

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

_____ Левихин А.А.

« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕЧЕНИЕ ГАЗА С ЧАСТИЦАМИ

Направление/специальность подготовки	24.04.05 Двигатели летательных аппаратов
Специализация/профиль/программа подготовки	Авиационная и ракетно-космическая теплотехника
Уровень высшего образования	Магистратура
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА
Кафедра-разработчик рабочей программы	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
6	11	4	144	68	34	0	34	76	0	0	76	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

24.04.05 Двигатели летательных аппаратов

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА
Тетерина Ирина Владимировна, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕЧЕНИЕ ГАЗА С ЧАСТИЦАМИ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-2.3 — Способен проводить работы, анализировать и обобщать результаты по численному моделированию газодинамических и теплообменных процессов в двигателях и энергоустановках ЛА, а также наземных энергетических установок на базе авиационных и ракетных двигателей

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПК-2.3

знания:

законы и основные физико-математические модели переноса теплоты и массы применительно к установкам и системам различного назначения; принципы применения современных информационных технологий в науке и предметной деятельности;

умения:

использовать математический аппарат и информационные технологии при изучении естественнонаучных дисциплин; строить математические модели физических явлений;

навыки:

применения основных аналитических и численных методов решения алгебраических и дифференциальных уравнений и их систем; поиска и обработки информации как вручную, так и с применением современных информационных технологий;.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕЧЕНИЕ ГАЗА С ЧАСТИЦАМИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению 24.04.05 *Двигатели летательных аппаратов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АЭРОГИДРОМЕХАНИКИ, ВНУТРЕННЯЯ ГАЗОДИНАМИКА ЭНЕРГОУСТАНОВОК, ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-2 — Способен использовать современные информационные технологии при выполнении научных исследований и разработок; использовать стандартные пакеты прикладных программ; способен к алгоритмизации процесса вычислений при проведении исследований; организовывать и соблюдать требования информационной безопасности в профессиональной деятельности
- ОПК-4 — Способен использовать основные положения, законы и методы естественных наук и математики, разработки физических и математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов для постановки и решения научно-технических задач по направлению подготовки
- ПК-2.1 — Способен проводить работы по экспериментальным исследованиям и/или вычислительному моделированию теплообмена изделий авиационной и ракетно-космической техники, анализировать и обобщать результаты
- ПК-2.3 — Способен проводить работы, анализировать и обобщать результаты по численному моделированию газодинамических и теплообменных процессов в двигателях и энергоустановках ЛА, а также наземных энергетических установок на базе авиационных и ракетных двигателей

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПК-2.3
6	11	Раздел 1. Сопротивление и теплообмен индивидуальной частицы. Движение частицы в вязкой несжимаемой жидкости. Уравнения Навье - Стокса. Критерий Рейнольдса. Коэффициенты сил и моментов. Формула Стокса. Стандартная кривая сопротивления сферы. Режимы обтекания сферы. Влияние различных факторов на коэффициент сопротивления. Вращение частицы. Движение частицы в потоке с поперечным сдвигом, с градиентом температур, под действием силы тяжести. Нестационарные эффекты при движении частиц. Движение частицы в турбулентном потоке. Теплообмен частицы с газом. Уравнения движения и теплообмена пробной частицы.	52	26	16	10	26	30
6	11	Раздел 2. Моделирование движения индивидуальных частиц в газовых потоках. Математическая модель течения Куэтта. Точные решения для распределения температуры в вязком течении. Влияние сил Сэффмана на движение частиц в слое Куэтта. Программная реализация задачи. Моделирование движения частиц в потоке с концентрированной завихренностью. Вихревые потоки. Силы, действующие на частицу. Течение между вращающимися коаксильными цилиндрами.	48	22	10	12	26	30
6	11	Раздел 3. Математические модели двухфазных течений. Методы моделирования двухфазных течений. Континуальный подход. Траекторный подход. Кинетический подход. Обоснование некоторых допущений. Постановка граничных условий. Интегральные характеристики.	44	20	8	12	24	40
Всего за 11 семестр			144	68	34	34	76	100
Всего по дисциплине			144	68	34	34	76	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Сопротивление и теплообмен индивидуальной частицы.	Расчёт сопротивления и теплообмена частиц в потоке.	10
2	Раздел 2. Моделирование движения индивидуальных частиц в газовых потоках.	Движение частицы в слое Куэтта. Моделирование движения частиц в потоке с концентрированной завихренностью.	12
3	Раздел 3. Математические модели двухфазных течений.	Траекторный Лагранжев подход	12
Всего за 11 семестр			34

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Сопротивление и теплообмен индивидуальной частицы.	Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой, выполнение индивидуального задания.	26
2	Раздел 2. Моделирование движения индивидуальных частиц в газовых потоках.	Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой, выполнение индивидуального задания.	26
3	Раздел 3. Математические модели двухфазных течений.	Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой, выполнение индивидуального задания.	24
Всего за 11 семестр			76

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
11						ДР		ИПЗ		ДР			ИПЗ			ДР	ИПЗ, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ИПЗ – индивидуальное практическое задание;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- индивидуальное практическое задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Гусев. . Механика жидкости и газа. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
2. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Течения газа с частицами. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008, эл. рес.
3. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Течения газа с частицами. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008, 9 экз.
4. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Двухфазные течения. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005, эл. рес.
5. О. К. Овчинникова, И. В. Тетерина, А. В. Суров. . Течение газа с частицами. Санкт-Петербург: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2024, 27 экз.
6. О. К. Овчинникова, И. В. Тетерина, А. В. Суров. . Течение газа с частицами. Санкт-Петербург: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2024, эл. рес.
7. С. В. Валландер. . Лекции по гидроаэромеханике. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2005, 50 экз.
8. Ю. М. Циркунов. . Лекции по механике жидкости и газа. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов, А. С. Козелков. . Лагранжевы модели турбулентных течений газа с частицами. СПб.: Лань, 2022, 1 экз.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — Библиотечно-издательский центр БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова; — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
2. <https://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;;
3. <https://ura.it.ru> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
2. Matlab 2015a SP1;
3. Microsoft Office.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

1. Проектор;
2. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
3. Matlab 2015a SP1;
4. Microsoft Office.

6.3. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ТЕЧЕНИЕ ГАЗА С ЧАСТИЦАМИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению 24.04.05 *Двигатели летательных аппаратов*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-2.3 Способен проводить работы, анализировать и обобщать результаты по численному моделированию газодинамических и теплообменных процессов в двигателях и энергоустановках ЛА, а также наземных энергетических установок на базе авиационных и ракетных двигателей.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с методами описания и технологиями расчета течений газа с частицами. Рассматриваются принципы математического описания движения индивидуальных частиц в газовых потоках и создания пользовательских программных средств для численной реализации методов моделирования.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- индивидуальное практическое задание.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**76 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 76 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Сопротивление и теплообмен индивидуальной частицы.		
Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой, выполнение индивидуального задания.	К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Течения газа с частицами: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008 (1) Ю. М. Циркунов. . Лекции по механике жидкости и газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (1) С. В. Валландер. . Лекции по гидроаэромеханике: СПб.: Изд-во СПбГУ, 2005 (1) А. А. Гусев. . Механика жидкости и газа: Москва: Юрайт, 2020 (1) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Течения газа с частицами: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008 (1) О. К. Овчинникова, И. В. Тетерина, А. В. Суров. . Течение газа с частицами: Санкт-Петербург: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2024 (все)	26
Итого по разделу 1		26
Раздел 2. Моделирование движения индивидуальных частиц в газовых потоках.		
Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой, выполнение индивидуального задания.	К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Течения газа с частицами: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008 (2-5) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Двухфазные течения: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (1-5) О. К. Овчинникова, И. В. Тетерина, А. В. Суров. . Течение газа с частицами: Санкт-Петербург: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2024 (все) О. К. Овчинникова, И. В. Тетерина, А. В. Суров. . Течение газа с частицами: Санкт-Петербург: Изд-во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2024 (все) С. В. Валландер. . Лекции по гидроаэромеханике: СПб.: Изд-во СПбГУ, 2005 (1)	26
Итого по разделу 2		26
Раздел 3. Математические модели двухфазных течений.		
Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой, выполнение индивидуального задания.	К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Течения газа с частицами: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008 (2) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Течения газа с частицами: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008 (2) О. К. Овчинникова, И. В. Тетерина, А. В. Суров. . Течение газа с частицами: Санкт-Петербург: Изд-	24

	во БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2024 (все) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов, А. С. Козелков. . Лагранжевы модели турбулентных течений газа с частицами: СПб.: Лань, 2022 (1)	
Итого по разделу 3		24

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- индивидуальное практическое задание;
- дифференцированный зачет.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Индивидуальное практическое задание

Задания входят в состав УМК дисциплины.

Задания формируются в соответствии с наименованием раздела дисциплины и индивидуальным номером студента в списке группы.

Выполненное задание оформляется как отчет по проделанной работе и защищается в устной форме либо в форме тестирования.

Отчет оценивается по десятибалльной шкале на соответствие следующим критериям:

- Текстовая часть отчета выполнена на стандартных листах белого цвета формата А4, цвет шрифта черный.
 - При оформлении использован шрифт Times New Roman или Arial, кегль 12-14 пт; полуторный межстрочный интервал и обычный межзнаковый интервал.
 - При оформлении использован абзацный отступ 1,25 см; абзацный интервал 0; выравнивание по ширине страницы.
 - Отчет содержит все необходимые элементы: титульный лист, цель и задачи работы, теоретические сведения, допущения, полученные результаты, выводы.
 - При наборе формул использован встроенный редактор Microsoft Office Word (Microsoft Equation 3,0) или редактор MathType. Формулы выравнены по центру.
 - После каждой формулы ставится запятая, а первая строка с расшифровкой начинается со слова «где» без двоеточия и без абзацного отступа.
 - Рисунки представлены в формате: «Рисунок 1 – Наименование», выравнены по центру, без абзацного отступа. Их количество является достаточным для пояснения полученных результатов и обоснования выводов.
 - Представленное решение задачи соответствует индивидуальному заданию.
 - Полученные результаты представлены в виде графиков или таблиц значений и позволяют проанализировать влияние на результат решения задачи применения различных численных методов решения и (или) их настроек.
 - Выводы о проделанной работе обоснованы и опираются на представленные результаты.
- Оценка выставляется в соответствии с полученными баллами: 5-6 баллов "удовлетворительно", 7-8 баллов "хорошо", 9-10 баллов "отлично".

Дифференцированный зачет

Дифференцированный зачет проводится в форме устных ответов на вопросы, перечень которых представлен в УМК дисциплины. Знания, умения и навыки студентов определяются следующим образом:

- оценки "зачтено-отлично" заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка "отлично" выставляется студентам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала.
- оценки "зачтено-хорошо" заслуживает студент обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка "хорошо" выставляется студентам, показавшим

систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

- оценки "зачтено-удовлетворительно" заслуживает студент, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка "удовлетворительно" выставляется студентам, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

- оценка "не зачтено" выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка "не зачтено" ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПК-2.3	
6	11	Раздел 1. Сопротивление и теплообмен индивидуальной частицы.	52	26	16	10	26	30	Индивидуальное практическое задание
6	11	Раздел 2. Моделирование движения индивидуальных частиц в газовых потоках.	48	22	10	12	26	30	Индивидуальное практическое задание
6	11	Раздел 3. Математические модели двухфазных течений.	44	20	8	12	24	40	Индивидуальное практическое задание
Всего за 11 семестр			144	68	34	34	76	100	
Всего по дисциплине			144	68	34	34	76	100	

Оценочные материалы по дисциплине ТЕЧЕНИЕ ГАЗА С ЧАСТИЦАМИ

ПК-2.3 - Способен проводить работы, анализировать и обобщать результаты по численному моделированию газодинамических и теплообменных процессов в двигателях и энергоустановках ЛА, а также наземных энергетических установок на базе авиационных и ракетных двигателей

№ 1 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие названий групп подходов к моделированию двухфазных течений и их описания.

1. Рассматривается взаимопроникающее движение двух взаимодействующих континуумов, связанных с газом и частицами. Дисперсная фаза представляется в виде сплошной среды с непрерывно распределенной в пространстве плотностью. Поведение двухскоростного и двухтемпературного континуума описывается уравнениями механики сплошной среды в эйлеровых переменных. Математическая модель движения многоскоростного и многотемпературного континуума представляет собой набор систем уравнений сходной структуры для газа и выделенных фракций частиц, связанных посредством членов, учитывающих межфазное взаимодействие.

2. Для описания движения смеси используются методы статистической физики и кинетической теории газов (либо по отдельности для несущей и дисперсной фаз, либо для смеси в целом). Дисперсная фаза рассматривается как псевдогаз, молекулами которого являются частицы, взаимодействующие друг с другом через столкновения. Вводится функция распределения частиц по скоростям и температурам, для которой получается кинетическое уравнение. Взаимодействие частиц учитывается при помощи столкновительного оператора специального вида.

3. Уравнения для газовой фазы записываются и решаются в эйлеровых переменных. Движение примеси описывается в лагранжевых переменных как детерминированное движение достаточно представительного дискретного набора пробных частиц. Уравнения, описывающие движение дисперсной фазы, интегрируются вдоль отдельных траекторий индивидуальных частиц в известном газодинамическом поле. В ячейках пространства происходит накопление информации о параметрах дисперсной фазы и взаимодействии частиц с газом. При помощи математической обработки данных о прохождении частицами выделенных ячеек пространства вычисляются параметры, характеризующие межфазное взаимодействие. Обратное влияние дисперсной фазы на течение газа учитывается на основе глобальных итераций.

А. Траекторный подход

Б. Континуальный подход

В. Кинетический подход

Г. Эмпирический подход

№ 2 Прочитайте текст и установите соответствие

Режимы течения газа с частицами в зависимости от диапазона чисел Кнудсена:

1. $\text{Kn} < 0.01$

2. $0.01 < \text{Kn} < 0.25$

3. $0.25 < \text{Kn} < 10$

4. $\text{Kn} > 10$

А. течение со скольжением

Б. переходный режим

В. свободномолекулярное течение

Г. континуальный режим

Д. стационарный режим

- № 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
В каком случае в неизотермическом течении Куэтта омываемая стенка будет нагреваться?
- № 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Для вязких ньютоновских жидкостей величина коэффициента динамической вязкости остается постоянной независимо от изменения скорости сдвига и напряжений при заданных значениях ...
- Выберите один ответ:
1. температуры
 2. давления
 3. плотности
 4. теплоемкости
 5. скорости потока
- № 5 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
В чем состоит концепция изучения движения сплошной среды с точки зрения Эйлера и что служит объектом изучения в этом подходе?
- № 6 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Классификация режимов течения по соотношениям макро- и микромасштабов включает следующие виды течения:
1. режим сплошной среды
 2. сверхзвуковой режим
 3. вязкое течение
 4. свободномолекулярный режим
 5. невязкое течение
 6. переходный режим
 7. дозвуковой режим
 8. трансзвуковой режим
- № 7 Прочитайте текст и установите последовательность
Перечислите режимы обтекания сферы в зависимости от чисел Рейнольдса (от наименьших к наибольшему значениям):
1. двойной ряд вихревых колец
 2. двухнитевой след
 3. одонитевой след
 4. асимметричный след с хаотическим расположением вихревых колец
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
При расчете коэффициента сопротивления сферы, поправка $K(We)$, вводимая как множитель к выражению, описывающему стандартную кривую сопротивления, называется ...
1. поправка на внутреннее циркуляционное движение в капле
 2. поправка на деформацию жидкой капли

3. поправка на динамическое скольжение газа
4. поправка на турбулентность потока
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Уравнения Навье - Стокса упрощаются и переходят в уравнения Эйлера при выполнении следующих допущений:
1. течение невязкое
 2. течение несжимаемое
 3. течение одномерное
 4. течение стационарное
 5. используется модель термически совершенного газа
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- К гетерогенным (неоднородным) средам относятся:
1. газовзвеси
 2. эмульсии
 3. газовые смеси
 4. суспензии
 5. растворы
 6. аэрозоли
- № 11 Прочитайте текст и установите последовательность
- Расположите вопросы, решаемые при планировании расчета с использованием программного обеспечения, от наиболее к наименее важным:
1. Определение используемых моделей и ПО;
 2. Определение необходимых выходных параметров в соответствии с заданием на расчет;
 3. Выбор размера ячейки расчетной сетки;
 4. Определение параметров необходимых для контроля адекватности решения;
 5. Определение принимаемых допущений и упрощений в соответствии с заданием на расчет
- № 12 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- В вязком течении Куэтта распределение температуры является ...
- Выберите один ответ:
1. комбинацией линейного и параболического распределений строго линейным
 2. комбинацией линейного и гиперболического распределений
 3. строго гиперболическим
 4. строго параболическим