

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Набережночелнинский институт (филиал)  
Автомобильное отделение



Утверждаю

Первый заместитель директора  
НЧИ КФУ Симонова Л. А.



\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Гидро- и пневмоавтоматика Б1.О.13

Направление подготовки: 13.03.03 - Энергетическое машиностроение

Профиль подготовки: Двигатели внутреннего сгорания

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

**Автор(ы):** Болдырев С.В.

**Рецензент(ы):** Исрафилов И.Х.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Исрафилов И. Х.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Учебно-методическая комиссия Высшей инженерной школы (Автомобильное отделение) (Набережночелнинский институт (филиал)):

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
  - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
  - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
  - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
  - 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
  - 7.1. Основная литература
  - 7.2. Дополнительная литература
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. Болдырев С.В. (Кафедра высокоэнергетических процессов и агрегатов, Отделение информационных технологий и энергетических систем), SVBoldyrev@kpfu.ru

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-5	Способен проводить измерения физических величин, определяющих работу энергетических машин и установок

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

- задачи механики жидкости и газа, методы их решения;
- понятия, гипотезы и допущения, применяемые при описании состояния покоя и движения сплошной среды;
- законы сохранения массы, количества движения и энергии;
- основы теории пограничного слоя;
- особенности определения усилий, возникающих при обтекании тел;
- основные элементы теории гидродинамического подобия;
- особенности течения газа в решетках турбомашин.

Должен уметь:

- использовать уравнения, описывающие движение идеальной и реальной сплошной среды при дозвуковых и сверхзвуковых скоростях;
- отображать термодинамические процессы, происходящие в газовых потоках на диаграммах p-v, T-s (течения газа через сопло, диффузор, компрессор).

Должен владеть:

- навыками расчета течений в каналах, трубопроводах и аппаратах;
- навыками расчета течений газа с подводом/отводом тепла;
- навыками использования газодинамических функций;
- навыками применения методов и средств измерения характеристик течений жидкостей и газов.

Должен демонстрировать способность и готовность:

- применять полученные знания на практике.

### 2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.О.13 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 13.03.03 "Энергетическое машиностроение (Двигатели внутреннего сгорания)" и относится к обязательным дисциплинам.

Осваивается на 2 курсе в 4 семестре.

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 36 часа(ов), в том числе лекции - 18 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 18 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 36 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 4 семестре.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение	4	4	0	4	9
2.	Тема 2. Гидростатика	4	4	0	4	9
3.	Тема 3. Гидродинамика	4	5	0	5	9
4.	Тема 4. Газодинамика	4	5	0	5	9
	Итого		18	0	18	36

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Введение

Введение в дисциплину. Предмет механики жидкости и газа. Задачи дисциплины. Методы дисциплины. Модели жидкой среды (идеальная жидкость и др.). Гипотеза сплошности (неразрывности) среды. Силы, действующие на жидкость (поверхностные и массовые силы). Давление в жидкости. Основные физические свойства жидкостей и газов.

### Тема 2. Гидростатика

Гидростатика. Гидростатическое давление и его свойства. Основное уравнение гидростатики. Дифференциальные уравнения равновесия жидкости и их интегрирование для простейшего случая. Пьезометрическая высота. Вакуум. Измерение давления. Сила давления жидкости на плоскую стенку. Сила давления жидкости на криволинейные стенки. Плавание тел. Закон Архимеда. Прямолинейное равноускоренное движение сосуда с жидкостью. Равномерное вращение сосуда с жидкостью.

### Тема 3. Гидродинамика

Кинематика и динамика жидкости. Основные понятия. Линия тока, трубка тока, струйка тока, струйчатая модель потока. Расход. Уравнения расхода. Уравнение неразрывности в дифференциальной форме. Уравнение неразрывности для потока жидкости в трубе. Дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости и их интегрирование. Уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной жидкости и для потока реальной (вязкой) жидкости. Гидравлические потери. Уравнение Бернулли для относительного движения. Примеры использования уравнения Бернулли в технике. Применение уравнения количества движения к жидкости. Основы гидродинамического подобия. Критерии подобия. Режимы течения жидкости в трубах. Кавитация. Ламинарное течение. Теория ламинарного течения в круглых трубах. Начальный участок ламинарного течения. Ламинарное течение в зазоре между двумя стенками и в прямоугольных трубах. Турбулентное течение. Основные сведения. Турбулентное течение в шероховатых и некруглых трубах. Местные гидравлические сопротивления. Общие сведения. Внезапное расширение канала. Внезапное сужение канала. Диффузоры и конфузоры. Поворот канала. Местные сопротивления при ламинарном течении. Истечение жидкости через малое отверстие в тонкой стенке при постоянном напоре. Истечение при несовременном сжатии. Истечение под уровень. Истечение через насадки при постоянном напоре. Истечение через отверстия и насадки при переменном напоре (опорожнение сосудов). Гидравлический расчет трубопроводов. Простой трубопровод постоянного сечения. Соединения простых трубопроводов. Сложные трубопроводы. Трубопроводы с насосной подачей жидкости. Неустановившееся движение жидкости в жестких трубах. Инерционный напор. Гидравлический удар. Взаимодействие потока с ограничивающими его стенками. Силы действия потока на стенки канала. Сила действия струи на стенку.

### Тема 4. Газодинамика

Основы газодинамики. Уравнение энергии. Обобщенное уравнение Бернулли для газа. Адиабатное, энергоизолированное, изоэнтропное и другие виды течений газа. Параметры торможения. Скорость звука, максимальная скорость, критическая скорость. Безразмерные скорости: число Маха, приведенные скорости. Газодинамические функции параметров торможения. Связь между скоростью и площадью поперечного сечения в энергоизолированном изоэнтропном потоке. Газодинамические функции расхода. Режимы течения газа в канале, имеющем горло. Построение термодинамических процессов, происходящих в газовых потоках в диаграммах  $p-v$ ,  $T-s$  (течения газа через сопло, диффузор, компрессор). Течение газа с подводом/отводом тепла. Течение газа в решетках турбомашин.

## 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301).

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений".

Положение от 29 декабря 2018 г. № 0.1.1.67-08/328 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

## 6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

### 6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
<b>Семестр 4</b>			
<i>Текущий контроль</i>			
1	Устный опрос	ОПК-5	1. Введение 2. Гидростатика 3. Гидродинамика 4. Газодинамика
2	Лабораторные работы	ОПК-5	2. Гидростатика 3. Гидродинамика 4. Газодинамика
3	Контрольная работа	ОПК-5	1. Введение 2. Гидростатика 3. Гидродинамика
	<i>Экзамен</i>	ОПК-5	

### 6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания			Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	
<b>Семестр 4</b>				
<b>Текущий контроль</b>				

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	1
Лабораторные работы	Оборудование и методы использованы правильно. Проявлена превосходная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения полностью освоены. Результат лабораторной работы полностью соответствует её целям.	Оборудование и методы использованы в основном правильно. Проявлена хорошая теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения в основном освоены. Результат лабораторной работы в основном соответствует её целям.	Оборудование и методы частично использованы правильно. Проявлена удовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения частично освоены. Результат лабораторной работы частично соответствует её целям.	Оборудование и методы использованы неправильно. Проявлена неудовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения не освоены. Результат лабораторной работы не соответствует её целям.	2
Контрольная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	3

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<b>Экзамен</b>	Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.	Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	

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

**Семестр 4**

**Текущий контроль**

**1. Устный опрос**

Темы 1, 2, 3, 4

Вопросы по теме 1: предмет механики жидкости и газа, задачи и методы дисциплины, модели жидкой среды, гипотеза сплошности, массовые и поверхностные силы, ускорение, давление, касательное напряжение, плотность, удельный вес, вязкость, текучесть, сжимаемость, температурное расширение, поверхностное натяжение.

Вопросы по теме 2: свойства гидростатического давления, основное уравнение гидростатики, дифференциальные уравнения равновесия жидкости, пьезометрическая и вакуумметрическая высоты, приборы для измерения давления и их принцип действия, сила давления жидкости на плоскую и криволинейную стенки, сила Архимеда, поверхность равного давления, свободная поверхность, распределение давления в сосуде с жидкостью, совершающем прямолинейное равноускоренное движение, распределение давления в сосуде с жидкостью, равномерно вращающемся вокруг своей вертикальной оси.

Вопросы по теме 3: установившееся и неустановившееся течения, напорное и безнапорное течения, линия тока, траектория жидкой частицы, трубка тока, элементарная струйка, объемный и массовый расход, уравнение расхода, уравнение неразрывности в дифференциальной форме и для потока жидкости в трубе, дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости, уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной жидкости и для потока реальной (вязкой) жидкости, коэффициент Кориолиса, путевые и местные потери напора, формула Дарси-Вейсбаха, коэффициент гидравлического трения, коэффициент местного гидравлического сопротивления, уравнение Бернулли для относительного движения, примеры использования уравнения Бернулли в технике, уравнение количества движения жидкости, геометрическое, кинематическое, динамическое подобие, числа Ньютона, Эйлера, Рейнольдса, Фруда и др., режимы течения жидкости в трубах, ламинарное течение, турбулентное течение, переходный режим, гидравлический диаметр, гидравлический радиус, кавитация, давление насыщенного пара, число кавитации, ламинарное течение, распределение касательного напряжения и местной скорости движения жидкости в поперечном сечении круглой трубы, закон Пуазейля, определение расхода жидкости через круглую трубу, коэффициента гидравлического трения и коэффициента Кориолиса, начальный участок ламинарного течения, особенности ламинарного течения в зазоре между двумя стенками и в прямоугольных трубах, турбулентное течение, пульсации скорости и давления, траектории жидких частиц и линии тока в турбулентном потоке, касательное напряжение на стенке трубы и потери энергии при турбулентном течении жидкости, определение коэффициентов Кориолиса и гидравлического трения в шероховатых и некруглых трубах на различных режимах течения, понятие и примеры местных гидравлических сопротивлений, формула Вейсбаха, определение коэффициента местного сопротивления при внезапных расширениях и сужении канала, особенности течения в диффузорах, конфузорах, коленах и отводах, определение местных потерь напора при ламинарном течении жидкости, истечение при постоянном и переменном напорах жидкости в емкости, малое отверстие в тонкой стенке, определение скорости струи и расхода при истечении, коэффициенты сжатия струи, скорости, расхода, сопротивления для малого отверстия в тонкой стенке и для различных насадках, истечение при несовершенном сжатии, истечение под уровень, влияние числа Рейнольдса на коэффициенты, характеризующие истечение, особенности течения жидкости в конфузоре, диффузоре, сопле, цилиндрическом внутреннем и внешнем насадках, потребный напор, статический напор, простой трубопровод, сложный трубопровод, гидравлический расчет, характеристика трубопровода, расчет расходов и потерь напора при последовательном, параллельном, разветвленном соединениях трубопроводов, напор насоса, рабочая точка, характеристика трубопроводной сети, напорная характеристика насоса, уравнения Бернулли для всасывающей и нагнетающей магистралей насоса, определение напора насоса для замкнутой трубопроводной сети, инерционный напор при ускорении и замедлении жидкости в канале, уравнение Бернулли для неустановившегося движения жидкости в жестких трубах, понятие гидравлического удара, прямой и непрямоугольный гидроудары, полный и неполный гидроудары, фаза гидроудара, формула Жуковского, скорость распространения ударной волны, статическая и динамическая составляющие силы действия потока на стенки канала, сила действия струи на неподвижное коническое тело (а также частные случаи), сила действия струи на плоскую стенку, расположенную под углом к направлению потока.

Вопросы по теме 4: особенности физических свойств газовой среды, уравнение Клапейрона, уравнение энергии, обобщенное уравнение Бернулли для газа, особенности адиабатного, энергоизолированного, изоэнтропного и других видов течения газа, параметры торможения газа, скорость звука, максимальная скорость, критическая скорость, число Маха, приведенные скорости, газодинамические функции параметров торможения и расхода, уравнение Гююнио для энергоизолированного изоэнтропного потока, режимы течения газа в канале, имеющие горло, термодинамические процессы на диаграммах  $p-v$ ,  $T-s$  при течении газа через сопло, термодинамические процессы на диаграммах  $p-v$ ,  $T-s$  при течении газа через диффузор, термодинамические процессы на диаграммах  $p-v$ ,  $T-s$  при течении газа через компрессор, тепловое сопло, тепловое сопротивление, степень повышения температуры, тепловой кризис, гидродинамические, кольцевые, круговые, прямолинейные, плоские решетки, подъемная сила, сила лобового сопротивления, профильное сопротивление крыла, индуктивное сопротивление крыла, волновое сопротивление крыла, аэродинамическое качество, геометрические параметры решетки (фронт, ось, установочный угол, хорда профиля, угол атаки, угол отставания потока), диффузорные решетки, активные решетки, конфузорные решетки, формула Жуковского.

## 2. Лабораторные работы

Темы 2, 3, 4

1. Измерение гидростатического давления, экспериментальное подтверждение основного уравнения гидростатики и закона Паскаля.
2. Определение формы свободной поверхности жидкости в равномерно вращающемся вокруг вертикальной оси цилиндрическом сосуде.
3. Исследование потока жидкости в канале переменного сечения.
4. Тарировка сужающихся расходомеров.
5. Исследование режимов движения жидкости в цилиндрической трубе.
6. Определение коэффициента гидравлического трения.
7. Определение коэффициента потерь в местных гидравлических сопротивлениях.
8. Исследование истечения жидкости из отверстий и насадков при постоянном напоре.
9. Исследование прямого гидравлического удара в напорном трубопроводе.
10. Исследование обтекания воздухом крылового профиля.

## 3. Контрольная работа

Темы 1, 2, 3

[https://shelly.kpfu.ru/pls/student/docs/F\\_1082337453/kontr.Mehan.zhidk.\\_i\\_gaza.pisch..pdf](https://shelly.kpfu.ru/pls/student/docs/F_1082337453/kontr.Mehan.zhidk._i_gaza.pisch..pdf)



## Экзамен

Вопросы к экзамену:

1. Введение. Предмет механики жидкости и газа. Задачи механики жидкости и газа. Используемые методы. Модели жидкой среды. Гипотеза сплошности среды.
2. Силы, действующие на жидкость. Массовые силы. Поверхностные силы. Единичные массовые и поверхностные силы. Ускорения. Напряжения.
3. Основные физические свойства жидкостей и газов. Плотность. Удельный вес.
4. Основные физические свойства жидкостей и газов. Текучесть. Вязкость.
5. Основные физические свойства жидкостей и газов. Сжимаемость жидкостей и газов.
6. Основные физические свойства жидкостей и газов. Температурное расширение жидкостей.
7. Основные физические свойства жидкостей и газов. Поверхностное натяжение.
8. Гидростатика. Гидростатическое давление и его свойства. Основное уравнение гидростатики.
9. Дифференциальные уравнения равновесия жидкости. Интегрирование дифференциальных уравнений равновесия жидкости для случая, когда на жидкость действует только сила тяжести.
10. Дифференциальное уравнение поверхности равного давления. Свободная поверхность. Интегрирование дифференциального уравнения поверхности равного давления для случая, когда на жидкость действует только сила тяжести.
11. Прямолинейное равноускоренное движение сосуда с жидкостью.
12. Равномерное вращение сосуда с жидкостью. Уравнение свободной поверхности. Давление в жидкости при равномерном вращении сосуда.
13. Измерение пьезометрического напора. Пьезометр. Измерение атмосферного давления. Ртутный барометр. Барометр-анероид.
14. Измерение избыточного давления. Пружинные манометры. Жидкостные U-образные манометры. Жидкостные чашечные манометры.
15. Измерение вакуумметрического давления. Жидкостные вакуумметры.
16. Определение величины и точки приложения силы давления жидкости на плоскую стенку.
17. Сила давления жидкости на криволинейные стенки на примере цилиндрической стенки.
18. Плавание тел. Закон Архимеда.
19. Кинематика и динамика жидкости. Установившееся и неустановившееся течения жидкости. Траектория жидкой частицы. Линия тока.
20. Кинематика и динамика жидкости. Трубка тока, струйка тока, струйчатая модель потока. Напорное и безнапорное течения жидкости.
21. Расход. Объемный и массовый расходы. Уравнения расхода. Уравнения неразрывности для элементарной струйки и для потока жидкости в трубе.
22. Уравнение неразрывности в дифференциальной форме.
23. Дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости.
24. Интегрирование дифференциальных уравнений движения идеальной жидкости для случая, когда на жидкость действует только сила тяжести.
25. Уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной жидкости. Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли.
26. Уравнение Бернулли для потока реальной (вязкой) жидкости. Путевые и местные гидравлические потери напора. Коэффициент Кориолиса.
27. Уравнение Бернулли для относительного движения.
28. Примеры использования уравнения Бернулли в технике.
29. Применение уравнения количества движения к жидкости.
30. Основы гидродинамического подобия. Числа подобия.
31. Режимы течения жидкости в трубах. Опыты Рейнольдса.
32. Кавитация.
33. Теория ламинарного течения в круглых трубах. Профиль скорости в поперечном сечении. Расход. Закон Пуазейля.
34. Теория ламинарного течения в круглых трубах. Путевые потери напора. Коэффициент гидравлического трения. Коэффициент Кориолиса.
35. Теория ламинарного течения в круглых трубах. Начальный участок ламинарного течения.
36. Ламинарное течение в зазоре между двумя стенками. Ламинарное течение в прямоугольных трубах.
37. Турбулентное течение. Основные сведения.
38. Турбулентное течение в шероховатых и некруглых трубах. Путевые потери напора.
39. Местные гидравлические сопротивления. Общие сведения. Примеры местных сопротивлений. Причины потерь напора в местных сопротивлениях.
40. Местные гидравлические сопротивления. Общие сведения. Коэффициент местного сопротивления. Определение потерь напора в местных сопротивлениях.
41. Внезапное расширение канала. Геометрические параметры. Структура течения. Коэффициент местного сопротивления (теорема Борда).

42. Геометрические параметры, структура течения и коэффициент местного сопротивления для внезапного сужения канала, диффузоров и конфузоров.
43. Геометрические параметры, структура течения и коэффициент местного сопротивления для плавного (колена) и резкого (отвод) поворота канала.
44. Истечение жидкости через малое отверстие в тонкой стенке при постоянном напоре. Истечение при несовершенном сжатии. Истечение под уровень.
45. Истечение через внешний цилиндрический насадок при постоянном напоре. Режимы течения.
46. Истечение через коноидальный (сопло), диффузорный и внутренний цилиндрический насадки при постоянном напоре.
47. Истечение через отверстия и насадки при переменном напоре.
48. Гидравлический расчет трубопроводов. Простой трубопровод постоянного сечения. Соединения простых трубопроводов.
49. Гидравлический расчет трубопроводов. Сложные трубопроводы.
50. Гидравлический расчет трубопроводов. Трубопроводы с насосной подачей жидкости. Схемы с разомкнутой и замкнутой циркуляцией жидкости.
51. Неустановившееся движение жидкости в жестких трубах. Инерционный напор.
52. Стадии гидравлического удара. Формула Жуковского. Полный и неполный, прямой и непрямоугольный гидроудары. Скорость распространения ударной волны.
53. Взаимодействие потока с ограничивающими его стенками. Силы действия потока на стенки канала. Сила действия струи на стенку.
54. Газодинамика. Уравнение энергии. Обобщенное уравнение Бернулли для газа.
55. Адиабатное, энергоизолированное, изоэнтропное и другие виды течений газа.
56. Параметры торможения газа.
57. Скорость звука, максимальная скорость, критическая скорость. Безразмерные скорости: число Маха, приведенные скорости.
58. Газодинамические функции параметров торможения.
59. Связь между скоростью и площадью поперечного сечения в энергоизолированном изоэнтропном потоке.
60. Газодинамические функции расхода.
61. Режимы течения газа в канале, имеющем горло.
62. Построение термодинамических процессов, происходящих в газовых потоках в диаграммах  $p-v$ ,  $T-s$  (течения газа через сопло, диффузор, компрессор).
63. Течение газа с подводом/отводом тепла.
64. Течение газа в решетках турбомашин.

#### 6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
<b>Семестр 4</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	1	10

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Лабораторные работы	В аудитории, оснащённой соответствующим оборудованием, обучающиеся проводят учебные эксперименты и тренируются в применении практико-ориентированных технологий. Оцениваются знание материала и умение применять его на практике, умения и навыки по работе с оборудованием в соответствующей предметной области.	2	20
Контрольная работа	Контрольная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	3	20
<b>Экзамен</b>	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

## 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

### 7.1 Основная литература:

1. Моргунов, К.П. Механика жидкости и газа [Электронный ресурс]: Учебное пособие. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб. : Издательство 'Лань', 2018. - 208 с.: ил. - ISBN 978-5-8114-3278-3. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/109512/#2>
2. Лозовецкий, В.В. Расчет и проектирование электрогидравлических систем и оборудования транспортно-технологических машин [Электронный ресурс]: Учебник / В.В. Лозовецкий, Е.Г. Комаров, Г.И. Кольниченко, В.П. Мурашев; Под ред. В.В. Лозовецкого. - 2-е изд., испр. - СПб. : Издательство 'Лань', 2017. - 420 с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-2101-5. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/92616/#2>
3. Ивановский, Ю.К. Основы теории гидропривода [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Ю.К. Ивановский, К.П. Моргунов. - СПб. : Издательство 'Лань', 2018. - 200 с. - ISBN 978-5-8114-2955-4. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/102590/#2>

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Гиргидов, А.Д. Механика жидкости и газа (гидравлика) [Электронный ресурс]: учебник. - М.: ИНФРА-М, 2018. - 704 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - [www.dx.doi.org/10.12737/1449](http://www.dx.doi.org/10.12737/1449). - ISBN 978-5-16-013367-6 (print). - ISBN 978-5-16-102189-7 (online) - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=926430>
2. Сазанов, И.И. Гидравлика [Электронный ресурс]: учебник / И.И. Сазанов, А.Г. Схиртладзе, В.И. Иванов. - М.: КУРС: ИНФРА-М, 2017. - 320 с. - ISBN 978-5-906818-77-5 (КУРС). - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=601869>
3. Штеренлихт, Д.В. Гидравлика [Электронный ресурс]: Учебник. - 5-е изд., стер. - СПб. : Издательство 'Лань', 2015. - 656 с. - ISBN 978-5-8114-1892-3. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/64346/#2>
4. Ухин, Б.В. Гидравлика [Электронный ресурс]: учебное пособие. - М.: ИД 'ФОРУМ': ИНФРА-М, 2014. - 464 с.: ил. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-8199-0380-3 (ИД 'ФОРУМ'). - ISBN 978-5-16-003450-8 (ИНФРА-М). - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=450853>
5. Семенов, В.П. Основы механики жидкости [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.П. Семенов. - М. : ФЛИНТА, 2013. - 375 с. - ISBN 978-5-9765-0870-5. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=462982>

## 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

- Видеоуроки по гидравлике - [http://www.techgidravlika.ru/view\\_video\\_menu.php?id=1](http://www.techgidravlika.ru/view_video_menu.php?id=1)
- Виртуальная лаборатория 'Гидравлика' (Тверской государственный технический университет, 2009) - <http://cdokp.tstu.tver.ru/site.center/vlab.aspx?lab=hydro>
- Журнал 'Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа' (Изв. РАН. МЖГ) - <http://mzg.ipmnet.ru/ru/>
- Консультант Плюс - <http://www.consultant.ru/>
- Научная электронная библиотека - <http://elibrary.ru/>
- Сетевые ресурсы КФУ - <http://kpfu.ru/library/setevye-resursy/>

ЭБС ZNANIUM.COM - <http://znanium.com/>

ЭБС Издательства Лань - <http://e.lanbook.com/>

ЭБС Консультант студента - <http://www.studentlibrary.ru/>

ЭБС Университетская библиотека online - <http://biblioclub.ru>

### 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий преподаватель устно, в логически выдержанной форме излагает новый учебный материал, который конспектируется студентами с оставлением (по возможности) полей для заметок и комментариев (дополнений лекционного материала по результатам самостоятельного изучения рекомендуемой литературы). Обучающиеся задают преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, анализа информации, решения проблемных задач и др. При подготовке к лекционным и иным занятиям может понадобиться материал, изучавшийся на курсах: 'Математика', 'Физика' и др. Поэтому стоит обращаться к соответствующим источникам (учебникам, монографиям, статьям).
лабораторные работы	Работа обучающихся на лабораторных занятиях подразумевает выполнение натуральных и виртуальных экспериментов как на испытательных стендах, так и на компьютерах, последующую обработку экспериментальных данных с использованием специализированных компьютерных программ, оформление и защиту лабораторных работ.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа обучающихся подразумевает в первую очередь проработку лекционного материала с использованием рекомендуемой учебной литературы и освоение учебного материала, вынесенного на самостоятельное изучение. Она также включает в себя подготовку к устным опросам, лабораторным занятиям и экзамену.
контрольная работа	Выполнение контрольной работы подразумевает самостоятельное решение обучающимися задач, согласно указаниям преподавателя. При этом студентам необходимо опираться как на лекционный материал, так и на справочную, нормативную и иную литературу, а также на решения задач, рассмотренных на учебных занятиях.
устный опрос	Для подготовки к устным опросам рекомендуется выделять в материале проблемные вопросы, затрагиваемые преподавателем в лекции, и группировать информацию вокруг них. Желательно выделять в используемой литературе постановки вопросов, на которые разными авторами могут быть даны различные ответы. На основании постановки таких вопросов следует собирать аргументы в пользу различных вариантов решения поставленных задач. В текстах авторов, таким образом, следует выделять следующие компоненты: постановка проблемы; варианты решения; аргументы в пользу тех или иных вариантов решения. На основе выделения этих элементов проще составлять собственную аргументированную позицию по рассматриваемому вопросу.
экзамен	При подготовке к экзамену необходимо, прежде всего, опираться на конспект лекций, а также на источники, которые разбирались на лабораторных занятиях в течение изучения курса. На экзамене обучающийся отвечает на вопросы в выбранном билете (каждый билет содержит по два вопроса из приведенного выше списка).

### 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Освоение дисциплины "Гидро- и пневмоавтоматика" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 2010 Professional Plus Russian

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.

### **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Освоение дисциплины "Гидро- и пневмоавтоматика" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Специализированная лаборатория оснащена оборудованием, необходимым для проведения лабораторных работ, практических занятий и самостоятельной работы по отдельным дисциплинам, а также практик и научно-исследовательской работы обучающихся. Лаборатория рассчитана на одновременную работу обучающихся академической группы либо подгруппы. Занятия проводятся под руководством сотрудника университета, контролирующего выполнение видов учебной работы и соблюдение правил техники безопасности. Качественный и количественный состав оборудования и расходных материалов определяется спецификой образовательных программ.

### **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;

- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 13.03.03 "Энергетическое машиностроение" и профилю подготовки Двигатели внутреннего сгорания .