

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 (подпись) Левихин А.А.
 ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕНА И ДИНАМИКИ ЖИДКОСТИ

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: 2025

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:

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

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПК-5

знания:

основные положения метода контрольного объема, виды и особенности математических моделей высокотемпературных процессов;

умения:

подготовка и проведение численного моделирования высокотемпературных процессов;

навыки:

анализ результатов расчета; оформление отчета по результатам моделирования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕНА И ДИНАМИКИ ЖИДКОСТИ** 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: **ПРОЕКТИРОВАНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ CAD/CAM/CAE-СИСТЕМ, ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА**.

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-3 — Способен разрабатывать нормативно-техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью
- ПК-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		ПК-5
5	9	Раздел 1. Введение. Проблематика исследования теплообмена и динамики. Основные принципы моделирования. 1.1 Введение. Особенности высокотемпературных процессов в элементах ВТУ. 1.2 Основные принципы и методы моделирования. Метод контрольного объема. Расчетная сетка.	8	4	4	0	4	10
5	9	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	8	4	4	6	10
5	9	Раздел 3. Нестационарная проблема. Метод получения дискретных аналогов. 3.1 Нестационарная одномерная теплопроводность. Основные расчетные схемы. 3.2 Устойчивость расчетных схем.	16	10	6	4	6	10
5	9	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.	14	8	4	4	6	10
5	9	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.	8	4	4	0	4	10
5	9	Раздел 6. Моделирование различных физических процессов. 6.1 Моделирование турбулентности. 6.2 Моделирование двухфазных сред. 6.3. Моделирование течений смесей газов. Течения с химическими реакциями.	22	16	6	10	6	20
5	9	Раздел 7. Совокупная задача моделирования течений с горением в потоке. Взаимосвязи моделей физических процессов, учитываемых при моделировании течений с горением в потоке.	26	18	6	12	8	30
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 при различных граничных условиях итерационным методом.	4
2	Раздел 3. Нестационарная проблема. Метод получения дискретных аналогов.	Решение задач нестационарной одномерной теплопроводности с использованием явной схемы.	2
3		Решение задач нестационарной одномерной теплопроводности с использованием неявной схемы.	2
4	Раздел 4. Конвективно-диффузионный перенос вещества и энергии.	Решение задач стационарной одномерной конвекции и диффузии (схема с центральными разностями)	2
5		Решение задач стационарной одномерной конвекции и диффузии (схема "против потока")	2
6	Раздел 6. Моделирование различных физических процессов.	Выбор моделей физических процессов и расчетных схем.	1
7		Создание расчетной области и задание граничных условий.	2
8		Получение численного решения.	5
9		Анализ результатов.	2
10	Раздел 7. Совокупная задача моделирования течений с горением в потоке.	Выбор моделей физических процессов и расчетных схем.	1
11		Получение численного решения.	7
12		Создание расчетной области и задание граничных условий.	2
13		Анализ результатов.	2

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.	Проработка теоретического материала	4
2	Раздел 2. Стационарная проблема. Метод получения дискретных аналогов.	Оформление отчета.	2
3		Выполнение домашнего задания.	4
4	Раздел 3. Нестационарная проблема. Метод получения дискретных аналогов.	Оформление отчета.	2
5		Выполнение домашнего задания.	4
6	Раздел 4. Конвективно-диффузионный перенос вещества и энергии.	Оформление отчета.	2
7		Выполнение домашнего задания.	4
8	Раздел 5. Совместное определение поля скоростей и давлений.	Проработка теоретического материала	4
9	Раздел 6. Моделирование различных физических процессов.	Проработка теоретического материала	6
10	Раздел 7. Совокупная задача моделирования течений с горением в потоке.	Оформление отчета по практическому заданию.	8
Всего за 9 семестр			40

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																15	16	17
9					ДЗ	ДР			ДЗ	ДР		ДЗ					Отч. по ПЗ	ДР	диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ДЗ – домашнее задание;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- домашнее задание;
- отчет по практическому заданию.

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.

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;
2. <http://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
3. <http://www.biblio-online.ru/> — Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов..

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;
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 ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕНА И ДИНАМИКИ ЖИДКОСТИ** 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*:

ПК-5 Способен 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 реактивных двигателей, в частности, в камере сгорания. 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;
- домашнее задание;
- отчет по практическому заданию.

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.
Раздел 1. Введение. Проблематика исследования теплообмена и динамики. Основные принципы моделирования.		
Проработка теоретического материала	А. И. Мустейкис, Л. П. Юнаков. . Численное решение задач теплопроводности: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (1)	4
Итого по разделу 1		4
Раздел 2. Стационарная проблема. Метод получения дискретных аналогов.		
Оформление отчета.	А. И. Мустейкис, Л. П. Юнаков. . Численное решение задач теплопроводности: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (2)	2
Выполнение домашнего задания.		4
Итого по разделу 2		6
Раздел 3. Нестационарная проблема. Метод получения дискретных аналогов.		
Оформление отчета.	А. И. Мустейкис, Л. П. Юнаков. . Численное решение задач теплопроводности: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (3-4)	2
Выполнение домашнего задания.		4
Итого по разделу 3		6
Раздел 4. Конвективно-диффузионный перенос вещества и энергии.		
Оформление отчета.	А. И. Мустейкис, Л. П. Юнаков. . Численное решение задач конвекции и диффузии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (1, 2)	2
Выполнение домашнего задания.		4
Итого по разделу 4		6
Раздел 5. Совместное определение поля скоростей и давлений.		
Проработка теоретического материала	А. И. Мустейкис, Л. П. Юнаков. . Численное решение задач конвекции и диффузии: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (3, 4)	4
Итого по разделу 5		4
Раздел 6. Моделирование различных физических процессов.		
Проработка теоретического материала	А. И. Мустейкис. . Моделирование процессов в камере сгорания ГТД: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (1-2)	6
Итого по разделу 6		6
Раздел 7. Совокупная задача моделирования течений с горением в потоке.		
Оформление отчета по практическому заданию.	А. И. Мустейкис. . Моделирование процессов в камере сгорания ГТД: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (2)	8
Итого по разделу 7		8

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- отчет по практическому заданию;
- домашнее задание;
- 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 по практическому заданию

Прием отчета проходит в форме доклада студента и ответов на вопросы преподавателя.

Критерии оценивания: отчет считается принятым при получении не менее двух правильных ответов.

За успешную защиту отчета студенту начисляется 20 баллов.

Перечень вопросов входит в состав УМК дисциплины.

Отчет подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов;
- отсутствия необходимого графического материала;
- некорректной обработки результатов;
- низкое качество графического материала.

Перечень заданий и шаблон отчета входит в состав УМК дисциплины.

Домашнее задание

Отчет по домашнему заданию представляется в электронном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета.

Прием отчета проходит в форме проверки отчета преподавателем на предмет соответствия следующим критериям:

- верное задание системы уравнений – 4 балла;
- верное определение конечного результата – 4 балла;
- оформление задания в соответствии с шаблоном отчета – 2 балла.

За каждое задание не более 10 баллов.

Перечень заданий и шаблон отчета входит в состав УМК дисциплины.

Дифференцированный зачет

Предусматривается два сценария проведения дифференцированного зачета.

1. Дифференцированный зачет выставляется по количеству баллов, заработанными обучающимся в течении семестра. Суммарный балл выставляется по результатам написания диагностических работ, посещаемости аудиторных занятий и баллов за выполнение домашних заданий и практического задания.

Критерии оценивания:

менее 51 балла - не зачтено;

51 - 74 балла - зачтено-удовлетворительно;

75 - 84 балла - зачтено-хорошо;

85 и более баллов - зачтено-отлично.

2. Дифференцированный зачет проводится в форме устного ответа студента на три вопроса по тематике дисциплины.

Критерии оценивания:

отсутствие ответа на все вопросы - не зачтено;

развернутый ответ хотя бы на один вопрос - удовлетворительно;

развернутый ответ хотя бы на два вопроса - зачтено-хорошо;

развернутый ответ на все три вопроса - зачтено-отлично.

Вопросы представлены в 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		ПК-5	
5	9	Раздел 1. Введение. Проблематика исследования теплообмена и динамики. Основные принципы моделирования.	8	4	4	0	4	10	Отчет по практическому заданию
5	9	Раздел 2. Стационарная проблема. Метод получения дискретных аналогов.	14	8	4	4	6	10	Домашнее задание
5	9	Раздел 3. Нестационарная проблема. Метод получения дискретных аналогов.	16	10	6	4	6	10	Домашнее задание
5	9	Раздел 4. Конвективно-диффузионный перенос вещества и энергии.	14	8	4	4	6	10	Домашнее задание
5	9	Раздел 5. Совместное определение поля скоростей и давлений.	8	4	4	0	4	10	Отчет по практическому заданию
5	9	Раздел 6. Моделирование различных физических процессов.	22	16	6	10	6	20	Отчет по практическому заданию
5	9	Раздел 7. Совокупная задача моделирования течений с горением в потоке.	26	18	6	12	8	30	Отчет по практическому заданию
Всего за 9 семестр			108	68	34	34	40	100	
Всего по дисциплине			108	68	34	34	40	100	

Оценочные материалы по дисциплине ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕНА И ДИНАМИКИ ЖИДКОСТИ

ПК-5 - Способен проводить расчёты процессов в ракетных двигателях, прочности и надёжности изделий и их составных элементов

- № 1 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Разработайте численный метод для моделирования взаимодействия газового потока с охлаждаемыми стенками камеры сгорания ЖРД. Как учет турбулентности и теплообмена влияет на точность расчетов?
- № 2 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
О чем говорит равенство нулю числа Пекле в задаче численного моделирования течения жидкости?
1. Об отсутствии течения и наличии лишь конвективного переноса
 2. Об отсутствии течения и наличии конвективного и диффузионного переносов
 3. Об отсутствии течения и наличии лишь диффузионного переноса
 4. О наличии течения и наличии конвективного и диффузионного переносов
- № 3 Прочитайте текст и установите соответствие
Приведите соответствие между характерной областью течения жидкости вблизи стенки и диапазоном значений безразмерного расстояния y^+ .
1. Вязкий подслой
 2. Переходный (буферный) подслой
 3. Логарифмический подслой
 4. Свободное ядро потока
- А - 5-30
Б - 1-5
В - более 30
Г - более 300
Д - более 100
- № 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Что называется расчетным узлом в методе конечных (контрольных) объемов?
1. Любая материальная точка внутри контрольного объема, в которой определяются значения зависимых переменных
 2. Материальная точка, являющаяся центром контрольного объема в которой определяется значение зависимых переменных
 3. Любая материальная точка на границе контрольного объема, в которой определяются значения зависимых переменных
 4. Произвольная материальная точка, в которой производится расчет
- № 5 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Какой вид задания кинетического механизма реакции описывает процесс горения одним уравнением, в котором присутствуют только начальные и конечные компоненты?

1. Сокращенный
 2. Глобальный
 3. Детальный
 4. Интегральный
- № 6 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Разработайте численную модель регенеративного охлаждения стенок камеры жидкостного ракетного двигателя. Опишите, какие уравнения необходимо решить, какие численные методы применяются и какие параметры влияют на эффективность охлаждения.
- № 7 Прочитайте текст и установите последовательность
Определите порядок проведения численного моделирования неустойчивых турбулентных течений в трубопроводах подачи топлива.
- 1) Численный расчет турбулентных вихрей и их взаимодействия с конструкцией трубопровода
 - 2) Запись уравнений Навье-Стокса с учетом турбулентных моделей (LES, RANS)
 - 3) Определение граничных условий: давление, скорость, шероховатость стенок
 - 4) Выбор метода дискретизации: конечно-объемный метод, метод конечных элементов
 - 5) Анализ спектра колебаний давления и поиск способов уменьшения вибраций
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Выберите возможные способы повышения стабильности решения задачи численного моделирования?
1. Задание более реалистичного начального приближения
 2. Создание более мелкой расчетной сетки
 3. Уменьшение подрелаксационных факторов
 4. Конвертация исходных элементов сетки
- № 9 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Какой параметр чаще всего используется для оценки степени турбулентности потока в камере ЖРД?
1. Число Рейнольдса
 2. Число Маха
 3. Температура газа
 4. Коэффициент теплоотдачи
- № 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Какие модели турбулентности чаще всего применяются при численном моделировании ЖРД?
1. $k-\epsilon$ модель
 2. $k-\omega$ SST модель
 3. Ламинарное течение
 4. DNS (Direct Numerical Simulation)
- № 11 Прочитайте текст и установите последовательность
Определите последовательность действий при численном проектировании формы сопла ракеты с целью максимизации удельного импульса.

- 1) Определение критериев эффективности сопла (удельный импульс, потери)
- 2) Выбор геометрических параметров для начального проектирования
- 3) Численный расчет течения газа в сопле методом конечных объемов
- 4) Оптимизация формы сопла на основе численных данных
- 5) Анализ полученного профиля и проверка соответствия требованиям

№ 12 Прочитайте текст и установите соответствие

Соотнесите параметры численного моделирования с их влиянием на точность расчетов в задачах динамики жидкости.

1. Шаг сетки
2. Время шага интегрирования
3. Число Куранта
4. Тип аппроксимации

А - Чем меньше, тем выше пространственное разрешение

Б - Определяет точность временного разрешения

В - Контролирует устойчивость схемы

Г - Влияет на порядок точности разностной схемы

Д - Определяют корректность постановки задачи