

Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Гаскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор Дата подписания: 17.06.2025 12:32:01 Уникальный программный ключ: 04c19ed8bfb98f3b6cb77a486b9a8788b8737737	МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	Рабочая программа дисциплины "Математическое моделирование в баллистике летательных аппаратов" по направлению подготовки (специальности) 24.03.03 "Баллистика и гидроаэродинамика" направленности (профиль) Баллистика и гидроаэродинамика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1
--	--	---	--------

Рабочая программа дисциплины (модуля)*

Математическое моделирование в баллистике летательных аппаратов

Направление подготовки (специальность)

24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика

Направленность (профиль)

Баллистика и гидроаэродинамика

Присваиваемая квалификация (степень)

бакалавр

Форма обучения

очная

Год(ы) набора 2025

*Рабочая программа дисциплины (модуля) адаптирована для инклюзивного обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Челябинск 2025 г.



Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)
4. Объем дисциплины (модуля)
5. Структура и содержание дисциплины (модуля)
6. Фонд оценочных средств
 - 6.1. Перечень видов оценочных средств
 - 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации
 - 6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации
 - 6.4. Критерии оценивания
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)
 - 7.1. Рекомендуемая литература
 - 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"
 - 7.3. Перечень информационных технологий
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Специальные условия освоения дисциплины обучающимися с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья



1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины «Математическое моделирование в баллистике летательных аппаратов» состоит в изучении основных понятий и определений в области современных вычислительных технологий; основных понятий о реализации вычислительного эксперимента; понятиях о технологиях вычислительного моделирования в области баллистики.

Результаты обучения по дисциплине направлены на достижение индикаторов:

ОПК-1.1. Знать теорию и основные законы в области естественнонаучных и общинженерных дисциплин.

ОПК-1.2. Уметь применять методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности.

ОПК-1.3. Уметь применять методы теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.

ОПК-2.1. Имеет представление об основных существующих информационных технологиях, используемых при решении профессиональных задач.

ОПК-2.2. Демонстрирует умения использовать существующие информационные технологии при решении задач профессиональной деятельности.

ОПК-2.3. Имеет практический опыт использования существующих информационных технологий при решении задач профессиональной деятельности.

ОПК-7.1. Знать основные методы обработки опытных данных физических и численных экспериментов по определению аэродинамических и баллистических характеристик объектов ракетно-космической техники.

ОПК-7.2. Уметь проводить обработку экспериментальных данных при определении аэродинамических и баллистических характеристик объектов ракетно-космической техники.

ОПК-7.3. Иметь навыки использования вычислительной техники для обработки экспериментальных данных.

ОПК-8.1. Знать принципы разработки алгоритмов, компьютерных программ для профессиональной деятельности.

ОПК-8.2. Уметь использовать основы программирования для профессиональной деятельности.

ОПК-8.3. Иметь навыки разработки алгоритмов и программирования для профессиональной деятельности.

ПК-3.1. Обладает знаниями в своей области научно-исследовательской деятельности о математическом описании объектов исследования, принципах разработки алгоритмов в области баллистики и гидроаэродинамики

ПК-3.2. Демонстрирует умение в своей научно-исследовательской деятельности проводить математическое описание объектов исследования, разрабатывать алгоритмы решения баллистических и гидроаэродинамических задач

ПК-3.3. Имеет практический опыт (навыки) использования в своей научно-исследовательской деятельности математического описания объектов исследования, разработки алгоритмов в области баллистики и гидроаэродинамики

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Цикл (раздел) ОПОП: Б1.О.39

2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Теоретическая механика

Математический анализ

Дифференциальные уравнения

Молекулярная физика

Механика

Оптика

Программирование

Численные методы и математическое моделирование

Теория вероятностей и математическая статистика

Методы математической физики

Численные методы баллистики и гидроаэродинамики

Пакеты прикладных программ аэрогидрогазодинамики

Баллистика и навигация летательных аппаратов



2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Производственная практика (преддипломная практика)

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ПК-3: Способен проводить математическое описание объектов исследования, разрабатывать алгоритмы в области баллистики и гидроаэродинамики

Знать:

Для достижения ПК-3.1: способы проведения математического описания объектов исследования и численных экспериментов процессов в области баллистики и гидроаэродинамики

Уметь:

Для достижения ПК-3.2: использовать теоретические знания для решения конкретных практических задач, грамотно выбирать метод и параметры численного решения, получать результат требуемой точности

Владеть:

Для достижения ПК-3.3: навыками разработки математических моделей; разработки и применения численных методов

ОПК-2: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности

Знать:

Для достижения ОПК-2.1: основные понятия и определения в области современных информационных и вычислительных технологий; основные понятия о реализации вычислительного эксперимента

Уметь:

Для достижения ОПК-2.2: использовать существующие информационные и вычислительные технологии при решении задач профессиональной деятельности

Владеть:

Для достижения ОПК-2.3: навыками использования существующих информационных технологий при решении задач профессиональной деятельности

ОПК-1: Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности

Знать:

Для достижения ОПК-1.1: особенности физического и математического моделирования в профессиональной деятельности

Уметь:

Для достижения ОПК-1.2: использовать математический аппарат и информационные технологии при изучении процессов

Владеть:

Для достижения ОПК-1.3: владеть навыками применения средств разработки математических моделей и использования компьютера для решения профессиональных задач; навыками использования теоретических основ базовых разделов математики при решении конкретных задач

ОПК-7: Способен обрабатывать опытные данные физических и численных экспериментов по определению аэродинамических и баллистических характеристик объектов ракетно-космической техники

Знать:

Для достижения ОПК-7.1: физические и математические модели, описывающие некоторые процессы, происходящие при эксплуатации в области баллистики и аэродинамики

Уметь:

Для достижения ОПК-7.2: численно решать задачи по определению аэродинамических и баллистических параметров объектов ракетно-космической техники



Владеть:

Для достижения ОПК-7.3: навыками обработки опытных данных физических и численных экспериментов по определению аэродинамических и баллистических характеристик объектов ракетно-космической техники

ОПК-8: Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения

Знать:

Для достижения ОПК-8.1: основные принципы разработки алгоритмов и компьютерных программ, пригодных для практического применения

Уметь:

Для достижения ОПК-8.2: разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения

Владеть:

Для достижения ОПК-8.3: навыками разработки алгоритмов и компьютерных программ, пригодных для практического применения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	особенности физического и математического моделирования в профессиональной деятельности; основные понятия и определения в области современных информационных и вычислительных технологий; основные понятия о реализации вычислительного эксперимента; физические и математические модели, описывающие некоторые процессы, происходящие при эксплуатации в области баллистики и аэродинамики; способы проведения математического описания объектов исследования и численных экспериментов процессов в области баллистики и гидроаэродинамики
3.2	Уметь:
3.2.1	использовать математический аппарат и информационные технологии при изучении процессов; использовать существующие информационные и вычислительных технологии при решении задач профессиональной деятельности; численно решать задачи по определению аэродинамических и баллистических параметров объектов ракетно-космической техники; использовать теоретические знания для решения конкретных практических задач, грамотно выбирать метод и параметры численного решения, получать результат требуемой точности
3.3	Владеть:
3.3.1	владеть навыками применения средств разработки математических моделей и использования компьютера для решения профессиональных задач; навыками использования теоретических основ базовых разделов математики при решении конкретных задач; навыками использования существующих информационных и вычислительных технологий при решении задач профессиональной деятельности; навыками обработки опытных данных физических и численных экспериментов по определению аэродинамических и баллистических характеристик объектов ракетно-космической техники

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану : 108 в том числе : аудиторные занятия : 40 самостоятельная работа : 23,8 часов на контроль : 36 контактная работа: 48,2 ИКР: 8,2	Виды контроля в семестрах: экзамены 8

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Литература
	Раздел 1. Введение в проблему аэродинамического и теплового проектирования ЛА			



1.1	Постановка задач аэродинамики ЛА. Расширение трактовки задач аэродинамики. История развития аэродинамики. Методы и средства. Примеры современных экспериментальных комплексов и труб. Вычислительный эксперимент. Примеры решения задач методами CFD. САПР. Оптимизация в проектировании. CAD-CAM-CAE технологии. /Лек/	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
1.2	Постановка задач аэродинамики ЛА. Расширение трактовки задач аэродинамики. История развития аэродинамики. Методы и средства. Примеры современных экспериментальных комплексов и труб. Вычислительный эксперимент. Примеры решения задач методами CFD. САПР. Оптимизация в проектировании. CAD-CAM-CAE технологии. /Пр/	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
1.3	Постановка задач аэродинамики ЛА. Расширение трактовки задач аэродинамики. История развития аэродинамики. Методы и средства. Примеры современных экспериментальных комплексов и труб. Вычислительный эксперимент. Примеры решения задач методами CFD. САПР. Оптимизация в проектировании. CAD-CAM-CAE технологии. /Ср/	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
Раздел 2. Системы координат, используемые в аэродинамике				
2.1	Силы и моменты действующие на ЛА в полете. Основные аэродинамические схемы летательных аппаратов. Аэродинамические коэффициенты. Общие выражения для аэродинамических коэффициентов. Производные аэродинамических коэффициентов. Статические и вращательные коэффициенты. Основные зависимости для коэффициентов сил и моментов. /Лек/	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.2	Силы и моменты действующие на ЛА в полете. Основные аэродинамические схемы летательных аппаратов. Аэродинамические коэффициенты. Общие выражения для аэродинамических коэффициентов. Производные аэродинамических коэффициентов. Статические и вращательные коэффициенты. Основные зависимости для коэффициентов сил и моментов. /Пр/	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.3	Силы и моменты действующие на ЛА в полете. Основные аэродинамические схемы летательных аппаратов. Аэродинамические коэффициенты. Общие выражения для аэродинамических коэффициентов. Производные аэродинамических коэффициентов. Статические и вращательные коэффициенты. Основные зависимости для коэффициентов сил и моментов. /Ср/	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
Раздел 3. Система уравнений динамики полета. Математические модели ЛА				



3.1	Анализ простейших движений ЛА (горизонтальный полет, планирование, координированный разворот, аэродинамика пилотажа - бочка, иммельман, штопор, горка). Статическая устойчивость и демпфирование. Устойчивость движения и управление полетом /Лек/	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
3.2	Анализ простейших движений ЛА (горизонтальный полет, планирование, координированный разворот, аэродинамика пилотажа - бочка, иммельман, штопор, горка). Статическая устойчивость и демпфирование. Устойчивость движения и управление полетом /Пр/	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
3.3	Анализ простейших движений ЛА (горизонтальный полет, планирование, координированный разворот, аэродинамика пилотажа - бочка, иммельман, штопор, горка). Статическая устойчивость и демпфирование. Устойчивость движения и управление полетом /Ср/	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
Раздел 4. Аэродинамика крыла				
4.1	Геометрические характеристики крыла. Крыло бесконечного размаха, механизм возникновения подъемной силы. Крыло конечного размаха, несущая линия Прандтля. Исторические мотивы. Жуковский - Чаплыгин. Присоединенные и свободные вихри. Индуктивное сопротивление. Аэродинамические аспекты механизации крыла. Методы учета сжимаемости. Крыло в околосзвуковом потоке, критический Мах, волновое сопротивление. Звуковой барьер. Крыло в сверхзвуковом потоке. Закон площадей. /Лек/	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
4.2	Геометрические характеристики крыла. Крыло бесконечного размаха, механизм возникновения подъемной силы. Крыло конечного размаха, несущая линия Прандтля. Исторические мотивы. Жуковский - Чаплыгин. Присоединенные и свободные вихри. Индуктивное сопротивление. Аэродинамические аспекты механизации крыла. Методы учета сжимаемости. Крыло в околосзвуковом потоке, критический Мах, волновое сопротивление. Звуковой барьер. Крыло в сверхзвуковом потоке. Закон площадей. /Пр/	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
4.3	Геометрические характеристики крыла. Крыло бесконечного размаха, механизм возникновения подъемной силы. Крыло конечного размаха, несущая линия Прандтля. Исторические мотивы. Жуковский - Чаплыгин. Присоединенные и свободные вихри. Индуктивное сопротивление. Аэродинамические аспекты механизации крыла. Методы учета сжимаемости. Крыло в околосзвуковом потоке, критический Мах, волновое сопротивление. Звуковой барьер. Крыло в сверхзвуковом потоке. Закон площадей. /Ср/	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
Раздел 5. Аэродинамика корпуса				



5.1	Аэродинамическая интерференция. Вопросы теплообмена. /Лек/	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
5.2	Аэродинамическая интерференция. Вопросы теплообмена. /Пр/	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
5.3	Операторные методы в исчислении разностей. Конечные разности и производные. Понятие об операторных методах вычисления разностей. Методы построения разностных схем. Схемы конечных разностей и конечного объема. Вариационные и проекционные методы. Компактные схемы и схемы высокого порядка. Свойства разностных схем. Сходимость, аппроксимация, устойчивость. разностной схемы. Понятие о монотонности. Консервативность на разностной сетке. Понятие экономичности. /Ср/	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
Раздел 6. Аэродинамика отрывных течений				
6.1	Общая картина отрыва. Классификация отрывных течений. Схемы основных течений – прямая и обратная ступеньки, каверны, отрыв в сопле, вдув и отрыв. Методы расчета отрывных течений. Дискретные вихри, интегральные методы, прямое численное моделирование, асимптотические методы, инженерные методики. Примеры расчета донного давления на основе схемы Корста. Инженерные методы расчета отрыва при падении скачка уплотнения с пограничным слоем. Трехмерный отрыв. Классификация точек отрыва трехмерного пограничного слоя. Линии стекания и растекания. Седла и фокусы. Пограничный слой на скользящем крыле. Аэродинамика трехмерного пограничного слоя. Теплообмен при отрывном обтекании. /Лек/	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
6.2	Общая картина отрыва. Классификация отрывных течений. Схемы основных течений – прямая и обратная ступеньки, каверны, отрыв в сопле, вдув и отрыв. Методы расчета отрывных течений. Дискретные вихри, интегральные методы, прямое численное моделирование, асимптотические методы, инженерные методики. Примеры расчета донного давления на основе схемы Корста. Инженерные методы расчета отрыва при падении скачка уплотнения с пограничным слоем. Трехмерный отрыв. Классификация точек отрыва трехмерного пограничного слоя. Линии стекания и растекания. Седла и фокусы. Пограничный слой на скользящем крыле. Аэродинамика трехмерного пограничного слоя. Теплообмен при отрывном обтекании. /Пр/	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5



6.3	Общая картина отрыва. Классификация отрывных течений. Схемы основных течений – прямая и обратная ступеньки, каверны, отрыв в сопле, вдув и отрыв. Методы расчета отрывных течений. Дискретные вихри, интегральные методы, прямое численное моделирование, асимптотические методы, инженерные методики. Примеры расчета донного давления на основе схемы Корста. Инженерные методы расчета отрыва при падении скачка уплотнения с пограничным слоем. Трехмерный отрыв. Классификация точек отрыва трехмерного пограничного слоя. Линии стекания и растекания. Седла и фокусы. Пограничный слой на скользящем крыле. Аэродинамика трехмерного пограничного слоя. Теплообмен при отрывном обтекании. /Ср/	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
Раздел 7. Аэродинамика органов управления				
7.1	Аэродинамика воздухозаборников. Эжекция и инжекция. /Лек/	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
7.2	Аэродинамика воздухозаборников. Эжекция и инжекция. /Пр/	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
7.3	Аэродинамика воздухозаборников. Эжекция и инжекция. /Ср/	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
Раздел 8. Сопло				
8.1	Конструктивные схемы сопловых блоков. Газодинамика сопла. /Лек/	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
8.2	Конструктивные схемы сопловых блоков. Газодинамика сопла. /Пр/	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5



Рабочая программа дисциплины "Математическое моделирование в баллистике летательных аппаратов" по направлению подготовки (специальности) 24.03.03 "Баллистика и гидроаэродинамика" направленности (профилю) Баллистика и гидроаэродинамика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»		стр. 10		
8.3	Конструктивные схемы сопловых блоков. Газодинамика сопла. /Ср/	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
Раздел 9. Аэродинамика спуска с орбиты и возвращения				
9.1	Классификация аэротермоупругих явлений. Упругие характеристики элементов ЛА. Статическая аэроупругость. Дивергенция крыла. Реверс органов управления. Динамическая аэроупругость. Флаттер. Простейшие модели флаттера. Изгибо-крутильный и изгибоэлеронный флаттер. Бафтинг. Галопирование. Шимми. /Лек/	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
9.2	Классификация аэротермоупругих явлений. Упругие характеристики элементов ЛА. Статическая аэроупругость. Дивергенция крыла. Реверс органов управления. Динамическая аэроупругость. Флаттер. Простейшие модели флаттера. Изгибо-крутильный и изгибоэлеронный флаттер. Бафтинг. Галопирование. Шимми. /Пр/	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
9.3	Классификация аэротермоупругих явлений. Упругие характеристики элементов ЛА. Статическая аэроупругость. Дивергенция крыла. Реверс органов управления. Динамическая аэроупругость. Флаттер. Простейшие модели флаттера. Изгибо-крутильный и изгибоэлеронный флаттер. Бафтинг. Галопирование. Шимми. /Ср/	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
Раздел 10. Аэроупругость и нестационарные режимы				
10.1	Способы моделирования задач механики жидкости и газа. Подходы Лагранжа и Эйлера. Различные подходы моделирования турбулентных течений. Классификация моделей турбулентности. Современные информационные технологии для вычислительного моделирования задач течения вязкой жидкости. Пре- и постпроцессинг решения Примеры решения различных задач. /Лек/	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
10.2	Способы моделирования задач механики жидкости и газа. Подходы Лагранжа и Эйлера. Различные подходы моделирования турбулентных течений. Классификация моделей турбулентности. Современные информационные технологии для вычислительного моделирования задач течения вязкой жидкости. Пре- и постпроцессинг решения Примеры решения различных задач. /Пр/	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
10.3	Способы моделирования задач механики жидкости и газа. Подходы Лагранжа и Эйлера. Различные подходы моделирования турбулентных течений. Классификация моделей турбулентности. Современные информационные технологии для вычислительного моделирования задач течения вязкой жидкости. Пре- и постпроцессинг решения Примеры решения различных задач. /Ср/	8	5,8	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5



Раздел 11. Иная контактная работа				
11.1	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	8	8,2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6 Л1.7 Л1.8 Л1.9 Л1.10 Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

6.1. Перечень видов оценочных средств

Отчеты по практическим заданиям
Вопросы к экзамену

6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации

Отчет по практическому заданию (ПЗ)

Отчет по ПЗ представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по ПЗ. Отчет по ПЗ должен содержать:

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

6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации

Средство контроля усвоение учебного материала соответствующих разделов дисциплины.

6.4. Критерии оценивания

Текущий контроль теоретических знаний и практических навыков производится на практических занятиях.

Студент допускается к сдаче экзамена в конце семестра при успешном выполнении практических заданий.

Экзаменационная оценка ставится на основании письменного и устного ответов по экзаменационному билету.

Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса и задачу. Студенты, которые успешно отчитались в течение семестра о решенных задачах по темам практических занятий из предложенного списка задач в методических указаниях к курсу, освобождаются от 3-го вопроса в билете (т.е. решения задачи).

На экзамене студент получает оценку «удовлетворительно» в случае успешной сдачи «теоретического минимума», который включает: знание основных понятий, название и физический смысл величин, вид основных распределений и соотношений (без вывода), определяемых вопросом билета.

Оценка «хорошо» – студент твердо знает учебно-программный материал, грамотно и по существу излагает его, но при этом допускаются негрубые ошибки при выводе формул или отсутствие некоторых элементов вывода.

Оценка «отлично» – студент должен продемонстрировать отличное знание материала, как лекционных занятий, так и тем, выносимых на самостоятельное обучение, ответив на оба вопроса билета, воспроизведя соответствующие математические выкладки и логические рассуждения; задача должно быть полностью решена, студент правильно обосновывает принятые решения.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л1.1	Рихтмайер Р., Мортон К., Будак Б. М., Горбунов А. Д.	Разностные методы решения краевых задач: научная литература (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457046)	Москва : Мир, 1972	ЭБС
Л1.2	Самарский А. А.	Введение в теорию разностных схем: научная литература (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457052)	Москва : Наука, 1971	ЭБС



	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л1.3	Волков К. Н., Емельянов В. Н.	Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: научная литература (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457707)	Москва : Физматлит, 2012	ЭБС
Л1.4	Волков К. Н., Дерюгин Ю.Н., Емельянов В. Н., Козелков А.С., Тетерина И.В.	Разностные схемы в задачах газовой динамики на неструктурированных сетках: научное (https://znanium.com/catalog/document?id=6043)	Москва : Издательская фирма "Физико-математическая литература" (ФИЗМАТЛИТ), 2015	ЭБС
Л1.5	Волков К. Н., Емельянов В. Н., Зазимко В. А.	Турбулентные струи — статистические модели и моделирование крупных вихрей: монография (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275577)	Москва : Физматлит, 2014	ЭБС
Л1.6	Емельянов В. Н.	Численные методы: введение в теорию разностных схем: учебное пособие для вузов (https://urait.ru/bcode/538894)	Москва : Юрайт, 2024	ЭБС
Л1.7	Аржаников Н.С., Садекова Г.С.	Аэродинамика летательных аппаратов: учебник для авиационных специальностей вузов	Москва : Высш. шк., 1983	
Л1.8	Фабрикант Н. Я.	Аэродинамика. Общий курс: монография (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=474066)	Москва : Наука, 1964	ЭБС
Л1.9	Ципенко В.Г.	Аэромеханика и аэродинамика: учебное пособие (https://znanium.com/catalog/document?id=438410)	Москва : Дашков и К, 2024	ЭБС
Л1.10	Кривель С. М.	Динамика полета. Расчет летно-технических и пилотажных характеристик самолета (https://e.lanbook.com/book/189467)	Санкт-Петербург : Лань, 2022	ЭБС

7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л2.1	Бахвалов Н. С., Овчинникова И. М., Шикин Е. В.	Численные методы: анализ, алгебра, обыкновенные дифференциальные уравнения: монография (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=456941)	Москва : Наука, 1975	ЭБС
Л2.2	Калиткин Н. Н., Самарский А. А.	Численные методы: учебное пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=456957)	Москва : Наука, 1978	ЭБС
Л2.3	Рождественский Б. Л., Яненко Н. Н.	Системы квазилинейных уравнений и их приложения к газовой динамике: научная литература (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=468249)	Москва : Наука, 1978	ЭБС
Л2.4	Мицель А. А.	Вычислительные методы: учебное пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480612)	Томск : Эль Контент, 2013	ЭБС
Л2.5	Копченова Н. В., Марон И. А.	Вычислительная математика в примерах и задачах (https://e.lanbook.com/book/171859)	Санкт-Петербург : Лань, 2021	ЭБС
Л2.6	Марчук Г. И.	Методы вычислительной математики (https://e.lanbook.com/book/210302)	Санкт-Петербург : Лань, 2022	ЭБС
Л2.7	Киреев В. И., Пантелеев А. В.	Численные методы в примерах и задачах (https://e.lanbook.com/book/212063)	Санкт-Петербург : Лань, 2022	ЭБС
Л2.8	Волков Е. А.	Численные методы (https://e.lanbook.com/book/254663)	Санкт-Петербург : Лань, 2022	ЭБС
Л2.9	Амосов А. А., Дубинский Ю. А., Копченова Н. В.	Вычислительные методы: учебное пособие для вузов (https://e.lanbook.com/book/327497)	Санкт-Петербург : Лань, 2023	ЭБС

7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"



Э1	Лань [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / издательство Лань. – URL: http://e.lanbook.com/
Э2	Университетская библиотека онлайн [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / ООО Директмедиа Паблишинг. – URL: http://biblioclub.ru/
Э3	Юрайт [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / издательство Юрайт. – URL: https://biblionline.ru
Э4	Znanium.com [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система (ЭБС) / Научно-издательский центр ИНФРА-М. – URL: http://znanium.com/
Э5	eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : электронная библиотека / Науч. электрон. б-ка. – URL: http://elibrary.ru/defaultx.asp

7.3 Перечень информационных технологий

7.3.1 Программное обеспечение

Adobe Reader

LMS Moodle

Adobe Connect Acrobat

7.3.2 Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы

1. Электронный каталог научной библиотеки ЧелГУ [Электронный ресурс] : база данных / Челяб. гос. ун-т. – URL: <http://library.csu.ru/ru/> - Челябинск, 1992.
2. APS JOURNALS. Physical Review Letters, Physical Review X, Physical Review, and Reviews of Modern Physics : журналы American Physical Society : сайт. – URL: <http://journals.aps.org/about> – Яз. англ. – Режим доступа: только из сети университета. – Текст : электронный.
3. Web of Science : мультидисциплинарная реферативная база данных / компания Thomson Reuters. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.
4. Scopus : реферативная база данных / Elsevier BV. – URL: <http://www.scopus.com/> – Яз. англ. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.
5. Springer Link : [сайт]. – URL: <http://link.springer.com/> – Яз. англ. – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей ЧелГУ. – Текст : электронный.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для реализации дисциплины используются учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий (мультимедийные презентации).

Используются аудитория №205 - читальный зал №3 (учебный корпус №1) и аудитория №206 - электронный читальный зал (специализированный медицентр) (учебный корпус №1) для самостоятельной работы студента, оснащенные персональными компьютерами, мультимедийной аппаратурой. В аудиториях обеспечен доступ к различной справочной литературе, энциклопедиям, библиографическим и полнотекстовым базам данных, информационным ресурсам «Интернет».

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Освоение содержания учебной дисциплины «Математическое моделирование в баллистике летательных аппаратов» осуществляется на лекциях и практических занятиях.

Лекционные занятия обеспечивают теоретическое изучение дисциплины. Основными методами обучения являются информационно-объяснительный и проблемный. На лекциях излагается основное содержание тем программы, проводится анализ основных понятий и рассматриваются примеры.

Лекционный материал является важным, но не единственным для усвоения учебной дисциплины. Его обязательно необходимо дополнить материалом основной и дополнительной литературы по теме.

Практические занятия служат для закрепления теоретических основ, излагаемых в лекциях. На практических занятиях обучаемые овладевают основными методами и приемами решения задач. Для проведения текущего и промежуточного контроля проводится контрольная работа и защиты задач по каждой теме практических занятий. Защита задач по теме подразумевает решение задач из предложенного списка задач и умение объяснить ход решения 1-2 задач из темы. Система контрольных мероприятий должна обеспечивать объективную оценку знаний и навыков студентов, способствовать повышению эффективности всех видов учебных занятий.



В случае применения при обучении дисциплины электронного обучения, дистанционных образовательных технологий общение обучающихся и преподавателя осуществляется в режиме реального времени (онлайн-лекции (вебинары), чаты, видео-конференции и др.) или отложенного времени (система дистанционного обучения Moodle, MS Office365, форумы, электронная почта и др.).

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья электронное обучение, дистанционные образовательные технологии предусматривают возможность приема-передачи информации в доступных для них формах.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий (далее – ЭО, ДОТ) осуществляется на основании «Положения о реализации основных и дополнительных образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Челябинский государственный университет», «Положения о порядке зачета обучающимися по основным профессиональным образовательным программам высшего образования в ФГБОУ ВО «ЧелГУ» результатов освоения в организациях, осуществляющих образовательную деятельность, учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практик, дополнительных образовательных программ» посредством электронной информационно-образовательной среды ФГБОУ ВО «ЧелГУ». В исключительных случаях (форс-мажор и т.п.) при реализации образовательной деятельности с применением ЭО, ДОТ могут применять компоненты, не входящие в перечень электронной информационно-образовательной среды.

10. СПЕЦИАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ОБУЧАЮЩИМИСЯ С ИНВАЛИДНОСТЬЮ И ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с использованием специальных технических средств и информационных технологий, предоставляемых Ресурсным учебно-методическим центром по обучению инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ЧелГУ по запросу обучающегося (мобильные специальные технические средства для лиц с нарушениями зрения и с нарушением слуха, ассистивные информационные технологии).

При необходимости для обучающихся с нарушениями зрения на рабочих местах для проведения практических или лабораторных занятий устанавливается специальное программное обеспечение (программа речевой навигации, речевые синтезаторы, экранные лупы).

В учебные аудитории обеспечивается беспрепятственный доступ для обучающихся с инвалидностью и с ограниченными возможностями здоровья. В каждой аудитории, где обучаются инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, предусматривается соответствующее количество мест для обучающихся с учетом нарушений их здоровья.

Для освоения дисциплины инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется доступ к печатным источникам, имеющимся в научной библиотеке ЧелГУ, с помощью специальных технических средств; доступ с помощью специальных технических и программных средств к электронным источникам, представленным в форме электронного документа в фонде научной библиотеки ЧелГУ или электронно-библиотечных системах.

Учебно-методические материалы для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и особенностям восприятия информации.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья освоение дисциплины может быть частично или полностью осуществлено с использованием дистанционных образовательных технологий.

При проведении промежуточной аттестации по дисциплине обучающимся с инвалидностью и с ограниченными возможностями здоровья обеспечивается по их заявлению предоставление в доступной форме в зависимости от их индивидуальных особенностей инструкции о порядке проведения промежуточной аттестации, оценочных средств и возможности ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, письменно шрифтом Брайля, с использованием услуг ассистента, устно).

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование предоставленных ЧелГУ или собственных технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями. При необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на задания, процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

