

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

_____ Левихин А.А.

« ____ » _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ГАЗОВЫЕ СМЕСИ И ДВУХФАЗНЫЕ ТЕЧЕНИЯ

Направление/специальность подготовки	24.03.05 Двигатели летательных аппаратов
Специализация/профиль/программа подготовки	Авиационная и ракетно-космическая теплотехника
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космическая техника
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	
4	8	3	108	39	13	0	26	69	0	0	69	ЭКЗ.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

24.03.05 Двигатели летательных аппаратов

год набора группы: 2026

Программу составил:

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА
Овчинникова Ольга Константиновна, к.т.н., доцент

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 ГАЗОВЫЕ СМЕСИ И ДВУХФАЗНЫЕ ТЕЧЕНИЯ

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-1.2 — Способен разрабатывать физические и математические модели процессов, а также выполнять расчеты параметров рабочего процесса, теплового состояния и характеристик двигателей и энергоустановок летательных аппаратов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПК-1.2

знания:

основные уравнения гидрогазодинамики и тепломассопереноса, принимаемые допущения; методики расчета газодинамических и термодинамических процессов внутренней газодинамики энергоустановок и двигателей летательных аппаратов;

умения:

разрабатывать физические, математические, численные модели газодинамических и термодинамических процессов внутренней газодинамики энергоустановок и двигателей летательных аппаратов;

навыки:

физико-математического моделирования течений в энергоустановках; проведения типовых расчетов газодинамики и тепломассообмена.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ГАЗОВЫЕ СМЕСИ И ДВУХФАЗНЫЕ ТЕЧЕНИЯ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.03.05 Двигатели летательных аппаратов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ТЕРМОДИНАМИКА, МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ И ГАЗА, РАЗНОСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕРМОДИНАМИКА, СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники
- ОПК-8 — Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения
- ПК-1.2 — Способен разрабатывать физические и математические модели процессов, а также выполнять расчеты параметров рабочего процесса, теплового состояния и характеристик двигателей и энергоустановок летательных аппаратов
- ПК-1.3 — Способен проводить анализ тепловых и газодинамических процессов с использованием современных информационных технологий, готовность к профессиональной эксплуатации современных средств вычислительного моделирования

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 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-1.2
4	8	Раздел 1. Введение в дисциплину. Основные уравнения термодинамики. Модель термически совершенного газа. Физические параметры газа. Смеси идеальных газов.	22	5	3	2	17	20
4	8	Раздел 2. Моделирование газовых смесей. Общие сведения о расчёте свойств газов. Уравнения состояния реальных газов. Равновесный состав газовой смеси и подходы к его расчёту. Атмосферный воздух как пример газовой смеси. Модели многокомпонентного высокотемпературного воздуха.	46	20	6	14	26	40
4	8	Раздел 3. Течения газа с частицами. Сопротивление и теплообмен частицы в газовом потоке. Формулы Стокса, Озеена, Хендерсона. Математические модели двухфазных течений. Континуальный подход, траекторный подход, кинетический подход. Методы описания турбулентных течений газовозвеси.	40	14	4	10	26	40
Всего за 8 семестр			108	39	13	26	69	100
Всего по дисциплине			108	39	13	26	69	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Введение в дисциплину.	Расчёт параметров термически совершенного газа и газовых смесей.	2
2	Раздел 2. Моделирование газовых смесей.	Моделирование высокоскоростного движения твердого тела в атмосфере Земли: построение геометрической и сеточной моделей для задачи внешнего обтекания тела; плоская двумерная и осесимметричная постановки; типы граничных условий.	6
3		Использование моделей идеального и реального газа в вычислительных программных комплексах.	4
4		Пользовательские функции и базы данных в современных программных комплексах. Использование результатов расчета равновесного состава газовой смеси в задачах внешнего обтекания тел высокоскоростным потоком. Импорт и анализ результатов расчета.	4
5	Раздел 3. Течения газа с частицами.	Вычислительное моделирование течений газа с частицами. Построение геометрической и сеточной моделей. Особенности задания начальных и граничных условий. Характеристики дисперсной фазы.	8
6		Визуализация течения газа с частицами и анализ полученных результатов.	2
Всего за 8 семестр			26

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение в дисциплину.	Основные уравнения термодинамики. Расчёт параметров термически совершенного газа и газовых смесей.	17
2	Раздел 2. Моделирование	Общие сведения о расчёте свойств газов. Уравнения состояния реальных газов. Равновесный состав газовой смеси и подходы к его расчёту. Атмосферный воздух как пример газовой смеси. Модели	26

	газовых смесей.	многокомпонентного высокотемпературного воздуха. Моделирование высокоскоростного движения твердого тела в атмосфере Земли: построение геометрической и сеточной моделей для задачи внешнего обтекания тела; плоская двумерная и осесимметричная постановки; типы граничных условий. Использование моделей идеального и реального газа в вычислительных программных комплексах. Пользовательские функции и базы данных в современных программных комплексах. Использование результатов расчета равновесного состава газовой смеси в задачах внешнего обтекания тел высокоскоростным потоком. Импорт и анализ результатов расчета. Оформление отчёта по индивидуальному заданию.	
3	Раздел 3. Течения газа с частицами.	Сопротивление и теплообмен частицы в газовом потоке. Формулы Стокса, Озеена, Хендерсона. Математические модели двухфазных течений. Континуальный подход, траекторный подход, кинетический подход. Методы описания турбулентных течений газозвеси. Вычислительное моделирование течений газа с частицами. Построение геометрической и сеточной моделей. Особенности задания начальных и граничных условий. Характеристики дисперсной фазы. Визуализация течения газа с частицами и анализ полученных результатов. Оформление отчёта по индивидуальному заданию.	26
Всего за 8 семестр			69

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
8				ТекК		ДР				ДР		РГР	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- РГР – расчетно-графическая работа.

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- расчетно-графическая работа.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. В. Сахин. . Термодинамика энергетических систем. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005, эл. рес.
2. В. Д. Беркут, В. М. Дорошенко, В. В. Ковтун. . Неравновесные физико-химические процессы в гиперзвуковой аэродинамике. М.: Энергоатомиздат, 1994, эл. рес.
3. В. Н. Казин, Е. М. Плисс, А. И. Русаков. . Физическая химия. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
4. Г. В. Белов. . Термодинамика. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
5. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012, 63 экз.
6. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Двухфазные течения. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005, эл. рес.
7. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Течения газа с частицами. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008, 9 экз.
8. О. К. Овчинникова, М. М. Лаптинская, И. В. Тетерина. . Численное моделирование газовых смесей и двухфазных течений. СПб.: НИЦ АРТ, 2022, эл. рес.
9. О. К. Овчинникова, М. М. Лаптинская, И. В. Тетерина. . Газовые смеси и двухфазные течения. СПб.: НИЦ АРТ, 2022, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. . Краткий справочник физико-химических величин. Л.: Химия. Ленингр. отд-ние, 1983, 3 экз.

5.3. Периодические издания:

1. Естественные и технические науки.

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

1. <https://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
2. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://urait.ru> — Главная – 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;
4. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced;
5. WPS Office;
6. Open Office;
7. Octava.

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;
5. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced;
6. WPS Office;
7. Open Office;
8. Octava.

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 **ГАЗОВЫЕ СМЕСИ И ДВУХФАЗНЫЕ ТЕЧЕНИЯ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению 24.03.05 *Двигатели летательных аппаратов*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космическая техника БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-1.2 Способен разрабатывать физические и математические модели процессов, а также выполнять расчеты параметров рабочего процесса, теплового состояния и характеристик двигателей и энергоустановок летательных аппаратов.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с моделированием газодинамических и тепломассообменных процессов в аэрокосмической технике, протекающих в условиях высокой интенсивности и взаимовлияния факторов различной физической природы. В курсе рассматриваются вопросы применения различных моделей сред, в том числе моделей реальных газов и методов описания многофазных систем. В рамках дисциплины предусмотрено освоение современных вычислительных программных средств и применение пользовательского программирования для уточнения применяемых моделей и повышения точности проведения вычислительных экспериментов и имитационного моделирования термогазодинамических процессов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- расчетно-графическая работа.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**13 ч.**), практические занятия (**26 ч.**), самостоятельная работа студента (**69 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 39 ч. аудиторных занятий, и 69 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. Введение в дисциплину.		
Основные уравнения термодинамики. Расчёт параметров термически совершенного газа и газовых смесей.	Г. В. Белов. . Термодинамика: Москва: Юрайт, 2020 (1-3) В. В. Сахин. . Термодинамика энергетических систем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (1-4) . Краткий справочник физико-химических величин: Л.: Химия. Ленингр. отд-ние, 1983 (1)	17
Итого по разделу 1		17
Раздел 2. Моделирование газовых смесей.		
Общие сведения о расчёте свойств газов. Уравнения состояния реальных газов. Равновесный состав газовой смеси и подходы к его расчёту. Атмосферный воздух как пример газовой смеси. Модели многокомпонентного высокотемпературного воздуха. Моделирование высокоскоростного движения твердого тела в атмосфере Земли: построение геометрической и сеточной моделей для задачи внешнего обтекания тела; плоская двумерная и осесимметричная постановки; типы граничных условий. Использование моделей идеального и реального газа в вычислительных программных комплексах. Пользовательские функции и базы данных в современных программных комплексах. Использование результатов расчета равновесного состава газовой смеси в задачах внешнего обтекания тел высокоскоростным потоком. Импортрование и анализ результатов расчета. Оформление отчёта по индивидуальному заданию.	О. К. Овчинникова, М. М. Лаптинская, И. В. Тетерина. . Численное моделирование газовых смесей и двухфазных течений: СПб.: НИЦ АРТ, 2022 (1) В. Д. Беркут, В. М. Дорошенко, В. В. Ковтун. . Неравновесные физико-химические процессы в гиперзвуковой аэродинамике:	26

	<p>М.: Энергоатомиздат, 1994 (1-3) В. Н. Казин, Е. М. Плисс, А. И. Русаков. . Физическая химия: Москва: Юрайт, 2020 (1- 3) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (1-4) О. К. Овчинникова, М. М. Лаптинская, И. В. Тетерина. . Газовые смеси и двухфазные течения: СПб.: НИЦ АРТ, 2022 (1)</p>	
Итого по разделу 2		26
Раздел 3. Течения газа с частицами.		
<p>Сопротивление и теплообмен частицы в газовом потоке. Формулы Стокса, Озеена, Хендерсона. Математические модели двухфазных течений. Континуальный подход, траекторный подход, кинетический подход. Методы описания турбулентных течений газовзвеси. Вычислительное моделирование течений газа с частицами. Построение геометрической и сеточной моделей. Особенности задания начальных и граничных условий. Характеристики дисперсной фазы. Визуализация течения газа с частицами и анализ полученных результатов. Оформление отчёта по индивидуальному заданию.</p>	<p>К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Двухфазные течения: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (1-3) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Течения газа с частицами: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008 (1-4)</p>	26
Итого по разделу 3		26

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- расчетно-графическая работа;
- экзамен.

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.

Вопросы для текущего контроля

Собеседование по пройденному материалу, устные ответы на контрольные вопросы, решение практических задач для проверки усвоения материала

Расчетно-графическая работа

Расчетно-графическая работа включает расчет обтекания тела, где параметры набегающего потока и форма тела выбирается по вариантам, согласно номеру по списку группы. Список заданий приведен в УМК дисциплины.

1. Необходимо для модели идеального газа провести расчеты с использованием двух различных граничных условий для входа в расчетную область. Дать оценку сеточной сходимости.
2. Сравнить распределения термогазодинамических параметров, полученные с использованием граничных условий разных типов.
3. При использовании ГУ Pressure Inlet провести расчеты с использованием реального газа.
4. Создать пользовательский файл для базы данных с описанием кусочно-линейной зависимости термодинамических параметров газа от температуры.
5. Написать пользовательские функции для создания аппроксимационной зависимости плотности, теплоемкости и вязкости от температуры и давления методом наименьших квадратов. Использовать эти файлы для расчета.
6. Сравнить все полученные результаты
7. Провести расчет частиц в поле течения. Дать оценку изменения распределения концентраций частиц в поле течения.

Результаты работы оформляются в виде отчёта (пояснительной записки) по ГОСТ 2.105-2019, включающей текстовую часть с физической постановкой задачи, математической моделью, обоснованием выбора численного метода, результатами решения, графическое изображение, анализа полученных результатов и выводов.

Пояснительная записка с текстом, рисунками и графиками выполняется в редакторе "Word".

Отчет по практической работе должен содержать:

- постановку задачи, математическую модель и основные расчетные соотношения используемых методов решения, критерий сходимости;
- схему расчетной области с характеристиками сетки, краевыми и начальными условиями, реализованными в решаемом варианте;
- графическое представление полученных результатов;
- содержание исследовательского задания, результаты вычислительного моделирования, анализ и выводы по проведенным исследованиям.

Процедура защиты включает ответы на вопросы преподавателя по работе и разделу курса. В ходе защиты работы студенты должны продемонстрировать культуру речи при изложении своих мыслей, логичность в постановке и изложении материала, необходимые начальные знания по существу обсуждаемой темы, умение определить место исследованного явления в конкретных технических процессах и устройствах, умение самостоятельно модифицировать математические модели и программные средства для целей конкретизации или расширения области приложения моделей, использованных в работе.

Критерии оценивания. Оценка защиты работы выставляется по 100 балльной шкале с учётом:

- выполнение практической работы в компьютерном классе – 20 баллов,
- выполнение задания исследовательской части работы – 20 баллов,
- оформление пояснительной записки – 20 баллов,
- защита результатов, ответы на вопросы и их логика, культура речи – 40 баллов.

Работа считается принятой при наборе студентом более 70 баллов. 70-80 баллов "удовлетворительно", 80-90 - "хорошо", 90-100 - "отлично".

Экзамен

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

- оценки "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 "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 "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 "неудовлетворительно" выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка "неудовлетворительно" 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-1.2	
4	8	Раздел 1. Введение в дисциплину.	22	5	3	2	17	20	Вопросы для текущего контроля
4	8	Раздел 2. Моделирование газовых смесей.	46	20	6	14	26	40	Расчетно-графическая работа
4	8	Раздел 3. Течения газа с частицами.	40	14	4	10	26	40	Расчетно-графическая работа
Всего за 8 семестр			108	39	13	26	69	100	
Всего по дисциплине			108	39	13	26	69	100	

ПК-1.2 - Способен разрабатывать физические и математические модели процессов, а также выполнять расчеты параметров рабочего процесса, теплового состояния и характеристик двигателей и энергоустановок летательных аппаратов

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
 Дайте определение понятия «критическая точка» и опишите характерное термодинамическое состояние системы в этой точке.
- № 2 Прочитайте текст и установите соответствие
 Установите связь между соотношениями и их названиями и физическим смыслом.
- 1 $C_p(\theta) = 1 - \frac{9}{4} \sin^2 \theta$
- 2 $C_p(\theta) = -\frac{6}{\mathrm{Re}} \left(\frac{a}{r} \right)^2 \cos \theta$
- 3 $C_D = \frac{24}{\mathrm{Re}}$
- 4 $C_D = \frac{24}{\mathrm{Re}} \left(1 + \frac{3}{16} \mathrm{Re} \right)$
- А коэффициент давления при движении сферы в потоке идеальной жидкости
- Б коэффициент давления при движении сферы в потоке вязкой несжимаемой жидкости
- В закон Стокса для расчета коэффициента сопротивления сферы
- Г закон Озеена для расчета коэффициента сопротивления сферы
- Д уравнение Ван-дер-Ваальса для расчета коэффициента сопротивления сферы
- Е закон Хендерсона для расчета коэффициента сопротивления сферы
- № 3 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
 Показатель адиабаты - это ...
- 1 отношение теплоемкости при постоянном давлении к теплоемкости при постоянном объеме
- 2 отношение теплоемкости при постоянном объеме к теплоемкости при постоянном давлении
- 3 константа, равная 1,4
- 4 дискретная величина, принимающая значения 1,29; 1,4; 1,67 в зависимости от температуры газа
- № 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
 Двухпараметрическое уравнение состояния $\left(P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{T^{0,5} V \left(V+b \right)} \right)$ называют уравнением ...
- 1 Редлиха – Квонга
- 2 Ван дер Ваальса
- 3 Менделеева – Клапейрона
- 4 Буссинеска
- № 5 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
 Диссоциация - это ...
- 1 распад молекулярных газов на более простые химические соединения (атомы), происходящий при повышении температуры
- 2 химическая реакция необратимого разложения вещества, вызываемая его нагревом

3 распад атомов, составляющих газы, на электроны и ионы

4 процесс перехода газа в состояние плазмы

№ 6 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Пятикомпонентная модель высокотемпературного воздуха учитывает следующие компоненты:

1 O₂

2 N₂

3 NO

4 O

5 N

6 Ar₂

7 Ar

8 e⁻

9 NO⁺

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Семикомпонентная модель высокотемпературного воздуха предполагает, что смесь веществ, из которых состоит воздух, не включает в себя ...

1 O₂

2 N₂

3 NO

4 O

5 N

6 Ar₂

7 Ar

8 CO₂

9 e⁻

10 NO⁺

№ 8 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Опишите модель среды, используемую для задания текучей среды по умолчанию в Ansys Fluent и её отличие от модели ideal gas. Укажите пределы областей применимости этих моделей.

№ 9 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие между утверждениями о химическом равновесии.

1 Кинетическое условие химического равновесия состоит в том, что

2 Концентрационное условие химического равновесия состоит в том, что

3 Термодинамическое условие химического равновесия состоит в том, что

4 Условие подвижности равновесия состоит в том, что

а равновесие является динамическим, прямая и обратная реакции протекают с равными скоростями

б при постоянстве внешних параметров (давления, температуры, объема) равновесный состав системы остается постоянным

в сохраняется минимальное постоянное значение термодинамического потенциала

г равновесие может смещаться при изменении параметров системы

д равновесие не может смещаться при изменении параметров системы

е сохраняется максимальное постоянное значение термодинамического потенциала

№ 10 Прочитайте текст и установите последовательность

Опишите последовательность действий при расчёте течений с частицами в пакете прикладных программ.

1 Построение геометрической модели

2 Построение сеточной модели

3 Задание граничных условий

4 Расчет гидрогазодинамического поля течения без учёта частиц

5 Задание параметров дисперсной фазы

6 Моделирование движения твердых частиц

7 Построение линий тока частиц в гидрогазодинамическом поле течения

№ 11 Прочитайте текст и установите последовательность

Опишите последовательность действий при постановке задачи в пакете прикладных программ.

1 Построение геометрической модели

2 Построение сеточной модели, выбор линий границ расчетной области, назначение им имён для последующего задания граничных условий

3 Задание граничных условий

4 Выбор основных допущений и замыкающих соотношений, моделей сред, численного метода

5 Инициализация

6 Проведение вычислений, итерационное решение задачи

7 Постпроцессинг, обработка результатов, построение графиков и полей параметров, вычисление интервальных характеристик, сохранение числовых значений

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие из перечисленных типов граничных условий можно задать на входной границе расчетной области?

1 Velocity Inlet

2 Pressure Inlet

3 Mass Flow Inlet

4 Pressure Outlet

5 Pressure Far-Field

6 Outflow

7 Inlet Vent

8 Outlet Vent

