

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ПРАКТИКУМ В ГИДРОАЭРОДИНАМИКЕ

Направление/специальность подготовки	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Специализация/профиль/программа подготовки	Энергетика теплотехнологий
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очно-заочная
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	9	3	108	17	0	0	17	91	0	0	91	диф. зач.
5	10	3	108	26	0	0	26	82	0	0	82	диф. зач.
ВСЕГО		6	216	43	0	0	43	173	0	0	173	

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

год набора группы: 2023

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

ПРАКТИКУМ В ГИДРОАЭРОДИНАМИКЕ

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:

ПСК-1.2 — способность разрабатывать физические и математические модели процессов тепломассообмена, протекающих в энергетических установках
ПСК-1.3 — способность проводить анализ процессов тепломассообмена с использованием современных информационных технологий, готовность к профессиональной эксплуатации современных средств вычислительного моделирования

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-1.2

знания:

основные уравнения гидрогазодинамики и тепломассопереноса; основные принимаемые допущения; основные термодинамические модели текучих сред;

умения:

разрабатывать физические и математические модели газодинамических и термодинамических процессов внутренней газодинамики энергоустановок;

навыки:

построения физических, геометрических, сеточных, математических моделей энергетических установок и их узлов.

ПСК-1.3

знания:

физических и математических формулировок термогазодинамических процессов, характерных для задач внутренней газодинамики энергоустановок; принципы применения современных информационных технологий в науке и предметной деятельности; основные методы теоретического и экспериментального исследования газодинамических параметров в потоке, методы поиска и обработки информации как вручную, так и с применением современных информационных технологий;

умения:

применять физические законы гидроаэродинамики и тепломассообмена, а также численные методы для формирования математических моделей расчёта аэродинамики и внутренних течений в энергоустановках; использовать математический аппарат и информационные технологии при исследовании задач гидроаэродинамики;

навыки:

применения методов физико-математического анализа, для оценки характера течений, определения газодинамических характеристик и параметров теплообмена; использования информационных технологий, в том числе современные средства компьютерного моделирования, для исследования газодинамических процессов в энергоустановках.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ПРАКТИКУМ В ГИДРОАЭРОДИНАМИКЕ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **АЭРОГИДРОГАЗОДИНАМИКА, РАЗНОСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-2 — Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения
- ОПК-3 — Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач
- ОПК-4 — Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 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	Практические занятия		ПСК-1.2	ПСК-1.3
5	9	Раздел 1. Течение газа по соплу Лаваля. Аналитическое описание течения газа по соплу Лаваля. Описание физической экспериментальной установки. Проведение вычислительных экспериментов. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента.	29	6	6	23	13	13
5	9	Раздел 2. Описание физической экспериментальной установки. Проведение вычислительных экспериментов. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе. Измерение аэродинамических сил, действующих на крыловой профиль.	26	3	3	23	12	12
5	9	Раздел 3. Исследование аэродинамических характеристик оперенного тела. Описание физической экспериментальной установки. Проведение вычислительных экспериментов. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе.	26	3	3	23	13	13
5	9	Раздел 4. Истечение из сосуда конечного размера. Аналитическое описание истечения газа из сосуда конечного размера. Описание физической экспериментальной установки. Проведение вычислительных экспериментов. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе.	27	5	5	22	12	12
Всего за 9 семестр			108	17	17	91	50	50
5	10	Раздел 5. Скачки уплотнения в сверхзвуковой перерасширенной струе. Аналитическое описание скачков уплотнения в сверхзвуковой перерасширенной струе. Описание физической экспериментальной установки. Проведение вычислительных экспериментов. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе.	28	8	8	20	13	13
5	10	Раздел 6. Натекание сверхзвуковой струи на преграду конечных размеров. Аналитическое описание натекания сверхзвуковой струи на преграду конечных размеров. Описание физической экспериментальной установки. Проведение вычислительных экспериментов. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе.	26	6	6	20	12	12
5	10	Раздел 7. Пограничный слой на плоской пластине под углом атаки. Аналитическое описание пограничного слоя на плоской пластине. Проведение вычислительных экспериментов. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе.	27	6	6	21	13	13
5	10	Раздел 8. Обтекание ромба сверхзвуковым потоком. Аналитическое описание течения при обтекании ромба сверхзвуковым потоком. Проведение вычислительных экспериментов. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе.	27	6	6	21	12	12
Всего за 10 семестр			108	26	26	82	50	50
Всего по дисциплине			216	43	43	173	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Течение газа по соплу Лаваля.	Аналитическое описание течения газа по соплу Лаваля. Проведение вычислительных экспериментов. Построение геометрической модели.	2
2		Построение вычислительной сетки.	2

		Структурированные и неструктурированные сетки. Проведение имитационного моделирования. Анализ сеточной сходимости.	
3		Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента.	2
4	Раздел 2. Описание физической экспериментальной установки. Проведение вычислительных экспериментов. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе.	Построение геометрической и сеточной моделей	1
5		Настройка решателя и проведение имитационного моделирования.	1
6		Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента.	1
7	Раздел 3. Исследование аэродинамических характеристик оперенного тела.	Построение геометрической и сеточной моделей	1
8		Настройка решателя и проведение имитационного моделирования.	1
9		Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента.	1
10	Раздел 4. Истечение из сосуда конечного размера.	Построение геометрической и сеточной моделей	2
11		Настройка решателя и проведение имитационного моделирования.	2
12		Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента.	1
Всего за 9 семестр			17
13	Раздел 5. Скачки уплотнения в сверхзвуковой перерасширенной струе.	Построение геометрической и сеточной моделей	2
14		Настройка решателя и проведение имитационного моделирования.	4
15		Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента.	2
16	Раздел 6. Натекание сверхзвуковой струи на преграду конечных размеров.	Построение геометрической и сеточной моделей	2
17		Настройка решателя и проведение имитационного моделирования.	2
18		Отображение и анализ результатов расчета.	2

		Сравнение с результатами физического эксперимента.	
19	Раздел 7. Пограничный слой на плоской пластине под углом атаки.	Построение геометрической и сеточной моделей	2
20		Настройка решателя и проведение имитационного моделирования.	2
21		Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента.	2
22	Раздел 8. Обтекание ромба сверхзвуковым потоком.	Построение геометрической и сеточной моделей	2
23		Настройка решателя и проведение имитационного моделирования.	2
24		Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента.	2
Всего за 10 семестр			26

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Течение газа по соплу Лавалья.	Выполнение индивидуального задания по расчету течения газа в сопле Лавалья. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе.	23
2	Раздел 2. Описание физической экспериментальной установки. Проведение вычислительных экспериментов. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе.	Выполнение индивидуального задания по расчету аэродинамических сил, действующих на крыловой профиль. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе.	23
3	Раздел 3. Исследование аэродинамических характеристик оперенного тела.	Выполнение индивидуального задания по расчету аэродинамических характеристик оперенного тела. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе.	23
4	Раздел 4. Истечение из сосуда конечного размера.	Выполнение индивидуального задания по расчету истечения газа из сосуда конечного размера. Построение геометрической	22

		модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе.	
Всего за 9 семестр			91
5	Раздел 5. Скачки уплотнения в сверхзвуковой перерасширенной струе.	Выполнение индивидуального задания по расчету скачков уплотнения в сверхзвуковой перерасширенной струе. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе.	20
6	Раздел 6. Натекание сверхзвуковой струи на преграду конечных размеров.	Выполнение индивидуального задания по расчету натекания сверхзвуковой струи на преграду конечных размеров. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе.	20
7	Раздел 7. Пограничный слой на плоской пластине под углом атаки.	Выполнение индивидуального задания по расчету пограничного слоя на плоской пластине под углом атаки. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе.	21
8	Раздел 8. Обтекание ромба сверхзвуковым потоком.	Выполнение индивидуального задания по расчету обтекания ромба сверхзвуковым потоком. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе.	21
Всего за 10 семестр			82

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
9				Зад. СРС		ДР		Зад. СРС		ДР		Зад. СРС			Зад. СРС	ДР	диф. зач.
10					Зад. СРС	ДР			Зад. СРС	ДР			Зад. СРС, диф. зач.				

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Зад. СРС – задания для самостоятельной работы;

- диф. зач. – дифференцированный зачет;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- задания для самостоятельной работы.

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. Г. А. Акимов, В. А. Зазимко ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Аэрогазодинамика. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, 61 экз.
3. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012, 63 экз.
4. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов, И. В. Тетерина. . Газовые течения в соплах энергоустановок. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017, 50 экз.
5. М. С. Яковчук. . Вычислительные технологии решения задач механики жидкости и газа. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, эл. рес.
6. 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. Г. А. Акимов. . Развитие теоретической и прикладной газодинамики школой профессора И. П. Гинзбурга. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2002, 2 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://urait.ru> — Главная – 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 - 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. OpenOffice.org 3.0;
6. WPS 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. Практические занятия:

1. Проектор;
2. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
3. Matlab 2015a SP1;
4. Microsoft Office;
5. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced;
6. OpenOffice.org 3.0;
7. WPS Office;
8. Octava.

6.2. 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 **ПРАКТИКУМ В ГИДРОАЭРОДИНАМИКЕ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-1.2 способность разрабатывать физические и математические модели процессов тепломассообмена, протекающих в энергетических установках;

ПСК-1.3 способность проводить анализ процессов тепломассообмена с использованием современных информационных технологий, готовность к профессиональной эксплуатации современных средств вычислительного моделирования.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с вычислительным и имитационным моделированием гидроаэродинамических, тепловых и динамических процессов, протекающих в лабораторных аэродинамических установках и при эксплуатации авиационной и ракетно-космической техники.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- задания для самостоятельной работы.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **6 з.е., 216 ч.** Программой дисциплины предусмотрены практические занятия (**43 ч.**), самостоятельная работа студента (**173 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 216 ч., из них 43 ч. аудиторных занятий, и 173 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. Течение газа по соплу Лавалья.		
Выполнение индивидуального задания по расчету течения газа в сопле Лавалья. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе.	Н. Н. Фёдорова, С. А. Вальгер, М. Н. Данилов. . Основы работы в ANSYS 17: М.: ДМК Пресс, 2017 (1-4) Г. А. Акимов, В. А. Зазимко ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Аэрогазодинамика: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (2) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (1-4) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов, И. В. Тетерина. . Газовые течения в соплах энергоустановок: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017 (1-3) Г. А. Акимов. . Развитие теоретической и прикладной газодинамики школой профессора И. П. Гинзбурга: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2002 (1) М. С. Яковчук. . Вычислительные технологии решения задач механики жидкости и газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (1-3) А. К. Любимов, Л. В. Шабарова. . Методы построения расчётных сеток в пакете ANSYS	23

	ICEM CFD: Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2011 (1-3)	
Итого по разделу 1		23
Раздел 2. Описание физической экспериментальной установки. Проведение вычислительных экспериментов. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе.		
Выполнение индивидуального задания по расчету аэродинамических сил, действующих на крыловой профиль. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе.	Г. А. Акимов, В. А. Зазимко ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Аэрогазодинамика: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (2) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (1-4) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (1-4)	23
Итого по разделу 2		23
Раздел 3. Исследование аэродинамических характеристик оперенного тела.		
Выполнение индивидуального задания по расчету аэродинамических характеристик оперенного тела. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе.	К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (1-4) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (1-4) Г. А. Акимов, В. А. Зазимко ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Аэрогазодинамика: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (2)	23
Итого по разделу 3		23
Раздел 4. Истечение из сосуда конечного размера.		
Выполнение индивидуального задания по расчету истечения газа из сосуда конечного размера. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе.	К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (1-4) Г. А. Акимов, В. А. Зазимко ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова.	22

	Аэрогазодинамика: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (2) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (1-4)	
Итого по разделу 4		22
Раздел 5. Скачки уплотнения в сверхзвуковой перерасширенной струе.		
Выполнение индивидуального задания по расчету скачков уплотнения в сверхзвуковой перерасширенной струе. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе.	К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (1-4) Г. А. Акимов, В. А. Зазимко ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Аэрогазодинамика: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (2) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (1-4)	20
Итого по разделу 5		20
Раздел 6. Натекание сверхзвуковой струи на преграду конечных размеров.		
Выполнение индивидуального задания по расчету натекания сверхзвуковой струи на преграду конечных размеров. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе.	К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (1-4) Г. А. Акимов, В. А. Зазимко ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Аэрогазодинамика: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (2) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (1-4)	20
Итого по разделу 6		20
Раздел 7. Пограничный слой на плоской пластине под углом атаки.		
Выполнение индивидуального задания по расчету пограничного слоя на плоской пластине под углом атаки. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета.	К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (1-	21

Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе.	<p>4)</p> <p>К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. .</p> <p>Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (1-4)</p> <p>Г. А. Акимов, В. А. Зазимко ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова.</p> <p>Аэрогазодинамика: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (2)</p>	
Итого по разделу 7		21
Раздел 8. Обтекание ромба сверхзвуковым потоком.		
Выполнение индивидуального задания по расчету обтекания ромба сверхзвуковым потоком. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе.	<p>К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. .</p> <p>Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (1-4)</p> <p>Г. А. Акимов, В. А. Зазимко ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова.</p> <p>Аэрогазодинамика: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (2)</p> <p>К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. .</p> <p>Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (1-4)</p>	21
Итого по разделу 8		21

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- задания для самостоятельной работы;
- 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.

Задания для самостоятельной работы

Задания для самостоятельной работы входят в состав УМК дисциплины.

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

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

Отчет оценивается по десятибалльной шкале на соответствие следующим критериям:

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

Дифференцированный зачет

Сдача дифференцированного зачета в 7 семестре может проводиться в двух формах:

1. По результатам выполнения контрольных мероприятий в семестре.
При своевременном выполнении контрольных мероприятий, предусмотренных программой УМК дисциплины, в течение семестра, студент может получить итоговую оценку как среднеарифметическую по полученным оценкам в течении 7 семестра.
2. По результатам выполнения итогового теста, состоящего из 20 вопросов, перечень которых представлен в УМК дисциплины.
К сдаче итогового теста студент может быть допущен только при выполнении всех контрольных мероприятий, предусмотренных программой УМК дисциплины. При проведении итогов тестирования, устанавливается соответствие количества правильных ответов и итоговой оценки:
 - менее 70 % - не зачтено;

- от 71 до 80 % правильных ответов – удовлетворительно;
- от 81 до 90 % правильных ответов – хорошо;
- от 91 до 100 % правильных ответов – отлично.

Дифференцированный зачет

Сдача дифференцированного зачета в 8 семестре может проводиться в двух формах:

1. По результатам выполнения контрольных мероприятий в семестре.

При своевременном выполнении контрольных мероприятий, предусмотренных программой УМК дисциплины, в течение семестра, студент может получить итоговую оценку как среднеарифметическую по полученным оценкам в течении 7 семестра.

2. По результатам выполнения итогового теста, состоящего из 20 вопросов, перечень которых представлен в УМК дисциплины.

При проведении итогов тестирования, устанавливается соответствие количества правильных ответов и итоговой оценки:

- менее 70 % - не зачтено;
- от 71 до 80 % правильных ответов – удовлетворительно;
- от 81 до 90 % правильных ответов – хорошо;
- от 91 до 100 % правильных ответов – отлично.

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме		Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Практические занятия		ПСК-1.2	ПСК-1.3	
5	9	Раздел 1. Течение газа по соплу Лаваля.	29	6	6	23	13	13	Задания для самостоятельной работы
5	9	Раздел 2. Описание физической экспериментальной установки. Проведение вычислительных экспериментов. Построение геометрической модели. Построение вычислительной сетки. Проведение имитационного моделирования. Отображение и анализ результатов расчета. Сравнение с результатами физического эксперимента. Оформление отчёта, выводы по работе.	26	3	3	23	12	12	Задания для самостоятельной работы
5	9	Раздел 3. Исследование аэродинамических характеристик оперенного тела.	26	3	3	23	13	13	Задания для самостоятельной работы
5	9	Раздел 4. Истечение из сосуда конечного размера.	27	5	5	22	12	12	Задания для самостоятельной работы
Всего за 9 семестр			108	17	17	91	50	50	
5	10	Раздел 5. Скачки уплотнения в сверхзвуковой перерасширенной струе.	28	8	8	20	13	13	Задания для самостоятельной работы
5	10	Раздел 6. Натекание сверхзвуковой струи на преграду конечных размеров.	26	6	6	20	12	12	Задания для самостоятельной работы
5	10	Раздел 7. Пограничный слой на плоской пластине под углом атаки.	27	6	6	21	13	13	Задания для самостоятельной работы
5	10	Раздел 8. Обтекание ромба сверхзвуковым потоком.	27	6	6	21	12	12	Задания для самостоятельной работы
Всего за 10 семестр			108	26	26	82	50	50	
Всего по дисциплине			216	43	43	173	100	100	