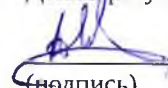


УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета


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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕНА И ДИНАМИКИ ЖИДКОСТИ

Направление/специальность подготовки	24.04.05 Двигатели летательных аппаратов
Специализация/профиль/программа подготовки	Аэродинамика, гидродинамика и процессы теплообмена двигателей летательных аппаратов
Уровень высшего образования	Магистратура
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	10	4	144	68	34	0	34	76	0	0	76	ЭКЗ.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

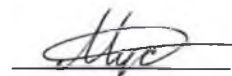
24.04.05 Двигатели летательных аппаратов

год набора группы: 2022

Программу составил:

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 ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕНА И ДИНАМИКИ ЖИДКОСТИ

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-2 — способность использовать современные информационные технологии при выполнении научных исследований и разработок; использовать стандартные пакеты прикладных программ; способен к алгоритмизации процесса вычислений при проведении исследований; организовывать и соблюдать требования информационной безопасности в профессиональной деятельности
ПСК-1.02 — способность выполнять научные исследования в составе научно-исследовательских групп, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить обработку и анализ результатов
ПСК-1.04 — способность 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:

ОПК-2

знания:

о состоянии и перспективах развития численных методов моделирования процессов;

умения:

выбор пакета прикладных программ для проведения численного моделирования теплообмена;

навыки:

использования стандартных пакетов прикладных программ вычислительной гидродинамики и теплообмена.

ПСК-1.02

знания:

методология подготовки и проведения численного моделирования при исследовании теплообмена и динамики жидкости;

умения:

подготовка исходных данных для проведения численного моделирования на ЭВМ; оценки результатов численного моделирования физических процессов при различных условиях;

навыки:

поиск и систематизация исходных данных для проведения численного моделирования на ЭВМ.

ПСК-1.04

знания:

возможностей и особенностей применения численных методов моделирования теплообмена и динамики жидкости;

основных положений метода контрольного объема, виды и особенности математических моделей высокотемпературных процессов;

умения:

проведение численного моделирования физических процессов при различных условиях;

навыки:

проведения численного моделирования физических процессов при различных условиях;

выбор математических моделей высокотемпературных процессов в различных элементах ВТУ;

критической оценки результатов моделирования высокотемпературных процессов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕНА И ДИНАМИКИ ЖИДКОСТИ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.04.05 Двигатели летательных аппаратов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА (ПОЛУЧЕНИЕ ПЕРВИЧНЫХ НАВЫКОВ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ, ОРГАНИЗАЦИЯ РАЗРАБОТОК И ИССЛЕДОВАНИЙ)**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ДВИГАТЕЛЯХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен осуществлять подготовку научных публикаций, научно-технических отчетов, обзоров по результатам выполненных исследований и разработок
- ОПК-3 — Способен проводить патентные исследования с целью обеспечения патентной чистоты и патентоспособности новых проектных решений по направлению подготовки, осуществлять защиту результатов интеллектуальной деятельности, подготавливать заявки на патенты, полезные модели и промышленные образцы
- ПСК-1.02 — Способен выполнять научные исследования в составе научно-исследовательских групп, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить обработку и анализ результатов
- УК-1 — Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
- УК-6 — Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 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-2	ПСК-1.02	ПСК-1.04
5	10	Раздел 1. Введение. Проблематика исследования теплообмена и динамики. Основные принципы моделирования. 1.1 Введение. Особенности высокотемпературных процессов в элементах ГТУ. 1.2 Основные принципы и методы моделирования. Метод контрольного объема. Расчетная сетка.	10	4	4	0	6	0	0	10
5	10	Раздел 2. Стационарная проблема. Метод получения дискретных аналогов. 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.	14	4	4	0	10	0	0	10
5	10	Раздел 3. Нестационарная проблема. Метод получения дискретных аналогов. 3.1 Нестационарная одномерная теплопроводность. Основные расчетные схемы. 3.2 Устойчивость расчетных схем.	14	4	4	0	10	0	0	10
5	10	Раздел 4. Конвективно-диффузионный перенос вещества и энергии. 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.	16	6	6	0	10	0	0	10
5	10	Раздел 5. Совместное определение поля скоростей и давлений. 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	0	0	10
5	10	Раздел 6. Особенности процессов в различных элементах ВТУ с точки зрения численного исследования. Особенности процессов течения жидкости в каналах ВТУ.	16	10	2	8	6	20	20	10
5	10	Раздел 7. Исследование различных физических процессов в элементах ВТУ. Моделирование турбулентности, двухфазных сред и смесей газов.	24	14	4	10	10	20	20	10
5	10	Раздел 8. Совокупная задача исследования высокотемпературных процессов в элементах ВТУ. Ознакомление с принципами и возможностями моделирования высокотемпературных процессов, используемых в современных пакетах программных средств для моделирования процессов.	24	18	2	16	6	20	20	10
5	10	Раздел 9. Особенности численного моделирования аэродинамики и теплообмена при течении газа с гиперзвуковыми скоростями. 9.1 Особенности течения газа при гиперзвуковых скоростях: понятие гиперзвуковой скорости; особенности процессов в газе при больших температурах, диссоциация и ионизация; особенности течения плазмы; особенности переноса тепла излучением; поглощение и излучение газа в объеме. 9.2 Численное моделирование течения газа при гиперзвуковых скоростях: численный учет равновесных химических реакций в воздухе; численный учет неравновесных процессов при гиперзвуковых скоростях; моделирование теплообмена с поверхности излучением; учет поглощения и излучения газа.	6	2	2	0	4	20	20	10
5	10	Раздел 10. Использование параллельных вычислительных технологий при численном моделировании задач тепло-массообмена. 10.1 Параллельные вычислительные технологии: требования к параллельным алгоритмам и исходным данным; схема решения задач; способы хранения данных; декомпозиция расчетной области; синхронизация шага по времени; распараллеливание отдельных частей вычислительного алгоритма. 10.2 Технология современных параллельных вычислительных комплексов: большие гибридные вычислительные системы, кластеры и их сети; система очередей, постановка расчета в очередь; системы удаленного доступа и управления расчетами; системы визуализации больших объемов данных.	6	2	2	0	4	20	20	10
Всего за 10 семестр			144	68	34	34	76	100	100	100
Всего по дисциплине			144	68	34	34	76	100	100	100

3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 6. Особенности процессов в различных элементах ВТУ с точки зрения численного исследования.	Постановка цели и задач исследования, задание расчетной области	8

2	Раздел 7. Исследование различных физических процессов в элементах ВТУ.	Создание файла исходных данных на ЭВМ для решения задачи моделирования высокотемпературных процессов в элементах ВТУ.	10
3	Раздел 8. Совокупная задача исследования высокотемпературных процессов в элементах ВТУ.	Расчетное исследование высокотемпературных процессов в элементах ВТУ на ЭВМ, анализ результатов.	16
Всего за 10 семестр			34

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение. Проблематика исследования теплообмена и динамики. Основные принципы моделирования.	Ознакомление с основными принципами математического моделирования процессов. Изучение возможностей современных пакетов программных средств для моделирования процессов.	6
2	Раздел 2. Стационарная проблема. Метод получения дискретных аналогов.	Ознакомление с современными методами решения систем алгебраических уравнений.	10
3	Раздел 3. Нестационарная проблема. Метод получения дискретных аналогов.	Ознакомление с современными расчетными схемами для моделирования нестационарных процессов.	10
4	Раздел 4. Конвективно-диффузионный перенос вещества и энергии.	Ознакомление с современными расчетными схемами для моделирования процессов конвекции и диффузии.	10
5	Раздел 5. Совместное определение поля скоростей и давлений.	Ознакомление с схемами совместного определения поля скоростей и давлений, используемых в современных пакетах программных средств для моделирования процессов.	10
6	Раздел 6. Особенности процессов в различных элементах ВТУ с точки зрения численного исследования.	Ознакомление с особенностями протекания основных физико-химических процессов в ВТУ.	6
7	Раздел 7. Исследование различных физических процессов в элементах ВТУ.	Ознакомление с моделями различных физических процессов, используемых в современных пакетах программных средств для моделирования процессов.	10
8	Раздел 8. Совокупная задача исследования высокотемпературных процессов в элементах ВТУ.	Ознакомление с принципами и возможностями моделирования высокотемпературных процессов, используемых в современных пакетах программных средств для моделирования процессов.	6
9	Раздел 9. Особенности численного моделирования аэродинамики и теплообмена при течении газа с гиперзвуковыми скоростями.	Ознакомление с основными принципами математического моделирования течений газа при гиперзвуковых скоростях процессов	4
10	Раздел 10. Использование параллельных вычислительных технологий при численном моделировании задач тепло-массообмена.	Ознакомление с основными принципами параллельных вычислений. Изучение возможностей современных систем визуализации и управления расчетами.	4
Всего за 10 семестр			76

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
10						ДР			ВПЗ	ДР			ВПЗ		ВПЗ	ДР	

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ВПЗ – вопросы/задания по темам ПЗ.

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

- диагностическая работа;
- вопросы/задания по темам ПЗ.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

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 конвекции и диффузии. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 36 экз.
3. А. И. Мустейкис, Л. П. Юнаков ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Численное решение задач тепломассообмена. Ч. I Теплопроводность. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015, 10 экз.
4. К. Н. Волков, Ю. Н. Дерюгин, В. Н. Емельянов. . Методы ускорения газодинамических расчётов на неструктурированных сетках. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013, 10 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. В. В. Лунёв. . Течение реальных газов с большими скоростями. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007, 3 экз.

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 - 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.

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.

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 ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕНА И ДИНАМИКИ ЖИДКОСТИ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.04.05 *Двигатели летательных аппаратов*. 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*:

ОПК-2 способность использовать современные информационные технологии при выполнении научных исследований и разработок; использовать стандартные пакеты прикладных программ; способен к алгоритмизации процесса вычислений при проведении исследований; организовывать и соблюдать требования информационной безопасности в профессиональной деятельности;

ПСК-1.02 способность выполнять научные исследования в составе научно-исследовательских групп, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить обработку и анализ результатов;

ПСК-1.04 способность 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 методами и способами моделирования физических процессов газодинамики и теплообмена.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы/задания по темам ПЗ.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**76 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 76 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

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

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

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

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
Раздел 1. Введение. Проблематика исследования теплообмена и динамики. Основные принципы моделирования.		
Ознакомление с основными принципами математического моделирования процессов. Изучение возможностей современных пакетов программных средств для моделирования процессов.	А. И. Мустейкис, Л. П. Юнаков ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Численное решение задач теплообмена. Ч. I Теплопроводность: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (1)	6
Итого по разделу 1		6
Раздел 2. Стационарная проблема. Метод получения дискретных аналогов.		
Ознакомление с современными методами решения систем алгебраических уравнений.	А. И. Мустейкис, Л. П. Юнаков ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Численное решение задач теплообмена. Ч. I Теплопроводность: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (2)	10
Итого по разделу 2		10
Раздел 3. Нестационарная проблема. Метод получения дискретных аналогов.		
Ознакомление с современными расчетными схемами для моделирования нестационарных процессов.	А. И. Мустейкис, Л. П. Юнаков ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. Численное решение задач теплообмена. Ч. I Теплопроводность: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2015 (4)	10
Итого по разделу 3		10
Раздел 4. Конвективно-диффузионный перенос вещества и энергии.		
Ознакомление с современными расчетными схемами для моделирования процессов конвекции и диффузии.	А. И. Мустейкис, Л. П. Юнаков. . Численное решение задач конвекции и диффузии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (1, 2)	10
Итого по разделу 4		10
Раздел 5. Совместное определение поля скоростей и давлений.		
Ознакомление с схемами совместного определения поля скоростей и давлений, используемых в современных пакетах программных средств для моделирования процессов.	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
Раздел 6. Особенности процессов в различных элементах ВТУ с точки зрения численного исследования.		

Ознакомление с особенностями протекания основных физико-химических процессов в ВТУ.	А. И. Мустейкис. . Моделирование процессов в камере сгорания ГТД: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (1)	6
Итого по разделу 6		6
Раздел 7. Исследование различных физических процессов в элементах ВТУ.		
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 7		10
Раздел 8. Совокупная задача исследования высокотемпературных процессов в элементах ВТУ.		
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)	6
Итого по разделу 8		6
Раздел 9. Особенности численного моделирования аэродинамики и теплообмена при течении газа с гиперзвуковыми скоростями.		
Ознакомление с основными принципами математического моделирования течений газа при гиперзвуковых скоростях процессов	В. В. Лунёв. . Течение реальных газов с большими скоростями: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007 (8, 9)	4
Итого по разделу 9		4
Раздел 10. Использование параллельных вычислительных технологий при численном моделировании задач тепло-массообмена.		
Ознакомление с основными принципами параллельных вычислений. Изучение возможностей современных систем визуализации и управления расчетами.	К. Н. Волков, Ю. Н. Дерюгин, В. Н. Емельянов. . Методы ускорения газодинамических расчётов на неструктурированных сетках: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013 (5)	4
Итого по разделу 10		4

ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы/задания по темам ПЗ;
- экзамен.

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/задания по темам ПЗ

Оценивается полнота и качество выполнения практического задания, верность алгоритма и полученных результатов, способность их объяснить.

Комплекты задания представлены в УМК дисциплины.

Защита задания проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на 3 вопроса преподавателя.

Задание считается сданным при правильном ответе более чем на 60 % вопросов.

Экзамен

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.

Для допуска к экзамену необходимо выполнение всех контрольных мероприятий, предусмотренных рабочей программой дисциплины.

Экзамен проводится в форме итогового тестирования и предполагает ответы студента на 25 теоретических вопроса.

Перечень вопросов представлен в УМК дисциплины.

Результаты тестирования оцениваются следующим образом:

- оценка «удовлетворительно» при наличии 55-70% правильных ответов;
- оценка «хорошо» при наличии 70-90% правильных ответов;
- оценка «отлично» - свыше 90% правильных ответов.

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-2	ПСК-1.02	ПСК-1.04	
5	10	Раздел 1. Введение. Проблематика исследования теплообмена и динамики. Основные принципы моделирования.	10	4	4	0	6	0	0	10	Вопросы/ задания по темам ПЗ
5	10	Раздел 2. Стационарная проблема. Метод получения дискретных аналогов.	14	4	4	0	10	0	0	10	Вопросы/ задания по темам ПЗ
5	10	Раздел 3. Нестационарная проблема. Метод получения дискретных аналогов.	14	4	4	0	10	0	0	10	Вопросы/ задания по темам ПЗ
5	10	Раздел 4. Конвективно-диффузионный перенос вещества и энергии.	16	6	6	0	10	0	0	10	Вопросы/ задания по темам ПЗ
5	10	Раздел 5. Совместное определение поля скоростей и давлений.	14	4	4	0	10	0	0	10	Вопросы/ задания по темам ПЗ
5	10	Раздел 6. Особенности процессов в различных элементах ВТУ с точки зрения численного исследования.	16	10	2	8	6	20	20	10	Вопросы/ задания по темам ПЗ
5	10	Раздел 7. Исследование различных физических процессов в элементах ВТУ.	24	14	4	10	10	20	20	10	Вопросы/ задания по темам ПЗ
5	10	Раздел 8. Совокупная задача исследования высокотемпературных процессов в элементах ВТУ.	24	18	2	16	6	20	20	10	Вопросы/ задания по темам ПЗ
5	10	Раздел 9. Особенности численного моделирования аэродинамики и теплообмена при течении газа с гиперзвуковыми скоростями.	6	2	2	0	4	20	20	10	Вопросы/ задания по темам ПЗ
5	10	Раздел 10. Использование параллельных вычислительных технологий при численном моделировании задач тепло-массообмена.	6	2	2	0	4	20	20	10	Вопросы/ задания по темам ПЗ
Всего за 10 семестр			144	68	34	34	76	100	100	100	

Всего по дисциплине	144	68	34	34	76	100	100	100	
----------------------------	-----	----	----	----	----	-----	-----	-----	--