

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №6 от 24 февраля 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ГИДРОГАЗОДИНАМИКА / ENGINEERING FLUID MECHANICS»

Направление: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Технологии и инжиниринг в теплоэнергетике

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Гидрогазодинамика» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ОПК ОС-3 Способность демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ОПК ОС-3.6

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ОПК ОС-3.6	<p>Демонстрирует знания общих законов и уравнений кинематики и динамики жидкостей и газов. Уверенно владеет методиками проведения типовых гидродинамических расчетов гидромеханического оборудования и трубопроводов.</p> <p>Умеет рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости (газа) при внешнем обтекании тел и течения в каналах (трубах), проточных частях гидрогазодинамических машин; проводить гидравлический расчет трубопроводов</p>	<p>Знать общие законы и уравнения кинематики и динамики жидкостей и газов, особенности физического и математического моделирования одномерных и трехмерных, дозвуковых и сверхзвуковых, ламинарных и турбулентных течений идеальной и реальной несжимаемой и сжимаемой жидкости и газа с применением современных цифровых инструментов.</p> <p>Уметь рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости (газа) при внешнем обтекании тел и течения в каналах (трубах), проточных частях гидрогазодинамических машин; проводить гидравлический расчет трубопроводов с применением современных цифровых инструментов.</p> <p>Владеть методиками проведения типовых гидродинамических расчетов гидромеханического оборудования и трубопроводов; основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, использовать компьютер как средство работы с информацией с применением современных цифровых инструментов.</p>

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Гидрогазодинамика» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Математика», «Физика»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Прикладная гидравлика в теплоэнергетике», «Системы теплоснабжения»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 4 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия, в том числе:	64	64
лекции	32	32
лабораторные работы	16	16
практические/семинарские занятия	16	16
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	44	44
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен	Экзамен

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 4

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Основные понятия. Предмет и задачи гидрогазодинами ки.	1	2	1	2					Устный опрос, Отчет по лаборатор ной работе
2	Гидростатика. Основные законы гидростатики. Основные понятия гидрогазодинами ки.	2	2			1	4	4	16	Решение задач
3	Давление в жидкости и газе.	3	4							Решение задач
4	Кинематика и динамика невязкой (идеальной) жидкости и газа.	4	2	2	4	2	4			Устный опрос

	Динамика вязкой (реальной) жидкости.									
5	Динамика вязкой (реальной) жидкости.	5	4	3	2	3	2	2	16	Отчет по лабораторной работе
6	Режимы движения вязкой жидкости.	6	4					1	8	Отчет по лабораторной работе
7	Основные понятия о гидравлических сопротивлениях. Потери Коэффициент гидравлического трения.	7	4	4	4	4	2			Отчет по лабораторной работе
8	Подобие гидромеханических процессов. Гидравлический расчет трубопроводов.	8	4	5	4	5	4	3	4	Решение задач
9	Истечение жидкости через отверстия и насадки. Неустановившееся движение жидкости.	9	4							Устный опрос
10	Кавитация. Гидравлический удар.	10	2							Устный опрос
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего		32		16		16		80	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 4

№	Тема	Краткое содержание
1	Основные понятия. Предмет и задачи гидрогазодинамики.	Развитие гидрогазодинамики как прикладной науки и ее сближение с методами изучения теоретических и практических вопросов. Основные свойства жидкостей и газов. Предмет гидрогазодинамики. Понятие жидкости и газа, как сред, обладающих свойством текучести. Капельные жидкости. Невозможность возникновения в жидкости растягивающих усилий. Закон Ньютона о внутреннем трении. Идеальная и реальная жидкость. Физическая модель жидкости и газа. Силы, действующие на жидкость. Плотность и удельный вес. Нормальные и касательные напряжения в жидкости и газе. Понятие давления.
2	Гидростатика.	Основные законы гидростатики. Гидростатическое

	Основные законы гидростатики. Основные понятия гидрогазодинамики.	давление и его свойства. Гидростатический парадокс. Манометрическое и вакуумметрическое давления. Физическая модель жидкости. Свойства жидкостей и газов.
3	Давление в жидкости и газе.	Сила давления жидкости и газа на твердые стенки. Вычисление силы гидростатического давления на плоские и криволинейные поверхности. Закон Архимеда. Вычисление силы гидростатического давления. Вычисление силы гидростатического давления на плоские поверхности
4	Кинематика и динамика невязкой (идеальной) жидкости и газа. Динамика вязкой (реальной) жидкости.	Выбор соответствующей кинематической модели для изучения течения жидкости. Виды течения жидкости и газа. Основные понятия элементов газожидкостного потока. Условие неразрывности потока. Дифференциальные уравнения движения невязкой жидкости (Уравнения Эйлера). Гидродинамические параметры потока. Метод Эйлера. Струйная модель потока. Живое сечение потока. Гидравлическая классификация движений жидкости. Гидравлические элементы живого сечения потока, Q , v . Уравнение неразрывности в гидравлической форме.
5	Динамика вязкой (реальной) жидкости.	Уравнение Бернулли для потока идеальной жидкости. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости. Дифференциальные уравнения движения жидкости и их интегрирование вдоль линии тока. Уравнение Д. Бернулли для потока вязкой жидкости. Геометрический и энергетический смысл уравнения Д. Бернулли. Порядок применения для гидравлических расчетов.
6	Режимы движения вязкой жидкости.	Режимы движения вязкой жидкости. Понятие о режимах движения вязкой жидкости. Критерий Рейнольдса. Особенности турбулентного режима движения жидкости. Модель Рейнольдса – Буссинеска.
7	Основные понятия о гидравлических сопротивлениях. Потери Коэффициент гидравлического трения.	Основные понятия о гидравлических сопротивлениях. Виды сопротивлений. Основное уравнение равномерного движения жидкости. Схемы турбулентности. Формула Дарси – Вейсбаха. Эксперименты Никурадзе и Мурина. Местные потери напора. Суммирование потерь напора.
8	Подобие гидромеханических процессов. Гидравлический расчет трубопроводов.	Основные положения. Теория размерностей. Механическое подобие. Гидродинамические критерии подобия. Моделирование гидроаэродинамических явлений. Общие сведения. Гидравлический расчет напорных трубопроводов. Гидравлическая классификация напорных трубопроводов. Расчет коротких трубопроводов: истечение через короткий трубопровод в

		атмосферу. Всасывающая линия ц/насоса, дюкер. Расчет длинных трубопроводов. Основная водопроводная формула. Последовательное и параллельное соединение труб.
9	Истечение жидкости через отверстия и насадки. Неустановившееся движение жидкости.	Истечение жидкости через отверстия и насадки. Классификация отверстий. Истечение жидкости через малое отверстие в тонкой стенке. Коэффициенты истечения и их определение. Истечение жидкости через насадки. Различные типы насадок.
10	Кавитация. Гидравлический удар.	Кавитация. Причины возникновения. Гидравлический удар. Гидравлический удар при мгновенном закрытии запорного устройства. Положительный и отрицательный гидроудар. Стадии полного гидроудара. Влияние трения на величину гидроудара. Постепенное закрытие запорного устройства. Неполный гидроудар. Стадии неполного гидроудара. Мероприятия по предупреждению и снижению величины гидроудара.

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 4

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Измерение вязкости жидкости	2
2	Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли.	4
3	Режимы движения жидкости.	2
4	Определение коэффициента гидравлического трения	4
5	Определение потерь в местных сопротивлениях.	4

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 4

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Основное уравнение гидростатики.	4
2	Использование уравнения Бернулли в гидравлических расчетах.	4
3	Построение линий полного и пьезометрического напоров.	2
4	Решение задач по динамике идеальной и реальной жидкости	2
5	Расчет трубопроводов (прямая и обратные задачи).	4

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 4

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	8
2	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	16
3	Подготовка к сдаче и защите отчетов	4
4	Проработка разделов теоретического материала	16

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Активное участие: Обучающиеся не только слушают лекции, но и участвуют в дискуссиях, решают задачи, выполняют проекты и занимаются другими активными формами работы. Взаимодействие: Интерактивное обучение предполагает обмен знаниями и опытом между обучающимися и преподавателем, а также между самими обучающимися. Диалог: Интерактивное обучение часто использует диалоговые формы, такие как дискуссии, мозговые штурмы, ролевые игры и другие. Коллаборация: Интерактивное обучение часто предполагает совместную работу над проектами и другими задачами.

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Цель практических занятий - освоение теоретического курса «Гидрогазодинамика», приобретение навыков использования основных уравнений гидрогазодинамики для расчета сил, действующих на элементы энергетического и теплотехнологического оборудования.

Практические задания (задачи) применяются из рекомендуемого информационного обеспечения дисциплины.

Ход занятия:

- перед выполнением задания преподаватель в краткой форме поясняет теоретические сведения каждого раздела практического занятия. Записывая на доске основные формулы, величины и их ед. измерения;
- рассматривается пример задачи данного раздела с записью исходных данных и решения;
- указывается страница и номер задания из информационного источника;
- обсуждается ход выполнения задания и полученный результат;
- в конце занятия студент записывает номера заданий из информационного источника для самостоятельной работы.

На занятии по ходу выполнения заданий рекомендуется дискутировать, анализировать полученные результаты, применять инновационные методы вычисления, интернет.

Практические аудиторные и самостоятельные задания должны быть выполнены в отдельной от лекционных и лабораторных занятий тетради. При выполнении задания следует строго следить за соблюдением следующих правил:

1. Решение вести поэтапно, с пояснением каждого хода.
2. Перед вычислением искомых величин следует вначале написать расчетную формулу в буквенном выражении, затем подставить численные значения всех входящих в нее

параметров и привести окончательный ответ.

3. В приводимых расчетных формулах поясняются все входящие в них параметры.

4. У всех размерных величин должна быть проставлена размерность в системе СИ

5.1.2 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

При выполнении лабораторных работ студентам дана возможность проявить себя, координируя свои действия в команде, используя исследовательский метод и математическую обработку проводимых экспериментов.

5.1.3 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

При подготовке к лабораторным занятиям студент должен уяснить и проработать лекционный материал.

Отчеты по лабораторным работам оформляются в отдельных тетрадях или скрепленных листах на бумажном носителе. В отчете лабораторной работы должны содержаться следующее:

- номер и название лабораторной работы;
- цель работы;
- основные расчетные формулы и определения;
- таблицы исходных данных и расчетных величин;
- заключение.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 4 | Устный опрос

Описание процедуры.

Тема: Предмет и задачи гидрогазодинамики. Основные свойства газов.

Описание процедуры: Устный опрос проводится по указанным разделам курса.

При устном опросе студент должен четко и ясно ответить на поставленный вопрос.

При ответе на вопросы студенты зарабатывают баллы. Один вопрос от 5 до 20 баллов.

Пример задания:

1. Какие вы знаете сходства и различия в свойствах жидкости и газа?
2. Как найти объем жидкости, плотность и масса которой известны?
3. Что такое сжимаемость капельной жидкости или газа?
4. Как определяется коэффициент динамической вязкости? Какую размерность он имеет?
5. Какая связь существует между коэффициентами динамической и кинематической вязкости?

Критерии оценивания.

Рейтинг, %	Оценка при 5 балльной системе
Менее 40	Неудовлетворительно
От 41 до 60	Удовлетворительно
Свыше 61 до 85	Хорошо

Свыше 86 до 100 Отлично

6.1.2 семестр 4 | Отчет по лабораторной работе

Описание процедуры.

Тема: Кинематика и динамика невязкой (идеальной) жидкости и газа.

Лабораторная работа: Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли.

Описание процедуры:

Цель работы: построение напорной и пьезометрической линии для трубопровода переменного сечения; определение потерь напора.

Познакомиться с теоретической частью, законспектировать и подготовиться к проведению лабораторной работы.

Познакомиться с порядком проведения работы и обработкой результатов экспериментов, начертить таблицу экспериментальных данных.

Контрольные вопросы:

1. Геометрический и энергетический смысл уравнения Бернулли.
2. Чем отличаются уравнения Бернулли для потока вязкой жидкости и для элементарной струйки идеальной жидкости?
3. Что такое средняя скорость потока? и т.д.

Критерии оценивания.

Критерии оценивания	Рейтинг, %
Оформление лаб. работы	20
Геометрическая интерпретация уравнения	30
Ответ на контрольные вопросы	30
Формулирование вывода по результатам работы	20

6.1.3 семестр 4 | Решение задач

Описание процедуры.

Тема: Кинематика и динамика невязкой (идеальной) жидкости и газа.

Решение задач выполняется на практических занятиях по указанным разделам курса

Ход занятия:

- перед выполнением задания преподаватель в краткой форме поясняет теоретические сведения каждого раздела практического занятия. Записывая на доске основные формулы, величины и их ед. измерения;
- рассматривается пример задачи данного раздела с записью исходных данных и решения;
- указывается страница и номер задания из информационного источника;
- обсуждается ход выполнения задания и полученный результат;
- в конце занятия студент записывает номера заданий из информационного источника для самостоятельной работы.

Пример задания: При каком режиме будет протекать вода с температурой $t = 15^\circ\text{C}$ в открытом прямоугольном лотке, если объёмный расход жидкости Q равен $0,56\text{ м}^3/\text{с}$, глубина воды в лотке $b = 0,7\text{ м}$, а ширина лотка $B = 0,8\text{ м}$.

Критерии оценивания.

Рейтинг Оценка при 5 балльной системе
Не решенная задача Неудовлетворительно
Решена на половину Удовлетворительно
Решена, но не оформлена Хорошо
Оформлена и решена Отлично

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ОПК ОС-3.6	Показывает знание основных положений и законов гидрогазодинамики. Демонстрирует умение применять законы гидрогазодинамики для решения практических инженерных задач с применением современных цифровых инструментов.	Устное собеседование по теоретическим вопросам и/или тестирование, выполнение практического задания, подготовка и защита отчетов по практическим и/или лабораторным работам.

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 4, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Экзамен проходит по билетам. В билете два вопроса и задача. Студенту дается 30 минут на подготовки устного ответа на теоретические вопросы и решение задачи.

Пример задания:

Вопросы:

1. Что такое жидкость?
Какие вы знаете сходства и различия в свойствах жидкости и твердого тела?
2. Какие вы знаете сходства и различия в свойствах жидкости и газа?
3. Как найти объем жидкости, плотность и масса которой известны?
4. В чем различие понятий «плотность» и «удельный вес»?

5. Что такое сжимаемость каплярной жидкости или газа?
6. Как определяется коэффициент термического расширения?
7. Как определяется коэффициент динамической вязкости? Какую размерность он имеет?
8. Какая связь существует между коэффициентами динамической и кинематической вязкости?
9. Если предположить, что вода и бензин имеют одинаковые значения кинематического коэффициента вязкости, то одинаковы ли при этом значения динамического коэффициента вязкости?
10. Что такое массовые и что такое поверхностные силы?
11. Что изучает гидростатика? Пьезометр?
12. Выведите основное уравнение гидростатики?
13. Что такое пьезометрическая высота и пьезометрический напор?
14. Что такое избыточное (манометрическое) давление и что такое вакуум? Чем их измеряют?
15. Проанализируйте на примерах частных случаев общий вид уравнения равновесия жидкости в сообщающихся сосудах.
16. Сформулируйте закон Паскаля, опишите схему гидравлического пресса.
16. Что такое относительный покой жидкости?
18. Чем характеризуется движение? Что такое движение установившееся и неустановившееся, напорное и безнапорное?
19. Что такое элементарная струйка жидкости? Какие свойства она имеет?
20. Что такое живое сечение элементарной струйки и живое сечение потока жидкости? Дайте определение понятия расхода элементарной струйки (элементарного расхода).
21. Дайте определение понятий «средняя скорость потока жидкости» и «расход потока жидкости».
22. Запишите уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной жидкости.
23. Как определить скорость, используя трубку Пито?
24. Раскройте геометрический смысл уравнения Бернулли.
25. Объясните энергетический смысл уравнения Бернулли.
26. Каковы будут относительные показания двух манометров, установленных до и после сужения потока?
27. Коэффициент Кориолиса?
28. Запишите уравнение Бернулли для потока реальной вязкой жидкости.
29. Классифицируйте виды потерь напора в потоке жидкости, объясните причины их возникновения.
30. Какие режимы движения жидкости существуют? Чем они различаются?
31. Объясните физический смысл критерия Рейнольдса, что такое нижняя и верхняя критические скорости, нижнее и верхнее критические значения критерия Рейнольдса?
32. Объясните причины потерь напора по длине и напишите формулу Дарси-Вейсбаха.
33. Как рассчитать коэффициент жидкостного трения для ламинарного режима?
34. Что такое гидравлически гладкие трубы?
35. Какие зоны сопротивлений существуют при турбулентном режиме течения? Запишите расчетные зависимости для них (формулы Блазиуса, Альтшуля, Прандтля-Никурадзе).
36. Объясните причины местных потерь потока, запишите формулу Вейсбаха.
37. Какое теоретическое решение для случая внезапного расширения предложил Ж.Ш.Борда?
38. Объясните сущность понятий «тонкая стенка» и «малое отверстие».
39. Объясните сущность понятий «сжатое сечение струи», «отверстие с полным и неполным сжатием», «сжатие совершенное и несовершенное».
40. Опишите явление инверсии струи, приведите примеры инверсии при истечении через круглое, квадратное, треугольное отверстия.

41. Что такое насадки? Охарактеризуйте виды насадок, применяемых в технике.

42. Как классифицируются трубопроводы?

43. Кавитация?

44. Гидроудар?

Пример:

1. Какие вы знаете сходства и различия в свойствах жидкости и газа?

2. Уравнение Бернулли для потока идеальной жидкости?

Задача: При каком режиме будет протекать вода с температурой $t = 15^\circ\text{C}$ в открытом прямоугольном лотке, если объёмный расход жидкости Q равен $0,56\text{ м}^3/\text{с}$, глубина воды в лотке $b = 0,7\text{ м}$, а ширина лотка $b = 0,8\text{ м}$.

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Глубоко и прочно усвоил программный материал. Исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал учебной литературы, правильно обосновывает.	Твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.	Имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при ответах.	Не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, не умеет увязывать теорию с практикой, логически последовательно излагать материал, делать выводы.

7 Основная учебная литература

1. Дейч Михаил Ефимович. Гидрогазодинамика : учеб. пособие для теплотехн. спец. вузов / Михаил Ефимович Дейч, А.Е. Зарянкин, 1984. - 384.

2. Кудинов А. А. Гидрогазодинамика : учебное пособие / А. А. Кудинов, 2013. - 334.

3. Учебная программа дисциплины "Гидрогазодинамика" [Электронный ресурс] / Иркутский гос. технический ун-т, 2003. - 19.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Кудинов А. А. Гидрогазодинамика : учебное пособие для вузов по направлению 140100 "Теплоэнергетика" / А. А. Кудинов, 2014. - 334.

2. Карпов К. А. Прикладная гидрогазодинамика : учебное пособие / К. А. Карпов, Р. О. Олехнович, 2018. - 100.

3. Карпов К. А. Прикладная гидрогазодинамика : учебное пособие / К. А. Карпов, Р. О. Олехнович, 2023. - 100.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>

2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>

2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Свободно распространяемое программное обеспечение Свободное

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Установка Рейнольдса 00-000000000053406

2. Установка для определения путевых потерь 00-000000000053407

3. Установка для определения времени 00-000000000053408

4. Установка для геометрической интерпретации 00-000000000053405

5. Счётчик водомерный ВСГ-20 00-000000000053422

6. 8924 Вискозиметр РВ-8