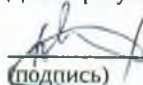


**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
 федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
 «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»  
 (БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

  
 Юнаков Л. П.  
 (подпись) ФИО  
 «31» 05 2022

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АЭРОГИДРОМЕХАНИКИ

Направление/специальность подготовки	24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика 24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика 24.04.05 Двигатели летательных аппаратов
Специализация/профили/программа подготовки	✓Проектирование и оценка эффективности ракетно-космических систем Физическое и вычислительное моделирование теплоаэродинамических и теплогидравлических процессов Авиационная и ракетно-космическая теплотехника
Уровень высшего образования	Магистратура
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ; 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	34	17	0	17	74	0	0	74	зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика**

**24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика**

**24.04.05 Двигатели летательных аппаратов**

год набора группы: 2022

Программу составили:

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА  
Беляева Анастасия Сергеевна, ассистент

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА  
Циркунов Юрий Михайлович, д.ф.-м.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 выпускающих кафедр

**А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ**

Заведующий кафедрой Бородавкин В.А., д.т.н., проф.

**А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АЭРОГИДРОМЕХАНИКИ**

## **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:

24.04.01 (A1)	УК-1 — способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
24.04.05 (A9)	УК-1 — способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
24.04.03 (A9)	ОПК-2 — способность ставить и решать задачи по проектированию, конструированию и производству объектов профессиональной деятельности при использовании современных информационных технологий
24.04.03 (A9)	ОПК-5 — способность осуществлять научный поиск и разрабатывать новые подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники
24.04.03 (A9)	ПСК-1.01 — способность разрабатывать физические и математические модели совокупности процессов гидроаэродинамики и теплообмена
24.04.01 (A1)	ПСК-1.05 — способность вести поиск и внедрение перспективных технических решений и технологий при проектировании ракет и космических аппаратов
24.04.05 (A9)	ПСК-2.04 — способностью 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

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

## **УК-1 (24.04.01, A1)**

знания:

на уровне представлений:

- общие законы и уравнения динамики жидкостей и газов

на уровне воспроизведения:

- иметь представление об истории развития изучаемых проблем механики жидкости, газа и плазмы, о вкладе отечественных учёных в их развитие;;

умения:

- проводить математическое и вычислительное моделирование процессов, происходящих в конструкциях, реализующих исследуемые течения, при их эксплуатации;;

навыки:

- методы проведения математического и вычислительного моделирования процессов, происходящих в конструкциях, реализующих исследуемые течения, при их эксплуатации;.

## **УК-1 (24.04.05, A9)**

знания:

на уровне представлений:

- общие законы и уравнения динамики жидкостей и газов

на уровне воспроизведения:

- иметь представление об истории развития изучаемых проблем механики жидкости, газа и плазмы, о вкладе отечественных учёных в их развитие;;

умения:

- проводить математическое и вычислительное моделирование процессов, происходящих в конструкциях, реализующих исследуемые течения, при их эксплуатации;;

навыки:

- методы проведения математического и вычислительного моделирования процессов, происходящих в конструкциях, реализующих исследуемые течения, при их эксплуатации;.

## **ОПК-2 (24.04.03, A9)**

знания:

на уровне представлений:

- общие законы и уравнения динамики жидкостей и газов;;

умения:

составлять математические модели и расчетные схемы исследуемых течений;;

навыки:

методы проведения математического и вычислительного моделирования процессов, происходящих в конструкциях, реализующих исследуемые течения, при их эксплуатации;.

## **ОПК-5 (24.04.03, A9)**

знания:

на уровне воспроизведения:

- иметь представление об истории развития изучаемых проблем механики жидкости, газа и плазмы, о вкладе отечественных учёных в их развитие;;

умения:

проводить математическое и вычислительное моделирование процессов, происходящих в конструкциях, реализующих исследуемые течения, при их эксплуатации;;

*навыки:*

методы проведения математического и вычислительного моделирования процессов, происходящих в конструкциях, реализующих исследуемые течения, при их эксплуатации;.

**ПСК-1.01 (24.04.03, А9)**

*знания:*

на уровне представлений:

- общие законы и уравнения динамики жидкостей и газов

на уровне воспроизведения:

- иметь представление об истории развития изучаемых проблем механики жидкости, газа и плазмы, о вкладе отечественных учёных в их развитие

на уровне понимания:

- особенности математического моделирования одномерных и пространственных течений;;

*умения:*

- составлять математические модели и расчетные схемы исследуемых течений

- проводить математическое и вычислительное моделирование процессов, происходящих в конструкциях, реализующих исследуемые течения, при их эксплуатации;;

*навыки:*

- методы составления математических моделей и расчетных схем исследуемых течений

- методы проведения математического и вычислительного моделирования процессов, происходящих в конструкциях, реализующих исследуемые течения, при их эксплуатации;.

**ПСК-1.05 (24.04.01, А1)**

*знания:*

на уровне представлений:

- общие законы и уравнения динамики жидкостей и газов

на уровне воспроизведения:

- иметь представление об истории развития изучаемых проблем механики жидкости, газа и плазмы, о вкладе отечественных учёных в их развитие

на уровне понимания:

- особенности математического моделирования одномерных и пространственных течений;;

*умения:*

- составлять математические модели и расчетные схемы исследуемых течений

- проводить математическое и вычислительное моделирование процессов, происходящих в конструкциях, реализующих исследуемые течения, при их эксплуатации;;

*навыки:*

- методы составления математических моделей и расчетных схем исследуемых течений

- методы проведения математического и вычислительного моделирования процессов, происходящих в конструкциях, реализующих исследуемые течения, при их эксплуатации;.

**ПСК-2.04 (24.04.05, А9)**

*знания:*

на уровне представлений:

- общие законы и уравнения динамики жидкостей и газов

на уровне воспроизведения:

- иметь представление об истории развития изучаемых проблем механики жидкости, газа и плазмы, о вкладе отечественных учёных в их развитие

на уровне понимания:

- особенности математического моделирования одномерных и пространственных течений;;

*умения:*

- составлять математические модели и расчетные схемы исследуемых течений

- проводить математическое и вычислительное моделирование процессов, происходящих в конструкциях, реализующих исследуемые течения, при их эксплуатации;;

*навыки:*

- методы составления математических моделей и расчетных схем исследуемых течений

- методы проведения математического и вычислительного моделирования процессов, происходящих в конструкциях, реализующих исследуемые течения, при их эксплуатации;.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АЭРОГИДРОМЕХАНИКИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлениям: 24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика, 24.04.05 Двигатели летательных аппаратов и **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.04.03 *Баллистика и гидроаэродинамика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания физико-математической подготовки бакалавра и служит основой для освоения дисциплин: **ГОСУДАРСТВЕННАЯ ИТОГОВАЯ АТТЕСТАЦИЯ, НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА, СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АЭРОГИДРОМЕХАНИКИ**

### 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 (24.04.01)	УК-1 (24.04.05)	ОПК-2 (24.04.03)	ОПК-5 (24.04.03)	ПСК-1.01 (24.04.03)	ПСК-1.05 (24.04.01)	ПСК-2.04 (24.04.05)
5	9	<b>Раздел 1. Введение.</b> 1.1. Обзор современных проблем аэрогидромеханики технических, биологических и природных систем. 1.2 Современные проблемы гиперзвуковых скоростей. Определение термина «гиперзвуковое обтекание» 1.3 История развития исследований гиперзвуковых течений. Роль российских ученых в развитии аэродинамики гиперзвуковых скоростей.	10	2	2	0	8	10	10	10	10	10	10	10
5	9	<b>Раздел 2. Физические и математические модели гиперзвуковых течений.</b> 2.1. Физические процессы в газе при гиперзвуковых скоростях полета. 2.2. Физическая модель течения неравновесных смесей газов. Скорости релаксации и химических реакций. 2.3. Полная система уравнений движения газа с физико-химическими превращениями.	6	2	2	0	4	10	10	10	10	10	10	10
5	9	<b>Раздел 3. Свойства уравнений неравновесного течения газа. Ударные волны и зоны релаксации.</b> 3.1. Структура и некоторые свойства уравнений течения реального газа. Парадокс двух скоростей звука. Центрированная волна в неравновесном газе. 3.2. Ударные волны. Общие соотношения. Сильные ударные волны. Зона релаксации за ударным фронтом.	4	2	2	0	2	10	10	10	10	10	10	10
5	9	<b>Раздел 4. Основные свойства течений, формирующихся при обтекании тел гиперзвуковым потоком.</b> 4.1. Общий закон подобия гиперзвукового обтекания тел невязким газом. Замечания к постановке задач сверхзвукового невязкого обтекания тел несовершенным газом. 4.2. Некоторые свойства течений с большими местными числами М.	6	2	2	0	4	10	10	10	10	10	10	10
5	9	<b>Раздел 5. Течение газа с большой плотностью за ударной волной.</b> 5.1. Толщина ударного слоя. Предельное решение для тонкого ударного слоя Общая ньютонианская теория. Формулы Буземана и Ньютона. 5.2. Аэродинамические характеристики тел. Коэффициенты сопротивления Теория оптимальных аэродинамических форм. Нестационарное обтекание тел.	14	6	2	4	8	10	10	10	10	10	10	10
5	9	<b>Раздел 6. Структура ударного слоя на острых и тупых телах.</b> 6.1. Метод тонкого ударного слоя. Обтекание клина и конуса. 6.2. Течение в окрестности критической точки тупого тела. Структура	14	6	2	4	8	10	10	10	10	10	10	10

		неравновесного ударного слоя. 6.3. Некоторые пространственные течения с тонким ударным слоем.												
5	9	<b>Раздел 7. Гиперзвуковое обтекание тонких тел с притуплёнными носком или кромками.</b> 7.1. Тонкие заостренные тела. Общая теория. Закон плоских сечений или нестационарная аналогия. 7.2. Влияние носка на гиперзвуковое обтекание тонкого притуплённого тела. Влияние высокоэнтропийного слоя. Интегральный учет влияния реальных свойств газа в высокоэнтропийном слое 7.3. Пространственные течения около притуплённых тел. Треугольная пластина с притуплёнными кромками.	14	4	1	3	10	10	10	10	10	10	10	10
5	9	<b>Раздел 8. Вязкие гиперзвуковые течения.</b> 8.1. Классификация режимов обтекания гиперзвукового летательного аппарата. Вязкий ударный слой. Режимы вихревого взаимодействия, пограничного слоя, переходный и свободномолекулярный. 8.2. Роль учета вязко – невязкого взаимодействия в задачах современной гиперзвуковой аэродинамики. 8.3 Особенности ламинарно – турбулентного перехода в гиперзвуковых течениях. Реламинизация.	14	4	2	2	10	10	10	10	10	10	10	10
5	9	<b>Раздел 9. Теоретические основы определения тепловых потоков к поверхности гиперзвукового летательного аппарата (ГЛА).</b> 9.1. Некоторые методы расчета конвективных тепловых потоков к простейшим телам. Формулы для ламинарного и турбулентного пограничного слоя на клине. Формулы Фэя – Риддела, Кемпа – Риддела. 9.2. Радиационно – равновесная температура. Формулы Артура и Уильямса. Решение Гулларда для замороженного пограничного слоя на каталитической стенке, Ингера – с учетом реакций в пограничном слое и на стенке.	12	2	0	2	10	10	10	10	10	10	10	10
5	9	<b>Раздел 10. Интегральные компоновки гиперзвуковых летательных аппаратов.</b> 10.1 Влияние назначения ГЛА и типа двигателя на его компоновку. Критерии оптимизации аэродинамики ГЛА 10.2. Формирование гиперзвуковых потоков в проточных трактах прямоточных воздушно – реактивных двигателей со сверхзвуковым горением. 10.3 Проблема балансировки ГЛА интегральной схемы.	14	4	2	2	10	10	10	10	10	10	10	10
<b>Всего за 9 семестр</b>			108	34	17	17	74	100	100	100	100	100	100	100
<b>Всего по дисциплине</b>			108	34	17	17	74	100	100	100	100	100	100	100

### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 5. Течение газа с большой плотностью за ударной волной.	Аэродинамические характеристики тел. Коэффициенты сопротивления Теория оптимальных аэродинамических форм.	4
2	Раздел 6. Структура ударного слоя на острых и тупых телах.	Течение в окрестности критической точки тупого тела. Структура неравновесного ударного слоя.	4
3	Раздел 7. Гиперзвуковое обтекание тонких тел. Обтекание тонких тел с притуплёнными носком или кромками.	Влияние носка на гиперзвуковое обтекание тонкого притуплённого тела. Влияние высокоэнтропийного слоя. Интегральный учет влияния реальных свойств газа в высокоэнтропийном слое	3
4	Раздел 8. Вязкие гиперзвуковые	Роль учета вязко – невязкого взаимодействия в задачах	2



	течения.	современной гиперзвуковой аэродинамики.	
5	Раздел 9. Теоретические основы определения тепловых потоков к поверхности гиперзвукового летательного аппарата (ГЛА).	Некоторые методы расчета конвективных тепловых потоков к простейшим телам. Формулы Фэя – Риддела, Кемпа – Риддела.	2
6	Раздел 10. Интегральные компоновки гиперзвуковых летательных аппаратов.	Формирование гиперзвуковых потоков в проточных трактах прямоточных воздушно – реактивных двигателей со сверхзвуковым горением.	2
<b>Всего за 9 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. Введение.	Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе и интернет - источникам	8
2	Раздел 2. Физические и математические модели гиперзвуковых течений.	Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе и интернет - источникам	4
3	Раздел 3. Свойства уравнений неравновесного течения газа. Ударные волны и зоны релаксации.	Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе и интернет - источникам	2
4	Раздел 4. Основные свойства течений, формирующихся при обтекании тел гиперзвуковым потоком.	Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе и интернет - источникам	4
5	Раздел 5. Течение газа с большой плотностью за ударной волной.	Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе и интернет - источникам	8
6	Раздел 6. Структура ударного слоя на острых и тупых телах.	Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе и интернет - источникам	8
7	Раздел 7. Гиперзвуковое обтекание тонких тел. Обтекание тонких тел с притуплёнными носом или кромками.	Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе и интернет - источникам	10
8	Раздел 8. Вязкие гиперзвуковые течения.	Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе и интернет - источникам	10
9	Раздел 9. Теоретические основы определения тепловых потоков к поверхности гиперзвукового летательного аппарата (ГЛА).	Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе и интернет - источникам	10
10	Раздел 10. Интегральные компоновки гиперзвуковых летательных аппаратов.	Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе и интернет - источникам	10
<b>Всего за 9 семестр</b>			<b>74</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
<b>9</b>			ТекК			ДР				ДР		Реф			Реф	ДР	зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- Реф – реферат;
- зач. – зачет.

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- реферат.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. А. Ярошевский. . Вход в атмосферу космических летательных аппаратов. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988, 10 экз.
2. В. Д. Беркут, В. М. Дорошенко, В. В. Ковтун. . Неравновесные физико-химические процессы в гиперзвуковой аэродинамике. М.: Энергоатомиздат, 1994, эл. рес.
3. Г. А. Тирский, В. И. Сахаров, В. Л. Ковалёв. . Гиперзвуковая аэродинамика и тепломассообмен спускаемых космических аппаратов и планетных зондов. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011, 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. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012, 63 экз.
6. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013, 8 экз.
7. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов, В. А. Зазимко. . Турбулентные струи - статистические модели и моделирование крупных вихрей. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013, 30 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. В. В. Лунёв. . Течение реальных газов с большими скоростями. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007, 3 экз.
2. В. Я. Нейланд, А. М. Тумин. . Аэротермодинамика воздушно-космических самолётов. Жуковский БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1991, 1 экз.
3. Г. А. Тирский, В. И. Сахаров, В. Л. Ковалёв. . Гиперзвуковая аэродинамика и тепломассообмен спускаемых космических аппаратов и планетных зондов. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011, 2 экз.
4. С. А. Лосев, А. И. Осипов, А. В. Уваров. Физико-химические процессы в газовой динамике. Т. 2 Физико-химическая кинетика и термодинамика. М.: Науч.-изд. центр механики, 2002, 3 экз.
5. ред.: Г. Г. Чёрный, С. А. Лосев. Физико-химические процессы в газовой динамике. Т. 1 Динамика физико-химических процессов в газе и плазме. М.: Изд-во МГУ, 1995, 2 экз.

### 5.3. Периодические издания:

1. Вестник академии военных наук.

### 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](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 2017 Teaching Advanced;
2. WPS Office;
3. Microsoft Office.

### 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. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced;
2. WPS Office;
3. Microsoft Office.

### **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 **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АЭРОГИДРОМЕХАНИКИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлениям: 24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика, 24.04.05 Двигатели летательных аппаратов и **обязательной части 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 (24.04.01) способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;

УК-1 (24.04.05) способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий;

ОПК-2 (24.04.03) способность ставить и решать задачи по проектированию, конструированию и производству объектов профессиональной деятельности при использовании современных информационных технологий;

ОПК-5 (24.04.03) способность осуществлять научный поиск и разрабатывать новые подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники;

ПСК-1.01 (24.04.03) способность разрабатывать физические и математические модели совокупности процессов гидроаэродинамики и теплообмена;

ПСК-1.05 (24.04.01) способность вести поиск и внедрение перспективных технических решений и технологий при проектировании ракет и космических аппаратов;

ПСК-2.04 (24.04.05) способностью 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.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с современными проблемами аэрогидромеханики технических, биологических и природных систем, современными проблемами аэродинамики гиперзвуковых скоростей.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- реферат.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**74 ч**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 34 ч. аудиторных занятий, и 74 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. Введение.</b>		
Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе и интернет - источникам	К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (1) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (1)	8
Итого по разделу 1		8
<b>Раздел 2. Физические и математические модели гиперзвуковых течений.</b>		
Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе и интернет - источникам	К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (1,2) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов, А. С. Козелков. Многосеточные и параллельные вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа. Ч. 3 Параллельные вычислительные технологии и балансировка нагрузки процессоров: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (1)	4
Итого по разделу 2		4
<b>Раздел 3. Свойства уравнений неравновесного течения газа. Ударные волны и зоны релаксации.</b>		
Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе и интернет - источникам	Г. А. Тирский, В. И. Сахаров, В. Л. Ковалёв. . Гиперзвуковая аэродинамика и тепломассообмен спускаемых космических аппаратов и планетных зондов: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011 (1) Г. А. Тирский, В. И. Сахаров, В. Л. Ковалёв. . Гиперзвуковая аэродинамика и тепломассообмен спускаемых космических аппаратов и планетных зондов: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011 (1) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов, В. А. Зазимко. . Турбулентные струи - статистические модели и моделирование крупных вихрей: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013 (1,2)	2
Итого по разделу 3		2
<b>Раздел 4. Основные свойства течений, формирующихся при обтекании тел гиперзвуковым потоком.</b>		
Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе и интернет - источникам	К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (1,2) В. В. Лунёв. . Течение реальных газов с большими скоростями: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007 (2)	4
Итого по разделу 4		4
<b>Раздел 5. Течение газа с большой плотностью за ударной волной.</b>		
Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе и интернет - источникам	В. В. Лунёв. . Течение реальных газов с большими скоростями: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007 (1,2) ред.: Г. Г. Чёрный, С. А. Лосев. Физико-химические процессы в газовой динамике. Т. 1 Динамика физико-химических процессов в газе и плазме: М.: Изд-во МГУ, 1995 (1) С. А. Лосев, А. И. Осипов, А. В. Уваров. Физико-химические	8

	процессы в газовой динамике. Т. 2 Физико-химическая кинетика и термодинамика: М.: Науч.-изд. центр механики, 2002 (1)	
Итого по разделу 5		8
<b>Раздел 6. Структура ударного слоя на острых и тупых телах.</b>		
Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе и интернет - источникам	В. А. Ярошевский. . Вход в атмосферу космических летательных аппаратов: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988 (2) В. Д. Беркут, В. М. Дорошенко, В. В. Ковтун. . Неравновесные физико-химические процессы в гиперзвуковой аэродинамике: М.: Энергоатомиздат, 1994 (2) ред.: Г. Г. Чёрный, С. А. Лосев. Физико-химические процессы в газовой динамике. Т. 1 Динамика физико-химических процессов в газе и плазме: М.: Изд-во МГУ, 1995 (2)	8
Итого по разделу 6		8
<b>Раздел 7. Гиперзвуковое обтекание тонких тел. Обтекание тонких тел с притуплёнными носком или кромками.</b>		
Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе и интернет - источникам	В. Я. Нейланд, А. М. Тумин. . Аэротермодинамика воздушно-космических самолётов: ЖуковскийБГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1991 (2) В. А. Ярошевский. . Вход в атмосферу космических летательных аппаратов: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988 (1,2)	10
Итого по разделу 7		10
<b>Раздел 8. Вязкие гиперзвуковые течения.</b>		
Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе и интернет - источникам	В. Я. Нейланд, А. М. Тумин. . Аэротермодинамика воздушно-космических самолётов: ЖуковскийБГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1991 (3) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (3)	10
Итого по разделу 8		10
<b>Раздел 9. Теоретические основы определения тепловых потоков к поверхности гиперзвукового летательного аппарата (ГЛА).</b>		
Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе и интернет - источникам	К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013 (2) Г. А. Тирский, В. И. Сахаров, В. Л. Ковалёв. . Гиперзвуковая аэродинамика и тепломассообмен спускаемых космических аппаратов и планетных зондов: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011 (2,3)	10
Итого по разделу 9		10
<b>Раздел 10. Интегральные компоновки гиперзвуковых летательных аппаратов.</b>		
Изучение предусмотренных рабочей программой дидактических единиц по рекомендуемой литературе и интернет - источникам	В. В. Лунёв. . Течение реальных газов с большими скоростями: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007 (2) Г. А. Тирский, В. И. Сахаров, В. Л. Ковалёв. . Гиперзвуковая аэродинамика и тепломассообмен спускаемых космических аппаратов и планетных зондов: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011 (3)	10
Итого по разделу 10		10

## ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- реферат;
- 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.

#### Вопросы для текущего контроля

Текущий контроль (ТК) с использованием тестовых заданий и вопросов. Вопросы для текущего контроля входят в состав УМК дисциплины.

В тестировании используется 10 вопросов по разделам дисциплины.

Оценка усвоения дисциплины проводится по 100 бальной шкале:

- рейтинг теста меньше 30 баллов (ответ на 5 и менее вопросов) – ТК не сдан,
- рейтинг теста от 30 до 60 баллов (ответ на 6 вопросов) – дополнительное собеседование (2 вопроса), при положительных ответах ТК сдан;
- рейтинг теста от 60 до 100 баллов (ответ на 7 и более вопросов) – ТК сдан.

#### Реферат

Темы рефератов представлены в УМК дисциплины. Реферат представляется в печатной форме и оценивается по 100 бальной шкале с учётом:

- оформление пояснительной записки – 30 баллов,
- постановка доклада и доклад – 30 баллов,
- защита результатов, ответы на вопросы и их логика, культура речи – 40 баллов.

Распределение баллов по элементам:

- соответствие содержания заявленной теме, отсутствие в тексте отступлений от темы 7 баллов;
- соответствие целям и задачам дисциплины 7 баллов;
- постановка проблемы, корректное изложение смысла основных научных идей, их теоретическое обоснование и объяснение 8 баллов;
- логичность и последовательность в изложении материала 8 баллов;
- способность к работе с литературными источниками, Интернет-ресурсами, справочной и энциклопедической литературой 8 баллов;
- объем исследованной литературы и других источников информации 7 баллов;
- владение иностранными языками, использование иностранных источников 7 баллов;
- способность к анализу и обобщению информационного материала, степень полноты обзора состояния вопроса 7 баллов;
- умение извлекать информацию, соответствующую поставленной цели, и перераспределять информацию 7 баллов;
- навыки планирования и управления временем при выполнении работы 7 баллов;
- обоснованность выводов 7 баллов;
- наличие авторской аннотации к реферату 7 баллов;
- правильность оформления (соответствие стандарту, структурная упорядоченность, ссылки, цитаты, таблицы и т.д.) 7 баллов;
- соблюдение объема, шрифтов, интервалов (соответствие оформлению правилам компьютерного набора текста) 6 баллов.

Реферат считается принятым при наборе студентом более 85 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.

Итоговый контроль по дисциплине проходит в форме зачёта, который осуществляется при условии полного выполнения всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий.



На собеседование при зачёте вынесено 14 теоретических вопросов со следующей оценкой результатов:

- правильный ответ на 10 и более вопросов – зачтено;
- правильный ответ на 6 – 10 вопросов + дополнительные вопросы – зачтено;
- правильный ответ на менее 6-и вопросов – не зачтено.

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 (24.04.01)	УК-1 (24.04.05)	ОПК-2 (24.04.03)	ОПК-5 (24.04.03)	ПСК-1.01 (24.04.03)	ПСК-1.05 (24.04.01)	ПСК-2.04 (24.04.05)	
5	9	Раздел 1. Введение.	10	2	2	0	8	10	10	10	10	10	10	10	Вопросы для текущего контроля
5	9	Раздел 2. Физические и математические модели гиперзвуковых течений.	6	2	2	0	4	10	10	10	10	10	10	10	Вопросы для текущего контроля
5	9	Раздел 3. Свойства уравнений неравновесного течения газа. Ударные волны и зоны релаксации.	4	2	2	0	2	10	10	10	10	10	10	10	Вопросы для текущего контроля
5	9	Раздел 4. Основные свойства течений, формирующихся при обтекании тел гиперзвуковым потоком.	6	2	2	0	4	10	10	10	10	10	10	10	Вопросы для текущего контроля
5	9	Раздел 5. Течение газа с большой плотностью за ударной волной.	14	6	2	4	8	10	10	10	10	10	10	10	Вопросы для текущего контроля
5	9	Раздел 6. Структура ударного слоя на острых и тупых телах.	14	6	2	4	8	10	10	10	10	10	10	10	Вопросы для текущего контроля
5	9	Раздел 7. Гиперзвуковое обтекание тонких тел. Обтекание тонких тел с притуплёнными носком или кромками.	14	4	1	3	10	10	10	10	10	10	10	10	Вопросы для текущего контроля

5	9	<b>Раздел 8. Вязкие гиперзвуковые течения.</b>	14	4	2	2	10	10	10	10	10	10	10	10	Реферат
5	9	<b>Раздел 9. Теоретические основы определения тепловых потоков к поверхности гиперзвукового летательного аппарата (ГЛА).</b>	12	2	0	2	10	10	10	10	10	10	10	10	Реферат
5	9	<b>Раздел 10. Интегральные компоновки гиперзвуковых летательных аппаратов.</b>	14	4	2	2	10	10	10	10	10	10	10	10	Реферат
<b>Всего за 9 семестр</b>			108	34	17	17	74	100	100	100	100	100	100	100	
<b>Всего по дисциплине</b>			108	34	17	17	74	100	100	100	100	100	100	100	