td style="border: 1px solid black; text-align: center;"> </td></tr> </table>	x			специалист бакалавр магистр	Форма обучения <table style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="border: 1px solid black; text-align: center; width: 20px;">x</td></tr> <tr><td style="border: 1px solid black; text-align: center;"> </td></tr> <tr><td style="border: 1px solid black; text-align: center;"> </td></tr> </table>	x			очная заочная очно-заочная
x										
x										
<small>(аббревиатура направления/ специальности)</small>										

<u>2017</u> <small>год утверждения учебного плана ОПОП</small>	Семестр(ы) <u>7</u>	Количество групп <u>1</u>	Количество студентов <u>25</u>
---	---------------------	---------------------------	--------------------------------

<u>Бачев Николай Леонидович</u> <small>(фамилия, инициалы преподавателя)</small>	<u>доцент</u> <small>(должность)</small>
---	---

Аэрокосмический
(факультет)

РКТЭС
(кафедра)

2-39-12-33
(контактная информация)

Карта книго-обеспеченности в библиотеку сдана

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

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
1. Основная литература		
1	Ерохин Б.Т. Теория внутрикамерных процессов и проектирование РДТТ: Учебное пособие для высших технических учебных заведений.- М.: Машиностроение, 1991.- 559с.	55
2	Давыдов Ю.М., Егоров М.Ю. Численное моделирование нестационарных переходных процессов в активных и реактивных двигателях.- М.: Национальная академия прикладных наук России, 1999.- 272с.	24
3	Шишков А.Н., Панин С.Д., Румянцев Б.В. Рабочие процессы в ракетных двигателях твердого топлива: Справочник.- М.: Машиностроение, 1988.- 240с.	25
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Рабочие процессы в жидкостном ракетном двигателе и их моделирование / Лебединский Е.Н.В., Калмыков Г.П., Мосолов С.В. и др.- М.: Машиностроение, 2008.- 512с.	3
2	Алемасов В.Е., Дрегалин А.Ф., Черенков А.С. Основы теории физико-химических процессов в тепловых двигателях и энергетических установках: Учебное пособие для вузов.- М.: Химия, 2000.- 520с.	2
3	Виницкий А.М. Ракетные двигатели на твердом топливе.- М.: Машиностроение, 1973.- 347с.	34
2.2 Периодические издания		
	Не предусмотрены	
2.3 Нормативно-технические издания		
	Не предусмотрены	
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 [Электронный ресурс: полнотекстовая база данных электрон. документов изданных в Изд-ве ПНИПУ]. – Электрон. дан. (1 912 записей). – Пермь, 2014. – Режим доступа: http://elib.pstu.ru/ . – Загл. с экрана.	

Карта книго-
обеспеченности
в библиотеку сдана

2	Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс]: [полнотекстовая база данных: электрон. версии кн., журн. по гуманит., обществ., естеств. и техн. наукам] / Электрон.-библ. система «Изд-ва «Лань». – Санкт-Петербург, 2010-2016. – Режим доступа: http://e.lanbook.com , по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.	
---	---	--

Основные данные об обеспеченности на

06.06.2017

(дата одобрения рабочей программы на заседании кафедры)

основная литература

обеспечена

не обеспечена

дополнительная литература

обеспечена

не обеспечена

Зав. отделом комплектования научной библиотеки



Н.В. Тюрикова

Данные об обеспеченности на

(дата составления рабочей программы)

основная литература

обеспечена

не обеспечена

дополнительная литература

обеспечена

не обеспечена

Зав. отделом комплектования научной библиотеки

Н.В. Тюрикова

8.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.3.1 Перечень программного обеспечения, в том числе компьютерные обучающие и контролирующие программы

№ п/п	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Рег. номер	Назначение
1	2	3	4	5
1	Лабораторные и расчетно-графические работы	Mathcad 14 University Classroom	SE14RYMMEV0002-FLEX	Моделирование течения одно- и двухфазных ПС

8.4 Аудио- и видео-пособия

Вид аудио-видео пособия				Наименование учебного пособия
теле-фильм	кино-фильм	слайды	аудио-пособие	
1	2	3	4	5
		+		Электронные лекции-презентации по дисциплине «Моделирование рабочих процессов в ракетных двигателях»

9 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

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	Мультимедийная аудитория	РКТЭС	304 к.Д АКФ	72	42
2	Компьютерный класс	РКТЭС	314 к.Д АКФ	72	12

9.2. Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

№ п/п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма владения, пользования (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Проектор	1	Оперативное управление	304 к.Д АКФ
2	Компьютеры	12	Оперативное управление	314 к.Д АКФ

Лист регистрации изменений

№ п/п	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		
5		
6		