

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



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

  
\_\_\_\_\_ Н.В.Лобов

« 17 » февраля 20\_\_ г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Современные компьютерные технологии в научных исследованиях и проектировании двигателей летательных аппаратов  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** магистратура  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 324 (9)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 24.04.05 Двигатели летательных аппаратов  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Аэродинамика, гидродинамика и процессы теплообмена двигателей летательных аппаратов  
(наименование образовательной программы)

# 1. Общие положения

## 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель – получение знаний, умений и навыков применять современное программное обеспечение для расчёта параметров рабочих процессов двигателей летательных аппаратов и разработки конструкторской документации их деталей и узлов.

Задачи:

- изучение методов построения моделей деталей и узлов двигателей летательных аппаратов, создания на их основе чертежей деталей, сборочных чертежей и спецификаций;
- формирование умения самостоятельно разрабатывать законченную конструкторскую документацию деталей и узлов двигателей летательных аппаратов;
- формирование умения решать инженерные задачи с применением программных систем компьютерного моделирования;
- формирование навыков использования современных САПР при проектировании деталей и узлов двигателей летательных аппаратов;
- формирование навыков применения современных численных методов и построения физико-математических и компьютерных моделей для решения задач прикладной механики в области ракетного двигателестроения с применением программных систем компьютерного инжиниринга.

## 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- CAD программы;
- конструкторская документация;
- программный комплекс ANSYS.

## 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-2	ИД-1ОПК-2	Знает возможности, преимущества и недостатки современных информационных технологий при выполнении научных исследований и разработок; стандартных пакетов прикладных программ; языки алгоритмизации процесса вычислений при проведении исследований; требования к информационной безопасности в профессиональной деятельности.	Знает возможности, преимущества и недостатки современных информационных технологий при выполнении научных исследований и разработок; стандартных пакетов прикладных программ; языки алгоритмизации процесса вычислений при проведении исследований; требования к информационной безопасности в профессиональной деятельности.	Зачет
ОПК-2	ИД-2ОПК-2	Умеет аргументированно выбирать и использовать современные информационные технологии при выполнении научных исследований и разработок, стандартные пакеты прикладных программ; алгоритмизировать процесс вычислений при проведении исследований, соблюдать требования информационной безопасности в той или иной сфере профессиональной деятельности.	Умеет аргументированно выбирать и использовать современные информационные технологии при выполнении научных исследований и разработок, стандартные пакеты прикладных программ; алгоритмизировать процесс вычислений при проведении исследований, соблюдать требования информационной безопасности в той или иной сфере профессиональной деятельности.	Индивидуальное задание
ОПК-2	ИД-3ОПК-2	Владеет навыками использования современных информационных технологий при выполнении научных исследований и разработок, стандартных пакетов прикладных программ, алгоритмизации процесса вычислений при проведении	Владеет навыками использования современных информационных технологий при выполнении научных исследований и разработок, стандартных пакетов прикладных программ, алгоритмизации процесса вычислений при проведении исследований,	Индивидуальное задание

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		исследований, организации и соблюдения требований информационной безопасности в профессиональной деятельности.	организации и соблюдения требований информационной безопасности в профессиональной деятельности.	
ОПК-5	ИД-1ОПК-5	Знать структуру и особенности организации работы проектно-конструкторских подразделений базового предприятия и принципы разработки конструкторской документации в современных пакетах автоматизированного проектирования.	Знает структуру и особенности организации работы проектно-конструкторских подразделений базового предприятия.	Дифференцированный зачет
ОПК-5	ИД-2ОПК-5	Уметь использовать современные САПР для построения твердотельных моделей и разработки конструкторской документации деталей и узлов двигателей летательных аппаратов и консолидировать свою работу с работой проектно-конструкторского подразделения при разработке проектных решений на различных этапах жизненного цикла.	Умеет консолидировать свою работу с работой проектно-конструкторского подразделения при разработке проектных решений по направлению "Двигатели летательных аппаратов" на различных этапах жизненного цикла.	Индивидуальное задание
ОПК-5	ИД-3ОПК-5	Владеть навыками управления проектами и использования современных САПР для решения задач разработки конструкторской документации и навыками конкретного участия в работе проектно-конструкторских подразделений по разработке проектных решений на различных	Владеет навыками конкретного участия в работе проектно-конструкторских подразделений по разработке проектных решений двигателей летательных аппаратов на различных этапах жизненного цикла.	Индивидуальное задание

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		этапах жизненного цикла.		

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах		
		Номер семестра		
		1	2	3
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	156	48	54	54
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:				
- лекции (Л)	36	8	14	14
- лабораторные работы (ЛР)	108	36	36	36
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)				
- контроль самостоятельной работы (КСР)	12	4	4	4
- контрольная работа				
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	168	60	54	54
2. Промежуточная аттестация				
Экзамен				
Дифференцированный зачет	9			9
Зачет	18	9	9	
Курсовой проект (КП)				
Курсовая работа (КР)				
Общая трудоемкость дисциплины	324	108	108	108

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
1-й семестр				
Общие сведения о САПР.	1	0	0	2
Тема 1. Общие сведения о системах автоматизированного проектирования (САПР). Основные понятия, термины, определения. САПР высокого/среднего/нижнего уровня. Модули САД, САЕ, САМ и их связь между собой. Разновидности САПР. Общие сведения о различных САПР (SolidWorks, SolidEdge). Место САПР в машиностроении.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Создание твердотельных моделей деталей.	3	10	0	6
Тема 2. Создание твердотельных моделей деталей Этапы построения геометрических объектов. Основные принципы создания геометрических объектов. Типы геометрических объектов. Интерфейс SolidWorks. 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. 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. 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.				
Создание сборочных единиц и конструкторской документации.	2	10	0	6
Тема 3. Создание сборочных единиц. Создание новой сборки. Сборка метод «снизу». Сборка метод «сверху». Вставка компонентов в сборку. Сопряжения в сборке. Проверка конфликтов в сборке. Тема 4. Создание 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.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Разработка конструкторской документации конструкций энергетического машиностроения.	0	16	0	38
Тема 5. Разработка конструкторской документации конструкций энергетического машиностроения. Изучение конструкции. Определение геометрических параметров деталей по сборочному чертежу конструкции. Определение и выбор материалов. Создание твердотельных моделей деталей и сборки конструкции. Создание чертежей из твердотельных моделей деталей. Создание сборочного чертежа конструкции. Создание спецификации сборочного чертежа. Оформление конструкторской документации согласно требованиям ЕСКД.				
Системы электронного документооборота.	2	0	0	8
Тема 6. Системы электронного документооборота. Представление данных в PLM. Объектно-ориентированная модель данных системы PLM для представления и хранения различной информации, описывающей изделие и его составные части. Представление конструкторской и технологической информации в различной форме – чертежи, текстовая документы, 3D-модели и другие электронные документы. Разработка и изменение конструкторской и технологической информации на протяжении всего жизненного цикла изделия. Информационная модель данных системы PLM для обеспечения хранения и управления конструкторской и технологической информацией.				
ИТОГО по 1-му семестру	8	36	0	60
2-й семестр				
Использование современных компьютерных технологий при проведении расчетов на прочность и устойчивость.	14	36	0	54
Введение. Сравнение ANSYS APDL и ANSYS Workbench. Нагрузки, действующие на ракетные двигатели при их эксплуатации. Тема 7. Основы прикладной теории упругости. Соотношения между напряжениями и деформациями. Общие уравнения теории упругости. Теории прочности. Энергетическая теория прочности. Физико-механические свойства материалов. Тема 8. Основы языка APDL. Тема 9. Особенности построения стержневых, балочных, оболочечных моделей в ANSYS. Аналитическое решение прогиба пластины. Особенности расчета прогиба пластин в ANSYS.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Влияние закрепленных на прогиб пластины. Расчеты оболочек в ANSYS в плоской, осесимметричной и трехмерной постановках. Тема 10. Устойчивость конструкции. Понятие устойчивости. Критические нагрузки. Устойчивость пластин и оболочек. Особенности расчетов на устойчивость в ANSYS. Тема 11. Решение контактных задач в ANSYS. Классификация контактов. Контактные и целевые элементы. Создание контактных пар в ANSYS. Модели контакта реализованные в ANSYS. Конечно-элементное разбиение контактных пар. Анализ начального состояния и постпроцессинг контактных пар. Моделирование связей в ANSYS. Задача Герца. Тема 12. Расчеты на прочность элементов конструкции двигателей летательных аппаратов в ANSYS.				
ИТОГО по 2-му семестру	14	36	0	54
<b>3-й семестр</b>				
Использование современных компьютерных технологий при проведении тепловых расчетов.	14	36	0	54
Введение. Виды теплового анализа. Тема 13. Стационарный тепловой анализ. Определение стационарного анализа. Доступные для теплового анализа элементы. Алгоритм проведения теплового анализа. Задание граничных условий (постоянные температуры, тепловой поток, конвекция, плотность теплового потока, энерговыделение). Задание типа анализа. Анализ результатов. Тема 14. Нестационарный тепловой анализ. Определение нестационарного теплового анализа. Конечные элементы и команды, используемые в нестационарном тепловом анализе. Задание начальных и граничных условий, типа анализа и получение решения. Управление выводом результатов расчета. Анализ результатов. Тема 15. Излучение. Решение задач лучистого теплообмена. Решение двумерной стационарной задачи лучистого теплообмена. Тема 16. Решение задач термоупругости.				
ИТОГО по 3-му семестру	14	36	0	54
ИТОГО по дисциплине	36	108	0	168

### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Основные принципы построения деталей. Построение детали типа «Основание».
2	Работа с эскизом. Построение детали типа «Корпус».
3	Построение детали типа «Крышка». Создание тел вращения. Работа с массивами. Построение детали типа «Зубчатое колесо».
4	Элемент по траектории. Создание детали типа «Ручка». Спираль. Работа с материалами. Свойства детали. Создание детали типа «Пружина».
5	Трехмерный эскиз: правила построения, использование. Конфигурации, простая конфигурация, таблица конфигураций. Физические свойства детали.
6	Сборка метод «снизу». Библиотека стандартных элементов. Создание сборки типа «Редуктор». Сборка метод «сверху». Создание сборки типа «Ременная передача».
7	Создание штампа стандартного формата. Создание чертежа «Вала». Создание сборочного чертежа и спецификации «Редуктора».
8	Детализировка сборочной единицы.
9	Настройка параметров чертежа. Создание основной надписи.
10	Создание чертежей сложных деталей. Вырезы, местные виды, вспомогательные виды. Создание чертежа сборки. Создание спецификации.
11	Расчет напряженно-деформированного состояния кронштейна.
12	Расчет напряженно-деформированного состояния прочноскрепленного заряда при действии внутреннего давления (модель ПДС).
13	Расчет напряженно-деформированного состояния прочноскрепленного заряда при действии внутреннего давления (осесимметричная модель).
14	Расчет напряженно-деформированного состояния прочноскрепленного заряда при действии внутреннего давления (трехмерная постановка).
15	Модальный анализ прочноскрепленного заряда.
16	Гармонический анализ прочноскрепленного заряда.
17	Расчет напряженно-деформированного состояния прочноскрепленного заряда при выходе двигателя на режим.
18	Расчет на устойчивость элементов конструкции ракетного двигателя.
19	Проведение стационарного теплового анализа конструкции.
20	Проведение нестационарного теплового анализа конструкции.
21	Решение двумерной задачи лучистого теплообмена.
22	Решение задачи термоупругости.

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. 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, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся 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 обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. 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. 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.

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

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А.А. Алямовский [и др.]. - СПб: БХВ-Петербург, 2005.	8
2	Берлинер Э. М. САПР в машиностроении : учебник для вузов / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. - Москва: ИНФРА-М, 2010.	11
3	Каплун А. Б. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство : [учебное пособие] / А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева. - Москва: Либроком, 2015.	6
4	Котов А. Г. САПР изделий из композиционных материалов. Моделирование процессов деформирования и разрушения в среде ANSYS : учебное пособие / А. Г. Котов. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	126

5	Янишевская А.Г. Использование программного комплекса ANSYS при расчетах тепловых процессов в машиностроении : учебное пособие / А.Г. Янишевская, И.Н. Пергун. - Омск: Изд-во ОмГТУ, 2001.	5
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Басов К. А. ANSYS для конструкторов / К. А. Басов. - М.: ДМК Пресс, 2009.	5
2	Васильев Б. Е. Численное моделирование задач динамики и прочности деталей газотурбинных установок и двигателей : учебное пособие / Б. Н. Васильев. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018.	4
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника / Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Под ред. В. Ю. Петрова ; Р. В. Бульбовича. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012 -.	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
1	Т. 1 / Под ред. О. В. Букатина. - Москва: , Машиностроение, 1992. - (Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т.; Т. 1).	26
2	Т. 2 / Под ред. А. В. Громака. - Москва: , Машиностроение, 1992. - (Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т.; Т. 2).	21
3	Т. 3 / Под ред. В. Н. Волкова. - Москва: , Машиностроение, 1992. - (Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т.; Т. 3).	27
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Каменских А. А. Реализация решения задач механики контактного взаимодействия в прикладном пакете ANSYS : учебное пособие / А. А. Каменских, М. Л. Бартоломей. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2017.	<a href="https://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib3967">https://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib3967</a>	локальная сеть; свободный доступ

### 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 1062978 )
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	SOLIDWORKS Education Edition ( дог.№ L271113-83М от 27.10.2013 каф.РКТЭС АКФ)

### 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	<a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
База данных Web of Science	<a href="http://www.webofscience.com/">http://www.webofscience.com/</a>
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	<a href="https://техэксперт.сайт/">https://техэксперт.сайт/</a>

### 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Персональный компьютер IBM PC	8
Лекция	Видеопроектор	1
Лекция	Персональный компьютер IBM PC	1

## **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе