

Автономная некоммерческая организация высшего образования  
«СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ОТКРЫТЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



**Рабочая программа дисциплины**  
**«ГИДРОГАЗОДИНАМИКА»**

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Направление подготовки: | <b>20.03.01 Техносферная безопасность</b>                   |
| Профиль подготовки:     | <b>Безопасность технологических процессов и производств</b> |
| Квалификация (степень): | <b>бакалавр</b>   |
| Форма обучения:         | <b>заочная</b>  |

Санкт-Петербург, 2016

Рабочая программа дисциплины «Гидрогазодинамика» разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВПО по направлению 20.03.01 – Техносферная безопасность.

Основным документом для разработки рабочей программы является рабочий учебный план по направлению 20.03.01 – Техносферная безопасность, профилю подготовки 20.03.01.1 Безопасность технологических процессов и производств.

Учебные и методические материалы по учебной дисциплине размещены в электронной информационно-образовательной среде университета.

**Разработчик:**

О.А. Маринова, зав. кафедрой техносферной безопасности, к.т.н., доцент.

**Рецензент:**

К.В. Мосалёв, к.т.н., доцент.

Рассмотрена на заседании кафедры Техносферной безопасности от «07» сентября 2016 года, протокол № 1.

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ..... | 4  |
| 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....   | 5  |
| 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ .....   | 6  |
| 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....  | 7  |
| 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....                                       | 16 |
| 5.1. Темы контрольных работ .....   | 16 |
| 5.2. Темы курсовых работ (проектов) .....   | 17 |
| 5.3. Перечень методических рекомендаций .....   | 17 |
| 5.4. Перечень вопросов для подготовки к экзамену .....  | 17 |
| 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....   | 20 |
| 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....   | 21 |
| 8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО–ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....                            | 22 |
| 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....   | 22 |
| 10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....                          | 23 |
| 11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....                        | 24 |
| 12. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА .....   | 24 |
| Приложение .....  | 26 |

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Целью освоения дисциплины «Гидрогазодинамика» является:

– изучение теории и практического применения гидрогазодинамических процессов при обеспечении техносферной безопасности, связанной с системами защиты среды обитания.

1.2. Изучение дисциплины «Гидрогазодинамика» способствует решению следующих задач профессиональной деятельности:

- показать роль гидрогазодинамики в решении техносферных задач;
- получить сведения об общих закономерностях гидрогазодинамических процессов и их аппаратурном оформлении;
- освоить методы расчета гидрогазодинамических процессов и аппаратов;
- научиться работать с необходимой справочной литературой.

1.3. Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

## *общекультурные (ОК)*

| <i>Код компетенции</i> | <i>Наименование и (или) описание компетенции</i>   |
|------------------------|--|
| <b>ОК-11</b>           | способностью к абстрактному и критическому мышлению, исследованию окружающей среды для выявления ее возможностей и ресурсов, способность к принятию нестандартных решений и разрешению проблемных ситуаций |

## *профессиональные (ПК)*

| <i>Код компетенции</i> | <i>Наименование и (или) описание компетенции</i>  |
|------------------------|---|
| <b>ПК-4</b>            | способностью использовать методы расчетов элементов технологического оборудования по критериям работоспособности и надежности |

|             |   |
|-------------|---|
| <b>ПК-5</b> | способностью ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности, обоснованно выбирать известные устройства, системы и методы защиты человека и природной среды от опасностей |
|-------------|---|

1.4. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **Знать:** основные понятия и законы гидростатики и гидрогазодинамики; основы теории подобия при описании гидрогазодинамических процессов; методы создания и разделения многофазных систем; конструкции основных аппаратов для осуществления гидрогазодинамических процессов.
- **Уметь:** рассчитывать силы давления жидкости на плоские и криволинейные поверхности, определять потери напора в трубопроводах при течении жидкости и газа, проводить гидравлические расчеты истечения жидкостей и газов, отверстий и насадков; осуществлять расчеты для проведения типовых процессов гидрогазодинамики; рассчитывать основные элементы технологического оборудования; выбирать необходимый наиболее оптимальный тип аппаратов для осуществления конкретных процессов гидрогазодинамики; работать со справочной литературой и каталогами технологического оборудования; осуществлять простейший технико-экономический анализ при реализации гидрогазодинамических процессов.
- **Владеть:** необходимой терминологией, касающейся вопросов гидрогазодинамики; методами обеспечения работоспособности и эффективности гидравлических систем; навыками планирования эксперимента в гидрогазодинамике и методами обработки результатов; навыками проведения балансовых и кинетических расчетов гидрогазодинамических процессов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Гидрогазодинамика» относится к дисциплинам базовой

части блока 1.

Дисциплина взаимосвязана с дисциплинами Математика, Физика, Химия, Теоретическая механика, Механика.

Освоение дисциплины необходимо как предшествующее для дисциплин Управление техносферной безопасностью, Системы защиты среды обитания.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ

| № п/п | Наименование модуля и темы учебной дисциплины   | Трудоёмкость по учебному плану (час/з.е.) | Виды занятий |                      |                     |                        | Виды контроля      |                          |                 |
|-------|---|---|--------------|----------------------|---------------------|------------------------|--------------------|--------------------------|-----------------|
|       |   |   | Лекции       | Практическое занятие | Лабораторная работа | Самостоятельная работа | Контрольная работа | Курсовая работа (проект) | Зачёт (экзамен) |
| 1.    | <b>Модуль 1. Основные теоретические положения</b>   | <b>26/<br/>0,72</b>                       | <b>2</b>     |                      |                     | <b>24</b>              |                    |                          |                 |
| 2.    | Тема 1.1. Физико-механические свойства жидкости. Модель сплошной среды и ее гидродинамические параметры | 5/0,14                                    |              |                      |                     | 5                      |                    |                          |                 |
| 3.    | Тема 1.2. Гидростатика. Дифференциальные уравнения гидростатики Эйлера                                  | 7,5/<br>0,2                               | 1            |                      |                     | 6,5                    |                    |                          |                 |
| 4.    | Тема 1.3. Элементы кинематики сплошной среды  | 6/0,17                                    | 1            |                      |                     | 5                      |                    |                          |                 |
| 5.    | Тема 1.4. Основы динамики жидкости  | 7,5/<br>0,3                               |              |                      |                     | 7,5                    |                    |                          |                 |
| 6.    | <b>Модуль 2. Гидравлическое сопротивление и диссипация энергии потока вязкой жидкости</b>               | <b>38/<br/>1,05</b>                       | <b>1</b>     |                      | <b>2</b>            | <b>35</b>              |                    |                          |                 |
| 7.    | Тема 2.1. Основные понятия и определения  | 6/0,17                                    |              |                      |                     | 6                      |                    |                          |                 |
| 8.    | Тема 2.2. Потери давления (напора) по длине потока и местные гидравлические потери                      | 11/0,3<br>2                               | 0,5          |                      | 2                   | 8,5                    |                    |                          |                 |
| 9.    | Тема 2.3. Законы гидравлического сопротивления при ламинарном движении                                  | 11/<br>0,32                               | 0,5          |                      |                     | 10,5                   |                    |                          |                 |
| 10.   | Тема 2.4. Законы гидравлического сопротивления при турбулентном движении                                | 10/0,2<br>4                               |              |                      |                     | 10                     |                    |                          |                 |
| 11.   | <b>Модуль 3. Гидравлические напорные системы</b>  | <b>38/<br/>1,05</b>                       | <b>1</b>     | <b>8</b>             |                     | <b>29</b>              |                    |                          |                 |

|              |  |                |          |          |          |            |          |  |                |
|--------------|--|----------------|----------|----------|----------|------------|----------|--|----------------|
| 12.          | Тема 3.1. Основные понятия и определения                           | 4/0,11         |          |          |          | 4          |          |  |                |
| 13.          | Тема 3.2. Методика гидравлического расчета напорных систем         | 12/0,32        | 0,5      | 8        |          | 3,5        |          |  |                |
| 14.          | Тема 3.3. Гидравлический удар                                      | 10/0,29        | 0,5      |          |          | 9,5        |          |  |                |
| 15.          | Тема 3.4. Истечение жидкости через отверстия и насадки             | 12/0,33        |          |          |          | 12         |          |  |                |
| 16.          | <b>Модуль 4. Некоторые сведения из прикладной газовой динамики</b> | <b>26/0,72</b> | <b>1</b> |          |          | <b>25</b>  |          |  |                |
| 17.          | Тема 4.1. Одномерные потоки газа                                   | 13/0,36        | 0,5      |          |          | 12,5       |          |  |                |
| 18.          | Тема 4.2. Уравнение Бернулли – Сен-Венана и его приложения         | 13/0,36        | 0,5      |          |          | 12,5       |          |  |                |
| 19.          | <b>Модуль 5. Основы массопередачи</b>                              | <b>26/0,74</b> | <b>2</b> |          |          | <b>24</b>  |          |  |                |
| 20.          | Тема 5.1. Общие сведения о массообменных процессах                 | 6/0,17         | 0,5      |          |          | 5,5        |          |  |                |
| 21.          | Тема 5.2. Абсорбция  | 3/0,09         | 0,5      |          |          | 2,5        |          |  |                |
| 22.          | Тема 5.3. Перегонка жидкостей                                      | 3/0,09         |          |          |          | 3          |          |  |                |
| 23.          | Тема 5.4. Экстракция   | 3/0,09         |          |          |          | 3          |          |  |                |
| 24.          | Тема 5.5. Адсорбция  | 3/0,08         | 1        |          |          | 2          |          |  |                |
| 25.          | Тема 5.6. Сушка  | 3/0,08         |          |          |          | 3          |          |  |                |
| 26.          | Тема 5.7. Кристаллизация и растворение                             | 3/0,08         |          |          |          | 3          |          |  |                |
| 27.          | Тема 5.8. Процессы мембранного разделения смесей                   | 2/0,06         |          |          |          | 2          |          |  |                |
| 28.          | <b>Модуль 6. Основы теплообмена</b>                                | <b>26/0,72</b> | <b>1</b> |          |          | <b>25</b>  |          |  |                |
| 29.          | Тема 6.1. Основные положения теплообмена                           | 14/0,38        |          |          |          | 14         |          |  |                |
| 30.          | Тема 6.2. Конвективный теплообмен                                  | 6/0,17         | 0,5      |          |          | 5,5        |          |  |                |
| 31.          | Тема 6.3. Лучистый теплообмен                                      | 6/0,17         | 0,5      |          |          | 5,5        |          |  |                |
| <b>Всего</b> |  | <b>180/5</b>   | <b>8</b> | <b>8</b> | <b>2</b> | <b>162</b> | <b>1</b> |  | <i>экзамен</i> |

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### Модуль 1. Основные теоретические положения (26 часов)

##### Тема 1.1. Физико-механические свойства жидкости. Модель сплошной среды и ее гидродинамические параметры (5 часа)

Определение жидкости, её физическая модель. Отличительное свойство

жидкости – текучесть. Жидкости несжимаемые (капельные) и сжимаемые (газообразные). Макроскопическая однородность и изотропность жидкости.

Модель сплошной материальной среды, ее математическое представление. Объемная, поверхностная и массовая плотность распределения физических величин в сплошной среде. Скалярные и векторные поля плотности распределения массы, энергии, количества движения.

Силы и напряжения в сплошной среде. Классификация сил, их определение. Плотность распределения объемных сил. Векторное поле плотности распределения сил тяжести. Поверхностные силы. Нормальные и касательные напряжения. Гидродинамическое давление, градиент давления. Формула Остроградского, выражающая связь между поверхностным интегралом от нормального напряжения, объемным интегралом от градиента давления.

Свойство упругости. Объемный модуль упругости и его значение для капельных и газообразных сред. Скорость распространения упругих деформаций в сплошной среде.

Свойство вязкости. Закон Ньютона о внутреннем трении при плоскопараллельном течении жидкости. Аналогия с законом Гука. Коэффициенты вязкости и их размерность. Зависимость вязкости от температуры и давления. Неньютоновские жидкости.

## **Тема 1.2. Гидростатика. Дифференциальные уравнения гидростатики Эйлера (7,5 часов)**

Определение и задачи гидростатики. Гидростатическое давление. Система дифференциальных уравнений гидростатики Эйлера и их интегрирование при равновесии однородной несжимаемой жидкости в поле действия объемных и поверхностных сил, сил инерции и при отсутствии действия объемных сил. Манометрическое давление и статический вакуум.

Гидростатический парадокс. Закон Паскаля. Приборы для измерения давления. Статическое давление жидкости на твердые поверхности и в замкнутых объемных. Закон Архимеда. Потенциальная энергия и гидростатический напор покоящейся жидкости.



### ***Виды учебных занятий:***

Лекция: Гидростатика. Дифференциальные уравнения гидростатики Эйлера 1 часа

### **Тема 1.3. Элементы кинематики сплошной среды (6 часа)**

Определение, задачи и методы кинематики. Силы, обуславливающие движение жидкости и газа. Задание кинематических характеристик движения по Лагранжу и Эйлеру.

Условие непрерывности движения сплошной среды. Приложение закона сохранения массы к механике сплошной среды. Дифференциальное уравнение неразрывности движения сплошной среды и его физический смысл.

Струйная модель движения – основа гидравлики. Векторное поле скоростей, заданное по Эйлеру, и его упорядочение. Стационарное, нестационарное (неустановившееся) движение. Линии тока и траектории. Внешние и внутренние течения. Трубка тока и струйка тока. Объемный расход. Интегральное уравнение неразрывности движения вдоль струйки тока.

Модель одномерного течения. Средняя скорость. Уравнение баланса расхода.

Понятие об ускорении при движении сплошной среды. Ускорение как полная (субстанциональная) производная от вектора скорости по времени при движении сплошной среды, заданного полем скоростей по Эйлеру. Локальная и конвективная составляющие ускорения и их физический смысл.

### ***Виды учебных занятий:***

Лекция: Элементы кинематики сплошной среды 1 часа

### **Тема 1.4. Основы динамики жидкости (7,5 часов)**

Дифференциальные уравнения движения идеальной сплошной среды. Понятие об идеальной сплошной среде. Граничное условие для потока на твердой стенке. Закон сохранения количества движения и его приложение к движению идеальной сплошной среды. Дифференциальные уравнения движения, их физический смысл.

Уравнения Бернулли. Преобразование дифференциальных уравнений

Эйлера для стационарного движения несжимаемой жидкости в поле объемных сил, имеющих потенциал. Интегрирование уравнения вдоль линии тока. Интеграл Бернулли как первый интеграл движения, его физический смысл.

Распространение интеграла Бернулли на струйку тока идеальной сплошной среды при движении в поле сил тяжести.

Потенциальный и скоростной напор в сечении струйки тока, диаграмма уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли в единицах объемной плотности механической энергии.

Гидравлические уравнения. Гидравлическое уравнение Бернулли для одномерного потока вязкой жидкости. Значения потенциального и скоростного напора в поперечном сечении потока. Коэффициент кинетической энергии. Баланс напоров для двух сечений потока. Потеря напора. Общий вид гидравлического уравнения Бернулли и примеры его применения.

Гидравлическое уравнение количества движения. Приращение количества движения вдоль струйки тока и вдоль потока жидкости. Коэффициент количества движения. Выражение импульса внешних сил. Общий вид гидравлического уравнения количества движения и примеры его применения.

Конечно-разностные формы уравнений Навье-Стокса и Рейнольдса. Общая схема применения численных методов на ЭВМ.

Элементы теории гидродинамического подобия. Критерии подобия Ньютона, Эйлера, Рейнольдса, Фруда.

Моделирование гидравлических явлений.

## **Модуль 2. Гидравлическое сопротивление и диссипация энергии потока вязкой жидкости (38 часа)**

### **Тема 2.1. Основные понятия и определения (6 часа)**

Работа, энергия и мощность потока вязкой жидкости. Затраты энергии на работу сил трения и диссипацию (рассеяние). Гидравлическое сопротивление инерционное, вязкое и инерционно – вязкое, сопротивление по длине потока.

Структуры потоков жидкости. Ламинарное и турбулентное течения. Число Рейнольдса и его критические значения. Напорное и безнапорное течения.

Течения: равномерное, неравномерное, резкоизменяющееся. Гидравлическое уравнение равномерного движения. Кавитационное течение.

### **Тема 2.2. Потери давления (напора) по длине потока и местные гидравлические потери (11 часов)**

Потери напора. Потери напора по длине. Расчетная формула Вейсбаха-Дарси. Гидравлические коэффициенты потерь напора, коэффициент гидравлического трения и общий вид их функциональных зависимостей.

Основные виды местных сопротивлений. Местные потери напора. Расчетная формула Вейсбаха. Коэффициент местных потерь. Местные потери напора при больших числах Рейнольдса. Резкое расширение и резкое сужение потока. Течения в диффузорах, конфузорах, коленах. Местные потери напора при малых числах Рейнольдса.

#### ***Виды учебных занятий:***

|                      |  |          |
|----------------------|--|----------|
| Лекция:              | Потери давления (напора) по длине потока и местные гидравлические потери | 0,5 часа |
| Лабораторная работа: | Потери напора при внезапном сужении трубы                                | 2 часа   |

### **Тема 2.3. Законы гидравлического сопротивления при ламинарном движении (11 часов)**

Ламинарное движение в круглой трубе. Распределение касательных напряжений и скоростей в поперечном сечении потока. Формула Пуазейля для расхода. Средняя скорость. Закон гидравлического сопротивления для потока в круглой трубе. Законы гидравлического сопротивления для потоков с некруглым поперечным сечением.

#### ***Виды учебных занятий:***

|         |  |          |
|---------|--|----------|
| Лекция: | Законы гидравлического сопротивления при ламинарном движении | 0,5 часа |
|---------|--|----------|

### **Тема 2.4. Законы гидравлического сопротивления при турбулентном движении (10 часов)**

Особенности турбулентного движения жидкости. Пульсация скоростей. Модель осредненного турбулентного течения. Турбулентные напряжения. Турбулентное течение в круглой трубе. Турбулентное ядро и пристеночная

область течения. Роль шероховатости стенки. Зернистая и технологическая шероховатости. График Никурадзе. Закон сопротивления гладкой стенки. Формула Блазиуса. Доквадратичный закон сопротивления «шероховатой» стенки. Формула Колбрука. Квадратичный закон сопротивления «шероховатой» стенки. Формула Прандтля – Никурадзе. График Колбрука.

### **Модуль 3. Гидравлические напорные системы (38 часа)**

#### **Тема 3.1. Основные понятия и определения (4 часа)**

Определение гидравлической напорной системы. Применение на практике различных гидравлических напорных систем. Составные элементы гидравлических напорных систем. Основная гидравлическая характеристика напорной системы.

#### **Тема 3.2. Методика гидравлического расчета напорных систем (12 часов)**

Общая методика гидравлического расчета напорных систем. Задачи гидравлического расчета. Расчет при установившемся (стационарном) движении жидкости. Применение гидравлических уравнений и расчетных формул. Точность гидравлического расчета.

Трубопроводы. Классификация трубопроводов. Трубопроводы с последовательным и параллельным соединением линий. Основные задачи гидравлического расчета трубопроводов.

Гидравлический расчет трубопроводов при установившемся движении жидкости. Коэффициент потерь напора в трубопроводах. Гидравлическая характеристика. Системы трубопровод-резервуар. Всасывающая линия насоса. Сифон. Напорная линия насоса. Разветвленный трубопровод.

#### ***Виды учебных занятий:***

|                       |  |          |
|-----------------------|--|----------|
| Лекция:               | Методика гидравлического расчета напорных систем | 0,5 часа |
| Практическое занятие: | Расчет напорной гидравлической системы           | 8 часов  |

#### **Тема 3.3. Гидравлический удар (10 часов)**

Неустановившееся напорное движение в трубопроводах. Гидравлический удар. Неустановившееся напорное движение при работе гидроцилиндра. Учет

сил инерции. Гидравлическое уравнение баланса энергии при неустановившемся движении. Инерционный напор. Явление гидравлического удара. Уравнение Жуковского для давления жидкости при гидравлическом ударе. Скорость распространения упругих деформаций. Неполный гидравлический удар. Защита систем от гидравлического удара.

**Виды учебных занятий:**

Лекция: Гидравлический удар 0,5 часа

**Тема 3.4. Истечение жидкости через отверстия и насадки (12 часов)**

Отверстия в резервуарах и насадки. Явление истечения жидкости через отверстие в стенке резервуара. Сжатие струи. Расчетные зависимости для определения скорости и расхода при постоянном напоре. Коэффициенты истечения. Особенности истечения через насадки. Истечение при переменном напоре.

Проходные отверстия в элементах дросселирующих и клапанных аппаратов.

Элементы дросселирующих аппаратов. Назначение и классификация. Дроссели с постоянным и регулируемым проходным отверстием. Расчетная формула истечения.

Элементы клапанных аппаратов. Назначение и классификация. Пропускная способность. Статический расчет клапанов. Реактивная сила струи при истечении жидкости, её расчет.

**Модуль 4. Некоторые сведения из прикладной газовой динамики (26 часов)**

**Тема 4.1. Одномерные потоки газа (13 часов)**

Параметры состояния газа. Простейшие термодинамические процессы. Массовый расход газового потока. Установившееся изотермическое давление газа в трубопроводах, скорость звука и критическое отношение давлений, весовой расход газа.

Истечение газа из резервуара при адиабатном (изоэнтропном) процессе, критическая скорость истечения, подкритическая и надкритические области

истечения, число Маха.

Истечение газа из резервуара в трубопровод при политропном процессе с учетом гидравлического сопротивления трубопровода.

***Виды учебных занятий:***

Лекция: Одномерные потоки газа 0,5 часа

**Тема 4.2. Уравнение Бернулли – Сен-Венана и его приложения (13 часов)**

Уравнение неразрывности. Уравнения Эйлера. Интеграл Бернулли. Уравнение Бернулли – Сен-Венана. Скорость звука в движущемся газе. Температура торможения. Истечение газа из котла под большим давлением. Формула Сен - Венана - Ванцеля. Максимальная скорость истечения.

***Виды учебных занятий:***

Лекция: Уравнение Бернулли – Сен-Венана и его приложения 0,5 часа

**Модуль 5. Основы массопередачи (26 часов)**

**Тема 5.1. Общие сведения о массообменных процессах (6 часов)**

Модифицированные уравнения массопередачи. Подобие процессов переноса массы. Связь коэффициентов массопередачи и массоотдачи. Массопередача с твердой фазой.

***Виды учебных занятий:***

Лекция: Общие сведения о массообменных процессах 0,5 часа

**Тема 5.2. Абсорбция (3 часа)**

Равновесие при абсорбции. Материальный, тепловой баланс. Схемы абсорбционных процессов. Десорбция.

***Виды учебных занятий:***

Лекция: Абсорбция 0,5 часа

**Тема 5.3. Перегонка жидкостей (3 часа)**

Общие сведения. Идеальные и неидеальные смеси. Простая перегонка. Ректификация. Непрерывно и периодически действующие ректификационные установки.

**Тема 5.4. Экстракция (3 часа)**

Равновесие при экстракции. Материальный баланс экстракции. Принципиальные схемы процесса экстракции. Конструкции экстракторов.

### **Тема 5.5. Адсорбция (3 часа)**

Равновесие в процессах адсорбции. Промышленные адсорбенты. Конструкции адсорбционных аппаратов.

#### ***Виды учебных занятий:***

Лекция: Адсорбция 1 часа

### **Тема 5.6. Сушка (3 часа)**

Равновесие в процессах сушки. Конструкции сушилок.

### **Тема 5.7. Кристаллизация и растворение (3 часа)**

Общие сведения. Равновесие при кристаллизации. Кинетика процесса кристаллизации. Кинетика процесса кристаллизации. Факторы, влияющие на процесс кристаллизации. Материальный и тепловой балансы кристаллизации. Кристаллизаторы.

### **Тема 5.8. Процессы мембранного разделения смесей (2 часа)**

Сущность процесса мембранного разделения смесей. Мембраны. Кинетика процессов мембранного разделения смесей. Влияние различных факторов на мембранное разделение. Мембранные аппараты.

## **Модуль 6. Основы теплообмена (26 часов)**

### **Тема 6.1. Основные положения теплообмена (14 часов)**

Виды теплообмена. Температурное поле, градиент температуры. Стационарные и нестационарные процессы теплообмена. Основные характеристики теплопередачи.

Теплопроводность. Постулат Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности Фурье. Решение дифференциального уравнения теплопроводности для одномерного стационарного теплового потока.

### **Тема 6.2. Конвективный теплообмен (6 часа)**

Механизм конвективного теплообмена. Связь тепловых и

гидродинамических явлений при конвективном теплообмене. Коэффициент конвективного теплообмена; факторы, его определяющие. Принципы теоретического описания конвекции.

Понятие о теории подобия и моделировании. Критерии гидромеханического и теплового подобия. Общий вид критериальных уравнений конвективного теплообмена. Критериальные уравнения для наиболее общих случаев естественной и вынужденной конвекции.

Процесс кипения жидкости, его механизм, температурные характеристики. Процесс кипения и структура парожидкостного потока в парогенерирующей трубе. Коэффициент теплоотдачи при кипении. Пузырьковое и пленочное кипение. Кризисы теплообмена 1-го и 2-го рода.

***Виды учебных занятий:***

Лекция: Конвективный теплообмен 0,5 часа

**Тема 6.3. Лучистый теплообмен (6 часа)**

Общие данные об электромагнитном излучении. Излучательная, отражательная, поглощающая, пропускательная способности тел.

Законы Планка, Стефана—Больцмана, Вина, Кирхгофа, Ламберта, Кеплера. Приведенный коэффициент излучения. Излучение газов. Лучистый теплообмен в газовом пространстве пламенных печей.

***Виды учебных занятий:***

Лекция: Лучистый теплообмен 0,5 часа

**5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**5.1. Темы контрольных работ**

Для закрепления полученных знаний предусмотрено выполнение одной контрольной работы, которая состоит из двух задач:

| № п/п | Наименование тем   |
|-------|--|
| 1     | Определение давления в аккумуляторе в момент гидравлического удара |
| 2     | Определение внутреннего диаметра напорной гидравлической           |



### 5.2. Темы курсовых работ (проектов)

Выполнение курсовой работы учебным планом не предусмотрено.

### 5.3. Перечень методических рекомендаций

| № п/п | Наименование  |
|-------|---|
| 1     | Методические рекомендации по выполнению контрольной работы  |
| 2     | Методические рекомендации по выполнению лабораторной работы |

### 5.4. Перечень вопросов для подготовки к экзамену

#### Модуль 1

1. Определение жидкости, ее основные физические свойства. Модель сплошной среды.
2. Силы, действующие в жидкости, их классификация. Напряжения в жидкости нормальные и касательные. Давление, градиент давления.
3. Свойство вязкости жидкости. Закон Ньютона о внутреннем трении при плоскопараллельном течении жидкости. Особенности ньютоновской жидкости. Коэффициенты вязкости, их размерность. Зависимость вязкости от температур. Понятие о неньютоновской жидкости. Определение гидростатики. Гидростатическое давление. Дифференциальные уравнения гидростатики.
4. Равновесие однородной несжимаемой жидкости в поле сил тяжести. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля и его применение.
5. Манометрическое давление и вакуум. Приборы для измерения гидростатического давления.
6. Равновесие жидкости в случае относительного покоя жидкости.
7. Гидростатическое давление жидкости на плоские и цилиндрические стенки.
8. Гидростатическое давление на замкнутые поверхности (тела). Сила давления на погруженное в жидкость тело. Закон Архимеда.

#### Модуль 2

9. Задание движения сплошной среды по Лагранжу и Эйлеру.

10. Струйная модель движения жидкости. Линия тока, траектория, трубка тока, струйка тока. Объемный расход. Интегральное уравнение неразрывности движения вдоль струйки тока. Средняя скорость.
11. Понятие об ускорении при движении жидкости как сплошной среды. Локальная и конвективная составляющая ускорения и их физический смысл.
12. Закон сохранения массы и уравнение непрерывности движения сплошной среды.
13. Закон сохранения количества движения и основное уравнение динамики сплошной среды.
14. Режимы движения жидкости, число Рейнольдса.
15. Уравнения Эйлера движения идеальной жидкости и граничные условия.
16. Интегрирование дифференциальных уравнений движения идеальной жидкости для элементарной струйки. Интеграл Бернулли и его физический смысл.
17. Распространение уравнения Бернулли для струйки тока на поток вязкой жидкости. Гидравлическое уравнение Бернулли, его физический смысл и условия применимости.

### **Модуль 3**

18. Потери напора при движении жидкости. Классификация потерь, расчетные формулы для их определения. Гидравлические коэффициенты потерь напора, коэффициент гидравлического трения.
19. Местные гидравлические сопротивления. Основные виды сопротивлений. Коэффициент местных потерь и его зависимость от числа Рейнольдса.
20. Ламинарное движение жидкости в круглой трубе.
21. Ламинарное течение жидкости в щелях. Облитерация щелей.
22. Турбулентное движение и его особенности. Модель осредненного турбулентного течения. Структура турбулентного потока в круглой трубе. Закон сопротивления при турбулентном движении. Расчетный график для определения коэффициента гидравлического трения.

23. Гидравлический удар в трубах. Формулы Жуковского для прямого удара. Скорость ударной волны.
24. Истечение жидкости через отверстия и насадки при постоянном напоре.

#### **Модуль 4**

25. Параметры состояния газа.
26. Простейшие термодинамические процессы.
27. Массовый расход газового потока.
28. Установившееся изотермическое давление газа в трубопроводах, скорость звука и критическое отношение давлений, весовой расход газа.
29. Истечение газа из резервуара при адиабатном (изоэнтропном) процессе, критическая скорость истечения, подкритическая и надкритические области истечения, число Маха.
30. Истечение газа из резервуара в трубопровод при политропном процессе с учетом гидравлического сопротивления трубопровода.
31. Уравнение неразрывности.
32. Уравнения Эйлера. Интеграл Бернулли.
33. Уравнение Бернулли – Сен-Венана. Скорость звука в движущемся газе. Температура торможения.
34. Истечение газа из котла под большим давлением. Формула Сен-Венана Ванцеля. Максимальная скорость истечения.

#### **Модуль 5**

35. Модифицированные уравнения массопередачи.
36. Подобие процессов переноса массы. Связь коэффициентов массопередачи и массоотдачи.
37. Равновесие при абсорбции.
38. Материальный, тепловой баланс.
39. Схемы абсорбционных процессов. Десорбция.
40. Идеальные и неидеальные смеси.
41. Простая перегонка. Ректификация.
42. Непрерывно и периодически действующие ректификационные установки.

43. Равновесие при экстракции. Материальный баланс экстракции.
44. Принципиальные схемы процесса экстракции. Конструкции экстракторов.
45. Равновесие в процессах адсорбции.
46. Промышленные адсорбенты. Конструкции адсорбционных аппаратов.

## **Модуль 6**

47. Виды теплообмена. Температурное поле, градиент температуры.
48. Стационарные и нестационарные процессы теплообмена. Основные характеристики теплопередачи.
49. Теплопроводность. Постулат Фурье. Коэффициент теплопроводности.
50. Механизм конвективного теплообмена.
51. Связь тепловых и гидродинамических явлений при конвективном теплообмене. Коэффициент конвективного теплообмена; факторы, его определяющие.
52. Принципы теоретического описания конвекции.
53. Понятие о теории подобия и моделировании. Критерии гидромеханического и теплового подобия.
54. Общий вид критериальных уравнений конвективного теплообмена. Критериальные уравнения для наиболее общих случаев естественной и вынужденной конвекции.
55. Процесс кипения жидкости, его механизм, температурные характеристики.
56. Процесс кипения и структура парожидкостного потока в парогенерирующей трубе. Коэффициент теплоотдачи при кипении. Пузырьковое и пленочное кипение. Кризисы теплообмена 1-го и 2-го рода.
57. Излучение газов. Лучистый теплообмен.

## **6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине по решению кафедры оформлен отдельным

приложением к рабочей программе.

## **7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **а) основная литература:**

1. Гидродинамика [Электронный учебник]: Молекулярная физика. Т.1: Гидродинамика / Г. Ламб; пер. А. В. Гермогенов, 2013. – 452 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17619>

2. Гидродинамика [Электронный учебник]: Молекулярная физика. Т.2: Гидродинамика / Г. Ламб; пер. А. В. Гермогенов, 2013. - 482 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17620>

### **б) дополнительная литература:**

1. Газодинамика: учеб.-метод. комплекс, информ. о дисциплине, рабочие учеб. материалы, информ. ресурсы дисциплины, блок контроля освоения дисциплины, опорный конспект / сост. В. Г. Лабейш, 2007, Изд-во СЗТУ. – 107 с.

2. Газодинамика: учеб.-метод. комплекс, информ. ресурсы дисциплины, метод. указания к выполнению лаб. работ / сост. В. Г. Лабейш, 2008, Изд-во СЗТУ. – 28, [2] с включ. обл. с.

3. Кудинов И. В. Аналитические решения гиперболических уравнений теплопереноса и колебаний упругих тел [Электронный учебник]: Монография / Кудинов И. В., 2013, Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ. – 144 с. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20454>

4. Кудинов, Анатолий Александрович. Газодинамика: учеб. пособие для студентов вузов / А. А. Кудинов, 2013, Инфра-М. – 334, [1] с.

5. Лабейш В. Г. Газодинамика: учеб. пособие / В. Г. Лабейш, 2006, Изд-во СЗТУ. – 180, [1] с.

## **8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО– ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Электронная информационно-образовательная среда АНО ВО «СЗТУ» (ЭИОС СЗТУ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://edu.nwotu.ru/>
2. Учебно-информационный центр АНО ВО «СЗТУ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lib.nwotu.ru:8087/jirbis2/>
3. Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>
4. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/>
5. Информационная системы доступа к электронным каталогам библиотек сферы образования и науки (ИС ЭКБСОН) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vlibrary.ru/>

## **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, лабораторную работу, контрольную работу, самостоятельную работу студента, консультации.

При изучении тем из модулей 1-6 студентам необходимо повторить лекционный учебный материал, изучить рекомендованную литературу, а также учебный материал, находящийся в указанных информационных ресурсах.

На завершающем этапе изучения каждого модуля необходимо, воспользовавшись предложенными вопросами для самоконтроля, размещенными в электронной информационной образовательной среде (ЭИОС), проверить качество усвоения учебного материала

В случае затруднения в ответах на поставленные вопросы рекомендуется повторить учебный материал.

После изучения каждого модуля дисциплины необходимо ответить на

вопросы контрольного теста по данному модулю с целью оценивания знаний и получения баллов.

При изучении модуля 2 «Гидравлическое сопротивление и диссипация энергии потока вязкой жидкости» следует выполнить лабораторную работу, руководствуясь методическими рекомендациями по ее выполнению.

По завершении изучения всех модулей следует выполнить контрольную работу, руководствуясь методическими рекомендациями по ее выполнению.

По завершению изучения учебной дисциплины в семестре студент обязан пройти промежуточную аттестацию. Вид промежуточной аттестации определяется рабочим учебным планом. Форма проведения промежуточной аттестации – компьютерное тестирование с использованием автоматизированной системы тестирования знаний студентов в ЭИОС.

К промежуточной аттестации допускаются студенты, выполнившие требования рабочего учебного плана.

## **10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

### **10.1. Internet – технологии:**

(WWW(англ. World Wide Web – Всемирная Паутина) – технология работы в сети с гипертекстами;

FTP (англ. File Transfer Protocol – протокол передачи файлов) – технология передачи по сети файлов произвольного формата;

IRC (англ. Internet Relay Chat – поочередный разговор в сети, чат) – технология ведения переговоров в реальном масштабе времени, дающая возможность разговаривать с другими людьми по сети в режиме прямого диалога;

ICQ (англ. I seek you – я ищу тебя, можно записать тремя указанными буквами) – технология ведения переговоров один на один в синхронном режиме.

## **10.2. Дистанционное обучение с использованием ЭИОС на платформе Moodle.**

- Технология мультимедиа в режиме диалога.
- Технология неконтактного информационного взаимодействия (виртуальные кабинеты, лаборатории).
- Гипертекстовая технология (электронные учебники, справочники, словари, энциклопедии).

## **11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Мультимедийные аудитории.
2. Виртуальные аналоги специализированных кабинетов и лабораторий.
3. Библиотека.
4. Справочно-правовая система Консультант Плюс.
5. Электронная информационно-образовательная среда университета.
6. Локальная сеть с выходом в Интернет.

## **12. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА**

Формирование оценки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины осуществляется с использованием балльно-рейтинговой оценки работы студента:

| <b>Вид учебной работы, за которую ставятся баллы</b>                      | <b>Баллы</b>   |
|---|----------------|
| Участие в online занятиях, прослушивание видео лекций                     | 0 – 5          |
| Контрольный тест к модулю 1 (темы 1.1, 1.2, 1.3, 1.4)                     | 0 – 5          |
| Контрольный тест к модулю 2 (темы 2.1, 2.2, 2.3, 2.4)                     | 0 – 5          |
| Контрольный тест к модулю 3 (темы 3.1, 3.2, 3.3, 3.4)                     | 0 – 5          |
| Контрольный тест к модулю 5 (темы 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8) | 0 – 10         |
| Контрольный тест к модулю 6   | 0 – 5          |
| <b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА</b>  | <b>0 – 5</b>   |
| <b>КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА</b>   | <b>0 – 30</b>  |
| <b>ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬНЫЙ ТЕСТ</b>  | <b>0 – 30</b>  |
| <b>ВСЕГО</b>  | <b>0 – 100</b> |



| <b>БОНУСЫ (баллы, которые могут быть добавлены до 100)</b> | <b>Баллы</b> |
|--|--------------|
| - за активность  | 0 – 10       |
| - за участие в олимпиаде                                   | 0 – 50       |
| - за участие в НИРС  | 0 – 50       |
| - за оформление заявок на полезные методы (рацпредложения) | 0 – 50       |

### **Оценка по контрольной работе**

| <b>Оценка</b>       | <b>Количество баллов</b> |
|---------------------|--------------------------|
| отлично             | 27 – 30                  |
| хорошо              | 23 – 26                  |
| удовлетворительно   | 18 – 22                  |
| неудовлетворительно | менее 18                 |

### **Балльная шкала оценки**

| <b>Итоговая оценка (экзамен)</b> | <b>Баллы</b> |
|----------------------------------|--------------|
| «отлично»                        | 86 – 100     |
| «хорошо»                         | 69 – 85      |
| «удовлетворительно»              | 51 – 68      |
| «неудовлетворительно»            | менее 51     |

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 1. Перечень формируемых компетенций

*общекультурные (ОК)*

| Код компетенции | Наименование и (или) описание компетенции  |
|-----------------|--|
| ОК-11           | способностью к абстрактному и критическому мышлению, исследованию окружающей среды для выявления ее возможностей и ресурсов, способность к принятию нестандартных решений и разрешению проблемных ситуаций |

*профессиональные (ПК)*

| Код компетенции | Наименование и (или) описание компетенции   |
|-----------------|---|
| ПК-4            | способностью использовать методы расчетов элементов технологического оборудования по критериям работоспособности и надежности   |
| ПК-5            | способностью ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности, обоснованно выбирать известные устройства, системы и методы защиты человека и природной среды от опасностей |

### 2. Паспорт фонда оценочных средств

| №<br>п/п | Контролируемые модули (темы)<br>дисциплины   | Код<br>контролируемой<br>компетенции<br>(или ее части) | Наименование оценочного<br>средства              |
|----------|--|--|--|
| 1        | Модуль 1. Основные теоретические положения   | ОК-11, ПК-5  | Контрольный тест 1                               |
| 2        | Модуль 2. Гидравлическое сопротивление и диссипация энергии потока вязкой жидкости | ОК-11, ПК-4  | Контрольный тест 2<br>Лабораторная работа        |
| 3        | Модуль 3. Гидравлические напорные системы  | ОК-11, ПК-5  | Контрольный тест 3                               |
| 4        | Модуль 4. Некоторые сведения из прикладной газовой динамики                        | ОК-11, ПК-5  | Контрольный тест 4                               |
| 5        | Модуль 5. Основы массопередачи   | ОК-11,   | Контрольный тест 5                               |
| 6        | Модуль 6. Основы теплообмена   | ПК-5, ПК-4   | Контрольный тест 6                               |
| 7        | Модули 1 – 6   | ОК-11, ПК-5, ПК-4                                      | Контрольная работа;<br>Итоговый контрольный тест |

### 3. Показатели и критерии оценивания компетенций по этапам формирования, описание шкал оценивания

| Этапы освоения компетенции | Показатели достижения заданного уровня освоения компетенций  | Критерии оценивания результатов обучения |  |   |  |   |
|----------------------------|--|--|--|---|--|---|
|                            |  | 1  | 2  | 3   | 4  | 5   |
| Первый этап                | <b>Знать:</b><br>(ОК-11, ПК-4, ПК-5) основные понятия и законы гидростатики и гидрогазодинамики; основы теории подобия при описании гидрогазодинамических процессов; методы создания и разделения многофазных систем; конструкции основных аппаратов для осуществления гидрогазодинамических процессов   | Не знает                                 | Знает основные понятия и законы гидростатики и гидрогазодинамики   | Знает основные понятия и законы гидростатики и гидрогазодинамики; основы теории подобия при описании гидрогазодинамических процессов  | Знает основные понятия и законы гидростатики и гидрогазодинамики; основы теории подобия при описании гидрогазодинамических процессов; методы создания и разделения многофазных систем  | Знает основные понятия и законы гидростатики и гидрогазодинамики; основы теории подобия при описании гидрогазодинамических процессов; методы создания и разделения многофазных систем; конструкции основных аппаратов для осуществления гидрогазодинамических процессов |
| Второй этап                | <b>Уметь:</b><br>(ОК-11, ПК-4, ПК-5) рассчитывать силы давления жидкости на плоские и криволинейные поверхности, определять потери напора в трубопроводах при течении жидкости и газа, проводить гидравлические расчеты истечения жидкостей и газов, отверстий и насадков; осуществлять расчеты для проведения типовых процессов гидрогазодинамики; рассчитывать основные элементы технологического оборудования; выбирать необходимый наиболее оптимальный тип аппаратов для осуществления конкретных процессов гидрогазодинамики; работать со справочной | Не умеет                                 | Может рассчитывать силы давления жидкости на плоские и криволинейные поверхности, определять потери напора в трубопроводах при течении жидкости и газа, проводить гидравлические расчеты истечения жидкостей и газов, отверстий и насадков | Может рассчитывать силы давления жидкости на плоские и криволинейные поверхности, определять потери напора в трубопроводах при течении жидкости и газа, проводить гидравлические расчеты истечения жидкостей и газов, отверстий и насадков; осуществлять расчеты для проведения типовых процессов | Может рассчитывать силы давления жидкости на плоские и криволинейные поверхности, определять потери напора в трубопроводах при течении жидкости и газа, проводить гидравлические расчеты истечения жидкостей и газов, отверстий и насадков; осуществлять расчеты для проведения типовых процессов гидрогазодинамики; рассчитывать основные элементы технологического оборудования; выбирать необходимый наиболее оптимальный тип аппаратов для |   |

|             |  |            |  |   |   |   |
|-------------|--|------------|--|---|---|---|
|             | литературой и каталогами технологического оборудования; осуществлять простейший технико-экономический анализ при реализации гидрогазодинамических процессов  |            |  | процессов гидрогазодинамик и; рассчитывать основные элементы технологического оборудования  | аппаратов для осуществления конкретных процессов гидрогазодинамики; работать со справочной литературой и каталогами технологического оборудования   | осуществления конкретных процессов гидрогазодинамики; работать со справочной литературой и каталогами технологического оборудования; осуществлять простейший технико-экономический анализ при реализации гидрогазодинамических процессов  |
| Третий этап | <b>Владеть:</b> (ОК-11,ПК-4, ПК-5) необходимой терминологией, касающейся вопросов гидрогазодинамики; методами обеспечения работоспособности и эффективности гидравлических систем; навыками планирования эксперимента в гидрогазодинамике и методами обработки результатов; навыками проведения балансовых и кинетических расчетов гидрогазодинамических процессов | Не владеет | Владеет необходимой терминологией, касающейся вопросов гидрогазодинамики | Владеет необходимой терминологией, касающейся вопросов гидрогазодинамик и; методами обеспечения работоспособности и эффективности гидравлических систем | Владеет необходимой терминологией, касающейся вопросов гидрогазодинамики; методами обеспечения работоспособности и эффективности гидравлических систем; навыками планирования эксперимента в гидрогазодинамике и методами обработки результатов | В полном объеме владеет необходимой терминологией, касающейся вопросов гидрогазодинамики; методами обеспечения работоспособности и эффективности гидравлических систем; навыками планирования эксперимента в гидрогазодинамике и методами обработки результатов; навыками проведения балансовых и кинетических расчетов гидрогазодинамических процессов |

**4. Шкалы оценивания**  
**(балльно-рейтинговая система)**

| <b>Вид учебной работы, за которую ставятся баллы</b>                      | <b>Баллы</b>   |
|---|----------------|
| Участие в online занятиях, прослушивание видео лекций                     | 0 – 5          |
| Контрольный тест к модулю 1 (темы 1.1, 1.2, 1.3, 1.4)                     | 0 – 5          |
| Контрольный тест к модулю 2 (темы 2.1, 2.2, 2.3, 2.4)                     | 0 – 5          |
| Контрольный тест к модулю 3 (темы 3.1, 3.2, 3.3, 3.4)                     | 0 – 5          |
| Контрольный тест к модулю 5 (темы 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8) | 0 – 10         |
| Контрольный тест к модулю 6   | 0 – 5          |
| <b>ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА</b>  | 0 – 5          |
| <b>КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА</b>   | 0 – 30         |
| <b>ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬНЫЙ ТЕСТ</b>  | 0 – 30         |
| <b>ВСЕГО</b>  | <b>0 – 100</b> |

Бальная шкала оценки имеет вид (в баллах):

| Оценка                | Количество баллов |
|-----------------------|-------------------|
| «отлично»             | 86 – 100          |
| «хорошо»              | 69 – 85           |
| «удовлетворительно»   | 51 – 68           |
| «неудовлетворительно» | менее 51          |

**5. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций при изучении учебной дисциплины в процессе освоения образовательной программы**

**5.1. Типовой вариант задания на контрольную работу**

Для лучшего понимания принципиальных вопросов курса, закрепления полученных знаний, а также – приобретения навыков практического их применения предусмотрено выполнение контрольной работы, которая включает в себя выполнение двух задач.

Задача № 1:

Определение давления в аккумуляторе в момент гидравлического удара.

По стальному трубопроводу 2 из пневмогидравлического аккумулятора 1 подаётся рабочая жидкость плотностью  $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$  и вязкостью  $\nu = 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ , с расходом  $Q$ .

В конце трубопровода установлен быстродействующий запорный клапан 3, время срабатывания которого равно  $t$ . Давление за клапаном атмосферное. Длина трубопровода  $l$ , внутренний диаметр  $d$ , толщина стенки  $\delta$ . Коэффициент сопротивления клапана в открытом положении  $\xi_{кл}$ . Высота уровня жидкости в аккумуляторе  $z$ .

Определить давление в аккумуляторе в момент срабатывания запорного клапана.

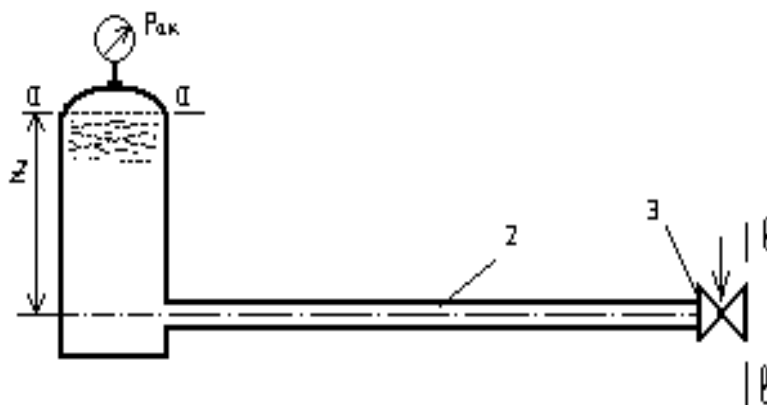
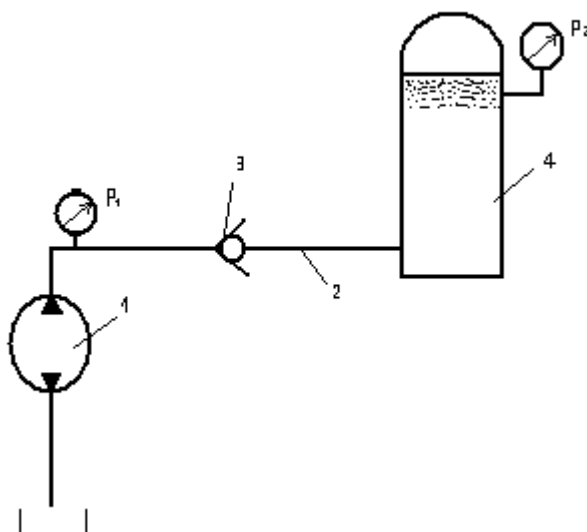


Рис. 1. Схема гидравлической системы

Задача № 2:

Определение внутреннего диаметра напорной гидравлической системы.

На рисунке изображен участок гидравлической системы, состоящей из насоса 1, трубопровода 2 и резервуара 4. На трубопроводе 2 установлен обратный клапан 3, препятствующий опорожнению резервуара при выключенном насосе.



## Рис. 2. Участок гидравлической схемы

Насос подает рабочую жидкость плотностью  $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$  по трубопроводу 2 длиной  $l$  в резервуар 4, при этом ее расход равен  $Q$ .

Давление  $p_2$  в резервуаре поддерживается постоянным. Давление, развиваемое насосом, равно  $p_1$ .

Кинематический коэффициент вязкости жидкости равен  $\nu$ .

Определить внутренний диаметр трубопровода, учитывая:

- потери давления по длине  $\Delta p_l$ ,
- потери в обратном клапане  $\Delta p_{кл}$  и
- другие местные потери  $\Delta p_m$ , составляющие 10% от  $\Delta p_l$ .

### 5.2. Типовой вариант задания на лабораторную работу

1. Извлечь из ящика и установить модуль №2 «Потери напора на внезапное сужении трубы» (кран К1 закрыт, насос выключен) – рис.1.

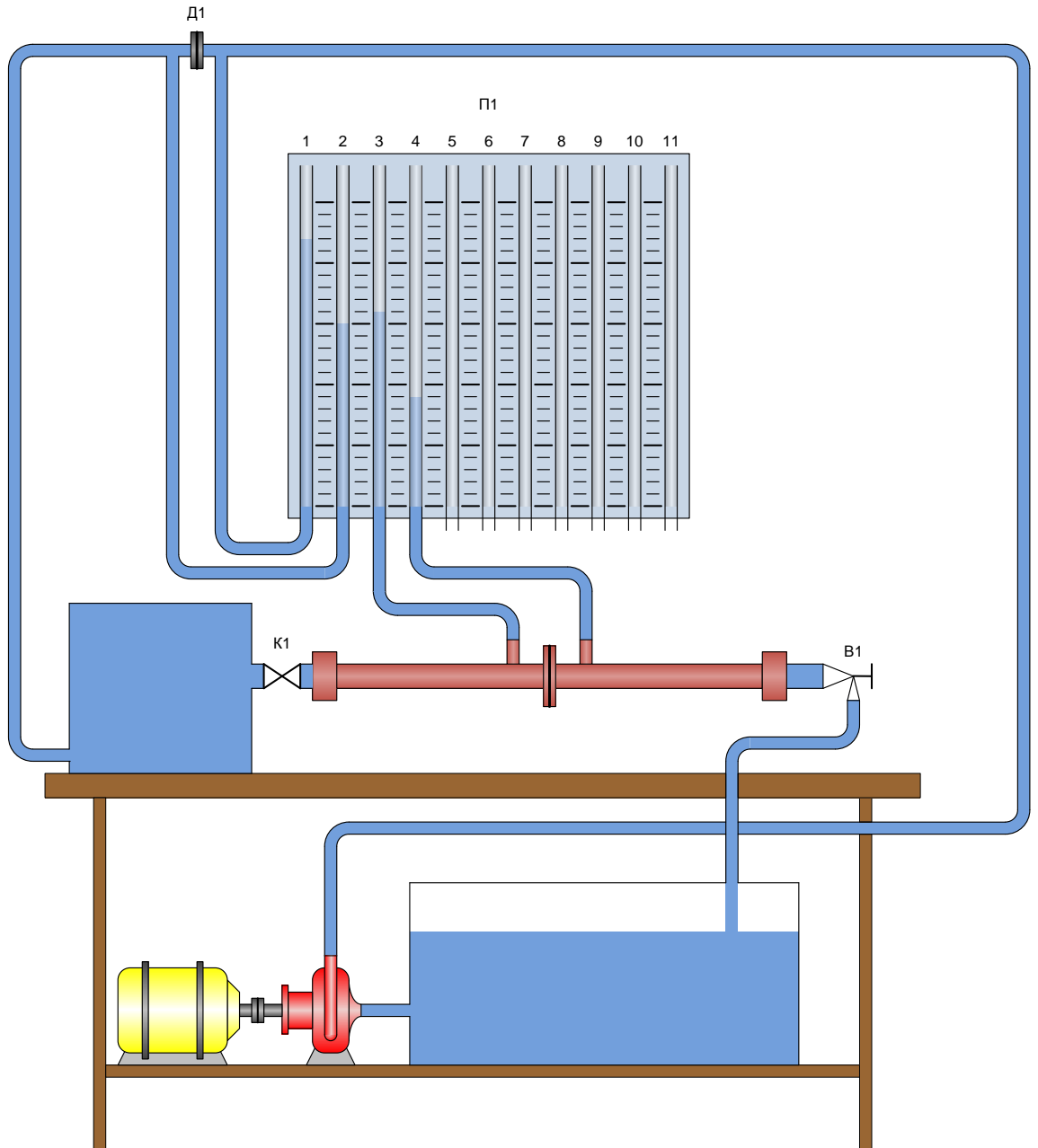


Рис. 1. Схема лабораторного стенда

2. Включить насос, открыть кран К1.
3. Открыть регулирующий вентиль В1, дождаться стабилизации показаний пьезометров.
4. Показания пьезометров занести в таблицу 1.1.



Таблица 1.1

| $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}; v = \dots\text{ м}^2/\text{с}; g = 9,81\text{ м}/\text{с}^2$ |       |       |       |       |                       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|
| № п/п   | $h_1$ | $h_2$ | $h_3$ | $h_4$ | $Q$                   | $V_3$ | $V_4$ |
|   | м     | м     | м     | м     | $\text{м}^3/\text{с}$ | м/с   | м/с   |
| 1   |       |       |       |       |                       |       |       |
| 2   |       |       |       |       |                       |       |       |
| ...   |       |       |       |       |                       |       |       |

5. Изменить расход с помощью регулирующего вентиля В1 и повторить измерения 3-4 раза.
6. Закрывать кран К1, выключить насос, убрать модуль.
7. Повторить пп.1-6 с модулем №3 «Потери напора на внезапное расширение».

### 5.3. Типовой тест промежуточной аттестации

1. Текучестью жидкости называется:
  - А. величина прямо пропорциональная динамическому коэффициенту вязкости;
  - В. величина обратная динамическому коэффициенту вязкости;
  - С. величина обратно пропорциональная кинематическому коэффициенту вязкости;
  - Д. величина пропорциональная градусам Энглера.
2. Отличительным свойством жидкой среды от газообразной является:
  - А. свойство теплопроводности;
  - В. свойство текучести;
  - С. свойство сжимаемости;
  - Д. свойство растяжимости.
3. Сжимаемость это свойство жидкости:
  - А. изменять свою форму под действием давления;
  - В. изменять свой объем под действием давления;
  - С. сопротивляться воздействию давления, не изменяя свою форму;
  - Д. изменять свой объем без воздействия давления.
4. На какие виды разделяют действующие на жидкость внешние силы:
  - А. силы инерции и поверхностного натяжения;
  - В. внутренние и поверхностные;
  - С. массовые и поверхностные;
  - Д. силы тяжести и давления.
5. К группе объемных (массовых сил), действующих на жидкую среду относится сила:
  - А. давления;

- В. инерции;
  - С. трения;
  - Д. поверхностного расширения.
6. Отличие от силы трения, возникающей при движении твердых тел, сила трения в потоке жидкости не зависит от:
- А. упругой деформации сдвига слоев жидкости;
  - В. вязкости жидкости;
  - С. скорости течения слоев жидкости;
  - Д. давления в жидкости.
7. Реальной жидкостью называется жидкость:
- А. не существующая в природе;
  - В. находящаяся при реальных условиях;
  - С. в которой присутствует внутреннее трение;
  - Д. способная быстро испаряться.
8. Идеальной жидкостью называется:
- А. жидкость, в которой отсутствует внутреннее трение;
  - В. жидкость, подходящая для применения;
  - С. жидкость, способная сжиматься;
  - Д. жидкость, существующая только в определенных условиях.
9. Какие силы называются массовыми:
- А. сила тяжести и сила инерции;
  - В. сила молекулярная и сила тяжести;
  - С. сила инерции и сила гравитационная;
  - Д. сила давления и сила поверхностная.
10. Величина касательного напряжения (напряжение силы трения) в потоке жидкости согласно закону ньютона прямо пропорциональна скорости угловой деформации сдвига, определяемой по формуле, в которой коэффициент пропорциональности называется:
- А. коэффициент вязкого трения;
  - В. кинематический коэффициент вязкости;
  - С. коэффициент структурной вязкости;
  - Д. динамического коэффициента вязкости.
11. Внутреннее течение жидкой среды отличается от внешнего течения:
- А. отсутствием струйчатой структуры потока;

- В. отсутствием в потоке трения;
- С. наличием свободной поверхности;
- Д. наличием ограничивающих поток твердых стенок.

12. Напорным движением жидкости называется:

- А. движение жидкости под напором;
- В. внутреннее течение, когда поток со всех сторон ограничен твердыми стенками;
- С. движение, обусловленное силой гравитационного притяжения;
- Д. движение, при котором один поток напирает на другой.

**6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

6.1 Итоговый контрольный тест доступен студенту только во время тестирования, согласно расписания занятий или в установленное деканатом время.

6.2. Студент информируется о результатах текущей успеваемости.

6.3 Студент получает информацию о текущей успеваемости, начислении бонусных баллов и допуске к процедуре итогового тестирования от преподавателя или в ЭИОС.

6.4. Производится идентификация личности студента.

6.5. Студентам, допущенным к промежуточной аттестации, открывается итоговый контрольный тест.

6.6. Тест закрывается студентом лично по завершении тестирования или автоматически по истечении времени тестирования.