

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 Юнаков Л. П.
 (подпись) ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ПАКЕТЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ АЭРОГИДРОДИНАМИКИ

Направление/специальность подготовки	24.05.04 Навигационно-баллистическое обеспечение применения космической техники
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектная баллистика ракет и космических систем
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

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
3	5	3	108	51	17	0	34	57	0	0	57	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

24.05.04 Навигационно-баллистическое обеспечение применения космической техники

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Выдрин Антон Евгеньевич, ассистент

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Толпегин О.А., д.т.н., проф.

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Толпегин О.А., д.т.н., проф.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ПАКЕТЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ АЭРОГИДРОДИНАМИКИ

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:

ОПК-1 — способность применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, навыки теоретического и экспериментального исследования для решения различных задач профессиональной деятельности
ОПК-2 — способность понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
ОПК-3 — способность разрабатывать нормативно-техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью, используя соответствующие стандарты, нормы и правила

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-1

знания:

структуру и возможности современных CFD пакетов;

необходимые физические и математические модели и методы решения, включенные в программу

специальности;

особенности внешнего обтекания разных динамических объектов;

умения:

уметь работать в среде графического редактора для создания геометрии расчетной области и сеточного разбиения;

задавать граничные условия;

выбирать и задавать свойства среды;

адаптировать созданное сеточное разбиение;

представлять расчетные результаты в графическом виде и вычислять аэродинамические характеристики;

навыки:

владеть навыками решения стандартных задач внешнего обтекания средствами современных коммерческих CFD пакетов, включая все этапы: препроцессинг, решение, постпроцессинг.

ОПК-2

знания:

структуру и возможности современных CFD пакетов;

необходимые физические и математические модели и методы решения, включенные в программу

специальности;

особенности внешнего обтекания разных динамических объектов;

умения:

уметь работать в среде графического редактора для создания геометрии расчетной области и сеточного разбиения;

задавать граничные условия;

выбирать и задавать свойства среды;

адаптировать созданное сеточное разбиение;

представлять расчетные результаты в графическом виде и вычислять аэродинамические характеристики;

навыки:

владеть навыками решения стандартных задач внешнего обтекания средствами современных коммерческих CFD пакетов, включая все этапы: препроцессинг, решение, постпроцессинг.

ОПК-3

знания:

структуру и возможности современных CFD пакетов;

необходимые физические и математические модели и методы решения, включенные в программу

специальности;

особенности внешнего обтекания разных динамических объектов;

умения:

уметь работать в среде графического редактора для создания геометрии расчетной области и сеточного разбиения;

задавать граничные условия;

выбирать и задавать свойства среды;

адаптировать созданное сеточное разбиение;

представлять расчетные результаты в графическом виде и вычислять аэродинамические характеристики;

навыки:

владеть навыками решения стандартных задач внешнего обтекания средствами современных коммерческих CFD пакетов, включая все этапы: препроцессинг, решение, постпроцессинг.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ПАКЕТЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ АЭРОГИДРОДИНАМИКИ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.05.04 *Навигационно-баллистическое обеспечение применения космической техники*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ФИЗИКА, ПРОГРАММИРОВАНИЕ НА ЯЗЫКЕ ВЫСОКОГО УРОВНЯ, ВВЕДЕНИЕ В ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **АЭРОДИНАМИКА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ДИНАМИКЕ ПОЛЕТА, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОЕКТНОЙ БАЛЛИСТИКЕ, НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА (ПОЛУЧЕНИЕ ПЕРВИЧНЫХ НАВЫКОВ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ), ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, навыки теоретического и экспериментального исследования для решения различных задач профессиональной деятельности
- ОПК-2 — Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
- ОПК-8 — Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения
- ПК-91 — способен к коммуникации и кооперации в цифровой среде, использованию различных цифровых средств, позволяющих во взаимодействии с другими людьми достигать поставленных целей
- 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

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		ОПК-1	ОПК-2	ОПК-3
3	5	Раздел 1. Введение в пакеты CFD. 1.1. Введение. Знакомство с пакетом CFD. 1.2. Основные положения в механике жидкости и газа. 1.3. Простая задача. Связь расчёта и теории.	18	8	4	4	10	25	25	25
3	5	Раздел 2. Основные настройки и физические модели. 2.1. Базовые уравнения. Невязки. Сходимость 2.2. Турбулентность. Характеристики. Модели турбулентности. 2.3. Общий подход к решению задач вычислительной аэрогазодинамики.	19	9	6	3	10	25	25	25
3	5	Раздел 3. Создание трёхмерных объектов. 3.1. Создание трёхмерных объектов.	17	7	1	6	10	25	25	25
3	5	Раздел 4. Практическое применение пакетов CFD. 4.1. Аэродинамические характеристики и характерные картины обтекания трехмерных объектов. 4.2. Расширенные вопросы использования CFD.	54	27	6	21	27	25	25	25
Всего за 5 семестр			108	51	17	34	57	100	100	100
Всего по дисциплине			108	51	17	34	57	100	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Введение в пакеты CFD.	Знакомство с пакетом CFD на примере.	2
2		Основы работы в Ansys Fluent	2
3	Раздел 2. Основные настройки и физические модели.	Влияние сетки и моделей турбулентности	1
4		Методы и подходы построения сеток для трёхмерной задачи. Изучение настроек построения сеток для простой геометрии. Примеры полного решения задачи трёхмерного обтекания.	2
5	Раздел 3. Создание трёхмерных объектов.	Примеры создания трёхмерных деталей в выбранной программе.	3
6		Создание геометрии	3
7	Раздел 4. Практическое применение пакетов CFD.	Расчёт внешнего обтекания	21
Всего за 5 семестр			34

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение в пакеты CFD.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Оформление отчета по практической работе.	10
2	Раздел 2. Основные настройки и физические модели.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Оформление отчета по практической работе.	10

3	Раздел 3. Создание трёхмерных объектов.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Оформление отчета по практической работе.	10
4	Раздел 4. Практическое применение пакетов CFD.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Оформление отчета по практической работе.	27
Всего за 5 семестр			57

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
5			ТекК, Отч. по ПЗ		ТекК, Отч. по ПЗ	ДР			ТекК, Отч. по ПЗ	ДР					ТекК, Отч. по ПЗ	ДР	диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- отчет по практическому заданию.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. А. Лебедев, Л. С. Чернобровкин. . Динамика полёта беспилотных летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1973, 93 экз.
2. А. Г. Голубев, В. Т. Калугин, А. Ю. Луценко. . Аэродинамика. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010, эл. рес.
3. В. Н. Емельянов. . Численные методы: введение в теорию разностных схем. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
4. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012, эл. рес.
5. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Моделирование крупных вихрей в расчётах турбулентных течений. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005, эл. рес.
6. К. Н. Волков, Ю. Н. Дерюгин, В. Н. Емельянов. . Разностные схемы в задачах газовой динамики на неструктурированных сетках. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014, 10 экз.
7. Л. Г. Лойцянский. . Механика жидкости и газа. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987, 27 экз.
8. Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17. М.: ДМК Пресс, 2017, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. К. Флетчер. Вычислительные методы в динамике жидкостей. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, , 3 экз.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

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

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;
3. <http://www.tnt-ebook.ru/> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
4. <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 - 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. SOLIDWORKS 2015;
2. ANSYS 2020 R2.

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. SOLIDWORKS 2015;
2. ANSYS 2020 R2.

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 **ПАКЕТЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ АЭРОГИДРОДИНАМИКИ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению **24.05.04 Навигационно-баллистическое обеспечение применения космической техники**. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой **А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-1 способность применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, навыки теоретического и экспериментального исследования для решения различных задач профессиональной деятельности;

ОПК-2 способность понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности;

ОПК-3 способность разрабатывать нормативно-техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью, используя соответствующие стандарты, нормы и правила.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с методологией решения задачи внешнего обтекания в CFD-пакетах, обретением навыков работы с двумя типичными пакетами, а также формированием представления об алгоритмах, реализованных в CFD-пакетах.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- отчет по практическому заданию.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 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 пакеты CFD.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Оформление отчета по практической работе.	К. Флетчер. Вычислительные методы в динамике жидкостей: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, (1-3) А. Г. Голубев, В. Т. Калугин, А. Ю. Луценко. . Аэродинамика: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010 (1-4) В. Н. Емельянов. . Численные методы: введение в теорию разностных схем: Москва: Юрайт, 2020 (1,2) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (1-3)	10
Итого по разделу 1		10
Раздел 2. Основные настройки и физические модели.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Оформление отчета по практической работе.	Л. Г. Лойцянский. . Механика жидкости и газа: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987 (1) А. А. Лебедев, Л. С. Чернобровкин. . Динамика полёта беспилотных летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 1973 (2) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Моделирование крупных вихрей в расчётах турбулентных течений: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (3)	10
Итого по разделу 2		10
Раздел 3. Создание трёхмерных объектов.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Оформление отчета по практической работе.	Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17: М.: ДМК Пресс, 2017 (1-5)	10
Итого по разделу 3		10
Раздел 4. Практическое применение пакетов CFD.		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к	К. Н. Волков, Ю. Н. Дерюгин, В. Н. Емельянов. . Разностные схемы в задачах газовой динамики на	27

практическим занятиям. Оформление отчета по практической работе.	неструктурированных сетках: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014 (1-3)	
Итого по разделу 4		27

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- отчет по практическому заданию;
- вопросы для текущего контроля;
- 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.

Отчет по практическому заданию

Комплект практических заданий входит в состав УМК дисциплины. Практическое задание (ПЗ) считается выполненным, если студент полностью выполнил все пункты ПЗ.

Отчет по практическому заданию представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по практической работе. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненному заданию и ответов на вопросы преподавателя.

При оформлении практических заданий требуется руководствоваться следующими рекомендациями:

-В начале описательной части отчета излагается содержание, приводятся схема, математическая модель, исходные данные для расчетного варианта, метод решения.

-Все вычисления проводятся подробно, сопровождаясь необходимыми пояснениями. Все вычисления заносятся в таблицы.

-Табличные данные представляются также в виде графиков, условные обозначения и размерности откладываемых по осям величин указываются в принятых по ГОСТ сокращениях.

-При выполнении расчетов с использованием ЭВМ нужно обязательно приводить распечатки (листинг) программ.

-По каждому ПЗ студент должен представить выводы на основании выполненных расчетов.

Студент обязан выполнять все ПЗ в срок и сдавать их преподавателю согласно графику мероприятий межсессионного контроля.

В случае, если оформление отчета соответствует указанным требованиям, и студент ответил на все вопросы преподавателя по теме ПЗ, студент получает максимальное количество баллов (5).

Основаниями для снижения количества баллов являются:

- небрежное выполнение отчета по ПЗ,
- низкое качество графического материала (неверный выбор масштаба чертежей, отсутствие указания единиц измерения на графиках),
- ответы не на все вопросы преподавателя по теме ПЗ.

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов,
- отсутствия необходимого графического материала.

Для получения оценки "5" - студент должен ответить верно на 100% вопросов преподавателя по теме ПЗ,

для получения оценки "4" - студент должен ответить верно не менее чем на 80% вопросов преподавателя по теме ПЗ,

для получения оценки "3" - студент должен ответить верно не менее чем на 60% вопросов преподавателя по теме ПЗ.

Вопросы для текущего контроля

Студенту предлагается 5 вопросов по результатам прохождения раздела, на которые необходимо дать правильный ответ. Количество набранных баллов равно количеству вопросов на которые дан правильный ответ. Вопросы текущего контроля приведены в УМК дисциплины.

Дифференцированный зачет

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме дифференцированного зачета, который проставляется при условии выполнения всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий по результатам работы в семестре.

Оценка за дифференцированный зачет выставляется, как среднее арифметическое суммарных оценок, полученных обучающимся за выполнение практических заданий и ответов на вопросы для текущего контроля.

Критерии оценивания дифференцированного зачета :

- оценка «зачтено - отлично» выставляется обучающемуся, если среднее арифметическое оценок, полученных им за выполнение четырех практических заданий и 4 вопросов для текущего контроля равно 4.5 баллов и выше;
- оценка «зачтено - хорошо» выставляется обучающемуся, если среднее арифметическое оценок, полученных им за выполнение четырех практических заданий и 4 вопросов для текущего контроля находится в пределах 3.5 - 4.4 балла;
- оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся, если среднее арифметическое оценок, полученных им за выполнение четырех практических заданий и 4 вопросов для текущего контроля находится в пределах 2.4 балла и ниже;
- во всех других случаях обучающемуся выставляется оценка «зачтено - удовлетворительно».

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		ОПК-1	ОПК-2	ОПК-3	
3	5	Раздел 1. Введение в пакеты CFD.	18	8	4	4	10	25	25	25	Вопросы для текущего контроля, Отчет по практическому заданию
3	5	Раздел 2. Основные настройки и физические модели.	19	9	6	3	10	25	25	25	Вопросы для текущего контроля, Отчет по практическому заданию
3	5	Раздел 3. Создание трёхмерных объектов.	17	7	1	6	10	25	25	25	Вопросы для текущего контроля, Отчет по практическому заданию
3	5	Раздел 4. Практическое применение пакетов CFD.	54	27	6	21	27	25	25	25	Вопросы для текущего контроля, Отчет по практическому заданию
Всего за 5 семестр			108	51	17	34	57	100	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	17	34	57	100	100	100	

Критерии оценивания

ОПК-1

Вопросы открытого типа:

- № 1 Назовите основные причины изменения сопротивления движущихся тел
- № 2 Как определяется статическое давление в жидкости (газе)?
- № 3 Что называют «аэродинамическими характеристиками»?
- № 4 Какие критерии подобия наиболее существенны при моделировании движения в воздухе?
- № 5 Как теоретически можно было бы измерить статическую температуру?
- № 6 Для чего нужна таблица «международной стандартной атмосферы»
- № 7 Сравните напряжения в твёрдом теле и в газе (жидкости)
- № 8 Дайте определение лётно-техническим характеристикам
- № 9 Из каких составляющих складывается лобовое сопротивление ЛА, имеющие крылья?
- № 10 Как связаны критическое число Маха и коэффициент давления?

Вопросы закрытого типа:

- № 1 «Центр давления» – это ...
- Центр нулевого давления
 - Точка приложения сил
 - Центр максимального давления
- № 2 Статическое давление в жидкости (газе) это – ...
- Векторная величина
 - Скалярная величина
- № 3 Как зависит плотность воздуха от давления при постоянной температуре?
- Уменьшается при увеличении давления
 - Уменьшается при уменьшении давления
- № 4 Что такое статическая температура?
- Эту температуру измерил бы датчик температуры в критической точке при отсутствии потерь тепла в окружающей среде
 - Это температура невозмущенного газа в рассматриваемой точке
 - Это температура, которую имел бы адиабатический заторможенный в данной точке поток
- № 5 Полное давление – это ...
- Это давление полностью заторможенного потока, когда скорость равна нулю
 - Это динамическое давление
 - Это статическое давление в точке максимальной скорости потока жидкости
- № 6 Что характеризует теплоёмкость?
- Способность проводить тепло
 - Изменение энергии при изменении температуры
 - Степень теплового состояния тела
- № 7 Как зависит вязкость воздуха от температуры?
- Практически не меняется, это свойство газа
 - Уменьшается при увеличении температуры, но при достижении температуры 50 градусов – начинает увеличиваться
 - Увеличивается с увеличением температуры
 - Увеличивается с уменьшением температуры
- № 8 Вязкость газа напрямую влияет на значения аэродинамических коэффициентов?

- Да
- Нет

№ 9 Сумма полного и динамического давления является статическим давлением?

- Да
- Нет

№ 10 Направление потока никак не влияет на аэродинамические коэффициенты. Верно?

- Да
- Нет

ОПК-2

Вопросы открытого типа:

№ 1 Интерцептор на крыле – это ...

№ 2 На чём основаны алгебраические модели турбулентности?

№ 3 Длина пути смещения в гипотезе Прандтля (алгебраические модели турбулентности) – это ...

№ 4 Для чего используются Reference Values (параметры обезразмеривания) в Ansys Fluent?

№ 5 Для чего лучше всего подходит модель турбулентности Standart k-ε в исходной стандартной постановке

№ 6 Какова общая структура CFD-пакета?

№ 7 Как управляют потоком и пограничным слоем с помощью интерцепторов?

№ 8 Гипотеза пути смещения Прандтля.

№ 9 Основа дифференциальных моделей турбулентности

№ 10 Объясните разницу между молекулярной и турбулентной вязкостями

Вопросы закрытого типа:

№ 1 Количественной мерой условий перехода от ламинарного к турбулентному течению является

- число Струхала
- значение турбулентной вязкости
- число Рейнольдса
- соотношение между ламинарной и турбулентной вязкостью

№ 2 В каких случаях на определённых числах Re существенным является значение «сопротивления давления»?:

- продольное обтекание пластины
- обтекание шара
- поперечное обтекание цилиндра

№ 3 Для чего используются вихрегенераторы на крыльях при больших числах Re?

- для затягивания или устранения отрыва
- для ускорения отрыва пограничного слоя
- для увеличения сопротивления

№ 4 Что вызывают интерцепторы на крыльях?

- преждевременный срыв потока на верхней поверхности крыла
- затягивают или устраняют отрыв пограничного слоя
- понижают коэффициент давления

№ 5 Понятие «автомодельности» означает, что ...

- значение сопротивления начинает зависеть от числа Re
- значение сопротивления не зависит от Re
- значение коэффициента давления не зависит от Re
- значение сопротивления начинает падать

- № 6 Когда при поперечном обтекании цилиндра возникает автомодельность?
- в докритическом режиме
 - при числе Re , близком к критическому
 - при кризисе обтекания
 - в закритическом режиме
- № 7 Решение в пакете CFD считается сошедшимся, когда...
- изменения в искомым переменных от итерации к итерации незначительны
 - значение «невязок» больше единицы
 - интересующие величины (например, сопротивление, перепад давления) изменяются несущественно
 - решение становится устойчивым
 - значение y^+ становится меньше единицы
- № 8 Алгоритм «SIMPLE» определяет:
- способ сглаживания решения, делает приращения более плавными
 - способ связывания давления и скорости для несжимаемых течений
 - способ дискретизации значений на гранях
 - сходимость решения
- № 9 Pressure-Based в настройках пакетов CFD это – ...
- способ корректировки сходимости
 - тип решателя
 - тип системы координат
 - способ дискретизации значений на гранях ячеек
- № 10 «Уравнение неразрывности» это – ...
- закон сохранения энергии
 - закон сохранения массы
 - уравнения Бернулли
 - закон Ньютона для вязкости
 - закон сохранения импульса

ОПК-3

Вопросы открытого типа:

- № 1 Дайте определение верификации
- № 2 Дайте определение валидации
- № 3 В каком случае считается, что сеточная сходимость достигнута?
- № 4 Что представляет собой конвекция в общем случае?
- № 5 Особенность «подхода Эйлера» при моделировании движения жидкости и газа
- № 6 Источники ошибок при моделировании CFD
- № 7 Различие между верификацией и валидацией
- № 8 Общий алгоритм компьютерного анализа течения жидкости и газа
- № 9 Как бороться с погрешностями численных методов при использовании пакетов CFD?
- № 10 Расскажите о проблемах тестирования и настройки моделей турбулентности

Вопросы закрытого типа:

- № 1 Использование «низкорейнольдсовой» модели турбулентности возможно только при низких числах Re ?
- Да
 - Нет
- № 2 Использование «высокорейнольдсового» подхода возможно только при больших скоростях потока. Верно?
- Да
 - Нет

- № 3 Какое число подобия используется при моделировании колебательных процессов?
- Число Маха
 - Число Прандтля
 - Число Струхала
 - Число Рэлея
- № 4 Что определяет число Прандтля?
- соотношение сил инерции и сил вязкости
 - характеризует способность распространения тепла в текущей вязкой жидкости (газе)
 - отношение кинетической энергии потока к работе силы тяжести
 - характеризует отношение сил давления и сил инерции
- № 5 Какие критерии подобия наиболее существенны при моделировании движения летательного аппарата в воздухе?
- Числа Фруда и Эйлера
 - Числа Маха и Рейнольдса
 - Числа Маха и Прандтля
- № 6 Что такое “неньютоновские” жидкости (газа)?
- жидкости, в которых зависимость касательного напряжения и градиента скорости нельзя выразить линейно
 - жидкости, вязкость которых не меняется, даже если изменяется сила, действующая на нее
 - не подчиняется второму закону Ньютона
- № 7 Параметр y^+ связан со значением ...
- габаритных размеров обтекаемого тела
 - граничных условий при настройках задачи CFD
 - размера первой пристеночной ячейки
 - положения объекта и размерами расчётной области
- № 8 С помощью каких общедоступных экспериментальных данных можно рассчитать значение y^+ ?
- частота схода вихрей при обтекании цилиндра
 - значения коэффициента трения пластины
 - значения коэффициента давления при испытании профиля крыла
- № 9 С каким подходом к расчёту течений связаны модели турбулентности?
- Direct Numerical Simulation
 - Reynolds Averaged Navier-Stokes
 - Second-Order Upwind
- № 10 На чём основан метод конечных объёмов?
- выполнение законов сохранения в каждой ячейке расчётной области
 - замена частных производных в дифференциальных операторах их приближенными значениями, выраженными через дискретные значения функции в узлах расчётной сетки
 - дифференциальные уравнения решаются независимо для каждого конечного объёма