

УМ

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.



Н.В. Лобов

2017 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Системы автоматизированного проектирования»**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Программа специалитета

Специальность 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей»

Специализация программы специалитета

Проектирование ракетных двигателей  
твердого топлива

Квалификация выпускника:

инженер

Выпускающая кафедра:

Ракетно-космическая техника и  
энергетические системы

Форма обучения:

очная

Курс: 3

Семестр(ы): 5,6

Трудоемкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:

7

Часов по рабочему учебному плану:

252

Виды контроля:

Экзамен: 5

Зачет: 6


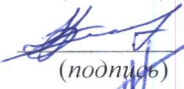
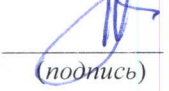
Курсовой проект: 6

Курсовая работа: –

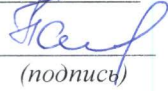
**Учебно-методический комплекс дисциплины «Системы автоматизированного проектирования»** разработан на основании:

- 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.

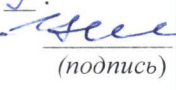
**Рабочая программа согласована** с рабочими программами дисциплин «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Детали машин и основы конструирования», ЖРД», «Конструкция ракетных двигателей твердого топлива» и программами учебной и производственных практик, участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчики	<u>ст. преподаватель</u> (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>О.О. Матюнин</u> (инициалы, фамилия)
	<u>ассистент</u> (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>М.А. Белкина</u> (инициалы, фамилия)
Рецензент	<u>д-р техн. наук, проф.</u> (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>Р.В. Бульбович</u> (инициалы, фамилия)

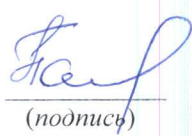
**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Ракетно-космическая техника и энергетические системы» «06» июня 2017 г., протокол № 19.**


Заведующий кафедрой «Ракетно-космическая техника и энергетические системы», ведущей дисциплину	<u>д-р техн. наук, проф.</u> (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>М.И. Соколовский</u> (инициалы, фамилия)
--	--	---	--

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

Председатель учебно-методической комиссии аэрокосмического факультета	<u>канд. техн. наук, доц.</u> (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>Н.Е. Чигодаев</u> (инициалы, фамилия)
---	---	---	---

**Согласовано:**

Заведующий выпускающей кафедрой «Ракетно-космическая техника и энергетические системы»	<u>д-р техн. наук, проф.</u> (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>М.И. Соколовский</u> (инициалы, фамилия)
--	--	--	--

Начальник управления образовательных программ	<u>канд. техн. наук, доц.</u> (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>Д.С. Репецкий</u> (инициалы, фамилия)
---	---	--	---



## 1 Общие положения

### 1.1 Цели дисциплины

**Цель учебной дисциплины** – формирование теоретических и практических навыков твердотельного моделирования и создания конструкторской документации сборочных единиц (СЕ), входящих в состав ракетных двигателей (РД), моделирования происходящих в них процессов с использованием современных пакетов прикладных программ (ППП) на персональных ЭВМ (ПЭВМ).

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

– способность принимать участие в разработке и оформлении эскизных, технических, рабочих и законченных проектов изделий и технологических процессов, проектно-технической и конструкторской документации (АПК.ПК-2).

### 1.2 Задачи дисциплины:

- изучение разновидностей САПР и возможности их применения при проектировании деталей и узлов в области машиностроения;
- изучение методов построения моделей деталей и узлов ракетных двигателей, создания на их основе чертежей деталей, сборочных чертежей и спецификаций;
- изучение методов математического моделирования и инженерного анализа с помощью современных САПР;
- формирование умения самостоятельно разрабатывать законченную конструкторскую документацию деталей и узлов ракетных двигателей, применять современные ППП для проведения прочностных и гидрогазодинамических расчетов;
- формирование навыков использования современных САПР при проектировании деталей и узлов ракетных двигателей.

### 1.3 Предметом изучения дисциплины являются следующие объекты:

- современные САПР.

### 1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Системы автоматизированного проектирования» относится к вариативной части блока I «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:**

- принципы разработки конструкторской документации в современных пакетах автоматизированного проектирования;
- основные разновидности современных САПР, возможности их применения при проектировании деталей и узлов ракетных двигателей;
- принципы и методы построения математических моделей для проведения прочностных и гидрогазодинамических расчетов;

• **уметь:**

– использовать современные САПР для построения твердотельных моделей и разработки конструкторской документации деталей и узлов ракетных двигателей;  
 – проводить инженерный анализ, прочностные и гидрогазодинамические расчеты с использованием современных САПР.

– пользоваться современными программами автоматизированного проектирования для создания конструкторской документации;

– использовать современные ППП для инженерного анализа элементов ракетного двигателя.

• **владеть:**

– современными САПР для решения задач разработки конструкторской документации деталей и сложных сборочных единиц ракетных двигателей;

– навыками создания расчетных моделей и проведения прочностных и гидрогазодинамических расчетов.

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)
<b>Профессиональные компетенции</b>			
АПК.ПК-2	Способность принимать участие в разработке и оформлении эскизных, технических, рабочих и законченных проектов изделий и технологических процессов, проектно-технической и конструкторской документации	Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика, Метрология, стандартизация и сертификация, Детали машин и основы конструирования, Учебная практика (практика по получению первичных профессиональных умений и навыков).	Конструкция ракетных двигателей твердого топлива, Производственная практика (практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности), Производственная практика (стажировка проектно-конструкторская).



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

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций АПК.ПК-2.

### 2.1 Дисциплинарная карта компетенции АПК.ПК-2

Код	Формулировка компетенции
АПК.ПК-2	Способность принимать участие в разработке и оформлении эскизных, технических, рабочих и законченных проектов изделий и технологических процессов, проектно-технической и конструкторской документации

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
АПК.ПК-2. Б1.В.04	Способность принимать участие в разработке эскизных проектов изделий ракетных двигателей и конструкторской документации с использованием современных пакетов прикладных программ на персональных электронно-вычислительных машинах.

### Требования к компонентному составу компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– принципы разработки конструкторской документации в современных пакетах автоматизированного проектирования;</li> <li>– основные разновидности современных САПР, возможности их применения при проектировании деталей и узлов ракетных двигателей;</li> <li>– принципы и методы построения математических моделей для проведения прочностных и гидрогазодинамических расчетов.</li> </ul>	<p>Лекции с использованием мультимедиа-технологий.</p> <p>Самостоятельная работа студента по изучению теоретического материала.</p>	<p>Вопросы контрольных работ текущего и рубежного контроля.</p> <p>Вопросы к экзамену.</p>
<p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– использовать современные САПР для построения твердотельных моделей и разработки конструкторской документации деталей и узлов ракетных двигателей;</li> <li>– проводить инженерный анализ, прочностные и гидрогазодинамические расчеты с использованием современных САПР.</li> </ul>	<p>Лабораторные работы.</p> <p>Самостоятельная работа студента по выполнению индивидуальных заданий.</p>	<p>Практические задания к контрольным работам рубежного контроля.</p> <p>Отчёты по лабораторным работам.</p> <p>Индивидуальные задания.</p> <p>Практические задания к экзамену.</p>

<b>Владеет:</b> – современными САПР для решения задач разработки конструкторской документации деталей и сложных сборочных единиц ракетных двигателей; – навыками создания расчетных моделей и проведения прочностных и гидрогазодинамических расчетов.	Лабораторные работы. Самостоятельная работа студента по выполнению индивидуальных заданий.	Отчёты по лабораторным работам. Практические задания к экзамену. Индивидуальные задания.
--	---	--

### 3 Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 7 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, час.		
		по семестрам		всего
		5 семестр	6 семестр	
1	2	3	4	5
1	<b>Аудиторная (контактная) работа</b>	<b>54</b>	<b>54</b>	<b>108</b>
	– лекции (Л)	18	–	18
	– лабораторные работы (ЛР)	32	50	82
	<b>Контроль самостоятельной работы (КСР)</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>8</b>
2	<b>Самостоятельная работа студентов (СРС)</b>	<b>18</b>	<b>90</b>	<b>108</b>
	– изучение теоретического материала	9	16	25
	– подготовка к аудиторным занятиям (лекциям, лабораторным работам)	9	–	9
	– курсовой проект	–	36	36
	– индивидуальные задания	–	38	38
3	<b>Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине</b>	<b>экзамен 36</b>	<b>зачет</b>	<b>36</b>
4	<b>Трудоёмкость дисциплины, всего:</b>			
	в часах (ч)	<b>108</b>	<b>144</b>	<b>252</b>
	в зачётных единицах (ЗЕ)	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>7</b>



## 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/ЗЕТ	
			Аудиторная работа					Итоговый контроль	Самостоятельная работа		
			Всего	Л	ПЗ	ЛР	КСР				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	Введение		<b>2</b>	<b>2</b>							<b>2/0,056</b>
1	1	1	3	1		2			1,5	4,5	
		2	3	1		2		1,5	4,5		
		3	6	2		4		2	8		
		4	6	2		4		2	8		
	Всего по модулю:		<b>19</b>	<b>6</b>		<b>12</b>	<b>1</b>		<b>7</b>	<b>26/0,722</b>	
2	2	5	6	2		4			2	8	
		6	6	2		4		2	8		
	Всего по модулю:		<b>13</b>	<b>4</b>		<b>8</b>	<b>1</b>		<b>4</b>	<b>17/0,472</b>	
3	3	7	6	2		4			2	8	
		8	6	2		4		2	8		
		9	6	2		4		3	9		
	Всего по модулю		<b>20</b>	<b>6</b>		<b>12</b>	<b>2</b>		<b>7</b>	<b>27/0,75</b>	
4	4	10	32			32			39	71	
		11	8			8		18	26		
	Всего по модулю		<b>42</b>			<b>40</b>	<b>2</b>		<b>57</b>	<b>99/2,75</b>	
5	5	12	4			4			13	17	
		13	6			6		20	26		
	Всего по модулю		<b>12</b>			<b>10</b>	<b>2</b>		<b>33</b>	<b>45/1,25</b>	
<b>Промежуточная аттестация</b>								<b>экзамен 36</b>		<b>36/1</b>	
<b>Всего:</b>			<b>108</b>	<b>18</b>	–	<b>82</b>	<b>8</b>	<b>36</b>	<b>108</b>	<b>252/7</b>	

### 4.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

#### Введение

Л – 2 ч.

Предмет и задачи дисциплины, ее место в системе подготовки. Состав дисциплины. Формы промежуточного и заключительного контроля. Рекомендуемая основная и дополнительная литература.

Общие сведения о системах автоматизированного проектирования (САПР). Основные понятия, термины, определения. САПР высокого/среднего/нижнего уровня. Модули CAD, CAE, CAM и их связь между собой. Разновидности САПР. Общие сведения о различных САПР (SolidWorks, Ansys, SolidEdge). Место САПР в машиностроении.

## **Модуль 1. Создание твердотельных моделей деталей**

### **Раздел 1. Создание твердотельных моделей деталей**

Л – 6 ч, ЛР – 12, СРС – 7 ч.

#### **Тема 1. Основы работы и интерфейс программы**

Этапы построения геометрических объектов. Основные принципы создания геометрических объектов. Типы геометрических объектов. Интерфейс SolidWorks.

#### **Тема 2. Основные принципы создания эскиза**

Режим эскиза. Плоскость построения эскиза (стандартные, вспомогательные). Правила построения эскизов. Начало координат. Объекты эскиза. Нанесение размеров и ограничений. Информация курсора. Отображение ошибок. Цветовые коды эскиза. Корректный эскиз.

#### **Тема 3. Отлитые и выточенные детали геометрических объектов**

Создание литьевого тела. Условия создания элемента. Тонкое тело. Создание тела вращения. Правила построения эскиза для тела вращения. Условия создания элемента. Простановка размера диаметра. Элементы редактирования тел. Массивы. Зеркальное отображение тел. Уклон. Накладные элементы.

#### **Тема 4. Сложные элементы и свойства деталей**

Сложные элементы. Элемент по траектории. Пространственная кривая – спираль. Элемент по сечениям. Создание справочных плоскостей. Трехмерный эскиз: правила построения, использование. Конфигурации, простая конфигурация, таблица конфигураций. Физические свойства детали. Присвоение материалов. Библиотека материалов. Массовые характеристики. Свойства детали.

## **Модуль 2. Создание сборочных единиц и конструкторской документации**

### **Раздел 2. Создание сборочных единиц и конструкторской документации**

Л – 4 ч, ЛР – 8 ч, СРС – 4 ч

#### **Тема 5. Построение сборок узлов и механизмов**

Панель инструментов. Создание новой сборки. Сборка метод «снизу». Сборка метод «сверху». Вставка компонентов в сборку. Сопряжения в сборке. Проверка конфликтов в сборке.

#### **Тема 6. Создание и оформление конструкторской документации**

Настройки чертежа. Панель «Слой». Панель «Тип линий». Редактирование формата листа. Создание чертежа детали. Главные виды, проекционные виды, разрезы. Примечания, настройка отображения примечаний. Пустой вид разрезов. Выравнивание видов, свободное расположение видов. Конфигурации в чертеже. Размеры чертежа. Проставление с сохранением параметризации. Настройка выносных линий, разрыв стрелок, наклон выносных линий. Выравнивание размеров. Нанесение примечаний: шероховатость, допуски формы, допуски размеров. Связь размера чертежа с примечанием. Создание чертежа сборки. Проставление позиций. Разрезы, исключение детали из разреза. Изменение штриховки. Спецификация сборочного чертежа.



## **Модуль 3. Численное моделирование и инженерный анализ**

### **Раздел 3. Численное моделирование и инженерный анализ**

Л – 6 ч, ЛР – 12 ч, СРС – 7 ч

#### **Тема 7. Численное моделирование процессов**

Численное моделирование процессов. Виды математических моделей. Методы проведения инженерного анализа и численного расчета. Программы численного моделирования процессов.

#### **Тема 8. Встроенный модуль SolidWorks Flo Simulation**

Возможности встроенного модуля SolidWorks Flo Simulation. Твердое тело и область занятая текучей средой. Проект и конфигурация. Интерфейс. Физические особенности. Задание граничных условий. Постановка целей проекта. Регулирование расчетной сетки. Управление процессом. Просмотр результатов. Определение точности решения.

#### **Тема 9. Основы работы в программном пакете Ansys**

Возможности, состав и область применения программного пакета Ansys. Импорт геометрии распространенных форматов. Создание геометрии средствами встроенного модуля Design Modeller. Создание расчетной сетки. Модуль Mechanical, численное моделирование задач твердого тела. Модуль CFX и Fluent, численное моделирование гидродинамических задач. Просмотр и обработка полученных результатов.

## **Модуль 4. Создание деталей и сборочных единиц ракетных двигателей**

### **Раздел 4. Создание деталей и сборочных единиц ракетных двигателей**

ЛР – 40 ч, СРС – 57 ч

#### **Тема 10. Моделирование деталей и создание сборки по чертежам атласа конструкций**

Изучение конструкции. Определение геометрических параметров деталей по сборочному чертежу конструкции. Определение и выбор материалов. Создание твердотельных моделей деталей и сборки конструкции.

#### **Тема 11. Создание конструкторской документации**

Создание чертежей из твердотельных моделей деталей. Создание сборочного чертежа конструкции. Создание спецификации сборочного чертежа. Оформление конструкторской документации согласно требованиям ЕСКД.

## **Модуль 5. Инженерный анализ конструкций ракетного двигателя**

### **Раздел 6. Инженерный анализ конструкций ракетного двигателя**

ЛР – 10 ч, СРС – 33 ч

#### **Тема 12. Инженерный анализ созданной конструкции в SolidWorks**

Создание проекта. Физические особенности. Задание граничных условий. Регулирование расчетной сетки. Проведение расчетов. Просмотр результатов. Определение точности решения. Оценка запаса прочности отдельных деталей конструкции при действии эксплуатационных нагрузок.

### Тема 13. Численное моделирование процессов в программном комплексе Ansys

Создание проекта. Импорт модели в Ansys. Создание расчетной сетки. Проведение прочностных расчетов. Проведение гидродинамических расчетов. Оценка запаса прочности отдельных деталей конструкции. Сравнение результатов с экспресс анализом SolidWorks.

#### 4.3. Перечень тем практических занятий

Не предусмотрены.

#### 4.4 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.2 – Темы лабораторных работ

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторной работы
1	1	Основные принципы построения деталей. Построение детали типа «Основание».
2	2	Работа с эскизом. Построение детали типа «Корпус». Построение детали типа «Вал».
3	3	Построение детали типа «Крышка». Создание тел вращения. Работа с массивами. Построение детали типа «Зубчатое колесо».
4	4	Элемент по траектории. Создание детали типа «Ручка». Спираль. Работа с материалами. Свойства детали. Создание детали типа «Пружина».
5	5	Сборка метод «снизу». Библиотека стандартных элементов. Создание сборки типа «Редуктор». Сборка метод «сверху». Создание сборки типа «Ременная передача».
6	6	Создание штампа стандартного формата. Создание чертежа «Вала». Создание сборочного чертежа и спецификации «Редуктора».
7	7	Ознакомление с программами численного моделирования процессов. Определение уравнений необходимых для решения задачи напряженно деформированного состояния. Определение параметров модели. Уравнения необходимые для проведения гидродинамического и газодинамического расчета течения.
8	8	Определение напряженно-деформированного состояния углового кронштейна.
9	9	Расчет течения жидкости в Г-образной трубе. Расчет течения газа в сопле Лавалья.



№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторной работы
10	10	Детализировка сборочной единицы. Снятие размеров. Определение геометрических особенностей и уточнение наличия, положения и размеров элементов деталей по описанию работы сборочной единицы ракетного двигателя. Работа со справочником для выбора стандартных размеров элементов. Создание сложных деталей сборочной единицы. Определение и выбор материалов. Создание сборки.
11	11	Создание чертежей сложных деталей. Вырезы, местные виды, вспомогательные виды. Создание чертежа сборки. Создание спецификации.
12	12	SolidWorks Flow Simulation. Визуализация течения жидкости.
13	13	Прочностные расчеты отдельных деталей сборки. Гидро- и газодинамические расчеты всей сборки.

## 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 лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Изучение дисциплины осуществляется в течение двух семестров, график изучения дисциплины приводится в 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 Подготовка к лабораторной работе	0,5 1
2	Изучение теоретического материала Подготовка к лабораторной работе	0,5 1
3	Изучение теоретического материала Подготовка к лабораторной работе	1 1

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоемкость, час.
4	Изучение теоретического материала	1
	Подготовка к лабораторной работе	1
5	Изучение теоретического материала	1
	Подготовка к лабораторной работе	1
6	Изучение теоретического материала	1
	Подготовка к лабораторной работе	1
7	Изучение теоретического материала	1
	Подготовка к лабораторной работе	1
8	Изучение теоретического материала	1
	Подготовка к лабораторной работе	1
9	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка к лабораторной работе	1
10	Изучение теоретического материала	7
	Выполнение индивидуального задания	20
	Выполнение курсового проекта	12
11	Изучение теоретического материала	2
	Выполнение индивидуального задания	8
	Выполнение курсового проекта	8
12	Изучение теоретического материала	3
	Выполнение индивидуального задания	4
	Выполнение курсового проекта	6
13	Изучение теоретического материала	4
	Выполнение индивидуального задания	6
	Выполнение курсового проекта	10
<b>Итого час./ ЗЕ</b>		<b>108/3</b>

### 5.1.1 Изучение теоретического материала

Тематика вопросов, изучаемых самостоятельно:

Тема 1. Дерево построения, работа с деревом построения. Настройки документа. Создание шаблонов.

Тема 2. Редактирование эскиза. Редактирование плоскости эскиза.

Тема 3. Динамическое редактирование элемента. Копирование элементов. Многотельная деталь.

Тема 4. Создание нового материала. Библиотека стандартных деталей.

Тема 5. Редактирование деталей в сборке. Вид с разнесенными частями.

Тема 6. Создание штампа. Перемещение размеров между видами, слоями.

Тема 7. Виды инженерного анализа. Прочностные расчеты. Оценка запаса прочности конструкции.

Тема 8. Термический анализ.

Тема 9. Выбор моделей турбулентности, безразмерное расстояние до стенки. Пристеночные функции. Улучшение качества сетки.



Тема 10. Выбор стандартных размеров элементов конструкции. Загрузка и создание библиотечных элементов.

Тема 11. Требования к оформлению конструкторской документации.

Тема 12. Определение расчета с учетом особенностей сборки.

Тема 13. Создание подходящей сетки с учетом требований численной модели. Выбор подходящих граничных условий. Определение решаемых Ansys уравнений. Мониторинг расчета.

### **5.1.2 Курсовой проект (курсовая работа)**

Студенты делятся на группы по 2-3 человека. Тема курсового проекта назначается преподавателем каждой группе своя. Работа над курсовым проектом ведется студентами по методическим рекомендациям. В курсовом проекте используются конструкции реальных ракетных двигателей. Оценивается корректность и полнота оформления конструкторской документации, корректность проведенных расчетов, полнота и качество сделанных по работе выводов, качество оформления пояснительной записки, а также понимание студентом назначения конструкции в составе ракетного двигателя.

Примерные типовые темы курсового проекта:

1. Разработка конструкторской документации и определение рабочих параметров на заданном режиме работы редуктора точной настройки.

2. Разработка конструкторской документации и определение НДС отсечного клапана горючего.

3. Разработка конструкторской документации и определение оптимального положения иглы на заданные режимы работы стабилизатора горючего.

4. Разработка конструкторской документации и определение давления среза штока отсечного клапана горючего.

### **5.1.3 Реферат**

Не предусмотрен.

### **5.1.4 Расчетно-графические работы**

Расчет напряженно деформированного состояния деталей при действии различных нагрузок.

Расчет течения жидкости в Г-образной трубе.

Расчет течения газа в сопле Лавала.

### **5.1.5 Индивидуальные задания**

Типовые темы индивидуальных заданий

**Модуль 4.** Разработка конструкторской документации блока клапанов (28 ч).

**Модуль 5.** Определение режимных характеристик блока клапанов по результатам гидродинамических расчетов (10 ч).

## **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.

Основной технологией, используемой при изучении данной дисциплины, является пошаговое самостоятельное (под наблюдением преподавателя) выполнение последовательности четко сформулированных действий для приобретения навыков работы в САПР.

Самостоятельная работа – изучение студентами теоретического материала, подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам, написание отчётов, работа в электронной образовательной среде и др. для приобретения новых теоретических и фактических знаний, теоретических и практических умений.

Консультация – индивидуальное общение преподавателя со студентом, руководство его деятельностью с целью передачи опыта, углубления теоретических и фактических знаний, приобретенных студентом на лекциях, в результате самостоятельной работы.

## **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 для анализа усвоения материала предыдущей лекции;
- оценка работы студента на лекционных и лабораторных 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:

- контрольные работы (модуль 1, 2, 3);
- защита лабораторных работ (модуль 1, 2, 3);
- защита индивидуальных заданий (модуль 4, 5).

### **6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций**

#### **1) Зачёт**

Зачет выставляется по итогам проведенного промежуточного контроля и при выполнении всех предусмотренных программой лабораторных работ, индивидуальных заданий и иных видов аудиторных занятий и самостоятельной работы.

#### **2) Экзамен**

Экзамен по дисциплине проводится устно по билетам. Билет содержит два практических задания и один теоретический вопрос.

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	ИЗ	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7
<b>Усвоенные знания</b>						
<b>Знает:</b>						
– принципы разработки конструкторской документации в современных пакетах автоматизированного проектирования.	+	+				ТВ
– основные разновидности современных САПР, возможности их применения при проектировании деталей и узлов ракетных двигателей.	+					ТВ
– принципы и методы построения математических моделей для проведения прочностных и гидрогазодинамических расчетов.	+	+				
<b>Освоенные умения</b>						
<b>Умеет:</b>						
– использовать современные САПР для построения твердотельных моделей и разработки конструкторской документации деталей и узлов ракетных двигателей.				+	+	КЗ
– проводить инженерный анализ, прочностные и гидрогазодинамические расчеты с использованием современных САПР.				+	+	КЗ
<b>Приобретенные владения</b>						
<b>Владеет:</b>						
– современными САПР для решения задач разработки конструкторской документации деталей и сложных сборочных единиц ракетных двигателей.					+	КЗ
– навыками создания расчетных моделей и проведения прочностных и гидрогазодинамических расчетов.					+	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.

### 7 График учебного процесса по дисциплине

Таблица 7.1 – График учебного процесса по дисциплине (5-й семестр)

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	
<b>Раздел:</b>	<b>P1</b>						<b>P2</b>						<b>P3</b>						
Лекции	2		2		2		2		2		2		2		2		2		18
Лаборат. занятия	2	2	2	2	2	2	2	2			4		4		4		4		32
КСР									2									2	4
Изучение теор. мат.		1		1		1		1		1		1		1		1		1	9
Подготовка к лаб. раб.		1		1		1		1		1		1		1		1		1	9
<b>Модуль:</b>	<b>M1</b>						<b>M2</b>						<b>M3</b>						<b>72</b>
Контрольные работы									+									+	
Дисциплин. контроль																			<b>Экзамен 36</b>

Таблица 7.2 – График учебного процесса по дисциплине (6-й семестр)

Вид работы	Распределение часов по учебным неделям																				Итого, ч
	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41			
<b>Раздел:</b>	<b>P4</b>										<b>P5</b>										
Лаборат. работы	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	50	
КСР								1				1						2		4	
Изучение теор. мат.	2	1		1		1		2		1		1	2	1	1	1	2			16	
Индив. задание	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			38	
Курсовой проект			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	1		36	
<b>Модуль:</b>	<b>M4</b>										<b>M5</b>										<b>144</b>
Контрольные работы									+				+					+			
Дисциплин. контроль																				<b>Зачет</b>	



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

### 8.1. Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

**Б1.В.04,  
Системы  
автоматизированного  
проектирования**

*(индекс и полное название дисциплины)*

**Блок 1. Дисциплины (модули)**

*(блок дисциплины)*

x

базовая часть блока

вариативная часть блока

x

обязательная

по выбору студента

**24.05.02**

*(код направления/  
специальности)*

**«Проектирование авиационных и ракетных двигателей»,  
специализация «Проектирование ракетных  
двигателей твердого топлива»**

*(полное название направления подготовки / специальности)*

**АРД / РД**

*(аббревиатура направления/  
специальности)*

Уровень  
подготовки

x

специалист

бакалавр

магистр

Форма  
обучения

x

очная

заочная

очно-заочная

**2017**

*год утверждения  
учебного плана ОПОП*

Семестр(ы)

**5,6**

Количество групп

**1**

Количество студентов

**25**

**Матюнин Олег Олегович**

*(фамилия, инициалы преподавателя)*

**ст. преподаватель**

*(должность)*

**Белкина Марина Анатольевна**

*(фамилия, инициалы преподавателя)*

**ассистент**

*(должность)*

**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
<b>1. Основная литература</b>		
1	Берлинер Э. М. САПР в машиностроении: учебник для вузов / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. - Москва: ИНФРА-М, 2010. – 447 с.	11
2	Дударева Н. Ю SolidWorks 2009 для начинающих / Н. Ю Дударева, С. А. Загайко. - Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2009. – 440 с.	3
3	Басов К.А. ANSYS для конструкторов / К. А. Басов. - М.: ДМК Пресс, 2009. – 247 с.	5
<b>2 Дополнительная литература</b>		
<b>2.1 Учебные и научные издания</b>		
1	Шингель Л. П. Системы автоматизированного проектирования. Решение задач прочностного анализа с использованием пакета программ ANSYS 12.1 : учебно-методическое пособие / Л. П. Шингель. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2015. – 52 с.	25 + ЭБ ПНИПУ
2	Берлинер Э. М. САПР в машиностроении : учебник для вузов / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. - Москва: ФОРУМ, 2011. – 447 с.	3
3	Мюррей Д. SolidWorks : пер. с англ. / Д. Мюррей. - Москва: Лори, 2003. – 604 с.	2
4	Мюррей Дэвид SolidWorks : Пер / ДэвидМюррей. - М.: Лори, 2001. – 458 с.	1
5	Т. 1 / Под ред. О. В. Букатина. - Москва: Машиностроение, 1992. - (Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т.; Т. 1). – 816 с.	92
6	Т. 2 / Под ред. А. В. Громака. - Москва: Машиностроение, 1992. - (Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т.; Т. 2). – 783 с.	59
7	Т. 3 / Под ред. В. Н. Волкова. - Москва: Машиностроение, 1992. - (Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т.; Т. 3). – 732 с.	65
<b>2.2 Периодические издания</b>		
Не предусмотрены		
<b>2.3 Нормативно-технические издания</b>		
Не предусмотрены		
<b>2.4 Официальные издания</b>		
Не предусмотрены		
<b>2.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины</b>		
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: <a href="http://elib.pstu.ru/">http://elib.pstu.ru/</a> . – Загл. с экрана.	
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: <a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a> , 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 работы, индивидуальные задания и курсовой проект	SolidWorks	SEN0211-20/07-2004	Построение твердотельных моделей деталей, создание сборок, разработка конструкторской документации, инженерные расчеты
2	Лабораторные работы, индивидуальные задания и курсовой проект	Ansys	444632	Проведение прочностных и гидро- и газодинамических расчетов
3	Лабораторные работы, курсовой проект	Microsoft Office	Общевузовская лицензия	Оформление пояснительной записки

#### 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



## 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 <sup>2</sup>	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		