

23. 07.17 3+

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

« 19 » 07 2017 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

«Механика жидкости и газа»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа специалитета

Специальность 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей»

Специализация программы специалитета

Проектирование ракетных двигателей
твёрдого 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: 6

Зачет: 5

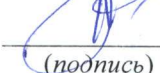
Курсовой проект: –

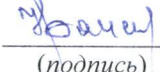
Курсовая работа: –


Учебно-методический комплекс дисциплины «Механика жидкости и газа» разработан на основании:

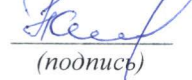
- самостоятельно устанавливаемого образовательного стандарта по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», утвержденного приказом ректора от 03 апреля 2017 г., номер приказа №24-о;
- компетентностной модели выпускника ОПОП по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных 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 «Высшая математика», «Физика», «Теоретическая механика», «Термодинамика», «Уравнения математической физики», «Теплопередача», «Теория, расчет и проектирование ракетных двигателей твердого топлива», «Численные методы в инженерных задачах», «Электротехника и электроника», «Автоматическое управление ракетными двигательными установками», «Моделирование рабочих процессов в ракетных двигателях», «Вычислительные технологии в авиадвигателестроении», «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика», «Компьютерные технологии в научных исследованиях», «Автоматизация проектирования ракетных двигателей», «Научно-исследовательская работа студента» и программами учебных практик, участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.


Разработчик д-р техн. наук, проф.  Р.В. Бульбович
(ученая степень, звание) (подпись) (инициалы, фамилия)

Рецензент канд. техн. наук, доц.  Н.Л. Бачев
(ученая степень, звание) (подпись) (инициалы, фамилия)


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

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

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией Аэрокосмического факультета «7»  2017 г., протокол № 10.

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

Согласовано:

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

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

1 Общие положения

1.1 Цели дисциплины

Цель учебной дисциплины – приобретение фундаментальных и прикладных знаний в области механики сплошных газовых сред, газовой динамики дозвуковых и сверхзвуковых потоков, пограничного слоя.

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

– способность решать задачи комплексного инженерного анализа с использованием общеинженерных знаний, стандартных методов математического анализа и моделирования, базовых прикладных программных средств (АОПК-2);

– способность творчески применять математические, естественнонаучные, профессиональные и специальные знания для подготовки и постановки в полном объёме задач научных исследований процессов, явлений и объектов в профессиональной сфере деятельности (АПК.НИ-1).

1.2 Задачи дисциплины:

– *изучение* основных физических положений, законов механики и термодинамики, описывающих рабочий процесс в ракетных двигателях твердого топлива; основных научных проблем в области механики жидкости и газа; роли и аппарате газодинамических исследований в процессе разработки двигателей летательных аппаратов и его элементов;

– *формирование умений* применения физико-математических методов моделирования и расчёта при анализе рабочего процесса в ракетных двигателях твердого топлива;

– *формирование навыков* творческого использования законов механики жидкости и газа в профессиональной деятельности, применения методов математического моделирования для анализа течений жидкости и газа, теоретического и экспериментального исследования процессов в дозвуковых и сверхзвуковых потоках в газодинамических объектах ракетных двигателей, противодействия лженаучным идеям и течениям на основе знания фундаментальных законов сохранения механики жидкости и газов.

1.3 Предметом изучения дисциплины являются следующие объекты:

– течения несжимаемых и сжимаемых сред в каналах различной формы;

– математические модели описания и способы решения задач по исследованию дозвуковых и сверхзвуковых течений.

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Механика жидкости и газа» относится к базовой 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 демонстрировать следующие результаты:

знать: основные физические положения, законы механики и термодинамики, описывающие рабочий процесс в ракетных двигателях твердого топлива;

• **уметь:**

применять физико-математические методы моделирования и расчёта при анализе рабочего процесса в ракетных двигателях твердого топлива;

• **владеть:**

навыками проведения тепловых и газодинамических расчётов рабочего процесса в ракетных двигателях твердого топлива.

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)
Общепрофессиональные компетенции			
АОПК-2	Способность решать задачи комплексного инженерного анализа с использованием общеинженерных знаний, стандартных методов математического анализа и моделирования, базовых прикладных программных средств	Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика, высшая математика, физика, теоретическая механика, компьютерные технологии в научных исследованиях, вычислительные технологии в авиадвигателестроении, учебная практика (практика по получению первичных профессиональных умений и навыков)	автоматическое управление ракетными двигателями установками, автоматизация проектирования ракетных двигателей
Профессиональные компетенции			
АПК.НИ-1	Способность творчески применять математические, естественнонаучные, профессиональные и специальные знания для подготовки и постановки в полном объёме задач научных исследований процессов, явлений и объектов в профессиональной сфере деятельности	высшая математика, физика, теоретическая механика, термодинамика, уравнения математической физики, теплопередача, учебная практика (практика по получению первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности)	численные методы в инженерных задачах, электротехника и электроника, автоматическое управление ракетными двигателями установками, моделирование рабочих процессов в ракетных двигателях, теория, расчет и проектирование ракетных двигателей твердого топлива, научно-исследовательская работа студента

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

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций АОПК-2, АПК.НИ-1.

2.1 Дисциплинарная карта компетенции АОПК-2

Код	Формулировка компетенции
АОПК-2	Способность решать задачи комплексного инженерного анализа с использованием общеинженерных знаний, стандартных методов математического анализа и моделирования, базовых прикладных программных средств

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
АОПК-2.Б1.Б.26	Способность решать задачи комплексного инженерного анализа с творческим использованием законов механики жидкости и газа, применением методов математического моделирования течений жидкости и газа, теоретического и экспериментального исследования процессов в дозвуковых и сверхзвуковых потоках, базовых прикладных программных средств

Требования к компонентному составу компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знает: законы механики жидкости и газа, методы математического моделирования течений жидкости и газа, теоретического и экспериментального исследования течений жидкости и газа	<i>Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.</i>	<i>Тестовые вопросы для текущего и рубежного контроля.</i>
Умеет: использовать методы математического моделирования и экспериментального исследования течений жидкости и газа с целью выработки компромиссных технических решений	<i>Практические занятия. Лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов (подготовка к лекциям, практическим занятиям, лабораторным работам).</i>	<i>Практические задания к контрольным работам. Отчёт по ЛР, индивидуальные задания, расчетная работа.</i>
Владеет: методиками расчёта течений жидкости, дозвуковых и сверхзвуковых потоков газа, в том числе, с использованием базовых прикладных программных средств с целью принятия компромиссных технических решений	<i>Самостоятельная работа по подготовке к зачёту.</i>	<i>Отчёт по ЛР, индивидуальные задания, расчетная работа. Вопросы к зачёту.</i>

2.2 Дисциплинарная карта компетенции АПК.НИ-1

Код	Формулировка компетенции
АПК.НИ-1	Способность творчески применять математические, естественнонаучные, профессиональные и специальные знания для подготовки и постановки в полном объёме задач научных исследований процессов, явлений и объектов в профессиональной сфере деятельности

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
АПК.НИ-1. Б1.Б.26	Способность творчески использовать законы механики жидкости и газа в профессиональной деятельности, применять методы математического моделирования и экспериментального исследования течений жидкости и газа для постановки и решения научных задач для объектов ракетно-космической техники

Требования к компонентному составу компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знает: законы механики жидкости и газа, методы математического моделирования течений жидкости и газа, теоретического и экспериментального исследования течений жидкости и газа	<i>Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.</i>	<i>Тестовые вопросы для текущего и рубежного контроля. Аналитический обзор. Реферат.</i>
Умеет: применять методы теоретического и экспериментального исследования течений жидкости и газа для постановки научного исследования объектов ракетно-космической техники	<i>Практические занятия. Лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов (подготовка к лекциям, практическим занятиям, лабораторным работам).</i>	<i>Практические задания к контрольным работам. Отчёт по ЛР, индивидуальные задания, расчетная работа.</i>
Владеет: методами математического моделирования с использованием прикладных программных средств, экспериментального исследования течений жидкости и газа для постановки и проведения научного исследования газо- и гидродинамики объектов ракетно-космической техники	<i>Самостоятельная работа по подготовке к зачёту.</i>	<i>Отчёт по ЛР, индивидуальные задания, расчетная работа. Вопросы к зачёту.</i>

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

№ пп	Виды учебной работы	Трудоёмкость, час.		
		по семестрам		всего
		5 семестр	6 семестр	
1	2	3	4	5
1	Аудиторная (контактная) работа	54	54	108
	– лекции (Л)	18	18	36
	– практические занятия (ПЗ)	18	14	32
	– лабораторные работы (ЛР)	14	18	32
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	8
2	Самостоятельная работа студентов (СРС)	54	54	108
	– изучение теоретического материала	20	15	35
	– расчётно-графические работы	6	8	14
	– подготовка к практическим занятиям	12	7	19
	– подготовка к лабораторным работам	4	16	20
	– подготовка отчётов по лабораторным работам	8	8	16
	– индивидуальные задания	4	-	4
3	Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине	зачет 0	экзамен 36	0/36
4	Трудоёмкость дисциплины, всего:			
	в часах (ч)	108	144	252
	в зачётных единицах (ЗЕ)	3	4	7

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)						КСР	итоговый контроль	СРС	Трудоёмкость, ч/ЗЕТ	
			аудиторная работа				КСР	итоговый контроль					СРС
			всего	Л	ПЗ	ЛР							
1	1	1	6	2	2	2	-		ИТМ-2 ППЗ-2 ПЛР-2	12			
		2	15	2	8	5	1		ИТМ-2 ППЗ-4 ПЛР-2 ПОЛР-2	26			
		Всего по модулю:	21	4	10	7	1		16	38			
2	2	3	3	2	1	-	-		ИТМ-2 ППЗ-1	6			
		4	4	2	1	1	-		ИТМ-2 ППЗ-1 ПОЛР-1	8			
		5	5	2	-	3	2		ИТМ-2 ПОЛР-2	11			
		6	7	2	2	3	-		ИТМ-2 ПОЛР-3	12			
		Всего по модулю:	19	8	4	7	2		16	37			
3	3	7	4	2	2	-	-		ИТМ-2 ППЗ-2 ИЗ-4 РР-6	18			
		8	6	4	2	-	1		ИТМ-6 ППЗ-2	15			
		Всего по модулю:	10	6	4	-	1		22	33			
Промежуточная аттестация										зачёт			
Всего за 5 семестр			50	18	18	14	4		54	108			
4	4	9	14	2	6	6	-		ИТМ-2 ППЗ-4 ПЛР-2	22			
		10	8	4	2	2	1		ИТМ-2 ППЗ-1	12			
		Всего по модулю:	22	6	8	8	1		11	34			
5	5	11	10	4	2	4	1		ИТМ-4 ПЛР-4 ПОЛР-4	23			
Всего по модулю:			10	4	2	4	1		12	23			

Номер учебного модуля	Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий (очная форма обучения)						КСР	итоговый контроль	СРС	Трудоёмкость, ч/ЗЕТ	
			аудиторная работа				КСР	итоговый контроль					СРС
			всего	Л	ПЗ	ЛР							
6	6	12	6	2	2	2	-		ИТМ-2 ППЗ-2 ПЛР-6	16			
		13	2	2	-	-	1		ИТМ-2 ПОЛР-2 РР-2	9			
Всего по модулю:			8	4	2	2	1		16	25			
7	7	14	6	2	1	3	-		ИТМ-2 ПЛР-2 РР-6	16			
		15	4	2	1	1	1		ИТМ-1 ПЛР-2 ПОЛР-2	10			
Всего по модулю:			10	4	2	4	1		15	26			
Итоговая аттестация									36	36 экзамен			
Всего за 6 семестр			50	18	14	18	4		36	54	144		
Итого:			100	36	32	32	8		36	108	252/7		

4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

5 семестр

Модуль 1. Основы газовой динамики.

Раздел 1. Основы газовой динамики единичной струйки.

Л – 4 ч., ПЗ – 10 ч., ЛР – 7 ч., СРС – 16 ч.

Тема 1. Сведения о свойствах жидкостей и газов.

Предмет и задачи дисциплины. Основные понятия, термины и определения. Формы промежуточного и заключительного контроля.

Роль дисциплины в системе знаний специалиста. Методические указания по изучению дисциплины. Рекомендуемая основная и дополнительная литература.

Физические свойства газа: сплошность, плотность, сжимаемость. Вязкость и понятие о пограничном слое. Уравнение состояния. Модели газа: идеальный газ, реальный газ. Международная стандартная атмосфера.

Тема 2. Основы газовой динамики единичной струйки.

Уравнение неразрывности. Уравнение энергии. Предельная скорость движения газа. Число Маха. Механическая форма уравнения энергии (уравнение Бернулли). Уравнение количества движения. Уравнение моментов количества движения.

Модуль 2. Введение в механику жидкости и газа.

Раздел 2. Основы кинематики и динамики жидкости и газа.

Л – 8 ч., ПЗ – 4 ч., ЛР – 7 ч., СРС – 13 ч.

Тема 3. Уравнения движения и энергии.

Движение жидкой частицы. Уравнение неразрывности. О силах, действующих в жидкости. Связь между напряжениями и деформациями. Уравнение Навье-Стокса. Уравнение энергии.

Тема 4. Гидродинамическое и тепловое подобие.

Гидродинамическое и тепловое подобие. Моделирование течений и экспериментальные методы исследования.

Тема 5. Некоторые формы течения идеальной несжимаемой жидкости и сжимаемого газа.

Слоистые течения. Уравнения движения идеальной жидкости. Плоские установившиеся потенциальные течения идеальной несжимаемой жидкости и сжимаемого газа.

Циркуляция скорости. Теорема Стокса.

Тема 6. Гидравлический расчёт трубопроводов. Сопротивления трения в круглой трубе. Учёт местных сопротивлений в трубопроводах.

Модуль 3. Ускорение газового потока.

Раздел 3. Сверхзвуковое сопло Лавалья.

Л – 6 ч., ПЗ – 4 ч., СРС – 25 ч.

Тема 7. Сопло Лавалья для «чистых» газов.

Метод характеристик и метод парабол для профилирования сверхзвуковой части сопла Лавалья для «чистого» газа. Нерасчетные режимы истечения из сопла Лавалья.

Тема 8. Сопло Лавалья для двухфазных потоков. Газовая динамика двухфазных потоков. Особенности двухфазных потоков и профилирования сопел реактивных двигателей, работающих на двухфазном рабочем теле.

6 семестр

Модуль 4. Слабые и сильные возмущения в потоке.

Раздел 4. Слабые и сильные возмущения в потоке.

Л – 6 ч., ПЗ – 8 ч., ЛР – 8 ч., СРС – 11 ч.

Тема 9. Скачки уплотнения.

Прямые скачки уплотнения. Косые скачки уплотнения. Кинематические и динамические соотношения, ударная адиабата.

Тема 10. Течение Прандтля-Майера.

Распространение слабых возмущений в до- и сверхзвуковом потоке газа. Сверхзвуковое течение газа с непрерывным увеличением скорости (течение Прандтля-Майера).

Модуль 5. Численные методы исследования газодинамических процессов.

Раздел 5. Численные методы исследования газодинамических процессов.

Л – 4 ч., ПЗ – 2 ч., ЛР – 4 ч., СРС – 12 ч.

Тема 11. Численные методы исследования течений жидкостей и газов. Численные методы. Модели турбулентности. Постановка граничных и начальных

условий. Формы представления результатов численного исследования. Возможности численных пакетов.

Модуль 6. Пограничный слой (8 часов).

Раздел 6. Пограничный слой.

Л – 4 ч., ПЗ – 2 ч., ЛР – 2 ч., СРС – 16 ч.

Тема 12. Основные понятия и виды пограничного слоя.

Ламинарный пограничный слой. Переход от ламинарного к турбулентному режиму течения в пограничном слое. Турбулентный пограничный слой.

Тема 13. Влияние воздействий на пограничный слой.

Отрыв пограничного слоя. Взаимодействие пограничного слоя со скачками уплотнения.

Модуль 7. Основы аэродинамики.

Раздел 7. Основы аэродинамики.

Л – 4 ч., ПЗ – 2 ч., ЛР – 4 ч., СРС – 15 ч.

Тема 14. Аэродинамические силы и моменты.

Принцип обращения движения. Физические причины возникновения аэродинамических сил. Основные системы координат, используемые в аэродинамике. Аэродинамические силы и моменты. Демпфирующий аэродинамический момент.

Коэффициент центра масс и центра давления. Статическая устойчивость летательного аппарата. Свойства устойчивости и управляемости летательного аппарата.

Тема 15. Аэродинамические характеристики профилей и крыльев конечного размаха в дозвуковом и сверхзвуковом потоках.

Подъемная сила крыла, теорема Жуковского. Нормальная сила и сопротивление плоской пластинки. Центр давления крыла конечного размаха, средняя аэродинамическая хорда.

4.3 Перечень тем практических занятий

Таблица 4.2 – Темы практических занятий

№ пп	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
5 семестр		
1.	1	Основные физические свойства жидкостей и газов (2 ч.)
2.	2	Основы газовой динамики единичной струйки (4 ч.).
3.	2	Влияние сжимаемости газа на параметры одномерного потока (2 ч.)
4.	2	Кинематика жидкой среды (система Эйлера и Лагранжа) (2 ч.)
5.	3,4	Гидродинамическое подобие (2 ч.)
6.	6	Гидравлический расчёт трубопроводов (2 ч.).
7.	7,8	Выбор сопла на заданное значение тяги (4 ч.)
6 семестр		
8.	9	Прямой скачок уплотнения (2 ч.)
9.	9	Применение пневматического насадка для определения скорости сверхзвукового потока (2 ч.)

10.	9	Косой скачок уплотнения (2 ч.)
11.	10	Течение Прандтля-Майера (обтекание внешнего тупого угла потоком газа) (2 ч.)
12.	11	Обтекание притуплённого конуса дозвуковым и сверхзвуковым потоком (2 ч.)
13.	12	Определение режима течения и параметров пограничного слоя (2 ч.)
14.	14,15	Определение аэродинамических характеристик крыла (2 ч.)

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.3 – Темы лабораторных работ

№ пп	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторной работы
5 семестр		
1.	1	Измерение давления в замкнутой полости. Поверка манометров на грузопоршневом манометре (2 час.).
2.	2,4	Исследование режимов движения жидкости в цилиндрической трубе (2 час.)
3.	2	Построение экспериментальных пьезометрической и полной напорной линий для потока жидкости в трубе переменного сечения (геометрическая иллюстрация уравнения Бернулли) (4 час.)
4.	5.6	Исследование коэффициента сопротивления трения в круглой трубе (2 час.)
5.	5,6	Экспериментальное определение коэффициентов местных сопротивлений в трубопроводах (4 час.)
6 семестр		
6.	9	Исследование ударно-волнового процесса отражения в ударной трубе (4 ч.)
7.	9,10	Экспериментальное исследование отрывных течений в сопле Лавала (4 ч.).
8.	12	Определение коэффициента расхода сопла (2 ч.)
9.	11,14	Техника работы в пакете ANSYS CFX. Обтекание притуплённого конуса дозвуковым и сверхзвуковым потоком (6.)
10.	11, 15	Определение аэродинамических характеристик крыла (2 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 практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Изучение дисциплины осуществляется в течение двух семестров, график изучения дисциплины приводится п.7.

5. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

5.1 Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 5.1 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоемкость, час.
1	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка к практическим занятиям	2
	Подготовка к лабораторной работе	2
2	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка к практическим занятиям	4
	Подготовка к лабораторной работе	2
	Подготовка отчётов по лабораторным работам	2
3	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка к практическим занятиям	1
4	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка к практическим занятиям	1
	Подготовка отчётов по лабораторным работам	1
5	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка отчётов по лабораторным работам	2
6	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка отчётов по лабораторным работам	3
7	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка к практическим занятиям	2
	Выполнение индивидуального задания	4
	Выполнение расчётно-графической работы	6
8	Изучение теоретического материала	6
	Подготовка к практическим занятиям	2
9	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка к практическим занятиям	4
	Подготовка к лабораторной работе	2
10	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка к практическим занятиям	1
11	Изучение теоретического материала	4
	Подготовка к лабораторной работе	4
	Подготовка отчётов по лабораторным работам	4
12	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка к практическим занятиям	2
	Подготовка к лабораторной работе	6
13	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка отчётов по лабораторным работам	2
	Выполнение расчётно-графической работы	2

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоемкость, час.
14	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка к лабораторной работе	2
	Выполнение расчётно-графической работы	6
15	Изучение теоретического материала	1
	Подготовка к лабораторной работе	2
	Подготовка отчётов по лабораторным работам	2
	Итого час./ ЗЕ	108/3

5.1.1 Изучение теоретического материала

Тематика вопросов, изучаемых самостоятельно:

Тема 1.

1.1. «Подходы кинетической теории газов».

1.2. «Рассмотрение газа как свободно-молекулярного потока».

Тема 2. «Пневматический способ измерения скорости летательного аппарата (трубка Пито)».

Тема 3. «Вывод уравнения энергии с учётом подвода тепла за счёт теплопроводности».

Тема 5.

5.1. «Построение полей скоростей в сверхзвуковом потоке методом характеристик».

5.2. «Исследование обтекания тонких тел при малых углах атаки в дозвуковом и сверхзвуковом потоке методом малых возмущений (метод линеаризации)».

5.1.2 Курсовой проект (курсовая работа)

Не предусмотрены.

5.1.3 Реферат

Не предусмотрен.

5.1.4. Расчётно-графическая работа

5 семестр

Тема расчетной работы: «Выбор сопла на заданное значение тяги» в соответствии с номером варианта исполнения.

6 семестр

Тема расчетной работы: «Численное исследование обтекания тела дозвуковым (сверхзвуковым) потоком» в соответствии с номером варианта исполнения.

5.1.5 Индивидуальные задания

Индивидуальное задание выполняется по теме: «Исследование течения Прандтля-Майера». Темы индивидуальных заданий:

1. Проанализировать влияние коэффициента адиабаты на параметры потока после обтекания внешнего тупого угла.
2. Проанализировать влияние коэффициента адиабаты на параметры формулы А.Я. Черкеза.
3. Оценить влияние числа Маха на параметры потока после обтекания внешнего тупого угла при заданном коэффициенте адиабаты ($k=1,14; 1,25; 1,33; 1,41$).
4. Применить «метод равномерной характеристики» для профилирования сопла.
5. Рассчитать параметры сверхзвукового течения вдоль выпукло-вогнутой стенки (задаются геометрические параметры стенки).
6. Рассчитать линию тока потока, обтекающего внешний тупой угол.

5.2 Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

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

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием, способствующего развитию творческой инженерной инициативы и навыков работы в команде, при этом определяются и ставятся проблемные задачи, формируются команды, заслушиваются варианты решения (например, при выборе сопла на заданное значение тяги). При проведении практических занятий преследуются следующие цели: закрепление и углубление знаний, умений и навыков расчёта параметров дозвуковых и сверхзвуковых течений, использования численных методов решения газодинамических задач, использования пакетов для решения газодинамических задач Flo Works, ANSYS CFX, справочной и специальной технической литературы, навыков выполнения графической работы и оформления технической документации.

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

6 Фонд оценочных средств дисциплины

6.1 Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится в следующих формах:

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

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

6.2 Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

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

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

- *контрольные работы (модуль 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7);*
- *защита лабораторных работ (модуль 1, 2, 4, 5, 6, 7);*
- *защита индивидуальной работы (модуль 3).*

6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

1) Зачёт (5 семестр)

Условия проставления зачёта по дисциплине:

- зачёт по дисциплине выставляется по итогам проведённого промежуточного контроля и при выполнении заданий всех практических занятий, лабораторных работ, и самостоятельной работы в части: изучения теоретического материала (темы: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 и 8), выполнения и защиты расчетно-графической работы по теме «Выбор сопла на заданное значение тяги» и индивидуального задания «Исследование течения Прандтля-Майера».

2) Экзамен (6 семестр)

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

Экзаменационная оценка выставляется с учётом результатов рубежной аттестации.

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

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

Таблица 6.1 – Виды контроля освоения элементов и частей компетенций

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля					
	ТК	КР	ПЗ	ЛР	ИЗ	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7
Усвоенные знания						
Знает: законы механики жидкости и газа, методы математического моделирования течений жидкости и газа, теоретического и экспериментального исследования течений жидкости и газа	+	+	+			ТВ
Освоенные умения						
Умеет: использовать методы математического моделирования и экспериментального исследования течений жидкости и газа с целью выработки компромиссных технических решений			+	+		КЗ
применять методы теоретического и экспериментального исследования течений жидкости и газа для постановки научного исследования объектов ракетно-космической техники			+	+		КЗ
Приобретенные владения						
Владеет: методиками расчёта течений жидкости, дозвуковых и сверхзвуковых потоков газа, в том числе, с использованием базовых прикладных программных средств с целью принятия компромиссных технических решений			+		+	КЗ
методами математического моделирования с использованием прикладных программных средств, экспериментального исследования течений жидкости и газа для постановки и проведения научного исследования газо- и гидродинамики объектов ракетно-космической техники				+	+	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 ч.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Раздел:	Р1						Р2						Р3						
Лекции	2				2			2	2		2		2	2	2		2		18
Практич. занятия	2		2		2	2	2			2		2				2		2	18
Лаборат. занятия		2		2		2	2		2		2		2						14
КСР							1						2					1	4
Изучение теор. матер.		2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	20
Подготовка к ПЗ	1	1	1	1	1	1			1		1			1	1	1	1		12
Подготовка к ЛР		1		1		1	1												4
Подгот. отчёта по ЛР						1	1	1	1	1	1	1	1						8
Индивид. задания														1	1	1	1		4
Расчётная работа														1	1	2	1	1	6
Модуль:	М1						М2						М3						108
Контрольные работы							+						+					+	
Дисциплинарный контроль																			зачёт

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											
Раздел:	Р4							Р5							Р6							Р7							
Лекции	2		2		2		2		2		2		2		2		2		2		2		2		2		18		
Практич. занятия		2		2	2	2		2				2				2				2				2			14		
Лаборат. занятия	2		2		2	2		2		2		2		2		2		2		2		2		2		2	18		
КСР						1				1				1				1				1			1		4		
Изучение теор. матер.		1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1		1	1	1		1	1	1	15		
Подготовка к ПЗ		1	1	1	1	1							1		1												7		
Подготовка к ЛР		1		1				1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16		
Подгот. отчёта по ЛР							1	1	1	1			1	1								1	1		1	1	8		
Индивид. задания																											-		
Расчётная работа														1	1	1	2	2	1								8		
Модуль:	М4							М5							М6							М7							108
Контрольные работы							+					+					+									+			
Дисциплинарный контроль																											экза-мен 36		

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

8.1. Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.Б.26
Механика жидкости и газа

(индекс и полное название дисциплины)

Блок 1. Дисциплины (модули)

(блок дисциплины)

<input checked="" type="checkbox"/>	базовая часть блока	<input checked="" type="checkbox"/>	обязательная
<input type="checkbox"/>	вариативная часть блока	<input type="checkbox"/>	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"/>	специалист
	<input type="checkbox"/>	бакалавр
	<input type="checkbox"/>	магистр

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

2017
*год утверждения
учебного плана ОПОП*

Семестр(ы) 5,6

Количество групп 1

Количество студентов 25

Бульбович Роман Васильевич
(фамилия, инициалы преподавателя)

профессор
(должность)

Аэрокосмический
(факультет)

РКТЭС
(кафедра)

2-37-85-42
(контактная информация)

Карта книго-
обеспеченности
в библиотеку сдана

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

№ пп	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
1 Основная литература		
1.	Механика жидкости и газа: Учебник для вузов по специальности 010500 – Механика / Л.Г. Лойцянский. – 7-е изд., испр. – М.: Дрофа, 2003. – 840 с.	116
2.	Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. В 2 ч. Ч.1: Учеб. руководство: Для втузов. – 5-е изд., перераб. и доп. -. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1991. – 600 с.	42
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
3.	Гидроаэромеханика: пер. с нем. / Л. Прандтль. - 2-е изд. - М.; Ижевск: Регуляр. и хаот. динамика, 2000. – 573 с.	17
4.	Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. В 2 ч. Ч.2: Учеб. руководство: Для втузов. – 5-е изд., перераб. и доп. -. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1991. – 301 с.	39
2.2 Периодические издания		
5.	Известия РАН. Механика жидкости и газа. – М.: Наука.	
2.3 Нормативно-технические издания		
6.	Газодинамические функции. Пятизначные таблицы для адиабатического изоэнтропического потока и адиабатического изоэнтропического потока с подводом массы: учебное пособие для студентов / Ю.Д. Иров и др. – М.: Машиностроение. 1965. – 399 с.	48
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

Карта книго-
обеспеченности
в библиотеку сдана

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

№ пп	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Рег. номер	Назначение
1	2	3	4	5
1	П7	Выбор сопла на заданное значение тяги		Программа предназначена для выбора параметров сопла на заданное значение тяги на расчётном режиме и построена на процедуре однопараметрической оптимизации сопла из семейства укороченных сопел при заданном значении выходного угла сопла
2	Л9, Л10, П11	Пакет прикладных программ SolidWorks (газодинамика)		Пакет прикладных программ используется для численного исследования дозвуковых и сверхзвуковых течений и обтекания тел различной формы

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
				Не предусмотрено

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.	<i>Огневой стенд</i>	<i>кафедра РКТЭС</i>	<i>лаборатории кафедры РКТЭС, корпус «Д» АКФ, литера В</i>	72	8
2.	<i>Лаборатория экспериментальных исследований</i>	<i>кафедра РКТЭС</i>	<i>лаборатории кафедры РКТЭС, корпус «Д» АКФ, литера В, ауд. 6</i>	50	8
3.	<i>Авторизованный компьютерный центр «Solid Works»</i>	<i>кафедра РКТЭС</i>	414	72	8

9.2. Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

№ пп	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1.	<i>Огневой стенд (модельный РДТТ, панель, датчики, регистрирующая аппаратура «Мера», компрессор, баллонная рампа и др.)</i>	1	<i>оперативное управление</i>	<i>лаборатории кафедры РКТЭС, корпус «Д» АКФ, литера В</i>
2.	<i>Установка для исследования ударно-волнового процесса (ударная труба, пьезокварцевые датчики давления, регистрирующая аппаратура «Мера»)</i>	1	<i>оперативное управление</i>	<i>лаборатории кафедры РКТЭС, корпус «Д» АКФ, литера В, ауд. 6</i>
4.	<i>Авторизованный центр «SolidWorks» кафедры РКТЭС (8 ПК, программное обеспечение для проведения газодинамических расчетов в среде «SolidWorks»)</i>	1	<i>оперативное управление</i>	<i>ауд. 414 корпус Д, литера А</i>

Лист регистрации изменений

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