

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_ Левихин А.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АЭРОГИДРОМЕХАНИКИ

Направление/специальность подготовки	24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование и оценка эффективности зенитных ракетных комплексов
Уровень высшего образования	Магистратура
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ
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**

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА  
Циркунов Юрий Михайлович, д.ф.-м.н., профессор, 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

**А1 РАКЕТОСТРОЕНИЕ**

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

\_\_\_\_\_

# **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:

ПК-9.5 — Способен вести поиск и внедрение перспективных технических решений и технологий при проектировании зенитных ракетных комплексов

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

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПК-9.5**

*знания:*

Знает перспективные технические решения и технологии при проектировании зенитных ракетных комплексов;

*умения:*

Умеет внедрять перспективные технические решения при проектировании зенитных ракетных комплексов;

*навыки:*

Имеет навык поиска и внедрения перспективных технических решений при проектировании зенитных ракетных комплексов.

### **УК-1**

*знания:*

Знает системные подходы;

*умения:*

Умеет осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода;

*навыки:*

Имеет навыки системного подхода к решению проблемной ситуации и выработке стратегии действий.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АЭРОГИДРОМЕХАНИКИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания физико-математической подготовки бакалавра и служит основой для освоения дисциплин: **НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА**

### 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		ПК-9.5	УК-1
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
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
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
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
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 ньютоновская 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
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 неравновесного ударного слоя. 6.3. Некоторые пространственные течения с тонким ударным слоем.	14	6	2	4	8	10	10
5	9	<b>Раздел 7. Гиперзвуковое обтекание тонких тел. 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
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. Реламинаризация.	14	4	2	2	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
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
Всего за 9 семестр			108	34	17	17	74	100	100
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	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 течения.	Роль учета вязко – невязкого взаимодействия в задачах современной гиперзвуковой аэродинамики.	2
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 прямооточных 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 носком 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
9		ТекК	ТекК		ТекК	ДР	ТекК		ТекК	ДР	ТекК	Реф, ТекК	ТекК	ТекК	ТекК	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, 63 экз.
5. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012, эл. рес.
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. Microsoft Office;

3. WPS 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. Microsoft Office;
3. WPS 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 направлению *24.04.01 Ракетные комплексы и космонавтика*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-9.5 Способен вести поиск и внедрение перспективных технических решений и технологий при проектировании зенитных ракетных комплексов;

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

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	К. Н. Волков, В. Н. Емельянов, В. А. Зазимко. . Турбулентные струи - статистические модели и моделирование крупных вихрей: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013 (1,2) 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)	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) 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 (1) 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)	8
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. 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) В. А. Ярошевский. . Вход в атмосферу космических летательных аппаратов: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988 (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. А. Ярошевский. . Вход в атмосферу космических летательных аппаратов: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988 (1,2) В. Я. Нейланд, А. М. Тумин. . Аэротермодинамика воздушно-космических самолётов: ЖуковскийБГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1991 (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	К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (3) В. Я. Нейланд, А. М. Тумин. . Аэротермодинамика воздушно-космических самолётов: ЖуковскийБГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1991 (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
---------------------	----

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд 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

Вопросы для текущего контроля входят в состав УМК дисциплины.

#### 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

Итоговый контроль по дисциплине за 9 семестр проходит в форме зачёта, включающего в себя два контрольных вопроса.

Знания, умения и навыки студентов при контроле в форме зачёта определяются "зачтено", "не зачтено". "Зачтено" - студент знает курс на уровне основного учебного материала, дополнительной учебной, научной и методологической литературы, умеет привести разные точки зрения по излагаемому вопросу. "Не зачтено" - студент имеет пробелы в знании основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки в выполнении предусмотренной программой заданий.





КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %		НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПК-9.5	УК-1	
5	9	Раздел 1. Введение.	10	2	2	0	8	10	10	Вопросы для текущего контроля
5	9	Раздел 2. Физические и математические модели гиперзвуковых течений.	6	2	2	0	4	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	Вопросы для текущего контроля
5	9	Раздел 4. Основные свойства течений, формирующихся при обтекании тел гиперзвуковым потоком.	6	2	2	0	4	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	Вопросы для текущего контроля
5	9	Раздел 6. Структура ударного слоя на острых и тупых телах.	14	6	2	4	8	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	Вопросы для текущего контроля
5	9	Раздел 8. Вязкие гиперзвуковые течения.	14	4	2	2	10	10	10	Реферат, Вопросы для текущего контроля
5	9	Раздел 9. Теоретические основы определения тепловых потоков к поверхности гиперзвукового летательного аппарата (ГЛА).	12	2	0	2	10	10	10	Вопросы для текущего контроля
5	9	Раздел 10. Интегральные компоновки гиперзвуковых летательных аппаратов.	14	4	2	2	10	10	10	Вопросы для текущего контроля
Всего за 9 семестр			108	34	17	17	74	100	100	
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100	100	

**Оценочные материалы по дисциплине СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
АЭРОГИДРОМЕХАНИКИ**

**ПК-9.5 - Способен вести поиск и внедрение перспективных технических решений и технологий при проектировании зенитных ракетных комплексов**

№ 1 Прочитайте текст и установите последовательность

Какова последовательность этапов при проектировании и выпуске изделия:

1. Испытания опытного образца
2. Получение и анализ технического задания
3. Доработка проекта
4. Изготовление предсерийных образцов
5. Эскизное проектирование
6. Испытание предсерийных образцов
7. Проектирование узлов и целиком изделия
8. Изготовление опытного образца
9. Запуск в серию

№ 2 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какой вертолёт имеет наибольшую скорость?

- 1) Eurocopter X3.
- 2) K-52 Аллигатор.
- 3) AH-64D Apache

№ 3 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какие самолеты являются перехватчиками шестого поколения?

- 1) МиГ-41
- 2) J-20
- 3) Saab 35 Draken
- 4) F-22 Raptor

№ 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какой вертолёт может поднять наибольший груз для перевозки?

- 1) AgustaWestland AW101 Merlin.
- 2) Ми-26
- 3) Boeing CH-47 Chinook.

№ 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какой самолет может взлетать и садиться вертикально?

- 1) V-22 Osprey
- 2) F-35B

3) Су-35

4) F-35A

№ 6 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Важнейшими требованиями к российскому истребителю пятого поколения являются:

1) Сверхманевренность

2) Высокие летные качества

3) Малоэмиссионность

4) Многофункциональность

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие БПЛА выполнены с использованием технологии малозаметности?

1) С-70 "Охотник" (Сухой, Россия).

2) "Taranis" (BAE Systems, Великобритания).

3) "Орлан-30" (Россия).

4) Hongdu GJ-11 (Китай).

№ 8 Прочитайте текст и установите соответствие

Соотнесите модели баллистических ракет с диапазоном их максимальной скорости полета:

1. UGM-133A Trident-II

2. Minuteman LGM-36

3. Р-36М «Сатана»

4. Тополь-М

5. РСМ-56 «Булава»

А. Меньше 22 000 км/ч

Б. От 22 000 км/ч до 26 000 км/ч

В. Больше 26 000 км/ч

№ 9 Прочитайте текст и установите соответствие

Соотнесите перечисленные крылатые ракеты со страной-производителем:

1. Tomahawk

2. Калибр

3. SCALP

4. Storm Shadow

5. X-101

6. X-55CM

7. Taurus

А. Россия

Б. США

В. Великобритания

Г. Франция

Д. Германия

Е. Китай

Ж. Швеция

№ 10 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Какие требования предъявляются к ударному дрону-камикадзе?

№ 11 Прочитайте текст и установите последовательность

Расположите этапы решения задачи в правильной последовательности:

1. Формирование физико-механического описания задачи (ключевых действующих факторов)
2. Решение прикладной задачи или серии задач, зависящих от параметра (или параметров)
3. Введение и обоснование допущений, формирование математической модели
4. Поиск и анализ ранее выполненных решений, анализ научно-технической литературы
5. Определение параметров задачи, известных (экспериментальных) данных и целевых показателей
6. Анализ результатов, сравнение с экспериментами и целевыми показателями
7. Построение численной модели или поиск аналитического решения (если возможен)

№ 12 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Каким требованиям должен соответствовать дрон-истребитель?

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

№ 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Зачем делают винглеты (загибы или щитки) на концах крыльев гражданских самолетов?

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Что такое интегральная компоновка самолёта?

№ 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Для чего нужны поворотные сопла с изменяемым вектором тяги в авиадвигателях?

№ 4 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Увеличение тяговооруженности самолета нужно для

№ 5 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Верно ли утверждение, что технология стелс (технология малозаметности) ведет к ухудшению аэродинамических характеристик самолета.

№ 6 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Схема "летающее крыло" используется для

№ 7 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Как влияют подвесные ракеты, бомбы и топливные баки на аэродинамические характеристики?

№ 8 Прочитайте текст и установите соответствие

Соотнесите модель летательного аппарата с его типом/назначением:

1. J-20

2. B-52H

3. F-15

4. CH-5

5. TB2

А. Бомбардировщик

Б. Истребитель

В. Беспилотный ЛА самолетного типа

Г. Вертолет

№ 9 Прочитайте текст и установите последовательность

Расположите летательные аппараты в соответствии с ростом их максимальных скоростей:

1. МиГ-21

2. Су-35

3. Ил-76

4. Ми-28

5. F-15

6. F-35A

7. АН-64

8. "Орлан-30"

9. ТВ2

№ 10 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Почему при дозаправке самолета в воздухе самолет-заправщик всегда летит выше самолета, который дозаправляется?

№ 11 Прочитайте текст и установите последовательность

Представьте движение жидкой частицы (ЖЧ) в течении газа по оси симметрии реактивного ракетного двигателя и последующее взаимодействие струи с близко расположенной преградой, какова будет правильная последовательность утверждений:

0. ЖЧ достигает преграды, скорость и число Маха становятся равны нулю, давление равно давлению торможения потока за скачком

1. ЖЧ начинает движение к выходу из камеры сгорания, растет скорость

2. ЖЧ входит в сопло Лавала и движется по сужающейся части, скорость и число Маха растут, давление, плотность и температура падают

3. ЖЧ выходит из сопла и движется по оси свободной струи

4. ЖЧ приближается к преграде, давление и температура растут, скорость и число Маха падают

5. Сгорание топлива и окислителя в камере сгорания

6. ЖЧ движется по расширяющейся части сопла, скорость и число Маха продолжают расти, давление, плотность и температура продолжают падать

7. ЖЧ проходит горло сопла, число Маха становится больше 1, давление становится меньше критического

8. Проходя через скачок уплотнения, формирующийся перед преградой, скорость ЖЧ резко уменьшается, число Маха становится за скачком дозвуковым, давление и температура резко растут

9. Давление, плотность и температура ЖЧ растут в камере сгорания

№ 12 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Для чего применяется аэродинамическая схема «утка»?

№ 13 Прочитайте текст и установите соответствие

Соотнесите поколения, к которым относятся истребители:

- 1) F-15SE, Су-27, Dassault Mirage 2000
- 2) F-4 Phantom II, МиГ-21, Saab 37 Viggen
- 3) Су-57, F-22 Raptor, J-20 Chengdu

А. Третье

Б. Четвертое

В. Пятое

Г. Шестое

№ 14 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Увеличение скорости истребителя до числа Маха  $M=2$  и более

- 1) Уменьшает возможность обнаружения его радиолокационными станциями ПВО.
- 2) Увеличивает возможность обнаружения его радиолокационными станциями ПВО.
- 3) Служит для обеспечения превосходства в воздухе.

№ 15 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какой бомбардировщик сделан по схеме «летающее крыло»?

- 1) Ту-22М3
- 2) B-2 Spirit
- 3) B-1B Lancer

№ 16 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какой бомбардировщик считается стратегическим?

- 1) который имеет сверхзвуковую скорость крейсерского полёта.
- 2) который имеет дальность полёта без дозаправки 5000 км и более.
- 3) который может нести ядерное оружие (ракеты и/или бомбы).

№ 17 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Фигуры высшего пилотажа на авиасалонах лётчики показывают

- 1) Для эмоционального воздействия на зрителей.
- 2) Для собственного удовольствия.
- 3) Для демонстрации своего мастерства.
- 4) Для демонстрации тяговооруженности и маневренности самолетов.

№ 18 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какой бомбардировщик является сверхзвуковым?

- 1) B-1B Lancer.
- 2) Ту-22М3.
- 3) Ту-160 Белый лебедь.

№ 19 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор

ответов

Какие истребители считаются самыми совершенными в своих странах?

- 1) Су-57.
- 2) J-20 Chengdu.
- 3) F-35 Lightning II.

№ 20 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие характеристики истребителя должны обеспечить превосходство в воздухе над противником?

- 1) Малозаметность на радарх ПВО.
- 2) Высокая маневренность.
- 3) Экономичность двигателя.
- 4) Вооружение самонаводящимися ракетами «воздух–воздух» большой дальности.