

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_ Левихин А.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ВНУТРЕННЯЯ ГАЗОДИНАМИКА

Направление/специальность подготовки	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование ракетных двигателей твердого топлива
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космическая техника
Выпускающая кафедра	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
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	51	17	0	34	57	0	18	39	диф. зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей**

год набора группы: 2026

Программу составил:

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА  
Овчинникова Ольга Константиновна, к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

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

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Саваровский А.А., к.т.н.

\_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ВНУТРЕННЯЯ ГАЗОДИНАМИКА**

## **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ОПК-5**

*знания:*

основные уравнения гидрогазодинамики и тепломассопереноса, принимаемые допущения; методики расчета газодинамических и термодинамических процессов внутренней газодинамики энергоустановок;

*умения:*

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

*навыки:*

физико-математического моделирования течений в энергоустановках; проведения типовых расчетов газодинамики и тепломассообмена.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ВНУТРЕННЯЯ ГАЗОДИНАМИКА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **АЭРОГАЗОДИНАМИКА, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОЦЕССОВ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ САД/САМ/САЕ-СИСТЕМ, СРЕДСТВА ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЕТОВ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И ПАРАМЕТРОВ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ, ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ДУ НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-2 — Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач
- ПК-1 — Способен разрабатывать проектную и рабочую конструкторскую документацию на ракетно-космическую технику и их составные элементы
- ПК-4 — Способен проводить расчёты процессов в ракетных двигателях, прочности и надёжности изделий и их составных элементов

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-5
5	9	<b>Раздел 1. Термогазодинамические процессы в трубах и каналах.</b> Характер распределения скорости при ламинарном и турбулентном режимах течения. Теплоотдача в стенку. Течение в изогнутых трубах и каналах. Решение сопряженных задач газодинамики и теплообмена.	28	15	5	10	13	20
5	9	<b>Раздел 2. Газодинамика сопловых каналов.</b> Нестационарные течения. Запуск сопла. Механизмы управления вектором тяги. Управляющие усилия. Импульсный вдув струи в закрытую часть сопла.	31	18	6	12	13	20
5	9	<b>Раздел 3. Особенности внутренней газодинамики реактивных двигателей.</b> Жидкостные ракетные двигатели. Основные узлы и агрегаты. Форсунки и распыл жидкостного ракетного топлива. Охлаждение двигателя. Твердотопливные ракетные двигатели. Нестационарные режимы течения. Изменение объема камеры сгорания. Прямоточные авиационные двигатели. Конструирование воздухозаборных устройств. Режимы горения. Особенности конструкции сопла.	31	18	6	12	13	20
5	9	<b>Раздел 4. Курсовая работа.</b> Выполнение курсовой работы по индивидуальному заданию.	18	0	0	0	18	40
<b>Всего за 9 семестр</b>			108	51	17	34	57	100
<b>Всего по дисциплине</b>			108	51	17	34	57	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Термогазодинамические процессы в трубах и каналах.	Решение сопряженных задач тепломассообмена при течении жидкостей и газов по трубам и каналам.	10
2	Раздел 2. Газодинамика сопловых каналов.	Моделирование сопловых течений.	12
3	Раздел 3. Особенности внутренней газодинамики реактивных двигателей.	Моделирование термогазодинамических процессов в реактивных двигателях	12
<b>Всего за 9 семестр</b>			34

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Термогазодинамические процессы в трубах и каналах.	Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой. Выполнение практического задания.	13
2	Раздел 2. Газодинамика сопловых каналов.	Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой. Выполнение практического задания.	13
3	Раздел 3. Особенности внутренней газодинамики реактивных двигателей.	Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой. Выполнение практического задания.	13
4	Раздел 4. Курсовая работа.	Выполнение курсовой работы по индивидуальному заданию. Анализ процессов и формирование математических моделей. Проведение вычислительного моделирования. Анализ результатов. Подготовка пояснительной записки, доклада и презентации.	18

**3.4. Курсовая работа**

СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПА	ПЕРИОД ИСПОЛНЕНИЯ (недели семестра)	ПЛАНИРУЕМОЕ ВРЕМЯ (час)
Этап 1. Аналитический обзор работ по тематике, определенной индивидуальным заданием. Выбор объекта и предмета исследования.	1 - 4	3
Этап 2. Формулировка математической, геометрической, численной модели рассматриваемых процессов и явлений. Обоснование принятых допущений. Уточнение расчетной схемы. Исследование сеточной сходимости.	5 - 10	6
Этап 3. Проведение вычислительных экспериментов. Анализ полученных результатов.	11 - 14	6
Этап 4. Формулирование выводов по работе. Оформление пояснительной записки, подготовка презентации и доклада. Защита курсового проекта.	15 - 17	3
<b>Всего за 9 семестр</b>		<b>18</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>					Отчет	ДР			Отчет	ДР					Отчет	ДР	КР, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Отчет – отчет;
- КР – курсовая работа;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- отчет;
- курсовая работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. В. Сахин. . Теплообменные аппараты. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010, 122 экз.
2. В. П. Белов. . Сопловые блоки ракетных двигателей. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, 61 экз.
3. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012, 63 экз.
4. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Течения и теплообмен в каналах и вращающихся полостях. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010, 6 экз.
5. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Газовые течения с массоподводом в каналах и трактах энергоустановок. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011, 60 экз.
6. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012, эл. рес.
7. К. Н. Волков, В. Н. Емельянов, И. В. Тетерина. . Газовые течения в соплах энергоустановок. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017, 50 экз.
8. М. С. Яковчук. . Вычислительные технологии решения задач механики жидкости и газа. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

1. Естественные и технические науки.

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

1. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов;
2. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
3. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=474](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474) — Электронные ресурсы — 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. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
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. Проектор;
2. Ansys Multiphysics 2017 Teaching Advanced;
3. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
4. 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 **ВНУТРЕННЯЯ ГАЗОДИНАМИКА** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космическая техника БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-5 Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с исследованием термогазодинамических процессов, протекающих во внутренних трактах двигательных установках различных типов. Рассматриваются вопросы геометрического, математического и вычислительного моделирования элементов и узлов ракетных двигателей, а также протекающих в них процессов тепломассопереноса.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- отчет;
- курсовая работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

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

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Термогазодинамические процессы в трубах и каналах.</b>		
Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой. Выполнение практического задания.	В. В. Сахин. . Теплообменные аппараты: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2010 (1-3) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (1-3) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Течения и теплообмен в каналах и вращающихся полостях: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010 (1-3)	13
Итого по разделу 1		13
<b>Раздел 2. Газодинамика сопловых каналов.</b>		
Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой. Выполнение практического задания.	В. П. Белов. . Сопловые блоки ракетных двигателей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (1-3) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Газовые течения с массоподводом в каналах и трактах энергоустановок: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011 (1-3) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов, И. В. Тетерина. . Газовые течения в соплах энергоустановок: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017 (1-3)	13
Итого по разделу 2		13
<b>Раздел 3. Особенности внутренней газодинамики реактивных двигателей.</b>		
Изучение дидактических единиц данного раздела, работа с литературой. Выполнение практического задания.	М. С. Яковчук. . Вычислительные технологии решения задач механики жидкости и газа: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (1--2) К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Газовые течения с массоподводом в каналах и	13

	трактах энергоустановок: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011 (1-3)	
Итого по разделу 3		13
<b>Раздел 4. Курсовая работа.</b>		
Выполнение курсовой работы по индивидуальному заданию. Анализ процессов и формирование математических моделей. Проведение вычислительного моделирования. Анализ результатов. Подготовка пояснительной записки, доклада и презентации.	К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. . Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012 (3)	18
Итого по разделу 4		18

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- отчет;
- курсовая работа;
- дифференцированный зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Отчет

Отчет оформляется в виде пояснительной записки по ГОСТ 2.105-2019, включающей текстовую часть с физической постановкой задачи, математической моделью, обоснованием выбора численного метода, результатами решения, графическое изображение, анализа полученных результатов и выводов. Пояснительная записка с текстом, рисунками и графиками выполняется в редакторе "Word".

Отчет по практической работе должен содержать:

- постановку задачи, математическую модель и основные расчетные соотношения используемых методов решения, критерий сходимости;
- 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.

Процедура защиты включает ответы на вопросы преподавателя по работе и разделу курса. В ходе защиты работы студенты должны продемонстрировать культуру речи при изложении своих мыслей, логичность в постановке и изложении материала, необходимые начальные знания по существу обсуждаемой темы, умение определить место исследованного явления в конкретных технических процессах и устройствах, умение самостоятельно модифицировать математические модели и программные средства для целей конкретизации или расширения области приложения моделей, использованных в работе.

Критерии оценивания. Оценка защиты работы выставляется по 100 балльной шкале с учётом:

- выполнение практической работы в компьютерном классе – 20 баллов,
- выполнение задания исследовательской части работы – 20 баллов,
- оформление пояснительной записки – 20 баллов,
- защита результатов, ответы на вопросы и их логика, культура речи – 40 баллов.

Работа считается принятой при наборе студентом более 70 баллов. 70-80 баллов "удовлетворительно", 80-90 - "хорошо", 90-100 - "отлично".

#### Курсовая работа

Курсовая работа представляется в печатном виде в формате, соответствующим «Положению о порядке организации и проведения курсового проектирования обучающихся по программам среднего профессионального образования и высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры СТО.БГТУ. СМК-К5-21-2023» от 25 июля 2023 г. Защита курсовой работы проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы членов комиссии. В ходе защиты КП обучающиеся должны продемонстрировать культуру речи при изложении своих мыслей, логичность в постановке и изложении материала, необходимые начальные знания по существу обсуждаемой темы.

В случае, если оформление курсового проекта и поведение студента во время защиты соответствуют указанным требованиям, студент получает оценку:

- оценка «отлично» выставляется, при правильном выполнении курсового проекта, правильных ответов студента на вопросы преподавателя от 90 до 100%;

- оценка «хорошо» выставляется, при незначительных ошибках в содержании курсового проекта, правильных ответов студента на вопросы преподавателя от 75 до 90%;
- оценка «удовлетворительно» выставляется, при незначительных ошибках в содержании курсового проекта, правильных ответов студента на вопросы преподавателя от 60 до 75%.
- оценка «не защитил» выставляется, при значительных ошибках в содержании курсового проекта, при допущении принципиальных ошибок в ответах на вопросы преподавателя - правильных ответов менее 60%.

Основаниями для снижения оценки за курсовой проект могут служить:

- небрежное выполнение,
  - низкое качество графического материала (неверный выбор масштаба чертежей, отсутствие указания единиц измерения на графиках),
  - незначительные ошибки при ответах на теоретические вопросы.
- Курсовой проект не может быть принят и подлежит переработке в случае:
- несоответствия заданию на курсовое проектирование;
  - отсутствия необходимых разделов,
  - отсутствия необходимого графического материала,
  - некорректной обработки результатов вычислений.

Примеры тем для курсовых работ:

- Аэродинамика высокоскоростного летательного аппарата.
- Моделирование газодинамических процессов, сопровождающих работу систем управления вектором тяги.
- Вычислительное моделирование газо- и термодинамических параметров летательного аппарата.
- Исследование аэродинамических характеристик тел в вихревом следе над экраном.
- Моделирование движения ЛА с учетом работы аэромеханических систем.
- Исследование ударно-волновой структуры в воздухозаборнике ГЛА.
- Вычислительное моделирование струйных и сопловых течений.
- Численное решение задач газовой динамики с учетом физико-химических превращений.
- Газодинамика и аэроакустика авиадвигателей.

### **Дифференцированный зачет**

Итоговая оценка выставляется по результатам выполнения итогового теста, состоящего из 30 вопросов

Вопросы для проведения теоретического зачета представлены в УМК дисциплины.

При проведении зачета в форме тестирования, устанавливается соответствие количества правильных ответов и итоговой оценки:

- менее 60 % - не зачтено;
- от 60 до 80 % правильных ответов – удовлетворительно;
- от 81 до 90 % правильных ответов – хорошо;
- от 91 до 100 % правильных ответов – отлично.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-5	
5	9	Раздел 1. Термогазодинамические процессы в трубах и каналах.	28	15	5	10	13	20	Отчет
5	9	Раздел 2. Газодинамика сопловых каналов.	31	18	6	12	13	20	Отчет
5	9	Раздел 3. Особенности внутренней газодинамики реактивных двигателей.	31	18	6	12	13	20	Отчет
5	9	Раздел 4. Курсовая работа.	18	0	0	0	18	40	Курсовая работа
Всего за 9 семестр			108	51	17	34	57	100	
Всего по дисциплине			108	51	17	34	57	100	

## Оценочные материалы по дисциплине ВНУТРЕННЯЯ ГАЗОДИНАМИКА

**ОПК-5 - Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач**

- № 1 Прочитайте текст и установите последовательность
- Опишите последовательность решения задач с применением вычислительных программных комплексов
- 1 построение геометрической модели
  - 2 построение сеточной модели
  - 3 задание граничных условий
  - 4 задание начальных условий
  - 5 визуализация результатов
- № 2 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Количество теплоты, проходящее через элемент изотермической поверхности в единицу времени пропорционально градиенту температуры на этой поверхности - это ...
- 1 гипотеза Био – Фурье
  - 2 закон Дарси
  - 3 закон Пуазейля
  - 4 гипотеза Пуанкаре
- № 3 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Гидравлический радиус канала - это ...
- 1 характерный линейный размер канала, имеющего смоченный периметр  $(\Pi)$  и площадь поперечного сечения  $(S)$ , и равный их отношению  $(r = S/\Pi)$
  - 2 четверть диаметра круглой трубы  $(r = d/4)$
  - 3 разность внутреннего и наружного диаметров трубы  $(r = D - d)$
  - 4 характерный линейный размер некруглых каналов  $(r = a)$ , где  $(a)$  - среднее значение длины боковой стороны прямоугольного сечения канала площадью  $(S = a^2)$
  - 5 величина, определяющая площадь поперечного сечения канала произвольного сечения
- № 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Потери напора в гидравлических системах, обусловленные наличием вязкого трения, пропорциональны квадрату скорости жидкости  $(\Delta p = \zeta \frac{\rho v^2}{2})$ , а коэффициент  $(\zeta)$  называют ...
- 1 коэффициент местного сопротивления
  - 2 коэффициент трения
  - 3 коэффициент вязкости
  - 4 коэффициент перепада давления
- № 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Какие величины определяют значение коэффициента турбулентной вязкости?



- 1 скорость течения
  - 2 степень турбулентности
  - 3 число Рейнольдса
  - 4 температура
  - 5 давление
- № 6 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
- Какие существуют способы переноса теплоты?
- 1 Теплообмен
  - 2 Конвекция
  - 3 Тепловое излучение
  - 4 Теплопроводность
  - 5 Температуропроводность
- № 7 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
- Сформулируйте закон Пуазейля
- № 8 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
- Сформулируйте закон Дарси
- № 9 Прочитайте текст и установите соответствие
- Установите соответствие процессов теплообмена и рассматриваемых задач.
1. На поверхности нагретой стенки со стороны потока газа реализуется
  2. В объёме стенки между её поверхностями реализуется
  3. Между двумя подвижными средами через разделяющую их твёрдую стенку реализуется
    - a. конвективная и лучистая теплоотдача между газом и поверхностью стенки
    - b. конвективная теплоотдача между газом и поверхностью стенки
    - c. лучистая теплоотдача между газом и поверхностью стенки
    - d. теплопроводность
    - e. теплопередача
- № 10 Прочитайте текст и установите соответствие
- Соотнесите наименования течений и их определение:
- 1 ламинарное течение
  - 2 турбулентное течение
  - 3 вихревое течение
  - 4 безвихревое течение
- а течение, при котором жидкость или газ перемещаются слоями без перемешивания и пульсаций (то есть без беспорядочных быстрых изменений скорости и давления)
- б форма течения жидкости или газа, при которой их элементы совершают неупорядоченные, неустановившиеся движения по сложным траекториям, что приводит к интенсивному перемешиванию между слоями движущихся жидкости или газа
- в движение жидкости или газа, при котором их элементы перемещаются не только поступательно, но и вращаются вокруг мгновенной оси

г потенциальное течение жидкости или газа, при котором вихрь скорости равен нулю

д форма течения жидкости или газа, при которой дивергенция скорости равна нулю

№ 11 Прочитайте текст и установите последовательность

1 построение геометрической модели ракетного двигателя с базовым положением руля

2 построение сеточной модели ракетного двигателя с базовым положением руля

3 оценка сеточной сходимости

4 оптимизация положения руля по значению вектора тяги

5 визуализация полученных результатов

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

Какие элементы могут быть введены в сверхкритическую часть сопла для изменения направления вектора тяги?

1 газовые рули

2 периферийные рули

3 внутренние интресепторы

4 спойлеры

5 элероны

6 закрылки