

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_  
(подпись) Юнаков Л. П.  
ФИО  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОЦЕССОВ

Направление/специальность подготовки	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование жидкостных ракетных двигателей
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

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	68	34	0	34	40	0	0	40	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: 2024

Программу составили:

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ \_\_\_\_\_

Киришин Антон Юрьевич, старший преподаватель

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ \_\_\_\_\_

Мустейкис Антон Иванович, старший преподаватель

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц. \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц. \_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОЦЕССОВ**

### **Разделы рабочей программы**

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

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

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

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПСК-5 — способность проводить расчёты процессов в ракетных двигателях, прочности и надёжности изделий и их составных элементов

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПСК-5**

*знания:*

на уровне представлений: о состоянии и перспективах развития численных методов моделирования процессов в целом и высокотемпературных процессов в элементах двигателей ЛА в частности о возможностях и особенностях применения автоматизированных программных средств, реализующих численные методы моделирования высокотемпературных процессов

на уровне воспроизведения: основные положения метода контрольного объема, виды и особенности математических моделей высокотемпературных процессов

на уровне понимания: методология подготовки и проведения численного моделирования высокотемпературных процессов;;

*умения:*

теоретические: выбор математических моделей высокотемпературных процессов в различных элементах двигателей ЛА; критическая оценка результатов моделирования высокотемпературных процессов

практические: проведение численного моделирования высокотемпературных процессов в различных элементах двигателей ЛА при различных условиях;

*навыки:*

проведения численного моделирования на ЭВМ высокотемпературных процессов в различных элементах двигателей ЛА; оценки и представления результатов численного моделирования.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОЦЕССОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ТЕПЛОПЕРЕДАЧА, ПРОЕКТИРОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ CAD/CAM/CAE-СИСТЕМ, ТЕРМОДИНАМИКА.**

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

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ПСК-1 — Способен разрабатывать проектную и рабочую конструкторскую документацию на ракетно-космическую технику и их составные элементы

### 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		ПСК-5
5	9	<b>Раздел 1. Введение. Проблематика исследования высокотемпературных процессов. Основные принципы моделирования.</b> 1.1 Введение. Особенности высокотемпературных процессов в элементах двигателей ЛА. 1.2 Основные принципы и методы моделирования. Метод контрольного объема. Расчетная сетка.	14	4	4	0	10	10
5	9	<b>Раздел 2. Стационарная проблема. Метод получения дискретных аналогов.</b> 2.1 Стационарная одномерная теплопроводность. Получение дискретного аналога. 2.2 Стационарная одномерная теплопроводность. Граничные условия. 2.3 Методы решения систем алгебраических уравнений. 2.4 Двух- и трехмерная стационарная теплопроводность.	22	22	10	12	0	15
5	9	<b>Раздел 3. Нестационарная проблема. Метод получения дискретных аналогов.</b> 3.1 Нестационарная одномерная теплопроводность. Основные расчетные схемы. 3.2 Устойчивость расчетных схем.	16	16	8	8	0	15
5	9	<b>Раздел 4. Конвективно-диффузионный перенос вещества и энергии.</b> 4.1 Конвекция и диффузия как явления. Обобщенное дифференциальное уравнение конвективно-диффузионного переноса. Стационарная одномерная конвекция и диффузия. 4.2 Получение дискретного аналога: различные расчетные схемы. 4.3 Двух- и трехмерные конвекция и диффузия. Граничные условия.	14	14	8	6	0	15
5	9	<b>Раздел 5. Совместное определение поля скоростей и давлений.</b> 5.1 Особенности совместного определения поля скоростей и давлений. Совмещенная и шахматная сетки. 5.2 Алгоритм SIMPLE. Прочие подобные алгоритмы.	14	4	4	0	10	15
5	9	<b>Раздел 6. Моделирование различных физических процессов в элементах двигателей ЛА.</b> 6.1 Моделирование турбулентности. 6.2 Моделирование двухфазных сред. 6.3. Моделирование течений смесей газов.	16	6	0	6	10	15
5	9	<b>Раздел 7. Совокупная задача моделирования течений с горением в потоке в элементах двигателей ЛА.</b> 7.1 Взаимосвязи моделей физических процессов, учитываемых при моделировании течений с горением в потоке в элементах двигателей ЛА. Течения с химическими реакциями.	12	2	0	2	10	15
Всего за 9 семестр			108	68	34	34	40	100
Всего по дисциплине			108	68	34	34	40	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Стационарная проблема. Метод получения дискретных аналогов.	Решение задач стационарной одномерной теплопроводности методом прогонки.	2
2		Решение задач стационарной одномерной теплопроводности итерационным методом.	2
3		Решение задач стационарной двухмерной теплопроводности методом прогонки.	4
4		Решение задач стационарной двухмерной теплопроводности итерационным методом.	4
5	Раздел 3. Нестационарная проблема. Метод получения дискретных аналогов.	Решение задач нестационарной одномерной теплопроводности с использованием явной схемы.	4
6		Решение задач нестационарной одномерной теплопроводности с использованием неявной схемы.	4
7	Раздел 4. Конвективно-диффузионный перенос вещества и энергии.	Решение задач стационарной одномерной конвекции и диффузии с использованием схемы с "центральными разностями".	3
8		Решение задач стационарной одномерной конвекции и диффузии с использованием схемы "против потока".	3
9	Раздел 6. Моделирование различных физических процессов в элементах	Моделирование турбулентного течения при обтекании препятствия	2

10	двигателей ЛА.	Моделирование двухфазных сред. Моделирование течений при наличии дискретной фазы.	2
11		Моделирование течений смесей газов.	2
12	Раздел 7. Совокупная задача моделирования течений с горением в потоке в элементах двигателей ЛА.	Моделирование течения с горением в потоке элемента двигателя ЛА	2
<b>Всего за 9 семестр</b>			<b>34</b>

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение. Проблематика исследования высокотемпературных процессов. Основные принципы моделирования.	Изучение дополнительной литературы по теме раздела: Ознакомление с основными принципами математического моделирования процессов. Изучение возможностей современных пакетов программных средств для моделирования процессов.	10
2	Раздел 5. Совместное определение поля скоростей и давлений.	Изучение дополнительной литературы по теме раздела: Ознакомление с схемами совместного определения поля скоростей и давлений, используемых в современных пакетах программных средств для моделирования процессов.	10
3	Раздел 6. Моделирование различных физических процессов в элементах двигателей ЛА.	Изучение дополнительной литературы по теме раздела: Ознакомление с моделями различных физических процессов, используемых в современных пакетах программных средств для моделирования процессов.	10
4	Раздел 7. Совокупная задача моделирования течений с горением в потоке в элементах двигателей ЛА.	Изучение дополнительной литературы по теме раздела: Ознакомление с принципами и возможностями моделирования высокотемпературных процессов, используемых в современных пакетах программных средств для моделирования процессов.	10
<b>Всего за 9 семестр</b>			<b>40</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					КПос	ДР			КПос	ДР					КПос	ДР	диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- КПос – контроль посещаемости;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- контроль посещаемости.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. И. Мустейкис. . Моделирование процессов в камере сгорания ГТД. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 41 экз.
2. А. И. Мустейкис, Л. П. Юнаков. . Численное решение задач теплопроводности. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, 39 экз.
3. А. И. Мустейкис, Л. П. Юнаков. . Численное решение задач конвекции и диффузии. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 36 экз.
4. В. Н. Емельянов. . Введение в теорию разностных схем. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006, 54 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

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

1. <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. ANSYS 2020 R2.

### 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 2020 R2.

### **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 **ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОЦЕССОВ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-5 способность проводить расчёты процессов в ракетных двигателях, прочности и надёжности изделий и их составных элементов.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с методами и способами моделирования процессов в элементах двигателей ЛА. Учебный курс предполагает усвоение терминологии, изучения методов построения математических моделей и использовании численных методов и ЭВМ при моделировании.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- контроль посещаемости.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**40 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 40 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. Проблематика исследования высокотемпературных процессов. Основные принципы моделирования.</b>		
Изучение дополнительной литературы по теме раздела: Ознакомление с основными принципами математического моделирования процессов. Изучение возможностей современных пакетов программных средств для моделирования процессов.	А. И. Мустейкис, Л. П. Юнаков. . Численное решение задач теплопроводности: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (1)	10
Итого по разделу 1		10
<b>Раздел 5. Совместное определение поля скоростей и давлений.</b>		
Изучение дополнительной литературы по теме раздела: Ознакомление с схемами совместного определения поля скоростей и давлений, используемых в современных пакетах программных средств для моделирования процессов.	В. Н. Емельянов. . Введение в теорию разностных схем: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2006 (10) А. И. Мустейкис, Л. П. Юнаков. . Численное решение задач конвекции и диффузии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (3,4)	10
Итого по разделу 5		10
<b>Раздел 6. Моделирование различных физических процессов в элементах двигателей ЛА.</b>		
Изучение дополнительной литературы по теме раздела: Ознакомление с моделями различных физических процессов, используемых в современных пакетах программных средств для моделирования процессов.	А. И. Мустейкис. . Моделирование процессов в камере сгорания ГТД: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (2)	10
Итого по разделу 6		10
<b>Раздел 7. Совокупная задача моделирования течений с горением в потоке в элементах двигателей ЛА.</b>		
Изучение дополнительной литературы по теме раздела: Ознакомление с принципами и возможностями моделирования высокотемпературных процессов, используемых в современных пакетах программных средств для моделирования процессов.	А. И. Мустейкис. . Моделирование процессов в камере сгорания ГТД: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (2,3)	10
Итого по разделу 7		10

## **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

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

- диагностическая работа
- контроль посещаемости;
- 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.

#### **Контроль посещаемости**

Аттестация проставляется при условии посещения не менее 75 % занятий. Отработка пропущенных занятий не требуется

#### **Дифференцированный зачет**

Оценка за дифференцированный зачет выставляется по результатам ответов на вопросы билета к дифференцированному зачету. В билете два вопроса.

Оценивается полнота и правильность ответа по билету.

Ответ на «удовлетворительно»: ответ строго по билету, полнота ответа 60-80% по каждому вопросу.

Ответ на «хорошо»: ответ по билету не менее 80% по каждому вопросу.

Ответ на «отлично»: ответ по билету не менее 80% по каждому вопросу, ответы на 2-3 дополнительных вопроса из списка со степенью полноты ответа не менее 50% по каждому.

При ответе студента менее чем на 60% по каждому из вопросов или верном ответе только на один вопрос билета выставляется оценка "не зачтено".

Перечень вопросов к зачету входит в состав УМК дисциплины.

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		ПСК-5	
5	9	Раздел 1. Введение. Проблематика исследования высокотемпературных процессов. Основные принципы моделирования.	14	4	4	0	10	10	Контроль посещаемости
5	9	Раздел 2. Стационарная проблема. Метод получения дискретных аналогов.	22	22	10	12	0	15	Контроль посещаемости
5	9	Раздел 3. Нестационарная проблема. Метод получения дискретных аналогов.	16	16	8	8	0	15	Контроль посещаемости
5	9	Раздел 4. Конвективно-диффузионный перенос вещества и энергии.	14	14	8	6	0	15	Контроль посещаемости
5	9	Раздел 5. Совместное определение поля скоростей и давлений.	14	4	4	0	10	15	Контроль посещаемости
5	9	Раздел 6. Моделирование различных физических процессов в элементах двигателей ЛА.	16	6	0	6	10	15	Контроль посещаемости
5	9	Раздел 7. Совокупная задача моделирования течений с горением в потоке в элементах двигателей ЛА.	12	2	0	2	10	15	Контроль посещаемости
Всего за 9 семестр			108	68	34	34	40	100	
Всего по дисциплине			108	68	34	34	40	100	

## Критерии оценивания

### ПСК-5

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 При решении задач гидрогазодинамики для получения достоверных результатов необходимым условием является обеспечение наиболее подробной сетки. Перечислите две наиболее важные зоны, в которых сетка должна иметь минимальный размер. Аргументируйте ваш выбор.
- зона стенки (пристеночная зона)
  - зона свободного течения
  - зона с наибольшим градиентом изменения зависимых переменных
- № 2 При проведении численного моделирования процессов гидрогазодинамики, подразумеваются следующие условия для течения: течение через границу отсутствует, потоки скалярных переменных через границу равны нулю. Какому типу граничных условий это соответствует?
- № 3 При проведении численного моделирования процессов гидрогазодинамики, предполагается задание величин всех зависимых переменных на выбранной границе. При этом скорость потока может определяться либо заданием значения скорости напрямую, либо косвенно, через величину, например, массового расхода. Какому типу граничных условий это соответствует?
- № 4 Как называется комплекс программ, предназначенных для решения различных инженерных задач: расчётов, анализа и симуляции физических процессов
- № 5 Какую подготовку необходимо провести с CAD моделью для дальнейшего численного моделирования в общем случае? Запишите развёрнутый обоснованный ответ.
- № 6 При импорте модели из CAD в CAE систему обнаружилось несоответствие единиц измерений модели. Перечислите способы исправления возникшей проблемы?
- № 7 Как CAE моделирование влияет на оптимизацию элемента изделия или узла
- № 8 Необходимо подготовить cad модель камеры сгорания для проведения последующего моделирования газодинамических процессов. Перечислите последовательность подготовки модели.
- № 9 Какими графическими способами можно предоставить результаты численного моделирования процессов горения в камере сгорания?
- № 10 Какая из RANS моделей турбулентности является оптимальной, с точки зрения, времязатрат и точности моделирования турбулентных течений в пристеночных слоях? Аргументируйте ваш выбор/
- 1) k-w
  - 2) k-e
  - 3) spalart allmaras
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Порядок подготовки модели сопла к трехмерному CAE-моделированию.
- А Упрощение геометрии модели: удаление фасок, скруглений, острых кромок
  - Б Создание заглушек на входных и выходных отверстиях
  - В Извлечение внутреннего объёма
  - Г Экспорт геометрии в формате, подходящем для CAE-системы
- № 2 В каком формате необходимо сохранить Cad модели детали или узла двигателя для экспорта в CAE систему
- А .m3d
  - Б .sdprt

- В .stp
- Г .iges
- Д .x\_t
- № 3 С какими типами CAD моделей может работать CAE-система?
- Двумерные и трёхмерные
  - Двумерные
  - Трёхмерные
- № 4 Как называется метод для получения дискретного аналога дифференциального уравнения, основанный на использовании физических законов сохранения для некоторого объема пространства?
- А - Вариационный метод
  - Б - Метод взвешенных невязок
  - В - Метод контрольного объема
  - Г - Метод прогонки
- № 5 Плюсом структурированных сеток при проведении численного моделирования инженерных задач является
- Более высокая скорость расчёта по сравнению с неструктурированными сетками
  - Возможность описания изделий сложной геометрической формы
  - Меньшие трудозатраты при построении
- № 6 При моделировании движущейся среды в систему уравнений необходимо включать уравнение неразрывности.
- Верно
  - Неверно
- № 7 Какие существуют подходы к моделированию турбулентных течений
- Решение осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса
  - Моделирование крупных вихрей
  - Прямой численное моделирование
  - Всё перечисленное
- № 8 С какой целью в алгоритме SIMPLE применяются подрелаксационные факторы
- Уменьшение величины коррекции для повышения стабильности решения
  - Ускорения процесса решения
  - Задания начальных условий
- № 9 Какое граничное условие описано:
- Предполагается задание величин всех зависимых переменных на выбранной границе. При этом скорость потока может определяться либо заданием значения скорости напрямую, либо косвенно, через величину, например, массового расхода.
- Граничные условия заданного давления
  - Граничное условие симметрии.
  - Граничные условия входа

№ 10 - Граничные условия выхода  
Соотнесите схему расчета нестационарных задач со способом решения

- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| А Явная<br>схема                   | 1 - Значения на текущем временном шаге рассчитываются только по известным значениям с предыдущего временного шага  |
| Б Неявная<br>схема                 | 2 - Значения на текущем временном шаге рассчитываются как через известные значения с предыдущего шага так и через неизвестные значения на текущем временном шаге |
| В<br>Полностью<br>неявная<br>схема | 3 - Значения на текущем временном шаге рассчитываются только через неизвестные значения на текущем временном шаге  |