

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

«САЕ-системы в механике жидкости и газа»

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: 5

Семестр(ы): 10

Трудоемкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:

4

Часов по рабочему учебному плану:

144

Виды контроля:

Экзамен: –

Дифф. зачет: 10

Курсовой проект: –

Курсовая работа: –

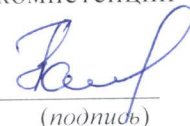
Учебно-методический комплекс дисциплины «САЕ-системы в механике жидкости и газа» разработан на основании:

- 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 «Теория, расчет и проектирование ракетных двигателей твердого топлива», «Моделирование рабочих процессов в ракетных двигателях», «Вычислительные технологии в авиадвигателестроении», «Основы конструирования ракетных двигателей твердого топлива», «Проектирование зарядов твердых ракетных топлив», «Конструирование и инженерные методы расчета РДТТ», «Конструирование и инженерные методы расчета ЖРД», «Динамика и прочность ракетных двигателей», «Конструкция ракетных двигателей твердого топлива», «САЕ-системы в механике деформируемого твердого тела» и программами производственной и преддипломной практик, участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчики

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


(подпись)

В.В. Павлоградский
(инициалы, фамилия)

ассистент


(ученая степень, звание)


(подпись)

И.В. Храмцов
(инициалы, фамилия)

Рецензент

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

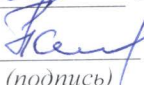

(подпись)

Р.В. Бульбович
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Ракетно-космическая техника и энергетические системы» «06» июня 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 «7» 07 2017 г., протокол № 10.

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 основных методов и задач вычислительной гидрогазодинамики и работы в программных комплексах для исследования процессов течений жидкости и газа.

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

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

– способность выполнять расчёты параметров рабочего процесса, нагруженности, прочностного, теплового состояния, характеристик ракетных двигателей твёрдого топлива, их деталей, узлов и систем и осуществлять их конструирование (АПСК-3).

1.2 Задачи дисциплины:

- изучение численных методов расчета течений жидкости и газа;
- освоение программы вычислительной динамики жидкости и газов для проведения газодинамических расчетов конструкции ракетных двигателей;
- формирование навыков владения персональным компьютером как инструментом для проведения расчетов элементов конструкции ракетных двигателей.

1.3 Предметом изучения дисциплины являются следующие объекты:

- численные методы расчета задач газовой динамики применительно к конструкции ракетных двигателей;
- современные компьютерные программы для решения задач газовой динамики.

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «САЕ-системы в механике жидкости и газа» относится к вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)» дисциплин рабочего учебного плана и является дисциплиной по выбору студента 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:**

– назначение, комплектацию основные возможности и этапы решения задач течения жидкости и газа применительно к деталям и узлам ракетных двигателей в ANSYS Fluent;

– методы решения и постановку задач течения жидкости и газа в ANSYS Fluent;

• **уметь:**

– использовать полученные знания при решении практических задач – корректно поставить математическую задачу для реального физического явления;

– использовать ANSYS Fluent для проведения вычислительных экспериментов и проводить анализ полученных результатов;

• **владеть:**

– навыками работы в программах для подготовки и постановки типовых вычислительных задач в области механики жидкости и газа;

– навыками работы в ANSYS Fluent для исследования течений применительно к реальным узлам и деталям ракетных двигателей.

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)
Профессионально-специализированные компетенции			
АПСК-1	Способность применять профессионально-специализированные знания для разработки физических и математических моделей процессов и явлений в ракетных двигателях твердого топлива	Моделирование рабочих процессов в ракетных двигателях.	САЕ-системы в механике деформируемого твердого тела.
АПСК-3	Способность выполнять расчёты параметров рабочего процесса, нагруженности, прочностного, теплового состояния, характеристик ракетных двигателей твёрдого топлива, их деталей, узлов и систем и осуществлять их конструирование	Вычислительные технологии в авиадвигателестроении, Теория, расчет и проектирование ракетных двигателей твердого топлива, Основы конструирования ракетных двигателей твердого топлива, Проектирование зарядов твердых ракетных топлив, Конструирование и инженерные методы расчета РДТТ, Конструирование и инженерные методы расчета ЖРД, Динамика и прочность ракетных двигателей, Конструкция ракетных двигателей твердого топлива, Производственная практика (стажировка проектно-конструкторская).	САЕ-системы в механике деформируемого твердого тела, Преддипломная практика (практика по выполнению выпускной квалификационной работы).

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

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций АПСК-1, АПСК-3.

2.1 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.ДВ.06.2	Способность применять профессионально-специализированные знания для разработки физических и математических моделей процессов и явлений в области механики жидкости и газа применительно к ракетным двигателям твердого топлива

Требования к компонентному составу компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знает: – назначение, комплектацию основные возможности и этапы решения задач течения жидкости и газа применительно к деталям и узлам ракетных двигателей в ANSYS Fluent;	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.	Вопросы контрольных работ рубежного контроля. Вопросы к дифф. зачёту.
Умеет: – использовать полученные знания при решении практических задач – корректно поставить математическую задачу для реального физического явления;	Лабораторные работы. Индивидуальное задание.	Отчеты по выполнению индивидуальных заданий. Отчеты по выполнению лабораторных работ Комплексные задания к дифф. зачёту.
Владеет: – навыками работы в программах для подготовки и постановки вычислительных задач в области механики жидкости и газа;	Лабораторные работы. Индивидуальное задание.	Отчеты по выполнению индивидуальных заданий. Отчеты по выполнению лабораторных работ Комплексные задания к дифф. зачёту.

2.2 Дисциплинарная карта компетенции АПСК-3

Код	Формулировка компетенции
АПСК-3	Способность выполнять расчёты параметров рабочего процесса, нагруженности, прочностного, теплового состояния, характеристик ракетных двигателей твёрдого топлива, их деталей, узлов и систем и осуществлять их конструирование

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
АПСК-3. Б1.ДВ.06.2	Способность выполнять газодинамические расчеты параметров рабочего процесса применительно к деталям и узлам ракетных двигателей

Требования к компонентному составу компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знает: – методы решения и постановку типовых задач течения жидкости и газа в ANSYS Fluent;	Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.	Вопросы контрольных работ рубежного контроля. Вопросы к дифф. зачёту.
Умеет: – использовать Ansys Fluent для проведения вычислительных экспериментов и проводить анализ полученных результатов	Лабораторные работы. Индивидуальное задание.	Отчеты по выполнению индивидуальных заданий. Отчеты по выполнению лабораторных работ Комплексные задания к дифф. зачёту.
Владеет: – навыками работы в Ansys Fluent для исследования течений применительно к реальным узлам и деталям ракетных двигателей;	Лабораторные работы. Индивидуальное задание.	Отчеты по выполнению индивидуальных заданий. Отчеты по выполнению лабораторных работ Комплексные задания к дифф. зачёту.

3 Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 4 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
	– лабораторные работы (ЛР)	36
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4
2	Самостоятельная работа	72
	– изучение теоретического материала	18
	– подготовка отчетов по лабораторным работам	18
	– индивидуальные задания	36
3	Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине	Дифф. зачет
4	Трудоёмкость дисциплины, всего:	
	в часах (ч)	144
	в зачётных единицах (ЗЕ)	4

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)							Итоговый контроль	Самостоятельная работа	Трудоёмкость, ч/ЗЕТ	
			Аудиторная работа					Итого- вый конт- роль	Самостоя- тельная работа				Трудо- ёмкость, ч/ЗЕТ
			Всего	Л	ПЗ	ЛР	КСР						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
		Введение	1	1						1/0,03			
1	1	1	9	4		5			10	19			
		2	9	4		5			10	19			
		3	9	4		5			10	19			
		4	9	4		5			10	19			
		Всего по модулю:	38	16		20	2		40	78/2,17			
		5	12	6		6			10	22			
		6	9	4		5			12	21			
		7	9	4		5			10	19			
		Всего по модулю:	32	14		16	2		32	64/1,77			
		Заключение	1	1						1/0,03			
Промежуточная аттестация								Дифф. зачет					
Всего:			72	32	–	36	4	–	72	144/4			

4.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Введение. Л – 1 час.

Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины. Место дисциплины в системе подготовки специалиста. Состав дисциплины. Формы текущего, рубежного и промежуточного контроля. Рекомендуемая основная и дополнительная литература.

Модуль 1. Решение основных уравнений вычислительной газовой динамики в ANSYS FLUENT

Раздел 1. Решение основных уравнений вычислительной газовой динамики в ANSYS FLUENT

Л – 16 ч; ЛР – 20 ч; СРС – 40 ч.

Тема 1. Введение в вычислительную газовую динамику

Краткое введение в вычислительную аэрогидродинамику: исторический обзор, примеры задач. Уравнения континуальной газовой динамики (Эйлера и Навье-Стокса), решаемые в программном пакете ANSYS Fluent. Основные решатели ANSYS Fluent и области их применения.

Тема 2. Основы решения задач вычислительной газовой динамики в ANSYS FLUENT

Введение в методологию вычислительной газовой динамики. Основные принципы решения задач вычислительной газовой динамики в ANSYS Fluent. Назначение, комплектация и основные возможности пакета. Типы задач вычислительной газовой динамики. Основные этапы решения задачи в ANSYS Fluent. Препроцессор, решатель и постпроцессор. Определение целей задач и области моделирования. Сравнение результатов численного моделирования с экспериментальными результатами.

Тема 3. Подготовка геометрических и сеточных моделей для работы в ANSYS FLUENT

Методы построения двух- и трехмерных расчетных областей в ANSYS DesignModeler. Способы построения структурированных, неструктурированных и гибридных сеток в ANSYS Meshing для проведения численного моделирования. Определение граничных условий в ANSYS DesignModeler/ANSYS Meshing. Работа с расчетной сеткой в решателе Fluent: импорт, проверка, локальное измельчение.

Тема 4. Решение основных уравнений вычислительной газовой динамики в ANSYS FLUENT

Основные методы численного решения уравнений гидродинамики и газовой динамики. Особенности метода конечных объемов в ANSYS Fluent. Математические модели, применяемые для расчета турбулентных течений жидкости и газов. Модели турбулентности, и рекомендации к их применению. Осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса и RANS модели турбулентности. Вихреразрешающее моделирование.

Модуль 2. Основы подготовки расчета в ANSYS FLUENT и постпроцессинг результатов

Раздел 2. Основы подготовки расчета в ANSYS FLUENT и постпроцессинг результатов

Л – 14 ч; ЛР – 16 ч; СРС – 32 ч.

Тема 5. Основы подготовки расчета в ANSYS FLUENT

Обзор интерфейса ANSYS FLUENT. Поддерживаемые форматы сеток. Определение свойств материалов. Домены жидкости, пористых материалов и твердых тел. Многокомпонентные и многофазные потоки. Моделирование потоков с учетом сжимаемости. Граничные и начальные условия. Рекомендации использования граничных условий. Настройки решателя. Выбор физических моделей. Выбор решателя, использование явных и неявных схем. Стационарные и нестационарные задачи. Критерии сходимости решения уравнений. Невязки, дисбалансы и контрольные точки. Запуск расчета.

Тема 6. Постпроцессинг. Расчет интегральных характеристик, графическая визуализация расчетных данных

Создание дополнительных функций. Создание дополнительных точек, линий и сечений в расчетной области. Определение интегральных характеристик. Анимация. Адаптация сетки. Критерии для адаптации. Дополнительные модули пользователя (UDF).

Тема 7. Типичные задачи механики жидкости и газа

Внешние течения. Обтекание тел. Обтекание цилиндра потоком вязкой несжимаемой жидкости. Моделирование внешнего сжимаемого течения. Моделирование периодического течения и теплопереноса. Нестационарные задачи. Расчет турбулентного течения.

Заключение. Л – 1 час.

Современные тенденции применения численного моделирования при проектировании, отработке и доводке авиационных и ракетных двигателей.

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, 2	Течение несжимаемой жидкости в изогнутой трубе с несколькими входными каналами – 6 ч.
2	2, 4	Численное моделирование стационарного обтекания профиля крыла – 6 ч
2	3, 5	Расчет течения сверхзвуковой струи – 7 ч.
4	4, 5	Расчет нестационарного движения потока в двумерном сопле – 7 ч
5	6, 7	Моделирование периодического отрывного течения за цилиндром – 5 ч
6	6, 7	Расчет ротор-статор взаимодействия – 5 ч

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 одного семестра, 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	Изучение теоретического материала	3
	Подготовка отчета по лабораторной работе	3
	Выполнение индивидуального задания	4
2	Изучение теоретического материала	3
	Подготовка к лабораторной работе	3
	Выполнение индивидуального задания	4
3	Изучение теоретического материала	3
	Подготовка к лабораторной работе	3
	Выполнение индивидуального задания	4
4	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка к лабораторной работе	2
	Выполнение индивидуального задания	6
5	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка к лабораторной работе	2
	Выполнение индивидуального задания	6
6	Изучение теоретического материала	3
	Подготовка к лабораторной работе	3
	Выполнение индивидуального задания	6
7	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка к лабораторной работе	2
	Выполнение индивидуального задания	6
	Итого час./ ЗЕ	72/2

5.1.1 Изучение теоретического материала

Тематика вопросов, изучаемых самостоятельно:

Тема 1. Использование пакетов прикладных программ для расчета задач газовой динамики при проектировании элементов конструкции летательных аппаратов.

Тема 2. Методы конечных элементов и конечных разностей для решения задач механики жидкости и газов.

Тема 3. Основные модели турбулентности в CFD пакетах.

Тема 4. Работа с интерфейсами и источниками.

Тема 5. CEL язык выражений CFX.

Тема 6. Решатель подвижного твердого тела.

Тема 7. Многофазные потоки и особенности их расчета.

5.1.2 Курсовой проект (курсовая работа)

Не предусмотрены.

5.1.3 Реферат

Не предусмотрен.

5.1.4 Расчетно-графические работы

Не предусмотрены.

5.1.5 Индивидуальные задания

Типовые темы индивидуальных заданий

Численное моделирование обтекания профиля крыла в двумерной постановке. Вычислить подъёмную силу. Исследовать местоположение отрывных зон и скачков уплотнения в зависимости от угла атаки.

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.

Лабораторные работы. Основной технологией, используемой при изучении данной дисциплины, является пошаговое самостоятельное (под наблюдением преподавателя) выполнение последовательности четко сформулированных индивидуальных заданий, которые позволяют студенту ответить на поставленные физические вопросы. Сами математические модели изучаемых явлений либо предполагаются известными, либо кратко описываются в методическом пособии. Основное внимание при работе со студентами уделяется получению с помощью компьютерного моделирования физических выводов о свойствах изучаемых явлений.

Самостоятельная работа – изучение студентами теоретического материала, подготовка к 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.

Информационные технологии – обучение в электронной образовательной среде с целью расширения доступа к образовательным ресурсам, увеличения контактного взаимодействия с преподавателем, построения индивидуальных траекторий подготовки и объективного контроля и мониторинга знаний студентов.

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.

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.
- защита отчетов лабораторных работ.
- защита отчета по индивидуальному заданию.

6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

1) Дифференцированный зачёт

Дифференцированный зачет (зачёт с оценкой) по дисциплине выставляется по итогам проведённого промежуточного контроля и при выполнении заданий всех лабораторных работ и иных видов аудиторных занятий и самостоятельной работы.

Дифференцированный зачет по дисциплине проводится в форме собеседования. Студент должен ответить на два теоретических вопроса и выполнить одно практическое задание. 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.

2) Экзамен

Не предусмотрен

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	ЛР	ИЗ	Дифф. зачет
Усвоенные знания					
Знает: – назначение, комплектацию основные возможности и этапы решения задач течения жидкости и газа применительно к деталям и узлам ракетных двигателей в ANSYS Fluent;	+	+			ТВ
– методы решения и постановку типовых задач течения жидкости и газа в ANSYS Fluent.	+	+			ТВ

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля				
	ТК	КР	ЛР	ИЗ	Дифф. зачет
Освоенные умения					
Умеет: – использовать полученные знания при решении практических задач – корректно поставить математическую задачу для реального физического явления;			+	+	КЗ
– использовать ANSYS Fluent для проведения вычислительных экспериментов и проводить анализ полученных результатов.			+		КЗ
Приобретенные владения					
Владеет: – навыками работы в программах для подготовки и постановки вычислительных задач в области механики жидкости и газа;			+	+	КЗ
– навыками работы в ANSYS Fluent для исследования течений применительно к реальным узлам и деталям ракетных двигателей.			+	+	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);

ТВ – теоретический вопрос; КЗ – комплексное задание экзамена.

7 График учебного процесса по дисциплине

Таблица 7.1 – График учебного процесса по дисциплине

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
Раздел:	Р1									Р2									
Лекции	2	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2	2		32
Лаборат. работы	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	36
КСР										2								2	4
Изучение теор. мат.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
Подготовка отчетов по лабор. работам	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
Индив. задание	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	36
Модуль:	М1									М2									
Контрольные работы																			+
Дисциплин. контроль																			Дифф. зачет

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

8.1. Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.ДВ.06.2
САЕ-системы в механике жидкости и газа

(индекс и полное название дисциплины)

Блок 1. Дисциплины (модули)

(блок дисциплины)

<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>

базовая часть блока

вариативная часть блока

<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>

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

<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

специалист

бакалавр

магистр

Форма обучения

<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

очная

заочная

очно-заочная

2017

*год утверждения
учебного плана ОПОП*

Семестр(ы)

10

Количество групп

1

Количество студентов

25

Павлоградский Виктор Васильевич

(фамилия, инициалы преподавателя)

доцент

(должность)

Храмцов Игорь Валерьевич

(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 <i>(автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)</i>	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
1. Основная литература		
1	Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей, Т.1. – М.: Мир, 1991. – 504 с.	19
2	Ашихмин В.Н. и др. Введение в математическое моделирование: учебное пособие для вузов. / Под ред. П.В. Трусова. – М.: Логос, 2007. – 439 с.	50
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Фрик П.Г. Турбулентность: подходы и модели. – М: Ижевск: Ин-т компьют. исслед., 2003. – 291 с.	63
2	Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 320 с.	20
3	Попов Д.Н., Панайотти С.С., Рябинин М.В. Гидромеханика. – М.: Издательство МГТУ им. Баумана, 2002. – 383 с.	86
4	Краснов М.В., Чигишев Ю.В. Unigraphics для профессионалов. М.: Лори, 2004. – 320 с.	4
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.	
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 работы	ANSYS	лиц. дог. 444632	Численное решение задач механики жидкости и газа

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 «САЕ-системы в механике жидкости и газа»

Карта книго-обеспеченности в библиотеку сдана

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		