

Документ подписан простой электронной подписью Информация о владельце: ФИО: Гаскаев Сергей Валерьевич Должность: Ректор Дата подписания: 02.09.2026 15:01:37 Уникальный программный ключ: 04c19ed8bfb98f3b6cb77a486b9a8788b8322323	МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)	стр. 1
--	--	--------

Рабочая программа дисциплины (модуля)*

Гидроаэродинамика

Направление подготовки (специальность)

24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика

Направленность (профиль)

Баллистика и гидроаэродинамика

Присваиваемая квалификация (степень)

бакалавр

Форма обучения

очная

Год(ы) набора 2026

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

Челябинск 2026 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 «Гидроаэродинамика» состоит в изучении фундаментальных основ описания гидроаэродинамических систем на основе общих методов гидроаэродинамики, приобретение навыков решения и исследования конкретных физических задач.

Основные задачи дисциплины:

1. изучение основных понятий гидроаэродинамики;
2. изучение основных методов гидроаэродинамики;
3. знакомство с некоторыми приложениями гидроаэродинамики.

Результаты обучения по дисциплине направлены на достижение индикаторов:

ОПК-1.1. Знать теорию и основные законы в области естественнонаучных и общетехнических 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-5.1. Знать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники.

ОПК-5.2. Уметь применять методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники.

ОПК-5.3. Имеет практический опыт применения подходов и методов решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники.

ОПК-6.1. Знать основные способы учета аэродинамических и баллистических параметров при решении задач ракетно-космической техники.

ОПК-6.2. Уметь решать задачи ракетно- космической техники с учетом аэродинамических и баллистических параметров.

ОПК-6.3. Иметь навыки анализа влияния аэродинамических и баллистических параметров на эксплуатационные характеристики ракетно-космической техники.

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.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Цикл (раздел) ОПОП: Б1.О.24

2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Теоретическая механика

Математический анализ

Векторный и тензорный анализ

Дифференциальные уравнения

Молекулярная физика

Механика

Электричество и магнетизм

Оптика

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)



Математическое моделирование в баллистике летательных аппаратов

Термодинамика

Прикладная гидроаэродинамика летательных аппаратов

Пакеты прикладных программ аэрогидрогазодинамики

Основы экспериментальной баллистики летательных аппаратов

Динамика полета и управления летательных аппаратов

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

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: теоретические основы, основные понятия, законы и модели гидроаэродинамики

Уметь:

Для достижения ОПК-1.2: пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями гидроаэродинамики

Владеть:

Для достижения ОПК-1.3: физическими и математическими методами обработки и анализа информации по гидроаэродинамике; навыком решения конкретных физических задач

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

Знать:

Для достижения ПК-1.1: базовую информацию по разделу "Гидроаэродинамика"

Уметь:

Для достижения ПК-1.2: понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию по разделу "Гидроаэродинамика"

Владеть:

Для достижения ПК-1.3: физическими и математическими методами обработки и анализа информации по разделу "Гидроаэродинамика"

ОПК-5: Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники

Знать:

Для достижения ОПК-5.1: современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники, используя знания гидроаэродинамики

Уметь:

Для достижения ОПК-5.2: использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники, используя знания гидроаэродинамики

Владеть:

Для достижения ОПК-5.3: навыком использования современных подходов и методов решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники, используя знания гидроаэродинамики

ОПК-6: Способен использовать современные подходы и методы решения задач ракетно-космической техники с учетом аэродинамических и баллистических параметров

Знать:

Для достижения ОПК-6.1: современные подходы и методы решения задач ракетно-космической техники с учетом аэродинамических и баллистических параметров, используя знания гидроаэродинамики

Уметь:

Для достижения ОПК-6.2: использовать современные подходы и методы решения задач ракетно-космической техники с учетом аэродинамических и баллистических параметров, используя знания гидроаэродинамики



Владеть:

Для достижения ОПК-6.3: навыком использования современных подходов и методов решения задач ракетно- космической техники с учетом аэродинамических и баллистических параметров, используя знания гидроаэродинамики

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	теоретические основы, основные понятия, законы и модели гидроаэродинамики;
3.2	Уметь:
3.2.1	пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями гидроаэродинамики; понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию по разделу "Гидроаэродинамика"
3.3	Владеть:
3.3.1	физическими и математическими методами обработки и анализа информации по гидроаэродинамике; навыком решения конкретных физических задач; физическими и математическими методами обработки и анализа информации по разделу "Гидроаэродинамика"

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость	5 ЗЕТ
Часов по учебному плану : 180 в том числе : аудиторные занятия : 120 самостоятельная работа : 38,5 часов на контроль : 18 контактная работа: 123,5 ИКР: 3,5	Виды контроля в семестрах: экзамены 6 зачеты 5

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Литература
	Раздел 1. Основные физические свойства жидкостей и газов			
1.1	1.1. Молекулярная структура и особенности жидкого и газообразного состояния среды 1.2. Плотность сплошной среды. Объемные свойства жидкостей и газов 1.3. Вязкость капельных жидкостей и газов 1.4. Скорость звука 1.5. Поверхностное натяжение жидкостей 1.6. Кипение жидкостей. Кавитация /Лек/	5	12	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 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
1.2	1.1. Молекулярная структура и особенности жидкого и газообразного состояния среды 1.2. Плотность сплошной среды. Объемные свойства жидкостей и газов 1.3. Вязкость капельных жидкостей и газов 1.4. Скорость звука 1.5. Поверхностное натяжение жидкостей 1.6. Кипение жидкостей. Кавитация /Пр/	5	6	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 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5



1.3	1.1. Молекулярная структура и особенности жидкого и газообразного состояния среды 1.2. Плотность сплошной среды. Объемные свойства жидкостей и газов 1.3. Вязкость капillary жидкостей и газов 1.4. Скорость звука 1.5. Поверхностное натяжение жидкостей 1.6. Кипение жидкостей. Кавитация /Ср/	5	5	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 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
Раздел 2. Статика жидкости и газов				
2.1	2.1. Общие условия равновесия. Основная теорема гидростатики 2.2. Основное уравнение гидростатики (уравнение Эйлера) 2.3. Равновесие несжимаемой жидкости в поле силы тяжести 2.4. Равновесие несжимаемой жидкости в сообщающихся сосудах. Измерение давления 2.5. Силы давления покоящейся жидкости на криволинейные поверхности 2.6. Силы давления покоящейся жидкости на плоские поверхности 2.7. Относительное равновесие несжимаемой жидкости 2.8. Закон Архимеда. Плавание тел 2.9. Остойчивость плавающих сил 2.10. Равновесие газа в поле силы тяжести /Лек/	5	12	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 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.2	2.1. Общие условия равновесия. Основная теорема гидростатики 2.2. Основное уравнение гидростатики (уравнение Эйлера) 2.3. Равновесие несжимаемой жидкости в поле силы тяжести 2.4. Равновесие несжимаемой жидкости в сообщающихся сосудах. Измерение давления 2.5. Силы давления покоящейся жидкости на криволинейные поверхности 2.6. Силы давления покоящейся жидкости на плоские поверхности 2.7. Относительное равновесие несжимаемой жидкости 2.8. Закон Архимеда. Плавание тел 2.9. Остойчивость плавающих сил 2.10. Равновесие газа в поле силы тяжести /Пр/	5	6	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 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
2.3	2.1. Общие условия равновесия. Основная теорема гидростатики 2.2. Основное уравнение гидростатики (уравнение Эйлера) 2.3. Равновесие несжимаемой жидкости в поле силы тяжести 2.4. Равновесие несжимаемой жидкости в сообщающихся сосудах. Измерение давления 2.5. Силы давления покоящейся жидкости на криволинейные поверхности 2.6. Силы давления покоящейся жидкости на плоские поверхности 2.7. Относительное равновесие несжимаемой жидкости 2.8. Закон Архимеда. Плавание тел 2.9. Остойчивость плавающих сил 2.10. Равновесие газа в поле силы тяжести /Ср/	5	7,8	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 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
Раздел 3. Основы кинематики и динамики жидкости и газа				



Рабочая программа дисциплины "Гидроаэродинамика" по направлению подготовки (специальности) 24.03.03 "Баллистика и гидроаэродинамика" направленности (профилю) Баллистика и гидроаэродинамика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»				стр. 7
3.1	3.1. Основные понятия и определения кинематики жидкости и газа 3.2. Уравнение неразрывности 3.3. Уравнение Бернулли для трубки тока 3.4. Уравнение сохранения количества движения 3.5. Условия перехода скорости газа через скорость звука 3.6. Основные термодинамические соотношения газовой динамики при адиабатическом течении идеального совершенного газа 3.7. Уравнение сохранения энергии 3.8. Параметры торможения. Газодинамические функции /Лек/	5	10	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 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
3.2	3.1. Основные понятия и определения кинематики жидкости и газа 3.2. Уравнение неразрывности 3.3. Уравнение Бернулли для трубки тока 3.4. Уравнение сохранения количества движения 3.5. Условия перехода скорости газа через скорость звука 3.6. Основные термодинамические соотношения газовой динамики при адиабатическом течении идеального совершенного газа 3.7. Уравнение сохранения энергии 3.8. Параметры торможения. Газодинамические функции /Пр/	5	6	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 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
3.3	3.1. Основные понятия и определения кинематики жидкости и газа 3.2. Уравнение неразрывности 3.3. Уравнение Бернулли для трубки тока 3.4. Уравнение сохранения количества движения 3.5. Условия перехода скорости газа через скорость звука 3.6. Основные термодинамические соотношения газовой динамики при адиабатическом течении идеального совершенного газа 3.7. Уравнение сохранения энергии 3.8. Параметры торможения. Газодинамические функции /Ср/	5	7	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 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
Раздел 4. Одномерные течения жидкости и газа				
4.1	4.1. Одномерная модель реальных потоков 4.2. Уравнение Бернулли для одномерного потока вязкой несжимаемой жидкости 4.3. Потери давления на гидравлических сопротивлениях 4.3.1. Структура общих формул для расчета потерь давления 4.1. Основы теории подобия и анализа размерностей и их применение для определения сопротивления гидравлического трения 4.1.1. Основные положения теории подобия 4.1.2. Основные положения теории анализа размерностей 4.2. Потери на трение при ламинарном течении 4.3. Опытные данные о коэффициенте гидравлического трения 4.4. Начальный участок течения жидкости в трубах 4.5. Местные гидравлические сопротивления 4.6. Взаимное влияние местных сопротивлений /Лек/	6	8	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 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5



Рабочая программа дисциплины "Гидроаэродинамика" по направлению подготовки (специальности) 24.03.03 "Баллистика и гидроаэродинамика" направленности (профилю) Баллистика и гидроаэродинамика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»				стр. 8
4.2	4.1. Одномерная модель реальных потоков 4.2. Уравнение Бернулли для одномерного потока вязкой несжимаемой жидкости 4.3. Потери давления на гидравлических сопротивлениях 4.3.1. Структура общих формул для расчета потерь давления 4.1. Основы теории подобия и анализа размерностей и их применение для определения сопротивления гидравлического трения 4.1.1. Основные положения теории подобия 4.1.2. Основные положения теории анализа размерностей 4.2. Потери на трение при ламинарном течении 4.3. Опытные данные о коэффициенте гидравлического трения 4.4. Начальный участок течения жидкости в трубах 4.5. Местные гидравлические сопротивления 4.6. Взаимное влияние местных сопротивлений /Пр/	6	8	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 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
4.3	4.1. Одномерная модель реальных потоков 4.2. Уравнение Бернулли для одномерного потока вязкой несжимаемой жидкости 4.3. Потери давления на гидравлических сопротивлениях 4.3.1. Структура общих формул для расчета потерь давления 4.1. Основы теории подобия и анализа размерностей и их применение для определения сопротивления гидравлического трения 4.1.1. Основные положения теории подобия 4.1.2. Основные положения теории анализа размерностей 4.2. Потери на трение при ламинарном течении 4.3. Опытные данные о коэффициенте гидравлического трения 4.4. Начальный участок течения жидкости в трубах 4.5. Местные гидравлические сопротивления 4.6. Взаимное влияние местных сопротивлений /Ср/	6	2,7	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 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
Раздел 5. Истечение жидкости и газа через отверстия и насадки				
5.1	5.1. Истечение жидкости при постоянном напоре 5.2. Истечение жидкости из резервуара при переменном напоре 5.3. Истечение газа из объема через отверстие /Лек/	6	8	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 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
5.2	5.1. Истечение жидкости при постоянном напоре 5.2. Истечение жидкости из резервуара при переменном напоре 5.3. Истечение газа из объема через отверстие /Пр/	6	8	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 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
5.3	5.1. Истечение жидкости при постоянном напоре 5.2. Истечение жидкости из резервуара при переменном напоре 5.3. Истечение газа из объема через отверстие /Ср/	6	4	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 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
Раздел 6. Расчет трубопроводных систем				
6.1	6.1. Классификация трубопроводов 6.2. Расчет простого трубопровода 6.3. Расчет сложного трубопровода 6.4. Расчет трубопроводов при движении газов 6.5. Работа нагнетателя в сети 6.6. Прямой гидравлический удар в трубах /Лек/	6	6	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 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5



Рабочая программа дисциплины "Гидроаэродинамика" по направлению подготовки (специальности) 24.03.03 "Баллистика и гидроаэродинамика" направленности (профилю) Баллистика и гидроаэродинамика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»				стр. 9
6.2	6.1. Классификация трубопроводов 6.2. Расчет простого трубопровода 6.3. Расчет сложного трубопровода 6.4. Расчет трубопроводов при движении газов 6.5. Работа нагнетателя в сети 6.6. Прямой гидравлический удар в трубах /Пр/	6	6	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 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
6.3	6.1. Классификация трубопроводов 6.2. Расчет простого трубопровода 6.3. Расчет сложного трубопровода 6.4. Расчет трубопроводов при движении газов 6.5. Работа нагнетателя в сети 6.6. Прямой гидравлический удар в трубах /Ср/	6	4	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 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
Раздел 7. Скачки уплотнений при сверхзвуковом течении газов				
7.1	7.1. Возникновение скачков уплотнений 7.2. Прямой скачок уплотнений 7.3. Косые скачки уплотнения 7.4. Скачки конденсации /Лек/	6	6	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 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
7.2	7.1. Возникновение скачков уплотнений 7.2. Прямой скачок уплотнений 7.3. Косые скачки уплотнения 7.4. Скачки конденсации /Пр/	6	6	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 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
7.3	7.1. Возникновение скачков уплотнений 7.2. Прямой скачок уплотнений 7.3. Косые скачки уплотнения 7.4. Скачки конденсации /Ср/	6	4	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 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
Раздел 8. Понятие пограничного слоя. Обтекание тел вязкой жидкостью				
8.1	8.1. Основные физические представления о пограничном слое. Толщина пограничного слоя и толщина вытеснения 8.2. Переход ламинарного пограничного слоя в турбулентный. Структура турбулентного пограничного слоя 8.3. Отрыв пограничного слоя 8.4. Результаты решения уравнений пограничного слоя для отдельных частных случаев 8.5. Сопротивление тел обтекаемых вязкой жидкостью 8.6. Движение газа в криволинейных каналах /Лек/	6	6	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 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
8.2	8.1. Основные физические представления о пограничном слое. Толщина пограничного слоя и толщина вытеснения 8.2. Переход ламинарного пограничного слоя в турбулентный. Структура турбулентного пограничного слоя 8.3. Отрыв пограничного слоя 8.4. Результаты решения уравнений пограничного слоя для отдельных частных случаев 8.5. Сопротивление тел обтекаемых вязкой жидкостью 8.6. Движение газа в криволинейных каналах /Пр/	6	6	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 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5



Рабочая программа дисциплины "Гидроаэродинамика" по направлению подготовки (специальности) 24.03.03 "Баллистика и гидроаэродинамика" направленности (профилю) Баллистика и гидроаэродинамика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»				стр. 10
8.3	8.1. Основные физические представления о пограничном слое. Толщина пограничного слоя и толщина вытеснения 8.2. Переход ламинарного пограничного слоя в турбулентный. Структура турбулентного пограничного слоя 8.3. Отрыв пограничного слоя 8.4. Результаты решения уравнений пограничного слоя для отдельных частных случаев 8.5. Сопротивление тел обтекаемых вязкой жидкостью 8.6. Движение газа в криволинейных каналах /Ср/	6	4	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 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
	Раздел 9. Иная контактная работа			
9.1	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	5	0,2	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 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5
9.2	Индивидуальные консультации, текущий контроль /ИКР/	6	3,3	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 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

6.1. Перечень видов оценочных средств

Отчеты по задачам (по практическим занятиям)

Вопросы к зачету / экзамену

6.2. Типовые контрольные задания и иные материалы для текущей аттестации

Задачи к практическим занятиям представлены в Фонде оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине "Гидроаэродинамика".

6.3. Типовые контрольные вопросы и задания для промежуточной аттестации

Вопросы к зачету (5 СЕМЕСТР)

1. Молекулярная структура и особенности жидкого и газообразного состояния среды
2. Плотность сплошной среды. Объемные свойства жидкостей и газов
3. Вязкость капельных жидкостей и газов
4. Скорость звука
5. Поверхностное натяжение жидкостей
6. Кипение жидкостей. Кавитация
7. Общие условия равновесия. Основная теорема гидростатики
8. Основное уравнение гидростатики (уравнение Эйлера)
9. Равновесие несжимаемой жидкости в поле силы тяжести
10. Равновесие несжимаемой жидкости в сообщающихся сосудах. Измерение давления
11. Силы давления покоящейся жидкости на криволинейные поверхности
12. Силы давления покоящейся жидкости на плоские поверхности
13. Относительное равновесие несжимаемой жидкости
14. Закон Архимеда. Плавание тел
15. Остойчивость плавающих сил
16. Равновесие газа в поле силы тяжести
17. Основные понятия и определения кинематики жидкости и газа
18. Уравнение неразрывности
19. Уравнение Бернулли для трубки тока
20. Уравнение сохранения количества движения
21. Условия перехода скорости газа через скорость звука
22. Основные термодинамические соотношения газовой динамики при адиабатическом течении идеального совершенного газа
23. Уравнение сохранения энергии



24. Параметры торможения. Газодинамические функции

Вопросы к экзамену (6 СЕМЕСТР)

1. Одномерная модель реальных потоков
2. Уравнение Бернулли для одномерного потока вязкой несжимаемой жидкости
3. Потери давления на гидравлических сопротивлениях. Структура общих формул для расчета потерь давления
4. Основные положения теории подобия
5. Основные положения теории анализа размерностей
6. Потери на трение при ламинарном течении
7. Опытные данные о коэффициенте гидравлического трения
8. Начальный участок течения жидкости в трубах
9. Местные гидравлические сопротивления
10. Взаимное влияние местных сопротивлений
11. Истечение жидкости при постоянном напоре
12. Истечение жидкости из резервуара при переменном напоре
13. Истечение газа из объема через отверстие
14. Классификация трубопроводов
15. Расчет простого трубопровода
16. Расчет сложного трубопровода
17. Расчет трубопроводов при движении газов
18. Работа нагнетателя в сети
19. Прямой гидравлический удар в трубах
20. Возникновение скачков уплотнений
21. Прямой скачок уплотнений
22. Косые скачки уплотнения
23. Скачки конденсации
24. Основные физические представления о пограничном слое. Толщина пограничного слоя и толщина вытеснения
25. Переход ламинарного пограничного слоя в турбулентный. Структура турбулентного пограничного слоя
26. Отрыв пограничного слоя
27. Результаты решения уравнений пограничного слоя для отдельных частных случаев
28. Сопротивление тел обтекаемых вязкой жидкостью
29. Движение газа в криволинейных каналах

6.4. Критерии оценивания

Текущий контроль теоретических знаний и практических навыков производится на практических занятиях. Студент допускается к сдаче зачета / экзамена в конце семестра при успешном выполнении практических 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 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 должна 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	Жуков Н. П., Майникова Н. Ф.	Гидрогазодинамика: учебное пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444914)	Тамбов : Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2015	ЭБС
Л1.2	Шабаров А. Б.	Гидрогазодинамика: учебное пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573877)	Тюмень : Тюменский государственный университет, 2013	ЭБС
Л1.3	Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Питаевский Л.П.	Теоретическая физика. Том 6. Гидродинамика: учебное пособие (https://znanium.com/catalog/document?id=369178)	Москва : Издательская фирма "Физико- математическая литература" (ФИ ЗМАТЛИТ), 2015	ЭБС
Л1.4	Килина М.С., Дымочкин Д.Д.	Гидрогазодинамика: учебное пособие (https://znanium.com/catalog/document?id=380100)	Москва : ООО "Научно- издательский центр ИНФРА- М", 2021	ЭБС
Л1.5	Есиков М.А.	Гидрогазодинамика. Простые и ударные волны в идеальном газе: учебное пособие (https://znanium.com/catalog/document?id=397627)	Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет (НГТУ), 2020	ЭБС
Л1.6	Попков В.И.	Гидрогазодинамика: основные понятия, формулы и уравнения: учебное пособие (https://znanium.com/catalog/document?id=417198)	Вологда : Инфра- Инженерия, 2022	ЭБС
Л1.7		Гидрогазодинамика: учебно-методическое пособие для подготовки бакалавров всех технических направлений ИТТСУ: учебно-методическое пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=702965)	Москва : Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)), 2018	ЭБС
Л1.8	Попков В.И.	Гидрогазодинамика: сборник задач с решениями: учебное пособие (https://znanium.ru/catalog/document?id=452712)	Вологда : Инфра- Инженерия, 2024	ЭБС
Л1.9	Кудинов А. А.	Гидрогазодинамика: учебное пособие (https://znanium.ru/catalog/document?id=465113)	Москва : ООО "Научно- издательский центр ИНФРА- М", 2025	ЭБС
Л1.10	Кузнецов В. А.	Гидрогазодинамика: учебник для вузов (https://urait.ru/bcode/566434)	Москва : Юрайт, 2025	ЭБС

7.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л2.1	Ханефт А. В.	Основы механики сплошных сред в примерах и задачах: учебное пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232318)	Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2011	ЭБС



	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Ресурс
Л2.2	Румер Ю. Б., Рывкин М. Ш.	Термодинамика, статистическая физика и кинетика: учебное пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=482845)	Москва : Наука, 1977	ЭБС
Л2.3	Ханефт А. В.	Механика сплошных сред: учебное пособие (https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=495208)	Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2018	ЭБС
Л2.4	Ансельм А. И.	Основы статистической физики и термодинамики (https://e.lanbook.com/book/210215)	Санкт-Петербург : Лань, 2022	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://biblio-online.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 «Гидроаэродинамика» 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.



Рабочая программа дисциплины "Гидроаэродинамика" по направлению подготовки (специальности) 24.03.03 "Баллистика и гидроаэродинамика" направленности (профилю) Баллистика и гидроаэродинамика ФГБОУ ВО «ЧелГУ»	стр. 15
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.	

24.03.03 Баллистика и гидроаэродинамика, направленность (профиль) «Баллистика и гидроаэродинамика», РПД по дисциплине «Гидроаэродинамика», 2026 год набора, очная форма обучения

Рабочая программа дисциплины (модуля) одобрена и рекомендована:

Проректор по учебной работе

утверждено 27.02.26

А.А. Саламатов

Ученым советом физического факультета

Протокол заседания № 04 от 05.02.2026

Председатель Ученого совета

физического факультета

СОГЛАСОВАНО

М.А. Загребин

Заседанием кафедры общей и теоретической физики

Протокол заседания № 06 от 05.02.2026

Заведующий кафедрой

СОГЛАСОВАНО

А.Е. Майер

Автор (составитель)

А.Е. Майер

Структура рабочей программы соответствует приказу ректора ФГБОУ ВО «ЧелГУ» от «13» апреля 2021 г. № 274-1