

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: 04c19ed8bfb98f3b6cb77a486b9a8788b8722327	МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	Рабочая программа дисциплины "Численные методы баллистики и гидроаэродинамики" по направлению подготовки (специальности) 24.03.03 "Баллистика и гидроаэродинамика" направленности (профилю) Баллистика и гидроаэродинамика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 1
--	--	---	--------

**Рабочая программа дисциплины (модуля)\***  
**Численные методы баллистики и гидроаэродинамики**

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 «Численные методы баллистики и гидроаэродинамики» состоит в изучении основных понятий и определении в области современных вычислительных технологий; основные понятия о реализации вычислительного эксперимента; понятия о технологиях вычислительного моделирования в области баллистики.

Результаты обучения по дисциплине направлены на достижение индикаторов:

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.

ПК-1.1. Обладает знаниями об основных методах проведения научно-исследовательских разработок в области баллистики и гидроаэродинамики; о способах планирования и организации исследований.

ПК-1.2. Демонстрирует умения: проводить поиск, изучение и обобщение научного опыта в соответствующей области исследований; определять цели и задачи планируемых исследований и разработок; проводить исследование, составлять его описание, формулировать выводы по полученным результатам.

ПК-1.3. Имеет практический опыт (навыки) в области баллистики и гидроаэродинамики: проведения научных исследований в соответствии с поставленной целью; составления отчетов по теме и по результатам проведенных научно-исследовательских разработок.

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: К.М.01.05

#### 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

#### 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)

Системы искусственного интеллекта и машинное обучение



Математическое моделирование в баллистике летательных аппаратов

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

**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-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 гидроаэродинамических и баллистических параметров объектов ракетно-космической техники

**Владеть:**

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

**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

**ПК-1: Способен применять специализированные знания, полученные в области баллистики и гидроаэродинамики, при проведении научно-исследовательских разработок**

**Знать:**

Для достижения ПК-1.1: знания, полученные в области баллистики и гидроаэродинамики

**Уметь:**

Для достижения ПК-1.2: применять специализированные знания, полученные в области баллистики и гидроаэродинамики

**Владеть:**

Для достижения ПК-1.3: навыком численного решения конкретных задач в области баллистики и гидроаэродинамики

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

**3.1 Знать:**



3.1.1 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; знания, полученные в области баллистики и гидроаэродинамики; способы проведения математического описания объектов исследования и численных экспериментов процессов в области баллистики и гидроаэродинамики

**3.2 Уметь:**

3.2.1 использовать существующие информационные и вычислительных технологии при решении задач профессиональной деятельности; численно решать задачи по определению гидроаэродинамических и баллистических параметров объектов ракетно-космической техники; применять специализированные знания, полученные в области баллистики и гидроаэродинамики; 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 навыками использования существующих информационных технологий при решении задач профессиональной деятельности; навыками обработки опытных данных физических и численных экспериментов по определению гидроаэродинамических и баллистических характеристик объектов ракетно-космической техники; навыком численного решения конкретных задач в области баллистики и гидроаэродинамики; навыками разработки математических моделей; разработки и применения численных методов

**4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

<b>Общая трудоемкость</b>	<b>5 ЗЕТ</b>
Часов по учебному плану : 180 в том числе : аудиторные занятия : 120 самостоятельная работа : 25,7 часов на контроль : 18 контактная работа: 136,3 ИКР: 16,3	Виды контроля в семестрах:  экзамены 7 зачеты 6

**5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Литература
	<b>Раздел 1. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент</b>			
1.1	История развития вычислительной газодинамики. Триада математического моделирования. Методика математического моделирования. Особенности вычислительных задач аэрогазодинамики и теплопереноса. Возможности современных информационных технологий в задачах вычислительного моделирования. Численное моделирование в задачах аэрокосмической техники. Современные системы численного моделирования и пакеты прикладных программ. Достиженные результаты и проблемные разработки. /Лек/	6	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
1.2	История развития вычислительной газодинамики. Триада математического моделирования. Методика математического моделирования. Особенности вычислительных задач аэрогазодинамики и теплопереноса. Возможности современных информационных технологий в задачах вычислительного моделирования. Численное моделирование в задачах аэрокосмической техники. Современные системы численного моделирования и пакеты прикладных программ. Достиженные результаты и проблемные разработки. /Лаб/	6	10	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5



1.3	История развития вычислительной газодинамики. Триада математического моделирования. Методика математического моделирования. Особенности вычислительных задач аэрогазодинамики и теплопереноса. Возможности современных информационных технологий в задачах вычислительного моделирования. Численное моделирование в задачах аэрокосмической техники. Современные системы численного моделирования и пакеты прикладных программ. Достигнутые результаты и проблемные разработки. /Ср/	6	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 2. Интегральная форма уравнений в баллистике и газодинамике</b>				
2.1	Законы сохранения для материального объема и балансовые соотношения. Понятия материального объема: подвижный объем, неподвижный в пространстве объем, перемещающийся в пространстве объем. Физико- механические характеристики материальной частицы. Потоки через поверхность контрольного объема. Потоки через поверхность контрольного объема. Внутренние напряжения. Формулировка законов сохранения. Формулировка законов сохранения для подвижного объема. Формулировка законов сохранения для фиксированного объема. Балансовые уравнения. Балансовые соотношения для перемещающегося объема. Эквивалентность двух форм записи интегральных законов сохранения. /Лек/	6	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.2	Законы сохранения для материального объема и балансовые соотношения. Понятия материального объема: подвижный объем, неподвижный в пространстве объем, перемещающийся в пространстве объем. Физико- механические характеристики материальной частицы. Потоки через поверхность контрольного объема. Потоки через поверхность контрольного объема. Внутренние напряжения. Формулировка законов сохранения. Формулировка законов сохранения для подвижного объема. Формулировка законов сохранения для фиксированного объема. Балансовые уравнения. Балансовые соотношения для перемещающегося объема. Эквивалентность двух форм записи интегральных законов сохранения. /Лаб/	6	8	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.3	Законы сохранения для материального объема и балансовые соотношения. Понятия материального объема: подвижный объем, неподвижный в пространстве объем, перемещающийся в пространстве объем. Физико- механические характеристики материальной частицы. Потоки через поверхность контрольного объема. Потоки через поверхность контрольного объема. Внутренние напряжения. Формулировка законов сохранения. Формулировка законов сохранения для подвижного объема. Формулировка законов сохранения для фиксированного объема. Балансовые уравнения. Балансовые соотношения для перемещающегося объема. Эквивалентность двух форм записи интегральных законов сохранения. /Ср/	6	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 3. Дифференциальная форма законов сохранения</b>				
3.1	Дифференциальная форма законов сохранения для фиксированного контрольного объема. Закон сохранения массы. Закон изменения количества движения. Закон сохранения энергии. Консервативная форма системы уравнений динамики сплошной среды. /Лек/	6	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5



3.2	Дифференциальная форма законов сохранения для фиксированного контрольного объема. Закон сохранения массы. Закон изменения количества движения. Закон сохранения энергии. Консервативная форма системы уравнений динамики сплошной среды. /Лаб/	6	8	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
3.3	Дифференциальная форма законов сохранения для фиксированного контрольного объема. Закон сохранения массы. Закон изменения количества движения. Закон сохранения энергии. Консервативная форма системы уравнений динамики сплошной среды. /Ср/	6	2,7	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
	<b>Раздел 4. Качественный анализ решений некоторых дифференциальных уравнений в частных производных</b>			
4.1	Простейшее гиперболическое уравнение. Нелинейное уравнение переноса. Характеристики нелинейного уравнения переноса. Укручение волнового фронта и возникновение разрывов. Интегральный закон сохранения для нелинейного уравнения переноса. Характеристический анализ системы уравнений одномерной акустики. Характеристики в классификации систем уравнений. /Лек/	6	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
4.2	Простейшее гиперболическое уравнение. Нелинейное уравнение переноса. Характеристики нелинейного уравнения переноса. Укручение волнового фронта и возникновение разрывов. Интегральный закон сохранения для нелинейного уравнения переноса. Характеристический анализ системы уравнений одномерной акустики. Характеристики в классификации систем уравнений. /Лаб/	6	8	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
4.3	Простейшее гиперболическое уравнение. Нелинейное уравнение переноса. Характеристики нелинейного уравнения переноса. Укручение волнового фронта и возникновение разрывов. Интегральный закон сохранения для нелинейного уравнения переноса. Характеристический анализ системы уравнений одномерной акустики. Характеристики в классификации систем уравнений. /Ср/	6	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
	<b>Раздел 5. Дискретизация математической модели</b>			
5.1	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. /Лек/	7	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
5.2	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. /Лаб/	7	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 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/	7	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 6. Классификация методов решения сеточных уравнений</b>				
6.1	Особенности реализации сеточных методов для эллиптических, параболических и гиперболических задач. Параболические задачи. Метод скалярной прогонки. Разностные схемы для двумерных задач. Понятие о методе дробных шагов и разностных схемах расщепления. Эллиптические уравнения и системы. Разностные схемы для эллиптических задач. Уравнение Пуассона. Прямые методы решения. Общие сведения о технике работы с разреженными матрицами. Итерационные методы решения. Методы установления. Аппроксимация граничных условий. Гиперболические задачи. Запись уравнений Эйлера в матричном виде. Линеаризация на временном шаге уравнений газовой динамики. Матрицы Якоби для потоков. Аппроксимация временного шага. /Лек/	7	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
6.2	Особенности реализации сеточных методов для эллиптических, параболических и гиперболических задач. Параболические задачи. Метод скалярной прогонки. Разностные схемы для двумерных задач. Понятие о методе дробных шагов и разностных схемах расщепления. Эллиптические уравнения и системы. Разностные схемы для эллиптических задач. Уравнение Пуассона. Прямые методы решения. Общие сведения о технике работы с разреженными матрицами. Итерационные методы решения. Методы установления. Аппроксимация граничных условий. Гиперболические задачи. Запись уравнений Эйлера в матричном виде. Линеаризация на временном шаге уравнений газовой динамики. Матрицы Якоби для потоков. Аппроксимация временного шага. /Лаб/	7	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
6.3	Особенности реализации сеточных методов для эллиптических, параболических и гиперболических задач. Параболические задачи. Метод скалярной прогонки. Разностные схемы для двумерных задач. Понятие о методе дробных шагов и разностных схемах расщепления. Эллиптические уравнения и системы. Разностные схемы для эллиптических задач. Уравнение Пуассона. Прямые методы решения. Общие сведения о технике работы с разреженными матрицами. Итерационные методы решения. Методы установления. Аппроксимация граничных условий. Гиперболические задачи. Запись уравнений Эйлера в матричном виде. Линеаризация на временном шаге уравнений газовой динамики. Матрицы Якоби для потоков. Аппроксимация временного шага. /Ср/	7	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 7. Введение в построение расчетных сеток</b>				
7.1	Расчетная сетка и ее геометрические элементы. Типы расчетных сеток. Способы описания неструктурированных расчетных сеток. Использование отображений для построения структурированных сеток. Способы адаптации структурированных сеток. Построение конечно-элементной сетки. Дискретизация геометрии. /Лек/	7	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5



7.2	Расчетная сетка и ее геометрические элементы. Типы расчетных сеток. Способы описания неструктурированных расчетных сеток. Использование отображений для построения структурированных сеток. Способы адаптации структурированных сеток. Построение конечно-элементной сетки. Дискретизация геометрии. /Лаб/	7	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
7.3	Расчетная сетка и ее геометрические элементы. Типы расчетных сеток. Способы описания неструктурированных расчетных сеток. Использование отображений для построения структурированных сеток. Способы адаптации структурированных сеток. Построение конечно-элементной сетки. Дискретизация геометрии. /Ср/	7	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 8. Решение нестационарного уравнения теплопроводности</b>				
8.1	Явные и неявные схемы. Метод прогонки. Векторизованные алгоритмы. Рассмотрение примеров решения уравнения теплопроводности для различного круга задач: задачи с внутренними источниками тепла, задачи с теплофизическими параметрами, зависящими от температуры. /Лек/	7	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
8.2	Явные и неявные схемы. Метод прогонки. Векторизованные алгоритмы. Рассмотрение примеров решения уравнения теплопроводности для различного круга задач: задачи с внутренними источниками тепла, задачи с теплофизическими параметрами, зависящими от температуры. /Лаб/	7	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
8.3	Явные и неявные схемы. Метод прогонки. Векторизованные алгоритмы. Рассмотрение примеров решения уравнения теплопроводности для различного круга задач: задачи с внутренними источниками тепла, задачи с теплофизическими параметрами, зависящими от температуры. /Ср/	7	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 9. Течения с ударными волнами</b>				
9.1	Дискретизация на основе методов конечного объема и схемы распада произвольного разрыва. Задача Римана. Метод С.К. Годунова. Линеаризованные схемы распада разрыва. Понятие о гибридных схемах. Уравнения одномерного нестационарного соплового течения. /Лек/	7	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
9.2	Дискретизация на основе методов конечного объема и схемы распада произвольного разрыва. Задача Римана. Метод С.К. Годунова. Линеаризованные схемы распада разрыва. Понятие о гибридных схемах. Уравнения одномерного нестационарного соплового течения. /Лаб/	7	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5



9.3	Дискретизация на основе методов конечного объема и схемы распада произвольного разрыва. Задача Римана. Метод С.К. Годунова. Линеаризованные схемы распада разрыва. Понятие о гибридных схемах. Уравнения одномерного нестационарного соплового течения. /Ср/	7	1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 10. Моделирование вязких течений. Подходы и методы вычислительного моделирования течений вязкой жидкости и газа</b>				
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/	7	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 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. /Лаб/	7	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 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/	7	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
<b>Раздел 11. Иная контактная работа</b>				
11.1	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	6	5,3	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
11.2	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	7	11	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5 Л1.6Л2.1 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 лабораторным заданиям  
Вопросы к экзамену

### 6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации

Отчет по лабораторному заданию (ЛЗ)  
Отчет по ЛЗ представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по ЛЗ. Отчет по ЛЗ 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

1. Математическое моделирование течений газа. Триада моделирования.
2. Интегральная форма уравнений газодинамики. Формулировка для покоящегося, движущегося и подвижного объемов.
3. Дифференциальная форма уравнений газодинамики. Консервативные и физические переменные.
4. Некоторые свойства матриц. Обратная матрица. Преобразование подобия.
5. Собственные числа и собственные вектора. Матрицы левых и правых собственных векторов. Подобные матрицы и диагонализация.
6. Волновые решения и гиперболические системы. Характеристическая форма гиперболической системы.
7. Характеристический анализ системы уравнений одномерной акустики.
8. Дифференциальная и интегральная формы уравнений газодинамики.
9. Законы сохранения для материального объема и балансовые соотношения.
10. Дифференциальная форма уравнений газовой динамики.
11. Форма обобщенного закона сохранения. Консервативная форма и консервативные переменные.
12. Консервативная и неконсервативная формы уравнений газовой динамики.
13. Матричная запись уравнений газодинамики. Вектор переменных  $m$  вектор потока.
14. Свойство однородности вектора потока. Якобиан и квазилинейная форма системы уравнений.
15. Консервативная и неконсервативная формы системы уравнений газодинамики.
16. Переменные Лагранжа. Дифференциальная и интегральная формулировки задач в переменных Лагранжа.
17. Приведение гиперболической системы к характеристической форме
18. Граничные условия для гиперболических задач. Характеристическая форма граничных условий.
19. Выставление граничных условий в задаче о квазидномерном течении в сопле.
20. Запись уравнений Эйлера в матричном виде. Линеаризация на временном шаге уравнений газовой динамики.
21. Операторные методы. Операторное представление конечных разностей.
22. Связь разностного и дифференциального операторов.
23. Свойства решений простейшего уравнения переноса и простейшего нелинейного уравнения переноса. Градиентная катастрофа. Разрывные решения.
24. Распад разрыва для нелинейного уравнения переноса.
25. Первое дифференциальное приближение. Исследование свойств разностных схем на основе первого дифференциального приближения
26. Свойства решений простейших дифференциальных уравнений в частных производных. Волновые решения. Диффузия. Диссипация. Дисперсия.
27. Аппроксимация временного шага в разностных схемах газодинамики Дельта-форма разностной схемы.
28. Методы построения разностных схем. Схемы конечных разностей и конечного объема.
29. Задача о распаде произвольного разрыва. Вычисление потоков на основе задачи о распаде разрыва.
30. Дискретизация на основе методов конечного объема и схемы распада произвольного разрыва.
31. Схемы расщепления. Расщепление по физическим процессам и по координатное расщепление.
32. Схемы расщепления при расчете конвективных членов. Расщепление матричных коэффициентов и расщепление векторов потока.
33. Искусственная вязкость Неймана и Рихтмайера
34. Схема Лакса Схема Лакса-Вендроффа.
35. Схема Бима и Уорминга.
36. Криволинейные координаты и криволинейные сетки в задачах механики
37. Преобразование координат. Метрические коэффициенты прямого и обратного преобразования координат. Якобиан. Фундаментальный метрический тензор.
38. Базис криволинейных координат. Метрические коэффициенты
39. Ковариантные и контравариантные проекции вектора в криволинейных координатах.
40. Геометрические соотношения на криволинейных сетках. Длины, площади, объемы.
41. Генерация криволинейных сеток на основе эллиптической системы уравнений.
42. Дифференциальная и вариационная формулировки краевой задачи для уравнения Пуассона.
43. Расчет несжимаемых течений и течений с малыми скоростями
44. Обобщенное решение уравнений газодинамики. Условия совместности для разрывного решения уравнений одномерной нестационарной газодинамики.



45. Метод С.К. Годунова. Линеаризованные схемы распада разрыва. Понятие о гибридных схемах. Аппроксимация по Рое.  
46. Характеристический анализ дифференциального уравнения с частными производными второго порядка.  
47. Разностная аппроксимация простейших дифференциальных операторов (первая и вторая производная, порядок аппроксимации, формулы дифференцирования назад, вперед и центральные).  
48. Разностная аппроксимация простейших дифференциальных операторов. Производные на трехточечном шаблоне.  
49. Свойство аппроксимации разностной схемы Сходимость разностной схемы Устойчивость разностной схемы. Зависимость между аппроксимацией устойчивостью и сходимостью  
50. Численное решение задач параболического типа. Разностные схемы для уравнения теплопроводности. Метод прогонки.

#### 6.4. Критерии оценивания

Текущий контроль теоретических знаний и практических навыков производится на лабораторных занятиях. Студент допускается к сдаче зачета / экзамена в конце семестра при успешном выполнении лабораторных заданий. Зачет ставится на основании устного ответа по билету с вопросами. Оценка «Зачтено» ставится, если студент знает учебно-программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос. Может правильно применить теоретические положения. Оценка «Не зачтено» ставится, если студент не освоил основной материал. 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 лабораторных 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
ЛП.1	Рихтмайер Р., Мортон К., Будак Б. М., Горбунов А. Д.	Разностные методы решения краевых задач: научная литература ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=457046">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=457046</a> )	Москва : Мир, 1972	ЭБС
ЛП.2	Самарский А. А.	Введение в теорию разностных схем: научная литература ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=457052">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=457052</a> )	Москва : Наука, 1971	ЭБС
ЛП.3	Волков К. Н., Емельянов В. Н.	Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа: научная литература ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=457707">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=457707</a> )	Москва : Физматлит, 2012	ЭБС
ЛП.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 ( <a href="https://znanium.com/catalog/document?id=6043">https://znanium.com/catalog/document?id=6043</a> )	Москва : Издательская фирма "Физико-математическая литература" (ФИЗМАТЛИТ), 2015	ЭБС
ЛП.5	Волков К. Н., Емельянов В. Н., Зазимко В. А.	Турбулентные струи — статистические модели и моделирование крупных вихрей: монография ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=275577">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=275577</a> )	Москва : Физматлит, 2014	ЭБС



	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л1.6	Емельянов В. Н.	Численные методы: введение в теорию разностных схем: учебное пособие для вузов ( <a href="https://urait.ru/bcode/538894">https://urait.ru/bcode/538894</a> )	Москва : Юрайт, 2024	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 ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=456941">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=456941</a> )	Москва : Наука, 1975	ЭБС
Л2.2	Калиткин Н. Н., Самарский А. А.	Численные методы: учебное пособие ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=456957">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=456957</a> )	Москва : Наука, 1978	ЭБС
Л2.3	Рождественский Б. Л., Яненко Н. Н.	Системы квазилинейных уравнений и их приложения к газовой динамике: научная литература ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=468249">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=468249</a> )	Москва : Наука, 1978	ЭБС
Л2.4	Мицель А. А.	Вычислительные методы: учебное пособие ( <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=480612">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=480612</a> )	Гомск : Эль Контент, 2013	ЭБС
Л2.5	Копченова Н. В., Марон И. А.	Вычислительная математика в примерах и задачах ( <a href="https://e.lanbook.com/book/171859">https://e.lanbook.com/book/171859</a> )	Санкт- Петербург : Лань, 2021	ЭБС
Л2.6	Марчук Г. И.	Методы вычислительной математики ( <a href="https://e.lanbook.com/book/210302">https://e.lanbook.com/book/210302</a> )	Санкт- Петербург : Лань, 2022	ЭБС
Л2.7	Киреев В. И., Пантелеев А. В.	Численные методы в примерах и задачах ( <a href="https://e.lanbook.com/book/212063">https://e.lanbook.com/book/212063</a> )	Санкт- Петербург : Лань, 2022	ЭБС
Л2.8	Волков Е. А.	Численные методы ( <a href="https://e.lanbook.com/book/254663">https://e.lanbook.com/book/254663</a> )	Санкт- Петербург : Лань, 2022	ЭБС
Л2.9	Амосов А. А., Дубинский Ю. А., Копченова Н. В.	Вычислительные методы: учебное пособие для вузов ( <a href="https://e.lanbook.com/book/327497">https://e.lanbook.com/book/327497</a> )	Санкт- Петербург : Лань, 2023	ЭБС

#### 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

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

#### 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.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Рабочая программа дисциплины "Численные методы баллистики и гидроаэродинамики" по направлению подготовки (специальности) 24.03.03 "Баллистика и гидроаэродинамика" направленности (профилю) Баллистика и гидроаэродинамика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

стр. 14

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.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения - мультимедийным оборудованием (экран, ноутбук, проектор, колонки).

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

Лабораторные занятия проходят в учебной лаборатории общей и прикладной физики кафедры общей и теоретической физики (аудитория 222), оснащенной персональными компьютерами, мультимедийной аппаратурой.

Используются аудитория №205 - читальный зал №3 (учебный корпус №1) и аудитория №206 - электронный читальный зал (специализированный медиацентр) (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 «Численные методы баллистики и гидроаэродинамики» осуществляется на лекциях, лабораторных занятиях и в процессе самостоятельной учебной деятельности студентов.

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.

Лабораторные занятия служат для закрепления теоретических основ, излагаемых в лекциях. Для проведения текущего и промежуточного контроля проводятся контрольные работы и защиты отчетов по заданиям к лабораторным работам.

Система контрольных мероприятий должна обеспечивать объективную оценку знаний и навыков студентов, способствовать повышению эффективности всех видов учебных занятий, включая и самостоятельную работу.

Важным моментом при изучении любой дисциплины является организация самостоятельной работы. При освоении материала не следует стремиться к механическому запоминанию приведенных определений, формулировок и положений, если требования к Вам прямо не указывают на это. Вполне эффективной может оказаться попытка понять суть явления, выработать свое отношение к нему, опираясь на материал, содержащийся в рекомендованной литературе. Также рекомендуется равномерно распределять нагрузку самостоятельного обучения в течение семестра.

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.

