


**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.  
ФИО  
«31» 05 2022

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ГИДРОАЭРОДИНАМИКА ОБЪЕКТОВ

Направление/специальность подготовки	24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика
Специализация/профиль/программа подготовки	Физическое и вычислительное моделирование теплоаэродинамических и теплогидравлических процессов
Уровень высшего образования	Магистратура
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА
Кафедра-разработчик рабочей программы	А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
6	11	3	108	51	34	0	17	57	0	0	57	зач.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

### 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика

год набора группы: 2022

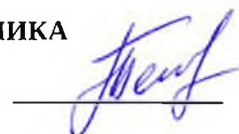
Программу составил:

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА  
Емельянов Владислав Николаевич, д.т.н., профессор



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**

## **ГИДРОАЭРОДИНАМИКА ОБЪЕКТОВ**

### **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:

УК-1 — способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
ПСК-1.01 — способность разрабатывать физические и математические модели совокупности процессов гидроаэродинамики и теплообмена

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **УК-1**

#### *знания:*

на уровне представлений: основные принципы и подходы применяемые в современных специализированных компьютерных технологиях;

на уровне воспроизведения: пользоваться современными информационными технологиями для проведения вычислительного моделирования и анализа тепловых и гидроаэродинамических процессов;

на уровне понимания: принципы устройства и действия современных информационных технологий и их использование при решении гидроаэродинамических задач;

#### *умения:*

теоретические: планировать, организовывать и проводить научные вычислительные исследования;

практические: использование компьютерных технологий для обработки, хранения и визуализации результатов моделирования;

#### *навыки:*

профессиональной эксплуатации современных средств вычислительного моделирования.

### **ПСК-1.01**

#### *знания:*

на уровне представлений: основы численных методов; основные законы физики;

на уровне воспроизведения: методы моделирования процессов гидроаэродинамики, высокоинтенсивных процессов, в которых имеет место быстрое изменение параметров;

на уровне понимания: принципы применения современных информационных технологий в науке и предметной деятельности;

#### *умения:*

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

практические: анализировать результаты вычислительного эксперимента; использовать математический аппарат и информационные технологии при изучении естественнонаучных дисциплин; работать на компьютере;

#### *навыки:*

владения основными методами теоретического и численного исследования физических явлений, методами поиска и обработки информации как вручную, так и с применением современных информационных технологий.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ГИДРОАЭРОДИНАМИКА ОБЪЕКТОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ДИНАМИКА ДВИЖЕНИЯ ТЕЛ В ЖИДКОСТЯХ И ГАЗАХ**.

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

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте
- ОПК-6 — Способен разрабатывать и использовать новые подходы и методы расчета объектов ракетно-космической техники с учетом аэродинамических и баллистических параметров
- ПСК-1.04 — способностью к проведению научных исследований в области баллистики, динамики и управления полетами аэрокосмических аппаратов

### 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		УК-1	ПСК-1.01
6	11	<b>Раздел 1. Цели и задачи прикладной гидрогазодинамики.</b> Примеры прикладных задач гидроаэродинамики объектов. Роль в прогнозных и поисковых исследованиях.	8	2	2	0	6	10	10
6	11	<b>Раздел 2. Законы сохранения и основные уравнения. Иерархия моделей. Подobie и автомодельность.</b> Интегральная форма законов сохранения. Потoki, источники и силы. Дифференциальные формы основных уравнений для иерархии моделей (нульмерные, одномерные, многомерные в пространственной иерархии, стационарные, квазистационарные нестационарные по временной иерархии). Подobie явлений. Критерии подobia, как отношения сил и потоков, характерных времен и размеров. Критерии подobia, как безразмерные комплексы в системе уравнений. Подobie и размерность. Пи теорема. Понятие автомодельности.	25	11	7	4	14	15	15
6	11	<b>Раздел 3. Модели и методы прикладной гидрогазодинамики.</b> Модель изoэнтропического течения идеального совершенного газа. Газодинамические функции. Комплекс программ для газодинамических функций. Скачки уплотнения и ударные волны в газах. Комплекс программ ударноволновой газодинамики. Течения разрежения. Модели стационарной газодинамики и программные средства для решения базовых задач. Модели нестационарной газодинамики. Задача о распаде разрыва и с программные средства ее реализации. Нестационарная газодинамика газа с кубическим уравнением состояния.	26	14	9	5	12	20	20
6	11	<b>Раздел 4. Течения в соплах. Газодинамика диффузоров и конфузоров. Газодинамика эжектора.</b> Виды и конструкции сопел реактивных двигателей. Стационарные и нестационарные режимы работы сопла. Отрыв потока при истечении из сопла в среду с противодействием. Способы создания управляющих усилий. Утопленное поворотное сопло. Управление вдувом газа. Дефлекторы, интерцепторы и газовые рули. Качественное описание газодинамических эффектов. Создание тяги. Стендовая тяга пустотная тяга. Отрыв потока и тяговые характеристики. Квазидвухмерная газодинамика сопла.	23	11	7	4	12	20	20
6	11	<b>Раздел 5. Аэродинамика отрыва потока.</b> Качественные картины отрывных течений. Отрыв сверхзвукового потока за уступом. Понятие разделяющей линии тока. Схема Корста расчета отрыва. Отрыв сверхзвукового потока пере ступенькой. Трехмерный отрыв. Линии стекания и растекания. Тепловые нагрузки при отрыве. Нестационарные процессы.	12	6	4	2	6	20	20
6	11	<b>Раздел 6. Аэрогазодинамика высокоскоростных течений.</b> Конус в сверхзвуковом потоке. Затупленное тело в сверхзвуковом потоке. Формула Ньютона для сопротивления тел. Реальный газ. Равновесный высокотемпературный воздух. Скачки уплотнения в равновесном высокотемпературном воздухе.	14	7	5	2	7	15	15
<b>Всего за 11 семестр</b>			108	51	34	17	57	100	100
<b>Всего по дисциплине</b>			108	51	34	17	57	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Законы сохранения и основные уравнения. Иерархия моделей. Подobie и автомодельность.	Процессы переноса в гидрогазодинамике. Определение потоков для модельных течений.	4
2	Раздел 3. Модели и методы прикладной гидрогазодинамики.	Освоение практической работы с базой программных средств для газодинамических функций. И базой программ для ударных волн и скачков уплотнения. Решение базовых прикладных задач. Практическая работа с программной базой для течений разрежения и программной базой нестационарной газодинамики.	5
3	Раздел 4. Течения в соплах. Газодинамика	Освоение практической работы с расчётом нестационарной газодинамики соплового канала.	4

	диффузоров и конфузоров. Газодинамика эжектора.		
4	Раздел 5. Аэродинамика отрыва потока.	Моделирование отрывных течений. Изучение влияния различных параметров на формирование отрывной области.	2
5	Раздел 6. Аэрогазодинамика высокоскоростных течений.	Практические задачи высокоскоростных обтеканий объектов.	2
<b>Всего за 11 семестр</b>			<b>17</b>

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Цели и задачи прикладной гидрогазодинамики.	Изучение материала раздела.	6
2	Раздел 2. Законы сохранения и основные уравнения. Иерархия моделей. Подobie и автомодельность.	Выполнение практического задания: "Решение задачи Римана".	12
3		Изучение материала раздела.	2
4	Раздел 3. Модели и методы прикладной гидрогазодинамики.	Выполнение практического задания: "Газодинамические функции". Выполнение практического задания: "Нестационарная газодинамика".	10
5		Изучение материала раздела.	2
6	Раздел 4. Течения в соплах. Газодинамика диффузоров и конфузоров. Газодинамика эжектора.	Выполнение практического задания: "Моделирование газодинамических процессов в сопловом канале".	10
7		Изучение материала раздела.	2
8	Раздел 5. Аэродинамика отрыва потока.	Изучение материала раздела.	6
9	Раздел 6. Аэрогазодинамика высокоскоростных течений.	Изучение материала раздела.	7
<b>Всего за 11 семестр</b>			<b>57</b>

## 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
11		КВ	Отч. по ПЗ			ДР				ДР	Отч. по ПЗ		КВ		Отч. по ПЗ	ДР	зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- КВ – контрольные вопросы;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- зач. – зачет.

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

- диагностическая работа;
- контрольные вопросы;
- отчет по практическому заданию.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. В. Лунёв. . Гиперзвуковая аэродинамика. М.: Машиностроение, 1975, эл. рес.
2. Г. А. Тирский, В. И. Сахаров, В. Л. Ковалёв. . Гиперзвуковая аэродинамика и тепломассообмен спускаемых космических аппаратов и планетных зондов. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011, эл. рес.
3. Г. Н. Абрамович. . Прикладная газовая динамика. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1976, 35 экз.
4. И. П. Гинзбург. . Прикладная гидрогазодинамика. Л.: Изд-во ЛГУ, 1958, 183 экз.
5. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012, 63 экз.
6. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов, И. В. Тетерина. . Газовые течения в соплах энергоустановок. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017, 50 экз.
7. К. Н. Волков, Ю. Н. Дерюгин, В. Н. Емельянов. . Разностные схемы в задачах газовой динамики на неструктурированных сетках. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014, 10 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

### 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/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=474](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474) — 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»;
3. <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. Matlab 2015a SP1.

### 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. Matlab 2015a SP1.

### **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 **ГИДРОАЭРОДИНАМИКА ОБЪЕКТОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению **24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика**. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование компетенций:

УК-1 способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;

ПСК-1.01 способность разрабатывать физические и математические модели совокупности процессов гидроаэродинамики и теплообмена.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с современными проблемами гидроаэродинамики объектов, современными проблемами аэродинамики гиперзвуковых скоростей. Основная задача преподавать теоретические основы, физическую сущность и дать практические навыки по анализу устройства и процессов, реализующихся в аппаратах в зависимости от их функционального назначения.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- контрольные вопросы;
- отчет по практическому заданию.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 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. Цели и задачи прикладной гидрогазодинамики.		
Изучение материала раздела.	Г. Н. Абрамович. . Прикладная газовая динамика: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1976 (1-5) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (Введение)	6
Итого по разделу 1		6
Раздел 2. Законы сохранения и основные уравнения. Иерархия моделей. Подобие и автомодельность.		
Выполнение практического задания: "Решение задачи Римана".	К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (2)	12
Изучение материала раздела.		2
Итого по разделу 2		14
Раздел 3. Модели и методы прикладной гидрогазодинамики.		
Выполнение практического задания: "Газодинамические функции".	К. Н. Волков, Ю. Н. Дерюгин, В. Н. Емельянов. . Разностные схемы в задачах газовой динамики на неструктурированных сетках: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014 (2.4)	10
Выполнение практического задания: "Нестационарная газодинамика".		
Изучение материала раздела.		2
Итого по разделу 3		12
Раздел 4. Течения в соплах. Газодинамика диффузоров и конфузоров. Газодинамика эжектора.		
Выполнение практического задания: "Моделирование газодинамических процессов в сопловом канале".	К. Н. Волков, В. Н. Емельянов, И. В. Тетерина. . Газовые течения в соплах энергоустановок: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017 (1-3)	10
Изучение материала раздела.		2
Итого по разделу 4		12
Раздел 5. Аэродинамика отрыва потока.		
Изучение материала раздела.	И. П. Гинзбург. . Прикладная гидрогазодинамика: Л.: Изд-во ЛГУ, 1958 (4-5)	6
Итого по разделу 5		6
Раздел 6. Аэрогазодинамика высокоскоростных течений.		
Изучение материала раздела.	В. В. Лунёв. . Гиперзвуковая аэродинамика: М.: Машиностроение, 1975 (1 - 4) Г. А. Тирский, В. И. Сахаров, В. Л. Ковалёв. . Гиперзвуковая аэродинамика и тепломассообмен спускаемых космических аппаратов и планетных зондов: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011 (8 - 10)	7
Итого по разделу 6		7

## ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- контрольные вопросы;
- отчет по практическому заданию;
- 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.

#### Контрольные вопросы

Критерии оценивания ответов на контрольные вопросы

Ответы на контрольные вопросы по определенным разделам дисциплины осуществляются в устной форме. Студенту задаются 3 вопроса в рамках изучаемого раздела, для успешной аттестации необходимо правильно ответить на 2 и выше вопросов. Ответ на вопрос должен быть правильным, содержательным, аргументированным.

Список контрольных вопросов:

- Дифференциальные формы основных уравнений для иерархии моделей.
- Подобие явлений.
- Критерии подобия, как безразмерные комплексы в системе уравнений.
- Пи теорема.
- Газодинамические функции.
- Кубическое уравнение состояния.
- Определения силы лобового сопротивления, подъемной силы, боковой силы.
- Изменение силы тяги двигателя по высоте.
- Каких величин достигает удельная тяга в вакууме для современных ЖРД, РДТТ.
- Газодинамика диффузоров.
- Газодинамика конфузоров.
- Газодинамика эжектора.
- Способы создания управляющих усилий в сопловом канале.
- Органы управления для создания управляющих сил и моментов.
- Математическая модель аэродинамики с учетом химических реакций.
- Интегральная форма уравнений газодинамики. Формулировка для покоящегося, движущегося и подвижного объемов.
- Дифференциальная форма уравнений газодинамики. Консервативные и физические переменные.
- Моделирование газодинамических процессов: размерность модели; уровень физической сложности.
- Схема Корста расчета отрыва.
- Отрыв сверхзвукового потока за уступом.
- Задача о распаде произвольного разрыва. Вычисление потоков на основе задачи о распаде разрыва.
- Течение в плоском и осесимметричном канале.
- Конус в сверхзвуковом потоке.
- Затупленное тело в сверхзвуковом потоке.
- Формула Ньютона для сопротивления тел.
- Дискретизация на основе методов конечного объема и схемы распада произвольного разрыва.
- Равновесный высокотемпературный воздух.
- Скачки уплотнения в равновесном высокотемпературном воздухе.

#### Отчет по практическому заданию

Отчет по практическому заданию (ПЗ) представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по ПЗ. Отчет по ПЗ должен содержать:

- постановку задачи, математическую модель и основные расчетные соотношения используемых

методов решения;

- схему расчетной области с характеристиками сетки, краевыми и начальными условиями, реализованными в решаемом варианте;
- графическое представление полученных результатов;
- содержание исследовательского задания, результаты вычислительного моделирования, анализ и выводы по проведенным исследованиям.

Защита ПЗ проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя. Процедура защиты включает ответы на вопросы преподавателя по работе и разделу курса. В ходе защиты ПЗ обучающиеся должны продемонстрировать знания, умения и навыки:

- культуру речи при изложении своих мыслей, логичность в постановке и изложении материала,
- понимание постановки задачи, знание основных элементов математической модели, формулировка начальных и граничных условий, обоснование основных упрощающих положений;
- умение определить место исследованного явления в конкретных технических процессах и устройствах;
- умение анализировать полученные результаты и умение прогнозировать характер процессов в технических устройствах на основании полученных данных;
- умение самостоятельно модифицировать математические модели и программные средства для целей конкретизации или расширения области приложения моделей, использованных в работе.

Оценка защиты работы выставляется по 100 бальной шкале с учётом:

- выполнение ПЗ – 40 баллов,
- оформление пояснительной записки – 20 баллов,
- защита результатов, ответы на вопросы и их логика, культура речи – 40 баллов.

ПЗ считается принятой при наборе более 80 баллов.

### **Зачет**

Обучающийся имеет право на получение минимальной положительной оценки при условии успешного прохождения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы в соответствии с графиком раздела 4.

Зачет проходит в форме ответов на два контрольных вопроса по выбору преподавателя.

Знания, умения и навыки студентов определяются оценками:

«Зачтено» – студент знает курс на уровне лекционного материала, базового учебника, дополнительной учебной, научной и методологической литературы, умеет привести разные точки зрения по излагаемому вопросу.

«Не зачтено» – студент имеет пробелы в знаниях основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий.

Критерии оценивания

- соответствие содержания ответа на поставленный вопрос – min 0,4, max 1;
- логичность и последовательность в изложении ответа – min 0,4, max 1;

Итого баллов: min 0,8 балл, max 2 балла

Минимальная сумма баллов для получения зачета - 1 балл.

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		УК-1	ПСК-1.01	
6	11	Раздел 1. Цели и задачи прикладной гидрогазодинамики.	8	2	2	0	6	10	10	Контрольные вопросы
6	11	Раздел 2. Законы сохранения и основные уравнения. Иерархия моделей. Подобие и автомодельность.	25	11	7	4	14	15	15	Отчет по практическому заданию
6	11	Раздел 3. Модели и методы прикладной гидрогазодинамики.	26	14	9	5	12	20	20	Отчет по практическому заданию
6	11	Раздел 4. Течения в соплах. Газодинамика диффузоров и конфузоров. Газодинамика эжектора.	23	11	7	4	12	20	20	Отчет по практическому заданию
6	11	Раздел 5. Аэродинамика отрыва потока.	12	6	4	2	6	20	20	Контрольные вопросы
6	11	Раздел 6. Аэрогазодинамика высокоскоростных течений.	14	7	5	2	7	15	15	Контрольные вопросы
Всего за 11 семестр			108	51	34	17	57	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	