

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 (подпись) **Юнаков Л. П.**  
 ФИО  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ МОДЕЛИРОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ CAD/CAM/CAE-СИСТЕМ

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	
5	10	4	144	51	17	0	34	93	0	0	93	диф. зач.
6	11	4	144	34	0	0	34	110	0	0	110	диф. зач.
ВСЕГО		8	288	85	17	0	68	203	0	0	203	

*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: 2024

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**

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ CAD/CAM/CAE-СИСТЕМ**

### **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-94 — способен к управлению информацией и данными, поиску источников информации и данных, восприятию, анализу, запоминанию и передаче информации с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач
ПСК-2.02 — способность проводить работы по вычислительному моделированию теплообмена изделий авиационной и ракетно-космической техники, анализировать и обобщать результаты
ПСК-2.03 — способность к профессиональной эксплуатации современных прикладных программных средств вычислительного моделирования процессов тепломассопереноса

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПК-94**

*знания:*

Знает алгоритмы работы с различными источниками данных;

*умения:*

Умеет воспринимать, анализировать, запоминать и передавать информацию с помощью цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач;

*навыки:*

Имеет навык управления информацией и данными полученными из различных источников с целью эффективного использования полученной информации для решения задач.

### **ПСК-2.02**

*знания:*

Знает процессы теплообмена изделий авиационной и ракетно-космической техники;

*умения:*

Умеет проводить исследования и научные разработки процессов теплообмена изделий ракетно-космической техники при помощи численного моделирования;

*навыки:*

Имеет навыки анализа и обобщения результатов исследований.

### **ПСК-2.03**

*знания:*

Знает принципы вычислительного моделирования процессов тепломассопереноса;

*умения:*

Умеет использовать современные прикладные программные средства вычислительного моделирования процессов тепломассопереноса;

*навыки:*

Имеет навык работы с программными средствами вычислительного моделирования процессов тепломассопереноса.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **МОДЕЛИРОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ CAD/CAM/CAE-СИСТЕМ** 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**.

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

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ПСК-2.01 — Способен проводить анализ газодинамических и теплообменных процессов, сопровождающих работу энергоустановок авиационной и ракетно-космической техники
- ПСК-2.04 — 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 8 з.е., 288 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-94	ПК-2.02	ПК-2.03
5	10	<b>Раздел 1. Геометрическое моделирование в среде инженерных CAD – пакетов.</b> Графический интерфейс. Создание эскиза геометрической модели. Инструменты построения геометрических элементов. Задание ограничений и связей между объектами. Построение области вокруг исследуемого объекта при решении задач внешнего обтекания. Упрощение геометрии, исправление ошибок топологии.	45	15	5	10	30	20	20	20
5	10	<b>Раздел 2. Построение вычислительных сеток в среде сеточных генераторов.</b> Обзор видов расчетных сеток, типов ячеек. Неструктурированные и блочно-структурированные сетки. Обзор современных сеточных построителей. Интерфейс сеточных построителей. Построение приповерхностных призматических слоев. Сгущение вычислительной сетки для разрешения высоких градиентов. Сопряжение вычислительных сеток на основе интерфейсных границ. Качество вычислительных сеток.	45	15	5	10	30	20	20	20
5	10	<b>Раздел 3. Основы численного моделирования в задачах гидрогазодинамики.</b> Роль и место вычислительного моделирования в науке и технике. Обзор примеров решенных задач из различных областей индустрии, науки и техники. Обзор современных пакетов вычислительной гидрогазодинамики и их возможностей. Ключевые шаги, обеспечивающие успешное проведение численного моделирования. Методы численного моделирования. Метод контрольного объема. Дискретизация уравнений, описывающих течения жидкости и газа. Алгоритм решения уравнений газовой динамики численными методами. Структура файлов проекта и их хранение в директории.	54	21	7	14	33	20	20	20
<b>Всего за 10 семестр</b>			144	51	17	34	93	60	60	60
6	11	<b>Раздел 4. Постановка задачи вычислительного моделирования.</b> Последовательность действий по постановке задачи. Выработка допущений и упрощений вычислительного моделирования. Подключение различных математических моделей течения. Задание теплофизических свойств рабочей среды. Уравнение состояния. Работа с библиотекой материалов. Добавление новых веществ. Задание условий на внешних и внутренних границах расчетной области. Виды ГУ и требования по их заданию. Граничные условия сложного вида: в виде профиля, пользовательской функции. Выбор решателя, настройка численного метода. Задание мониторингов для анализа сходимости задачи в процессе расчета. Адаптация вычислительной сетки к особенностям течения.	72	17	0	17	55	20	20	20
6	11	<b>Раздел 5. Анализ и обработка результатов расчета в среде постпроцессоров.</b> Загрузка файлов с результатами решения. Визуализация структур течения и вычисление интегральных характеристик. Построение картин распределения параметров на границах расчетной области и секущих поверхностях, векторных полей, изоповерхностей, линий тока. Анимированное представление результатов решения. Пользовательское задание новых выражений и функций, газодинамических переменных и параметров, вычисление градиентов.	72	17	0	17	55	20	20	20
<b>Всего за 11 семестр</b>			144	34	0	34	110	40	40	40
<b>Всего по дисциплине</b>			288	85	17	68	203	100	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Геометрическое моделирование в среде инженерных CAD – пакетов.	Геометрическое моделирование двухмерного и трехмерного объекта.	10
2	Раздел 2. Построение вычислительных сеток в среде сеточных генераторов.	Построение вычислительных сеток в среде сеточных генераторов: неструктурированные и блочно-структурированные сетки	10
3	Раздел 3. Основы	Метод контрольного объема. Дискретизация уравнений,	14

	численного моделирования в задачах гидрогазодинамики.	описывающих течения жидкости и газа. Алгоритм решения уравнений газовой динамики численными методами. Разбор типовых задач.	
<b>Всего за 10 семестр</b>			34
4	Раздел 4. Постановка задачи вычислительного моделирования.	Моделирование процессов газодинамики и теплообмена	17
5	Раздел 5. Анализ и обработка результатов расчета в среде постпроцессоров.	Визуализация структур течения и вычисление интегральных характеристик. Построение картин распределения параметров на границах расчетной области и секущих поверхностях, векторных полей, изоповерхностей, линий тока	17
<b>Всего за 11 семестр</b>			34

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Геометрическое моделирование в среде инженерных CAD – пакетов.	Изучение дидактических единиц данного раздела. Выполнение расчетной работы.	30
2	Раздел 2. Построение вычислительных сеток в среде сеточных генераторов.	Изучение дидактических единиц данного раздела. Выполнение расчетной работы.	30
3	Раздел 3. Основы численного моделирования в задачах гидрогазодинамики.	Изучение дидактических единиц данного раздела. Выполнение расчетной работы.	33
<b>Всего за 10 семестр</b>			93
4	Раздел 4. Постановка задачи вычислительного моделирования.	Изучение дидактических единиц данного раздела. Выполнение расчетной работы.	55
5	Раздел 5. Анализ и обработка результатов расчета в среде постпроцессоров.	Изучение дидактических единиц данного раздела. Выполнение расчетной работы.	55
<b>Всего за 11 семестр</b>			110

## 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
10					Р. отч.	ДР			Р. отч.	ДР					Отчет	ДР	диф. зач.
11						ДР			Р. отч.	ДР					Отчет	ДР	диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Р. отч. – раздел отчета;
- Отчет – отчет;
- диф. зач. – дифференцированный зачет;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- раздел отчета;
- отчет.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. К. Любимов, Л. В. Шабарова. . Методы построения расчётных сеток в пакете ANSYS ICEM CFD. Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2011, эл. рес.
2. В. А. Бруйка, В. Г. Фокин, Я. В. Кураева. . Инженерный анализ в ANSYS Workbench. Самара: Изд-во СамГТУ, 2013, эл. рес.
3. М. С. Яковчук. . Вычислительные технологии решения задач механики жидкости и газа. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, эл. рес.
4. Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17. М.: ДМК Пресс, 2017, эл. рес.
5. О. В. Батурин, Н. В. Батурин, В. Н. Матвеев. . Расчёт течений жидкости и газа с помощью универсального программного комплекса FLUENT. Самара: Изд-во СГАУ, 2009, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 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://urait.ru> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
2. <https://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
3. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

### 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](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.

### 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. Интерактивная доска;
3. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced.

### **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 **МОДЕЛИРОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ CAD/CAM/CAE-СИСТЕМ** 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-94 способен к управлению информацией и данными, поиску источников информации и данных, восприятию, анализу, запоминанию и передаче информации с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач;

ПСК-2.02 способность проводить работы по вычислительному моделированию теплообмена изделий авиационной и ракетно-космической техники, анализировать и обобщать результаты;

ПСК-2.03 способность к профессиональной эксплуатации современных прикладных программных средств вычислительного моделирования процессов тепломассопереноса.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с геометрическим, вычислительным и имитационным моделированием в современных CAD/CAM/CAE-системах. В рамках курса рассматриваются вопросы работы с графическим интерфейсом современных систем, их настройки и применения для решения мультидисциплинарных задач. Проводится построение геометрических и сеточных моделей различных объектов, исследуется качество вычислительных сеток и сеточная сходимость, применяются различные конечно-разностные и конечно-элементные методы численного моделирования, даются обоснования упрощений и допущений для физических задач, особое внимание уделяется постпроцессингу и обработке полученных результатов.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- раздел отчета;
- отчет.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **8 з.е., 288 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**68 ч.**), самостоятельная работа студента (**203 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 288 ч., из них 85 ч. аудиторных занятий, и 203 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.
<b>Раздел 1. Геометрическое моделирование в среде инженерных CAD – пакетов.</b>		
Изучение дидактических единиц данного раздела. Выполнение расчетной работы.	В. А. Бруйка, В. Г. Фокин, Я. В. Кураева. . Инженерный анализ в ANSYS Workbench: Самара: Изд-во СамГТУ, 2013 (1)	30
Итого по разделу 1		30
<b>Раздел 2. Построение вычислительных сеток в среде сеточных генераторов.</b>		
Изучение дидактических единиц данного раздела. Выполнение расчетной работы.	А. К. Любимов, Л. В. Шабарова. . Методы построения расчётных сеток в пакете ANSYS ICEM CFD: Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2011 (1-3)	30
Итого по разделу 2		30
<b>Раздел 3. Основы численного моделирования в задачах гидрогазодинамики.</b>		
Изучение дидактических единиц данного раздела. Выполнение расчетной работы.	М. С. Яковчук. . Вычислительные технологии решения задач механики жидкости и газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (1)	33
Итого по разделу 3		33
<b>Раздел 4. Постановка задачи вычислительного моделирования.</b>		
Изучение дидактических единиц данного раздела. Выполнение расчетной работы.	Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17: М.: ДМК Пресс, 2017 (1)	55
Итого по разделу 4		55
<b>Раздел 5. Анализ и обработка результатов расчета в среде постпроцессоров.</b>		
Изучение дидактических единиц данного раздела. Выполнение расчетной работы.	О. В. Батурин, Н. В. Батурин, В. Н. Матвеев. . Расчёт течений жидкости и газа с помощью универсального программного комплекса FLUENT: Самара: Изд-во СГАУ, 2009 (1-3)	55
Итого по разделу 5		55

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- раздел отчета;
- отчет;
- дифференцированный зачет;
- 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.

#### Раздел отчета

Необходимо начать оформление отчёта по выполнению задания для самостоятельной работы.

Раздел 1 должен содержать постановку задачи, математическую модель и основные расчетные соотношения используемых методов решения, критерий сходимости;

Раздел 2 должен содержать схему расчетной области с характеристиками сетки, краевыми и начальными условиями, реализованными в решаемом варианте;

Раздел 3 должен содержать содержание исследовательского задания, результаты вычислительного моделирования, анализ и выводы по проведенным исследованиям.

#### Отчет

Отчет представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета.

Оценивается полнота и качество оформления отчета, соответствие заданию, верность полученных результатов, способность их объяснить. Защита отчета проводится в форме собеседования с преподавателем, в ходе которого студент докладывает о проделанной работе и отвечает на вопросы. Оценка защиты работы выставляется по 100 бальной шкале с учётом:

- выполнение работы в компьютерном классе – 20 баллов,
- оформление пояснительной записки – 30 баллов,
- защита результатов, ответы на вопросы и их логика, культура речи – 50 баллов.

Отчёт считается принятым при наборе более 70 баллов.

При выставлении итоговой оценки используются следующие критерии:

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 "не зачтено" 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.

**Дифференцированный зачет**

Дифференцированный зачет в 10 семестре выставляется по результатам защиты отчета.

**Дифференцированный зачет**

Дифференцированный зачет в 11 семестре выставляется по результатам защиты отчета.

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-94	ПСК-2.02	ПСК-2.03	
5	10	Раздел 1. Геометрическое моделирование в среде инженерных CAD – пакетов.	45	15	5	10	30	20	20	20	Раздел отчета
5	10	Раздел 2. Построение вычислительных сеток в среде сеточных генераторов.	45	15	5	10	30	20	20	20	Раздел отчета
5	10	Раздел 3. Основы численного моделирования в задачах гидрогазодинамики.	54	21	7	14	33	20	20	20	Отчет
Всего за 10 семестр			144	51	17	34	93	60	60	60	
6	11	Раздел 4. Постановка задачи вычислительного моделирования.	72	17	0	17	55	20	20	20	Раздел отчета
6	11	Раздел 5. Анализ и обработка результатов расчета в среде постпроцессоров.	72	17	0	17	55	20	20	20	Отчет
Всего за 11 семестр			144	34	0	34	110	40	40	40	
Всего по дисциплине			288	85	17	68	203	100	100	100	

## Критерии оценивания

### ПК-94

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 Что такое инициализация?
  - № 2 При создании расчетной сетки в Ansys Mesh какая операция отвечает за построение призматического слоя ячеек?
  - № 3 Какая функция построения сетки в ANSYS Meshing позволяет создать конформную сетку на границах периодичности?
  - № 4 Что позволяет получить построение призматических слоев в расчетной сетке?
  - № 5 Какое граничное условие в ANSYS Fluent позволяет упростить геометрическую модель при симметричном характере течения?
  - № 6 Что позволяет возможность параметризации расчетной модели в ANSYS?
  - № 7 Как расшифровывается CAM?
  - № 8 Где необходимо строить призматические слои расчетной сетки?
  - № 9 Как расшифровывается CAD?
  - № 10 В каких случаях рекомендуется включать опцию Double precision при запуске Fluent?
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Сгущение сетки создаётся с целью:
    - Уменьшения расчётной области
    - Увеличения расчётной области
    - Ускорения расчёта
    - Более точного расчёта в области сгущения
  - № 2 Позволяет ли Fluent моделировать многофазные задачи?
    - Да, в любом случае
    - Да, если все вещества - газы
    - Нет
    - Правильного ответа нет
  - № 3 Что такое число Куранта?
    - Критерий, определяющий характерный размер задачи
    - Критерий, определяющий подробность геометрической модели
    - Критерий устойчивости явной задачи
    - Критерий, определяющий скорость решения
  - № 4 В каких случаях рекомендуется включать опцию Double precision при запуске Fluent?
    - При решении задач истечения газа из сопла
    - При решении задач с вытянутой в одном направлении геометрией и задач с фазовым переходом
    - При моделировании свободного падения тела
    - Для ускорения расчёта любых задач
  - № 5 К способам задания “входных” граничных условий во Fluent относится
    - Pressure inlet
    - Wall

- Pressure outlet
- Symmetry
- № 6 Стандартная инициализация во Fluent позволяет:
- Самостоятельно задать начальные параметры на разных участках расчетной области.
- Учитывать сжимаемость среды
- Учитывать процессы теплопроводности
- Автоматически распределяет начальные параметры по расчётной области исходя из граничных условий
- № 7 Начальные условия - это
- условия в расчётной области в начальный момент времени
- алгоритмы распределения параметров
- условия на границах
- условия на стенке
- № 8 Невязка - это
- Время решения задачи
- Время одной итерации
- Ошибка (погрешность) вычислений
- Разница между расчётными сетками
- № 9 Время расчёта не зависит от
- Инициализации
- Правильного ответа нет
- Количества ячеек расчётной сетки
- Шага по времени
- № 10 Какие типы материалов позволяет задавать Fluent?
- Только Fluid
- Только Solid
- Правильного ответа нет
- Solid, Fluid

## **ПСК-2.02**

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 Что такое постпроцессор?
- № 2 Что такое препроцессор?
- № 3 Независимость полученного решения от размера ячеек сетки - это
- № 4 При помощи гибридного способа инициализации поля давления и скорости определяются путем решения
- № 5 Модель плотности жидкой среды «ideal-gas» (совершенный газ) в Ansys fluent позволяет
- № 6 Что такое число Куранта-Фридриха-Леви
- № 7 Для каких течений лучше подходит Density-Based решатель
- № 8 Для каких течений лучше подходит Pressure-Based решатель
- № 9 Что такое число Струхала?
- № 10 Какой механизм переноса тепла в газах описывается законом Фурье?



№ 1	Вопросы закрытого типа:
	Основным программным модулем ANSYS, используемым для создания геометрических моделей, является
	SpaceClaim Direct Modeler
	Mechanical APDL
№ 2	Design Modeler
	Все программные модули в равной степени используются
	Как задаётся материал в любом CAE пакете?
	задаётся его молекулярная структура
№ 3	отсутствует возможность работы с конкретным материалом
	задаётся атомная структура
	как совокупность его физических свойств, с помощью коэффициентов их характеризующих
	При создании сеток для достижения максимальной эффективности при вычислении, сетку следует стремиться сделать
№ 4	Регулярной, конформной и мелкой
	Стремится к балансу между вариантами а и b
	Параметры сетки зависят от заданных условий
	Нерегулярной, неконформной и более грубой
№ 5	Какой из этапов решения задачи в Workbench не относится в препроцессору?
	Описание расчётной схемы
	Контроль за сходимостью
	Пространственная дискретизация расчётной области
№ 6	Задание начальных и граничных условий
	При решении задач с газовыми или жидкостными смесями, какой из пакетов подойдёт для решения такого рода задач?
	CFD
	ICEM CFD
№ 7	Polyflow
	Fluent
	При решении сверхзвуковых течений какой из типов решателя в разделе Solver Type следует выбрать?
	Density-Based
№ 8	Velocity-Based
	Pressure-Based
	При создании геометрии какая операции отвечает за выдавливание
	Revolve
№ 9	Sweep
	Extrude

- Boolean
- № 8 Что такое вычислительная сетка?
- границы расчётной области
- начальное распределение параметров по расчётной области
- решение численной задачи, представленное на двухмерной плоскости
- совокупность элементов, образованных разделением расчётной области
- № 9 Геометрическая модель - это
- фотография реального объекта
- совокупность точек пересечения границ конечных элементов
- совокупность правил построения эскиза
- изображение (модель) исследуемого объекта
- № 10 Структурированная сетка - это
- трехмерная сетка, узлы которой сгущаются к границам
- сетка, элементы которой упорядочены
- сетка, состоящая из тетраэдров
- сетка, состоящая из тетраэдров
- сетка, состоящая из тетраэдров
- любая сетка может называться структурированной

### **ПСК-2.03**

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 Пограничный слой в невязкой жидкости
- № 2 Для описания турбулентного движения Рейнольдс предположил, что
- № 3 В чем основное отличие метода конечных объемов от методов, основанных на конечноразностном подходе?
- № 4 К какому классу методов решения уравнений математической физики относится метод конечных разностей?
- № 5 Конечно-разностная аппроксимация производных заключается в ...
- № 6 Какая из моделей турбулентности более достоверно описывает течение вблизи стенок?
- № 7 Для чего в RANS нужны модели турбулентности?
- № 8 Численные методы решения ОДУ делятся на ...
- № 9 При использовании любой модели турбулентности для всех граничных условий необходимо задавать ...
- № 10 Что является источником потерь энергии движущейся жидкости?
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Для контроля сходимости задачи требуется следить за:
- Уровнем невязок
- Локальным изменением характеристик течения (мониторинг значения в точке)
- Интегральным изменением характеристик потока (мониторинг массового расхода, сила сопротивления на обтекаемой поверхности и т.д.)
- Всем перечисленным
- № 2 Имеется решение стационарной задачи о сопряженном теплообмене потока жидкости со стенкой. Расчет задачи с новым значением удельной теплоемкости для жидкости приведет к

- Изменению температурного пограничного слоя
- Изменению температурного пограничного слоя и результирующего теплового потока
- Изменению результирующего теплового потока
- № 3 Не повлияет на результат решения  
Использование модели дискретных частиц (DPM) в потоке жидкости (газа) корректно при следующем условии:  
Массовая доля частиц <10-12%  
Массовая доля частиц <0,1-1%  
Объемная доля частиц <0,1-1%
- № 4 Объемная доля частиц < 10-12%  
Какая комбинация модели турбулентности и подробности сетки у стенки обеспечит более корректный результат моделирования обтекания обратного уступа?  
SST,  $y^+ = 30$   
SST,  $y^+ = 2$   
k-epsilon,  $y^+ = 30$   
k-epsilon,  $y^+ = 2$
- № 5 Рассматривается стационарный расчет отрывных течений на основе уравнений Эйлера. Переход со схемы первого порядка точности на второй приведет к  
Ускорению сходимости
- № 6 Ухудшению (потери) сходимости  
Рассматривается турбулентный несжимаемый поток вдоль теплоизолированной стенки. Что произойдет с безразмерной координатой  $y^+$  если скорость потока удвоится?  
 $y^+$  удвоится  
 $y^+$  уменьшится вдвое  
 $y^+$  уменьшится вчетверо  
 $y^+$  увеличится вчетверо
- № 7 Для задачи граничных условия необходимо:  
идентифицировать их тип  
идентифицировать их расположение  
задать нужные числовые значения физических величин
- № 8 все варианты верны  
Расчетная геометрия это  
Расчетная область, разбитая на конечные элементы объемов заданной формы  
Чертеж исследуемого объекта  
3D или 2D модель, построенная в соответствии с исходной геометрией исследуемого объекта и принятыми допущениями  
3D или 2D модель исследуемого объекта

- № 9      Расчетная сетка это
- Расчетная область, разбитая на конечные элементы объемов заданной формы
- Совокупность тел и поверхностей расчетной геометрии
- Совокупность принятых в расчете допущений
- № 10      Правильного ответа нет
- Время расчёта не зависит от
- Количества ячеек расчётной сетки
- Инициализации
- Шага по времени
- Правильного ответа нет