

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
"Амурский государственный университет"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и научной
работе

 Лейфа А.В. Лейфа

« 1 » сентября 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
«ГИДРОГАЗОДИНАМИКА»

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль) образовательной программы – Энергообеспечение
предприятий

Квалификация выпускника – Бакалавр

Год набора – 2023

Форма обучения – Очная

Курс 3 Семестр 5

Экзамен 5 сем

Общая трудоемкость дисциплины 180.0 (академ. час), 5.00 (з.е)

Составитель И.В. Верхотурова, доцент, канд. физ.-мат. наук

Инженерно-физический факультет

Кафедра физики

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта ВО для направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.02.18 № 143

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физики

01.09.2023 г. , протокол № 1

Заведующий кафедрой Стукова Е.В. Стукова

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление

Чалкина Н.А. Чалкина

« 1 » сентября 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Научная библиотека

Петрович О.В. Петрович

« 1 » сентября 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра

Савина Н.В. Савина

« 1 » сентября 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр цифровой трансформации и
технического обеспечения

Тодосейчук А.А. Тодосейчук

« 1 » сентября 2023 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины:

Формирование у студентов способности самостоятельно производить гидравлические расчеты элементов гидравлических систем, а также изучение методов гидрогазодинамического эксперимента и приобретение практических навыков использования основных уравнений механики жидкости и газа для расчета гидродинамических характеристик.

Задачи дисциплины:

- изучение основных физических свойств, общих законов и уравнений статики и динамики жидкостей и газов;
- изучение напряжений и сил, действующих в жидкостях и газах, с учетом их основных физических свойств, уравнений сохранения массы, количества движения и энергии;
- уметь применять уравнения гидрогазодинамики и справочную литературу для расчета различных задач взаимодействия между твердым телом и движущейся средой, для расчета газодинамических характеристик по типовым методикам.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Гидрогазоаэродинамика» относится к дисциплинам обязательной части учебного плана образовательной программы.

Для освоения дисциплины необходимо знать:

- 1) курс физики;
- 2) курс высшей математики.

В свою очередь, данный курс, помимо самостоятельного значения, является предшествующей дисциплиной для специальных курсов: Тепловые двигатели и нагнетатели, Теория турбомашин. Знания, полученные в ходе изучения дисциплины, также могут быть полезными при прохождении различных видов производственных практик.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ

3.1 Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения

| Категория (группа) общепрофессиональных компетенций | Код и наименование общепрофессиональной компетенции | Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции |
|---|--|--|
| Теоретическая профессиональная подготовка | ОПК-4 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах | ИД-1.ОПК-4 Демонстрирует понимание основных законов движения жидкости и газа ИД-2.ОПК-4 Применяет знания основ гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установок и систем |

4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5.00 зачетных единицы, 180.0 академических часов.

1 – № п/п

2 – Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|---|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|---|--------------------------|--|
| | газовом потоке | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Тема 3. Теория пограничного слоя | 5 | 3 | | | | | | | | | 5 | Итоговый тест по модулям | |
| 9 | Экзамен | 5 | | | | | | | | 0.3 | 35.7 | | | |
| | Итого | | 34.0 | 16.0 | 16.0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 35.7 | 78.0 | | | | |

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Лекции

| № п/п | Наименование темы (раздела) | Содержание темы (раздела) |
|-------|---|---|
| 1 | Модуль 1. Гидромеханика Тема 1. Основные физические свойства жидкостей и газов. | Предмет гидрогазодинамики и его место в подготовке бакалавров. Краткая история развития науки. Основные понятия и определения гидрогазодинамики. Жидкость. Модель сплошной среды. Основные физические величины и физические свойства жидкостей. Обозначение и единицы измерения. |
| 2 | Тема 2. Основы гидростатики и кинематики. | Гидростатическое давление и его свойства. Давление в покоящейся жидкости. Абсолютное и избыточное давление, манометрическое давление, вакуум. Приборы для измерения давления и вакуума. Силы, действующие в жидкостях (массовые и поверхностные). Абсолютный и относительный покой жидкости. Дифференциальные уравнения жидкости. Поверхности равного давления. Основное уравнение гидростатики. Законы Паскаля и Архимеда. Эпюры давления. Давление жидкости на плоскую и криволинейную поверхности. Способы описания движения жидкости. Уравнения баланса массы: Уравнение непрерывности. Движение жидкой частицы. Вихревое движение жидкости. Безвихревое течение жидкости (потенциальное течение). |
| 3 | Тема 3. Динамика вязкой и невязкой жидкости. | Уравнение движения жидкости. Уравнение моментов количества движения. Дифференциальное уравнение движения жидкости в напряжениях. Уравнение Навье-Стокса. Динамика невязкой жидкости: дифференциальные уравнения движения невязкой жидкости (уравнения Эйлера). Уравнение Бернулли для установившегося движения несжимаемой жидкости, энергетическая интерпретация уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли для реальной вязкой жидкости. Практическое применение уравнения Бернулли. Трубка Прандтля, Вентури, сопло. Диафрагма. Уравнение Бернулли для реальных газов. Интегральное и дифференциальное уравнения энергии. |

| | | |
|---|---|--|
| | | <p>Моделирование гидродинамических явлений. Теория подобия. Критерии гидродинамического подобия.</p> |
| 4 | <p>Тема 4. Гидравлические сопротивления. Истечение жидкостей из отверстий и насадков.</p> | <p>Виды сопротивлений. Основное уравнение равномерного движения. Классификация потерь напора, равномерное и неравномерное движение. Потери напора при равномерном движении жидкости: ламинарный режим, турбулентный режим движения жидкости. Потери напора при неравномерном движении жидкости (местные потери). Классификация гидравлических систем по сопротивлениям. Истечение через малое незатопленное отверстие, коэффициент сжатия струи, скорости и расхода. Истечение под уровень. Истечение из больших отверстий. Истечение при переменном напоре. Истечение через насадки. Затопленные свободные турбулентные струи. Истечение газов из отверстий. Гидравлический расчет трубопроводов. Простые трубопроводы, сложные трубопроводы, трубопроводы с переменным расходом по пути. Расчет простых трубопроводов. Гидравлический расчет длинного трубопровода постоянного диаметра. Расчет трубопровода с последовательным соединением, параллельным, разветвленным, с непрерывной раздачей жидкости. Гидравлические характеристики трубопроводов. Гидравлический удар в трубах, формула Жуковского. Виды гидравлического удара. Явление кавитации.</p> |
| 5 | <p>Тема 5. Гидравлические машины и гидропривод.</p> | <p>Основные сведения о гидравлических машинах и гидроприводе. Насосы и гидропередачи (лопастные, вихревые и струйчатые, гидродинамические передачи). Поршневые насосы, роторные гидромашины, роторно-поршневые, пластинчатые, шестеренчатые и винтовые, гидроцилиндры и гидродвигатели. Гидроаппаратура. Гидропривод, регулирование.</p> |
| 6 | <p>Модуль 2. Газодинамика Тема 1. Законы движения газа</p> | <p>Исходные соотношения. Уравнение энергии. Критическая и максимальная скорости газа. Связь скорости газа с сечением потока. Закон Обращения воздействия. Виды сопел реализующих сверхзвуковое течение газа. Сопло Лаваля. Режимы его работы. Параметры изоэнтропического торможения газа. Газодинамические функции. Истечение газа. Одномерное течение газа с трением и энергообменом. Диффузоры. Конфузоры. Эжекторы. Лопатка турбины.</p> |
| 7 | <p>Тема 2. Волны давления в газовом потоке</p> | <p>Волны разрежения. Основные представления о скачках уплотнения. Основные соотношения для прямого скачка</p> |

| | | |
|---|----------------------------------|--|
| | | уплотнения. Давление торможения за прямым скачком уплотнения. Основные соотношения для косоугольного скачка уплотнения. Зависимость наклона косоугольного скачка от угла поворота потока. Ударная поляра. |
| 8 | Тема 3. Теория пограничного слоя | <p>Понятие о пограничном слое. Интегральные характеристики пограничного слоя. Ламинарный, переходный и турбулентный режимы течения в пограничном слое.</p> <p>Дифференциальные уравнения пограничного слоя в несжимаемой и сжимаемой среде. Интегральное соотношение пограничного слоя. Расчет пограничного слоя.</p> <p>Пограничный слой при наличии продольного градиента давления. Отрыв потока. Взаимодействие пограничного слоя со скачками уплотнения. Управление пограничным слоем.</p> |

5.2. Практические занятия

| Наименование темы | Содержание темы |
|---|--|
| Основы гидростатики и кинематики | <ol style="list-style-type: none"> 1. Гидростатическое давление в жидкости 2. Сила давления жидкости на плоские поверхности 3. Сила давления жидкости на криволинейные поверхности |
| Динамика вязкой и невязкой жидкости | <ol style="list-style-type: none"> 1. Режимы течения жидкости. Уравнение неразрывности. 2. Уравнение Бернулли. |
| Гидравлические сопротивления. Истечение жидкостей из отверстий и насадков | <ol style="list-style-type: none"> 1. Истечение жидкости через отверстия и насадки. 2. Расчет простых трубопроводных систем. 3. Расчет сложных трубопроводных систем. |
| Кейс-задача: Гидравлический расчёт разветвлённого трубопровода. | Провести расчет трубопровода и подобрать характеристики труб магистрали и ответвления, рассчитать потери на трение в основной магистрали и в ответвлениях, подобрать марку насоса. |
| Кейс-задача: Определение рабочего режима лопастного насоса. | Определить параметры рабочего режима лопастного насоса. Определить, как изменится рабочий режим насоса: если изменить скорость вращения рабочего колеса насоса; если произвести одновременное параллельное или последовательное включение двух одинаковых насосов. |
| Законы движения газа. | Процессы течения газа по трубопроводам |
| Кейс-задача: Газодинамический расчёт сопла Лавалья. | Проведение газодинамического расчёта сопла Лавалья, обеспечивающего на расчётном режиме заданный расход газа, определение профиля сопла и обобщить полученные результаты. |

5.3. Лабораторные занятия

| Наименование темы | Содержание темы |
|-------------------|-----------------|
|-------------------|-----------------|

| | |
|---|---|
| Исследование относительного покоя жидкости во вращающемся сосуде | Экспериментальное определение формы свободной поверхности жидкости во вращающемся сосуде. Построение эпюры избыточного давления жидкости на стенки дно сосуда. |
| Определение критического значения числа Рейнольдса при течении жидкости в трубе круглого поперечного сечения. | Наблюдение за различными режимами движения жидкости в трубе и определение числа Рейнольдса. |
| Изучение закона сохранения энергии при течении жидкости по трубопроводу переменного сечения. | Установление актов превращения энергий в трубе переменного сечения. Построение пьезометрической и напорной линии. |
| Определение потерь напора при внезапном расширении. | Определение экспериментального и теоретического значения коэффициента гидравлического трения. |
| Определение коэффициента гидравлического трения. | Ознакомление с видами потерь энергии из-за деформации потока, получение навыков определения потерь напора в местных гидравлических сопротивлениях и экспериментальное определение коэффициента местного сопротивления. |
| Изучение метода определения расхода воздуха по изменению давления в отсеченном объеме. | Изучение метода определения расхода воздуха при его истечении из резервуара известного объема. |
| Изучение закона сохранения энергии при течении воздуха по трубопроводу переменного сечения. | Изучение закона сохранения энергии при течении воздуха по пневмосистеме или трубопроводу, изучение уравнения Бернулли и построение напорной и пьезометрической линий при течении воздуха по трубопроводу переменного сечения. |

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

| № п/п | Наименование темы (раздела) | Содержание темы (раздела) | Трудоемкость в академических часах |
|-------|---|---|------------------------------------|
| 1 | Модуль 1. Гидромеханика Тема 1. Основные физические свойства жидкостей и газов. | Подготовка к итоговому тесту | 3 |
| 2 | Тема 2. Основы гидростатики и кинематики. | Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ. Подготовка к выполнению индивидуальной работы. Подготовка к итоговому тесту. | 10 |
| 3 | Тема 3. Динамика вязкой и невязкой жидкости. | Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ. Подготовка к выполнению индивидуальной работы. Подготовка к итоговому тесту. | 10 |
| 4 | Тема 4. Гидравлические сопротивления. Истечение жидкостей | Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ. Подготовка к выполнению индивидуальной работы. Выполнение кейс-задачи. | 20 |

| | | | | |
|---|--|--|--|----|
| | из отверстий и насадков. | | Подготовка к итоговому тесту. | |
| 5 | Тема 5. Гидравлические машины и гидропривод. | | Выполнение кейс-задачи. Подготовка к итоговому тесту. | 10 |
| 6 | Модуль 2. Газодинамика Тема 1. Законы движения газа | | Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ. Выполнение кейс-задачи. Подготовка к итоговому тесту. | 15 |
| 7 | Тема 2. Волны давления в газовом потоке | | Подготовка к итоговому тесту. | 5 |
| 8 | Тема 3. Теория пограничного слоя | | Подготовка к итоговому тесту. | 5 |

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Методы применяемые в обучении. В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки реализация компетентного подхода предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий.

При реализации дисциплины «Гидрогазодинамика», используются традиционные и современные образовательные технологии.

При чтении лекций по данной дисциплине используются активные методы обучения: проблемная лекция, лекция презентация. Перед изучением раздела обозначается проблема, на решение которой будет направлен весь последующий материал данного раздела. При чтении лекций используются мультимедийные презентации, видеодемонстрации.

На практических и лабораторных занятиях используется метод группового решения творческих задач, метод дебатов.

При проведении лабораторных занятий студентам выдается задание для подготовки к выполнению лабораторной работы. Перед выполнением работы с преподавателем обсуждается цель работы и ход ее выполнения. На этапе защиты работы студент самостоятельно анализирует достигнутые результаты с разных точек зрения, выдвигает гипотезы и делает выводы, исходя из цели работы.

Из современных образовательных технологий применяются информационные компьютерные технологии с привлечением к преподаванию мультимедийной техники.

Методы контроля: итоговое тестирование. Итоговые тесты по модулям размещены в электронном курсе «Гидрогазодинамика» размещенном в модульной объектно-ориентированной динамической учебной среде Moodle на сайте АмГУ <http://moodle.amursu.ru/> [<http://moodle.amursu.ru/>]

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, а также методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков отражены в фонде оценочных средств по дисциплине «Гидрогазодинамика».

Примерные вопросы к экзамену

1. Модель сплошной среды. Модель несжимаемой среды. Общая постановка задачи.
2. Основные физические величины и физические свойства жидкостей. Обозначение и единицы измерения. Макроскопические параметры и функции состояния среды.

3. Давление жидкости. Равновесие жидкости. Абсолютное и избыточное давление, манометрическое давление, вакуум. Приборы для измерения давления и вакуума.
4. Абсолютный и относительный покой жидкости. Силы, действующие на жидкий объем. Дифференциальные уравнения жидкости. Поверхности равного давления. Основное уравнение гидростатики. Дифференциальное уравнение равновесия (уравнение Эйлера).
5. Закон Паскаля. Эпюры давления. Давление жидкости на плоскую и криволинейную поверхности.
6. Относительное равновесие жидкости при поступательном равноускоренном движении сосуда и во вращающемся сосуде.
7. Основы кинематики жидкости и газа. Методы кинематического исследования сплошной среды. Классификация движения жидкостей. Расход жидкости.
8. Уравнение неразрывности (уравнение баланса массы). Линии тока. Трубка тока. Струйная модель потока.
9. Движение жидкой частицы.
10. Вихревое движение жидкости. Вихрь поля. Вихревая линия. Вихревой шнур. Вихревая трубка. Теоремы о вихревом движении и следствия из них.
11. Безвихревое течение жидкости (потенциальное течение). Потенциал скорости. Уравнение Лапласа. Функция тока.
12. Уравнение движения жидкости. Первая теорема Эйлера. Уравнение моментов количества движения (второе уравнение Эйлера).
13. Дифференциальное уравнение движения в напряжениях.
14. Дифференциальные уравнения Навье-Стокса и их решения (уравнение Эйлера, уравнение Громеки-Лемба, интеграл Коши-Лагранжа).
15. Уравнение Бернулли для установившегося движения несжимаемой жидкости и его анализ.
16. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости. Уравнение Бернулли для реальных газов.
17. Практическое применение уравнения Бернулли (трубка Пито, трубка Прандля, трубка Вентури, сопло, диафрагма).
18. Интегральное и дифференциальное уравнения энергии.
19. Моделирование гидродинамических явлений.
20. Теория подобия. Критерии гидродинамического подобия
21. Виды сопротивлений. Основное уравнение равномерного движения.
22. Классификация потерь напора, равномерное и неравномерное движение.
23. Потери напора при равномерном движении жидкости: ламинарный режим, турбулентный режим движения жидкости.
24. Потери напора при неравномерном движении жидкости (местные потери).
25. Классификация гидравлических систем по сопротивлениям.
26. Истечение через малое незатопленное отверстие, коэффициент сжатия струи, скорости и расхода.
27. Истечение под уровень. Истечение из больших отверстий. Истечение из сосуда при переменном напоре.
28. Истечение жидкости через насадки.
29. Назначение и классификация трубопроводов и расходов. Гидравлический расчет простого трубопровода.
30. Гидравлический расчет длинного трубопровода постоянного диаметра.
31. Расчет трубопровода с последовательным соединением, параллельным, разветвленным, с непрерывной раздачей жидкости.
32. Гидравлические характеристики трубопроводов.
33. Гидравлический удар в трубах, формула Жуковского. Виды гидравлического удара. Явление кавитации.
34. Основные сведения о гидравлических машинах и гидроприводе. Насосы и гидропередачи (лопастные, вихревые и струйчатые, гидродинамические передачи).

35. Поршневые насосы, роторные гидромашины, роторно-поршневые, пластинчатые, шестеренчатые и винтовые, гидроцилиндры и гидродвигатели.
36. Гидроаппаратура. Гидропривод, регулирование
37. Газодинамика. Исходные соотношения. Уравнение энергии. Критическая и максимальная скорость газа. Параметры изобарического торможения газа. Газодинамические функции ψ (ψ_0), (ψ_1), (ψ_2).
38. Связь скорости газа с сечением потока. Закон обращения воздействия. Истечение газа. Геометрическое воздействие на газовый поток. Виды сопел реализующих сверхзвуковое течение газа.
39. Одномерное течение газа с трением и энергообменом. Диффузоры. Эжекторы
40. Волны разрежения.
41. Основные представления о скачках уплотнения.
41. Основные соотношения для прямого скачка уплотнения. Давление торможения за прямым скачком уплотнения.
42. Основные соотношения для косоугольного скачка уплотнения. Зависимость наклона косоугольного скачка от угла поворота потока. Ударная поляра.
43. Понятие о пограничном слое. Интегральные характеристики пограничного слоя. Ламинарный, переходной и турбулентный режимы течения в пограничном слое.
44. Дифференциальные уравнения пограничного слоя в несжимаемой и сжимаемой среде.
45. Интегральное соотношение пограничного слоя. Расчет пограничного слоя.
46. Пограничный слой при наличии продольного градиента давления. Отрыв потока.
47. Взаимодействие пограничного слоя со скачками уплотнения. Управление пограничным слоем.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) литература

1. Андрижиевский А.А. Механика жидкости и газа [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Андрижиевский А.А. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Вышэйшая школа, 2014. — 207 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/35498>. — ЭБС «IPRbooks», по паролю
2. Крестин Е.А. Гидравлика [Электронный ресурс]: курс лекций/ Крестин Е.А. — Электрон. текстовые данные. — Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 189 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/29784.html>. — ЭБС «IPRbooks»
3. Штеренлихт, Д. В. Гидравлика : учебник / Д. В. Штеренлихт. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 656 с. — ISBN 978-5-8114-1892-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212051> (дата обращения: 25.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Ильина, Т. Н. Гидравлика. Примеры расчетов элементов инженерных сетей : учебное пособие / Т. Н. Ильина. — Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2012. — 150 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28343.html>
5. Севостьянов, А. В. Расчёт трубопроводов : методические указания к расчётной работе по дисциплине «Газодинамика» / А. В. Севостьянов. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014. — 53 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55149.html>
6. Газодинамика [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие по выполнению лаб. работ. Ч. 1. Гидромеханика / АмГУ, ИФФ ; сост.: И. В. Верхотурова, О. А. Агапцова. — Благовещенск : Изд-во Амурского государственного университета, 2017. — 82 с. — Б. ц. Режим доступа: http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7766.pdf

7. Гидрогазодинамика. Ч.1 «Гидромеханика»: учебно- методическое пособие по выполнению лабораторных работ / составители И. В. Верхотурова, О. А. Агапьятова. — Благовещенск : Амурский государственный университет, 2017. — 82 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/103852.html>
8. Гидрогазодинамика [Электронный ресурс]: учеб.- метод. пособие по выполнению лаб. работ. Ч. 2. Газовая динамика / АмГУ, ИФФ; сост.: И. В. Верхотурова. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2019. - 73 с. - Б. ц. Режим доступа: http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/11526.pdf
9. Гидрогазодинамика. Ч.2: «Газовая динамика»: учебно- методическое пособие по выполнению лабораторных работ / составители И. В. Верхотурова. — Благовещенск : Амурский государственный университет, 2019. — 73 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно- библиотечная система IPR BOOKS : — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/103853.html>
10. Методические указания по выполнению задач реконструктивного уровня по дисциплине "Гидрогазодинамика" [Электронный ресурс] / Амурский государственный университет, Инженерно- физический факультет; сост. И. В. Верхотурова. - Благовещенск : АмГУ, 2020. - 60 с. - Режим доступа: http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/11585.pdf
11. Гидрогазодинамика [Электронный ресурс]: сб. учеб.- метод. материалов для направления подготовки 13.03.01 "Теплоэнергетика и теплотехника" / АмГУ, ИФФ; сост. И. В. Верхотурова. - Благовещенск : Изд-во Амур. гос. ун-та, 2017. - 153 с. - Режим доступа: http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/9560.pdf

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

| № | Наименование | Описание |
|---|---|---|
| 1 | Операционная система Linux | GNU-лицензия (GNU General Public License) |
| 2 | LibreOffice | Бесплатное распространение по лицензии GNU LGPL https://ru.libreoffice.org/about-us/license/ |
| 3 | Google Chrome | Бесплатное распространение по лицензии google chromium http://code.google.com/intl/ru/chromium/terms.html на условиях https://www.google.com/chrome/browser/privacy/eula_text.html . |
| 4 | http://e.lanbook.com | Представленная электронно- библиотечная система — это ресурс, включающий в себя как электронные версии книг издательства «Лань» и других ведущих издательств учеб- ной литературы, так и электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. |
| 5 | http://www.iprbookshop.ru/ | Электронно- библиотечная система IPRbooks — научно- образовательный ресурс для решения задач обучения в России и за рубежом. Уникальная платформа ЭБС IPRbooks объединяет новейшие информационные техно- логии и учебную лицензионную литературу. Контент ЭБС IPRbooks отвечает требованиям стандартов высшей школы, СПО, дополнительного и дистанционного образования. ЭБС IPRbooks в полном объеме соответствует требованиям законодательства РФ в сфере образования. |
| 6 | http://elibrary.ru | Научная электронная библиотека журналов |

в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

| № | Наименование | Описание |
|---|---|--|
| 1 | http://window.edu.ru | Единое окно доступа к образовательным ресурсам |
| 2 | http://www.prometeus.nsc.ru/sciguide/page0609.ssi | SciGuide - веб-навигатор зарубежных и отечественных научных электронных ресурсов открытого доступа, элемент поддержки научной коммуникации в Сибирском отделении РАН. Навигатор помогает вести поиск качественных научных ресурсов мирового уровня |
| 3 | https://elibrary.ru/defaultx.asp | Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования |

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Занятия по дисциплине «Гидрогазодинамика» проводятся в специальных помещениях, представляющих собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, лабораторных работ с лабораторным оборудованием, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Все помещения, в которых проводятся занятия, соответствуют действующим противопожарным правилам и нормам.

Каждый обучающийся обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечным системам и к электронной информационно-образовательной среде университета.

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в помещениях, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета