

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**  
**Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском**

---

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Теплоэнергетические системы и цифровые технологии, Интеллектуальная распределенная энергетика, Цифровые системы управления технологическими процессами

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ГИДРОГАЗОДИНАМИКА**

Блок	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы	Обязательная
Индекс дисциплины по учебному плану	Б1.О.15
Трудоемкость в зачетных единицах	4
Часов (всего) по учебному плану	144
Лекции	4 семестр - 16 часов
Практические занятия	4 семестр - 16 часов
Лабораторные работы	4 семестр - 16 часов
Консультации по курсовому проекту/ работе	учебным планом не предусмотрены
Самостоятельная работа	4 семестр - 60 часов
включая: РГР	учебным планом не предусмотрена
Промежуточная аттестация: экзамен	4 семестр – 2,5 часа
Контроль: экзамен	4 семестр - 33,5 часа

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Доцент кафедры Энергетики,

К.Г.-М.Н., доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

М.В. Трохимчук

(расшифровка подписи)

И.о. заведующего кафедрой Энергетики

(название кафедры)



(подпись)

М.С. Иваницкий

(расшифровка подписи)

Руководитель образовательных программ Теплоэнергетические системы и цифровые технологии, Интеллектуальная распределенная энергетика

Доцент кафедры Энергетики,

К.Т.Н., доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

М.М. Султанов

(расшифровка подписи)

Руководитель образовательной программы Цифровые системы управления технологическими процессами

Доцент кафедры Энергетики,

К.Т.Н., доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

И.А. Болдырев

(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

И.о. заведующего кафедрой Энергетики

(название кафедры)



(подпись)

М.С. Иваницкий

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины** состоит в формировании представлений о существующих методах решения задач гидрогазодинамики, возникающих при проектировании и эксплуатации энергетических машин, аппаратов и устройств.

**Задачами дисциплины являются:**

- освоение методов решения инженерных задач;
- формулировка и решение задачи, связанных с проектированием и эксплуатацией гидравлических и пневматических систем, газо-воздушных и пароводяных трактов энергетического оборудования;
- описание принципов действия и устройств, проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений;
- выполнение технических расчетов по проектам, технического анализа эффективности проектных решений;
- оценка инновационного потенциала проекта;
- разработка методической и технической документации, предложений и мероприятий по реализации разработанных проектов и программ;
- разработка рабочих планов и технических программ, подготовка отдельных заданий для исполнителей;
- сбор, обработка, анализ и систематизация технической информации по теме исследования, выбор методик и средств решения задачи;
- разработка методики и организация проведения экспериментов и испытаний, анализ их результатов;
- подготовка технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных исследований;
- поиск оптимальных решений при создании продукции с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты;
- обеспечение бесперебойной работы, правильной эксплуатации, ремонта и модернизации энергетического, теплотехнического и технологического оборудования, подготовка обоснований технического перевооружения, развития энергохозяйства, реконструкции и модернизации систем энергоснабжения.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ОПК-3 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ОПК-3.2. Применяет знания основ гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установок и систем	<b>знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- основные понятия и методы математического анализа, аналитической геометрии и алгебры, дискретной математики, теории вероятностей и статистики;</li><li>- фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики в области механики,</li><li>- основные понятия, термины и законы химии, современные конструкционные материалы и их физико-химические свойства,</li><li>- государственную систему стандартизации, международные стандарты.</li></ul>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		<b>уметь:</b> -осуществлять анализ данных, необходимых для решения поставленных задач управления технической системой - использовать в практической деятельности правила деловой устной и письменной речи; - работать с методами решения нестандартных задач - применять современные методы исследования, проводить технические испытания, оценивать результаты выполненной работы; - оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы; - планировать и участвовать в проведении плановых испытаний технологического оборудования.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к части обязательных дисциплин блока дисциплин 1 по направлению подготовки Бакалавр 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (профиль: Теплоэнергетические системы и цифровые технологии).

Дисциплина базируется на дисциплинах: Высшая математика, Физика, Теоретическая механика, Информатика.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин: «Водоподготовка (профиль 1)», «Котельные установки (профиль 1)», при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы								Содержание самостоятельной работы (с указанием № источника по п. 5.1 и страниц в нем)	
				Контактная						СР	Конт- роль		
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИККП	ПА				
1	Основные понятия и определения гидрогазодинамики. Свойства жидкостей и газов.	14	4	2	2	4	—	—	—	6	—	Изучение теоретического и практического материала: [1], стр. 4-15. [2], стр. 6-10. Выполнение домашнего задания: [4], № 1.1 - 1.6 стр. 10-11.	
2	Гидростатика	10	4	2	2		—	—	—	6	—	Изучение теоретического и практического материала: [1], стр. 15-34. [2], стр. 20-28. Выполнение домашнего задания: [3], № 1.1, 1.3, 1.4, 1.6, 1.15, 1.25, 1.38 [4], № 2.1 - 2.7 стр. 14-15.	
3	Основные законы движения жидкостей	14	4	2	2	4	—	—	—	6	—	Изучение теоретического и практического материала: [1], стр. 34 -57, 82-93. Выполнение домашнего задания: [3], № 2.1, 2.3, 2.5, 2.6, 2.10 [4], № 3.1, 3.2 стр. 21.	
4	Гидростатические сопротивления и распределение скоростей по сечению потока при движении жидкости в трубах	14	4	2	2	4	—	—	—	6	—	Изучение теоретического и практического материала: [1], стр. 57-147. Выполнение домашнего задания: [3], № 3.2, 3.3, 3.5 – 3.9, 4.1, 5.1-5.5 [4], № 4.1 , 4.4., 4,7 стр. 27-28.	
5	Движение жидкости в открытых руслах	9	4	2	1	-	—	—	—	6	—	Изучение теоретического и практического материала: [1], стр. 159-214. Выполнение домашнего задания: [3], № 6.1 -6.7	
6	Истечение жидкости из	14	4	2	2	4	—	—	—	6	—	Изучение теоретического и	

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы								Содержание самостоятельной работы (с указанием № источника по п. 5.1 и страниц в нем)	
				Контактная						СР	Конт- роль		
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИККП	ПА				
	отверстий и насадков											практического материала: [1], стр. 105-117. Выполнение домашнего задания: [3], № 7.1, 7.3, 7.5-7.9 [4], № 5.1, 5.2 , 5.12 стр. 44, 47.	
7	Гидравлический расчет сооружений на каналах	9	4	1	2	–	–	–	–	6	–	Изучение теоретического и практического материала: [2], стр. 159-167. Выполнение домашнего задания: [3], № 8.1, 8.3, 8.6, 8.9, 8.10.	
8	Фильтрация	8	4	1	1	–	–	–	–	6	–	Изучение теоретического и практического материала: [2], стр. 190-220. Выполнение домашнего задания: [3], № 9.3-9.8	
9	Воздействие потока и твердого тела	8	4	1	1	–	–	–	–	6	–	Изучение теоретического и практического материала: [2], стр. 225-232. Выполнение домашнего задания: [3], № 10.1-10.5.	
10	Гидравлическое моделирование	8	4	1	1	–	–	–	–	6	–	Изучение теоретического и практического материала: [2], стр. 256-278. Выполнение домашнего задания: [3], № 12.1-12.6	
	Экзамен	36	4	–	–	–	–	–	2,5	–	33,5	Экзамен проводится в устной форме по билетам согласно программе экзамена	
	<i>Итого за семестр</i>	<i>144</i>		<i>16</i>	<i>16</i>	<i>16</i>	–	–	<i>2,5</i>	<i>60</i>	<i>33,5</i>		

Примечание: Лек – лекции; Пр – практические занятия; Лаб – лабораторные работы; КПР – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ПА – промежуточная аттестация; СР – самостоятельная работа студента.

### **3.2. Краткое содержание разделов**

#### 1. Основные понятия и определения гидрогазодинамики. Свойства жидкостей и газов.

Основные понятия и определения гидрогазодинамики. Предмет исследования. Плотность, вязкость, сжимаемость, температурное расширение, поверхностное натяжение, капиллярный эффект, вспениваемость, испаряемость, растворимость газов.

#### 2. Гидростатика

Гидростатическое давление. Сила суммарного давления на плоские поверхности. Сила суммарного давления на цилиндрические поверхности. Закон Архимеда и его приложение.

#### 3. Основные законы движения жидкостей

Основные понятия о движении жидкости. Уравнение постоянства расхода. Виды движения жидкостей и газов. Установившееся и неустановившееся, равномерное и неравномерное, напорное и безнапорное, потенциальное и вихревое, ламинарное и турбулентное. Уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной жидкости. Решение задач гидромеханики на основе теории подобия. Приведение системы дифференциальных уравнений гидромеханики к безразмерному виду. Критерии гидромеханического подобия. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости.

#### 4. Гидростатические сопротивления и распределение скоростей по сечению потока при движении жидкости в трубах

Расчет инженерных систем. Расчет трубопроводов. Методика расчета простых трубопроводов. Методика расчета сложных трубопроводов. Аналитические и графические методы решения задач по расчету трубопроводных систем. Потери напора на трение по длине трубопровода. Распределение скоростей по сечению потока. Гидравлический расчет напорных трубопроводов. Местные потери напора в трубах. Кавитация. Гидравлический удар в трубах. Формула Жуковского. Прямой и не прямой гидравлический удар. Методы предотвращения гидравлических ударов.

#### 5. Движение жидкости в открытых руслах

Формула Шези. Формулы для определения коэффициента Шези. Основные зависимости для гидравлического расчета каналов. Форма поперечного сечения канала. Гидравлические расчеты каналов замкнутого сечения. Распределение скоростей в каналах.

#### 6. Истечение жидкости из отверстий и насадков

Истечение жидкости из малых отверстий в тонкой стенке сосуда в атмосферу. Истечение жидкости из больших отверстий в атмосферу. Истечение под уровень. Истечение из насадков, из-под щита.

#### 7. Гидравлический расчет сооружений на каналах

Местные сопротивления в открытых руслах. Решетки. Водосливы. Влияние бокового сжатия и затопления водосливов. Водомерные лотки.

#### 8. Фильтрация

Основные понятия. Коэффициент фильтрации. Ламинарная и турбулентная фильтрация. Приток грунтовой воды к сооружениям.

#### 9. Воздействие потока и твердого тела

Давление потока на преграду. Сопротивление тел в жидкости. Обтекание шара. Гидравлическая крупность.

#### 10. Гидравлическое моделирование

Гидравлическое подобие. Моделирование течений в напорных трубопроводах. Моделирование равномерных течений в открытых неразмываемых руслах.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Расчет основных свойств жидкости (2 часа).
2. Расчет процесса распыливания жидкости (2 часа).
3. Построение энергетических линий потока с учетом потерь по длине и в местных сопротивлениях (2 часа).
4. Оптимизация угла раскрытия диффузора (2 часа).
5. Расчет простого трубопровода (1 час).
6. Профилирование сопла (2 часа).

7. Получение чисел подобия методом анализа размерностей на основании  $\pi$  - теоремы. Уравнение подобия (2 часа).
8. Гидравлические потери и принципы их расчёта (1 час).
9. Основное уравнение гидростатики. Определение силы давления на плоские и криволинейные стенки (1 час).
10. Относительный покой жидкости (1 час).

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Вводное занятие. Описание гидростенда ГС. Измерение скоростей движения жидкости. Определение зависимости вязкости воды от ее температуры (4 часа).
2. Измерение статического давления жидкости в плавно сужающихся и расширяющихся трубах. Исследование режимов течения жидкости (4 часа).
3. Определение области сопротивления, которое соответствует турбулентному течению жидкости. Движение жидкости в трубе переменного сечения. Гидравлические потери при движении вязкой жидкости. (4 часа).
4. Истечение жидкости через круглое, квадратное и треугольное отверстие. Истечение жидкости из внешнего цилиндрического насадка. Истечение жидкости из внешнего сужающего насадка. Исследование процесса истечения жидкости через отверстия и насадки. Кавитация в потоке жидкости (4 часа).

### **3.5. РГР**

Учебным планом не предусмотрены.

### **3.6. Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/курсовая работа учебным планом не предусмотрены.



### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Номер и наименование результатов образования по дисциплине (в соответствии с разделом 3)	Индекс компетенции	Формы контроля											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<b>Знать:</b>													
основные понятия и методы математического анализа, аналитической геометрии и алгебры, дискретной математики, теории вероятностей и статистики	ОПК-3.2.		X										Тест «Красивые условия при решении задач ГТД»
фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики в области механики	ОПК-3.2.	X											Контрольная работа «Свойства жидкостей и газов
основные понятия, термины и законы химии, современные конструкционные материалы и их физико-химические свойства	ОПК-3.2.			X									Лабораторная работа №1
государственную систему стандартизации, международные стандарты	ОПК-3.2.							X					Тест «Расчет давления жидкости на твердые поверхности»
<b>Уметь:</b>													
осуществлять анализ данных, необходимых для решения поставленных задач управления технической системой	ОПК-3.2.				X								Лабораторная работа №2
использовать в практической деятельности правила деловой устной и письменной речи	ОПК-3.2.					X							Тест «Течение газов по каналам переменного сечения»
работать с методами решения нестандартных задач	ОПК-3.2.						X						Контрольная работа «Дифференциальное уравнение неразрывности»
применять современные методы исследования, проводить технические испытания, оценивать результаты выполненной работы	ОПК-3.2.								X				Контрольная работа «Коэффициент фильтрации»
оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы	ОПК-3.2.									X			Лабораторная работа №3
планировать и участвовать в проведении плановых испытаний технологического оборудования.	ОПК-3.2.										X		Лабораторная работа №4

#### **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости по дисциплине:**

– тесты:

1. Тест «Краевые условия при решении задач ГГД»
2. Тест «Расчет давления жидкости на твердые поверхности»
3. Тест «Течение газов по каналам переменного сечения»

– контрольные работы:

1. Контрольная работа «Свойства жидкостей и газов»
2. Контрольная работа «Дифференциальное уравнение неразрывности»
3. Контрольная работа «Коэффициент фильтрации»

– защита лабораторных работ.

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

##### **4.2. Промежуточная аттестация по дисциплине (части дисциплины):**

Экзамен.

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **5.1. Печатные и электронные издания:**

1. **Гидравлика, гидромашины и гидроприводы : учебник для студентов вузов / Т. М. Башта [и др.].** - 2-е изд., перераб. - репр. воспроизведение изд. 1982 г. - М. : Альянс, 2013. - 423 с.
2. **Моргунов, К. П.** Гидравлика [Электронный ресурс] : учебник / К. П. Моргунов. - Электрон. текстовые дан. – СПб. : Лань, 2014. - 288 с. - URL: <https://e.lanbook.com/reader/book/51930/#1>
3. **Примеры расчетов по гидравлике :** учеб. пособие для строительных специальностей вузов / А. Д. Альтшуль [и др.] ; под ред. А. Д. Альтшуля. - репр. воспроизведение изд. 1976 г. - М. : Альянс, 2013. - 255 с.
4. **Староверов, В. В.** Газодинамика : учеб. пособие / В. В. Староверов, Л. В. Рогова, Л. В. Староверова. - Волжский : Филиал ГОУВПО "МЭИ (ТУ)" в г. Волжском, 2009. - 73 с.

##### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

Microsoft Word, Microsoft Excel, Power Point.

##### **5.3. Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

Университетская информационная система «РОССИЯ» <https://uisrussia.msu.ru>  
Справочно-правовая система «Консультант+» <http://www.consultant-urist.ru>  
Справочно-правовая система «Гарант» <http://www.garant.ru>  
База данных Web of Science <https://apps.webofknowledge.com/>  
База данных Scopus <https://www.scopus.com>  
Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru>

База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ <https://rosmintrud.ru/opendata>

База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <https://elibrary.ru/>

База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>

Базы данных Министерства экономического развития РФ <http://www.economy.gov.ru>

База открытых данных Росфинмониторинга <http://www.fedsfm.ru/opendata>

Электронная база данных «Издательство Лань» <https://e.lanbook.com>

Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» <https://нэб.рф>

Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» <https://openedu.ru>

Электронная база данных "Polpred.com Обзор СМИ" <https://www.polpred.com>

Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии <http://protect.gost.ru/>

Электронная библиотека МЭИ <https://ntb.mpei.ru/e-library/index.php>.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лекционные и практические занятия проводятся в учебных аудиториях, снабженных оборудованием для показа обучающих материалов, средствами звуковоспроизведения, доской аудиторной, оборудованием для представления презентаций (плазменная панель, персональный компьютер).

Лабораторные занятия проводятся в лаборатории «Гидромеханики», снабженной:

- универсальным гидростендом, разработанным в Куйбышевском авиационном институте на кафедре «Теплотехника и тепловые двигатели» совместно с отраслевой научно-исследовательской лабораторией № 9 . По гидростенду получено авторское свидетельство № 521488, авторы: Меркулов А.П., Щербак В.Б,

- гидравлическим лотком, разработанным в филиале МЭИ в г. Волжском.

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Гидрогазодинамика

(название дисциплины)

#### Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1	Тест «Красные условия при решении задач ГГД»
КМ-2	Контрольная работа «Свойства жидкостей и газов»
КМ-3	Защита лабораторной работы №1
КМ-4	Тест «Расчет давления жидкости на твердые поверхности»
КМ-5	Защита лабораторной работы №2
КМ-6	Тест «Течение газов по каналам переменного сечения»
КМ-7	Контрольная работа «Дифференциальное уравнение неразрывности»
КМ-8	Контрольная работа «Коэффициент фильтрации»
КМ-9	Защита лабораторной работы №3
КМ-10	Защита лабораторной работы №4

Вид промежуточной аттестации – экзамен.

Трудоемкость дисциплины = 4 з.е.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9	КМ-10	Экзамен
1	Основные понятия и определения гидрогазодинамики. Свойства жидкостей и газов.		+	+									+
2	Гидростатика				+								+
3	Основные законы движения жидкостей					+	+						+
4	Гидростатические сопротивления и распределение скоростей по сечению потока при движении жидкости в трубах							+	+	+			+
5	Движение жидкости в открытых руслах										+	+	+
6	Истечение жидкости из отверстий и насадков												+
7	Гидравлический расчет сооружений на каналах												+
8	Фильтрация												+
9	Воздействие потока и твердого тела												+
10	Гидравлическое моделирование												+
	Минимальный балл за КМ		4	4	2	4	4	2	4	4	6	6	20
	Максимальный балл за КМ		6	6	4	6	6	4	6	6	8	8	40

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском**

---

**Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

**Наименование образовательной программы: Теплоэнергетические системы и цифровые технологии, Интеллектуальная распределенная энергетика, Цифровые системы управления технологическими процессами**

**Уровень образования: бакалавриат**

**Форма обучения: очная**

**Оценочные материалы по дисциплине**

**Б1.О.15 Гидрогазодинамика**

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Коды индикатора в достижении компетенции	Оценочное средство (тип и наименование)
<b>Знать:</b>		
основные понятия и методы математического анализа, аналитической геометрии и алгебры, дискретной математики, теории вероятностей и статистики	ОПК-3.2	Тест «Краевые условия при решении задач ГТД»
фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики в области механики	ОПК-3.2	Контрольная работа «Свойства жидкостей и газов
основные понятия, термины и законы химии, современные конструкционные материалы и их физико-химические свойства	ОПК-3.2	Лабораторная работа №1
государственную систему стандартизации, международные стандарты	ОПК-3.2	Тест «Расчет давления жидкости на твердые поверхности»
<b>Уметь:</b>		
осуществлять анализ данных, необходимых для решения поставленных задач управления технической системой	ОПК-3.2	Лабораторная работа №2
использовать в практической деятельности правила деловой устной и письменной речи	ОПК-3.2	Тест «Течение газов по каналам переменного сечения»
работать с методами решения нестандартных задач	ОПК-3.2	Контрольная работа «Дифференциальное уравнение неразрывности»
применять современные методы исследования, проводить технические испытания, оценивать результаты выполненной работы	ОПК-3.2	Контрольная работа «Коэффициент фильтрации»
оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы	ОПК-3.2	Лабораторная работа №3
планировать и участвовать в проведении плановых испытаний технологического оборудования.	ОПК-3.2	Лабораторная работа №4

#### Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

##### Тест «Краевые условия при решении задач ГТД»

Тест состоит из 6 вопросов. Время выполнения 5 минут.

Пример варианта теста:

1. Укажите методы решения инженерных задачи и дайте анализ каждому методу:
  - аналитический метод, экспериментальный метод, графический метод, численный метод, метод теории подобия, метод электрогидравлической аналогии;
  - экспериментальный метод, графический метод, метод теории подобия, метод электрогидравлической аналогии;
  - аналитический метод, графический метод, численный метод, метод теории подобия;
  - графический метод, численный метод, метод теории подобия, метод электрогидравлической аналогии;
  - аналитический метод, экспериментальный метод, метод электрогидравлической аналогии.
2. Средняя скорость потока  $V$  определяется по формуле):
  - 1)  $V=Q/\omega$ ;
  - 2)  $V=Q/t$ ;
  - 3)  $V=\omega/t$ .
3. Движение жидкости, при котором в данной точке русла давление и скорость не изменяются во времени, называется:
  - 1) неустановившимся;
  - 2) ламинарным;
  - 3) турбулентным;
  - 4) установившимся.
4. Формула  $V=f_l(x,y,z,t)$  описывает движение жидкости:
  - 1) установившееся;
  - 2) неустановившееся;
  - 3) турбулентное;
  - 4) ламинарное.
5. Что такое живое сечение  $\omega$ ?
  - 1) сечение, которое перпендикулярно в каждой точке скорости частиц потока жидкости;
  - 2) сечение, которое параллельно в каждой точке скорости частиц потока жидкости;
  - 3) сечение, которое расположено под  $45^\circ$  к потоку жидкости.
6. Какие частицы жидкости испытывают наибольшее напряжение сжатия от действия гидростатического давления?
  - 1) находящиеся на дне резервуара;
  - 2) находящиеся на свободной поверхности;
  - 3) находящиеся у боковых стенок резервуара;
  - 4) находящиеся в центре тяжести рассматриваемого объема жидкости.

По результатам тестирования выставляется:

- 6\* балла, если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 5\*\* балла, если правильно выполнено не менее 80% заданий;
- 4\*\*\* балл, если правильно выполнено не менее 50% заданий.

**Контрольная работа «Свойства жидкостей и газов»**

Контрольная работа содержит 4 задачи. Время выполнения 45 минут.

Пример варианта контрольной работы:

**1.1.** Объясните природу сил вязкости в жидкостях и газах. Сделайте сравнительную оценку текучести воды и воздуха, температура которых  $T = 293 \text{ К}$ .

**1.2.** Объясните характер изменения динамической вязкости ( $\mu/\mu_0$ ) для капельных несжимаемых жидкостей, если  $T/T_0 > 1$ . Используя эмпирическую формулу  $\mu/\mu_0 = (T/T_0)^n$ , определить изменение динамической вязкости воздуха при увеличении его температуры в 3 раза ( $T/T_0 = 3$ ).

Принять значение  $T_0 = 114 \text{ К}$ ;  $n = 0,75$ .

**1.3.** Формула, полученная Стоксом, позволяет определить динамическую вязкость  $\mu$  для случая обтекания шара вязкой жидкостью:

$$\mu = \frac{2}{9} r^2 \frac{g}{u} (\rho_0 - \rho).$$

Определить значение  $\mu$  для жидкости с плотностью  $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$ , если в ней без вращения опускается стальной шарик ( $\rho_0 = 7800 \text{ кг/м}^3$ ) радиусом  $r = 3 \text{ мм}$  с постоянной скоростью  $u = 0,1 \text{ м/с}$ .

**1.4.** Оценить время оседания с постоянной скоростью угольной пыли в бункере высотой  $h = 4,2 \text{ м}$  при давлении сухого воздуха в нем  $p = 974 \text{ гПа}$  и температуре  $t = 10 \text{ }^\circ\text{С}$ . Принять, что пылинки обладают формой шара диаметром  $d = 0,05 \text{ мм}$  и плотностью  $\rho_{\text{п}} = 1440 \text{ кг/м}^3$ .

По результатам выполнения контрольной работы выставляется:

- 6\* баллов, если во всех четырех задачах ход решения верный, получены правильные ответы;
- 5\*\* баллов, если два задания из четырех выполнены правильно, а в двух других ход решения верный, но есть негрубые ошибки или решение не завершено;
- 4\*\*\* балла, если два задания из четырех выполнены правильно, а остальные два либо не решены, либо решение начато, но нет продвижения для достижения результата, либо в этих заданиях допущены грубые ошибки.

**Защита лабораторной работы №1** Вводное занятие. Описание гидростенда ГС. Измерение скоростей движения жидкости. Определение зависимости вязкости воды зависит от ее температуры.

Примеры вопросов для защиты:

1. Почему движение воды на рабочем участке считается установившимся?
2. Как определяется объем (масса)  $V$  воды при измерении ее расхода?
3. Почему расход воды измеряется за пределами рабочего участка, а в расчетах принимается равным расходу в сечении 2?
4. Почему в движущейся воде давление торможения больше статического давления в этой же точке?
5. Почему плоскость отверстия приемника давления торможения должна быть строго перпендикулярна вектору скорости набегающей струйки жидкости или газа?
6. Как определяются координаты точек установки приемника давления торможения в сечении трубы?
7. Почему при движении воды по трубе ее скорость на оси трубы максимальная, а у стенки близка к нулю?
8. При каких условиях давление торможения было бы одинаковым для всего потока в сечении трубы?
9. Для чего определяется среднеобъемная скорость движения?
10. Как доказать постоянство среднеобъемной скорости воды во всех сечениях рабочего участка?

По результатам защиты лабораторной работы выставляется:



- 4\* балла, если на все вопросы даны правильные ответы, без недочетов;
- 3\*\* балла, если на все вопросы даны ответы, при этом суммарно допущено не более двух ошибок;
- 2\*\*\* балл, если не менее чем на половину вопросов даны правильные ответы, либо при ответе часто допускались ошибки.

### **Тест «Расчет давления жидкости на твердые поверхности»**

Тест состоит из 5 вопросов. Время выполнения 5 минут.

Пример варианта теста:

1. В случае гидростатического давления на поверхность проявляются следующие силы:

- массовые;
- поверхностные;
- характеризующиеся поверхностным натяжением.

2. Гидростатическое давление:

- 1) в любой точке жидкости перпендикулярно площадке касательной к выделенному объему и действует от рассматриваемого объема;
- 2) в любой точке жидкости перпендикулярно площадке касательной к выделенному объему и действует внутрь рассматриваемого объема;
- 3) в каждой точке жидкости действует параллельно площадке касательной к выделенному объему и направлено произвольно;
- 4) неизменно во всех направлениях и всегда перпендикулярно в точке его приложения к выделенному объему.

3. Гидростатическое давление:

- 1) постоянно и всегда перпендикулярно к стенкам резервуара;
- 2) изменяется при изменении местоположения точки;
- 3) неизменно в горизонтальной плоскости;
- 4) неизменно во всех направлениях.

4. Гидростатическое давление:

- 1) в любой точке не зависит от ее координат в пространстве;
- 2) в точке зависит от ее координат в пространстве;
- 3) зависит от плотности жидкости;
- 4) всегда превышает давление, действующее на свободную поверхность

жидкости.

5. Сила суммарного давления на криволинейные поверхности, расположенные под уровнем жидкости, определяется как:

- 1) всегда перпендикулярно;
- 2) изменятся при изменении местоположения точки;
- 3) неизменно в горизонтальной плоскости;
- 4) геометрическая сумма вертикальной и горизонтальной составляющих.

По результатам тестирования выставляется:

- 6\* баллов, если во всех четырех задачах ход решения верный, получены правильные ответы;
- 5\*\* баллов, если два задания из четырех выполнены правильно, а в двух других ход решения верный, но есть негрубые ошибки или решение не завершено;
- 4\*\*\* балла, если два задания из четырех выполнены правильно, а остальные два либо не решены, либо решение начато, но нет продвижения для достижения результата, либо в этих заданиях допущены грубые ошибки.

**Защита лабораторной работы №2 Измерение статического давления жидкости в**

плавно сужающихся и расширяющихся трубах. Исследование режимов течения жидкости. Примеры вопросов для защиты:

1. Почему при турбулентном режиме течения эпюра скоростей в поперечном сечении менее неравномерная, чем при ламинарном?
2. Как определяется режим течения жидкости при отсутствии возможности визуального наблюдения?
3. Как вязкость воды зависит от ее температуры?
4. Почему число Рейнольдса является критерием динамического подобия потоков жидкости?
5. При каких условиях движение воды в трубе считается установившимся?
6. Почему объемный расход воды в различных сечениях трубы сохраняется постоянным?
7. Почему при турбулентном режиме на рабочем участке будет больше потеря энергии на преодоление сопротивления трения, чем при ламинарном?

По результатам защиты лабораторной работы выставляется:

- 6\* балла, если на все вопросы даны правильные ответы, без недочетов;
- 5\*\* балла, если на все вопросы даны ответы, при этом суммарно допущено не более двух ошибок;
- 4\*\*\* балл, если не менее чем на половину вопросов даны правильные ответы, либо при ответе часто допускались ошибки.

#### **Тест «Течение газов по каналам переменного сечения»**

Тест состоит из 4 вопросов. Время выполнения 5 минут.

Пример варианта теста:

1. При безнапорном движении жидкости часть периметра живого сечения потока жидкости ограничивается:

- газовой средой, давление в которой равно атмосферному давлению;
- неустановившимся течением;
- ламинарным течением;
- турбулентным течением;

2. Безнапорные потоки также можно разделить на:

- заглублённые и наземные;
- установившееся и неустановившееся;
- турбулентное и ламинарное.

3. Что такое живое сечение в канале переменного сечения?

1) сечение, которое перпендикулярно в каждой точке скорости частиц потока жидкости;

2) сечение, которое параллельно в каждой точке скорости частиц потока жидкости;

3) сечение, которое расположено под  $45^\circ$  к потоку жидкости.

4. Какие частицы жидкости испытывают наибольшее напряжение сжатия от действия гидростатического давления?

- 1) находящиеся на дне резервуара;
- 2) находящиеся на свободной поверхности;
- 3) находящиеся у боковых стенок резервуара;
- 4) находящиеся в центре тяжести рассматриваемого объема жидкости.

По результатам тестирования выставляется:

- 4\* балла, если правильно выполнено не менее 90% заданий.
- 3\*\* балла, если правильно выполнено не менее 80% заданий;
- 2\*\*\* балл, если правильно выполнено не менее 50% заданий..

## Контрольная работа «Дифференциальное уравнение неразрывности»

Контрольная работа содержит 2 задачи. Время выполнения 45 минут.

Пример варианта контрольной работы:

1. Определить, какой расход можно перекачать сифоном из водоема  $A$  в водоем  $B$  при разности горизонтов  $H = 1,5$  м (рис. 7.1), если длина сифона  $l = 75$  м, а диаметр сифона  $d = 200$  мм. Трубы чугунные, нормальные ( $\Delta = 1,35$  мм). Вычислениями выяснить, будет ли в сечениях 1-1, 2-2, 3-3, 4-4, 5-5 манометрическое давление или вакуум? Найти, где расположены сечения, в которых давление в сифоне будет равно атмосферному. Почему в сечении 3-3 будет наибольший вакуум?

2. Определить диаметр трубопровода, обеспечивающий изменение расхода, полученного в задаче 1 в  $N$  раз (задавать значения  $N$  в пределах от 0,1 до 10).

По результатам выполнения контрольной работы выставляется:

- 6\* баллов, если во всех четырех задачах ход решения верный, получены правильные ответы;
- 5\*\* баллов, если два задания из четырех выполнены правильно, а в двух других ход решения верный, но есть негрубые ошибки или решение не завершено;
- 4\*\*\* балла, если два задания из четырех выполнены правильно, а остальные два либо не решены, либо решение начато, но нет продвижения для достижения результата, либо в этих заданиях допущены грубые ошибки.

## Контрольная работа «Коэффициент фильтрации»

Контрольная работа содержит 4 задачи. Время выполнения 45 минут.

Пример варианта контрольной работы:

1. Определить:

1) Расход воды, протекающей по горизонтальному трубопроводу (рис. 4.9) диаметром 75 мм, если напор в резервуаре над центром выходного сечения трубы 1,5 м, длина трубопровода 5 м. Истечение происходит в атмосферу. Скоростным напором в резервуаре пренебречь.

2) Какой расход пропустит при том же напоре трубопровод, если его длина увеличится на 35 м?

3) Какой потребовался бы напор  $H$  в последнем случае, чтобы расход остался таким же, как в первом случае?

2. Вода при температуре  $t = 12$  °С подается по трубе диаметром  $d = 4$  см. Расход воды  $Q = 70$  см<sup>3</sup>/сек. Определить режим потока и описать характер движения струйки краски, введенной в центре поперечного сечения трубы. Какой расход нужно пропускать по трубе, чтобы изменить режим движения?

3. По трубе диаметром  $d_1 = 40$  мм подается вода со скоростью  $v_1 = 4,96$  см/сек при температуре  $t = 12$  °С. Труба постепенно суживается до диаметра  $d_2 = 20$  мм. Определить расход воды и режимы движения в широкой и узкой части трубы.

4. Определить для предыдущей задачи, какой расход воды нужно подавать по трубам, чтобы в широкой части диаметром  $d_1 = 40$  мм установился турбулентный режим. Чему будет равно число Рейнольдса в суженной части трубы при этом расходе? Температура воды  $t = 12$  °С.

5. Канал трапецеидального сечения имеет следующие размеры: ширина по дну  $b = 3,8$  м, коэффициент заложения откоса  $m = 1,5$ , глубина воды  $h = 1,2$  м. Определить режим движения в канале при пропуске расхода  $Q = 5,2$  м<sup>3</sup>/сек. Температура воды  $t = 20$  °С.

По результатам выполнения контрольной работы выставляется:

- 6\* баллов, если во всех четырех задачах ход решения верный, получены правильные ответы;
- 5\*\* баллов, если два задания из четырех выполнены правильно, а в двух других ход решения верный, но есть негрубые ошибки или решение не завершено;
- 4\*\*\* балла, если два задания из четырех выполнены правильно, а остальные два либо не решены, либо решение начато, но нет продвижения для достижения результата, либо в этих заданиях допущены грубые ошибки.

**Защита лабораторной работы №3.** Определение области сопротивления, которое соответствует турбулентному течению жидкости. Движение жидкости в трубе переменного сечения. Гидравлические потери при движении вязкой жидкости.

Примеры вопросов для защиты:

1. Как определяются скорости движения в поперечном сечении потока?
2. Почему гидравлические потери на трение в турбулентном потоке больше, чем в ламинарном?
3. Каким образом определяются гидравлические потери при эксперименте?
4. Как определяются гидравлические потери на трение и местные потери при отсутствии возможности проведения эксперимента?
5. Как определяется коэффициент трения при практических расчетах?
6. Почему одна и та же труба в одном случае может быть гидравлически гладкой, а в другом случае - гидравлически шероховатой?
7. Какие области сопротивления соответствуют турбулентному течению жидкости?
8. Почему при ламинарном режиме потери на трение пропорциональны первой степени среднемассовой скорости движения жидкости?
9. Почему при турбулентном режиме в области квадратичного сопротивления потери на трение пропорциональны квадрату среднемассовой скорости движения?
10. Как изменяется профиль (эпюра) скорости при движении жидкости по начальному участку трубы?
11. Почему при движении жидкости по начальному участку трубы ее центральные струйки ускоряются?
12. Как влияет начальный участок трубы на гидравлические потери при движении жидкости?

По результатам защиты лабораторной работы выставляется:

- 8\* баллов, если на все вопросы даны правильные ответы, без недочетов;
- 7\*\* балла, если на все вопросы даны ответы, при этом суммарно допущено не более двух ошибок;
- 6\*\*\* балла, если не менее чем на половину вопросов даны правильные ответы, либо при ответе часто допускались ошибки.

**Защита лабораторной работы №4.** Истечение жидкости через круглое, квадратное и треугольное отверстие. Истечение жидкости из внешнего цилиндрического насадка. Истечение жидкости из внешнего сужающего насадка. Исследование процесса истечения жидкости через отверстия и насадки. Кавитация в потоке жидкости

Примеры вопросов для защиты:

1. При каких условиях в потоке жидкости возникает и развивается кавитация?
2. Чему равно давление жидкости в зоне кавитации?
3. Почему кавитация в потоке жидкости возникает в узком сечении и развивается от этого сечения вниз по потоку?
4. Почему кавитация возникает и развивается у стенок, с которыми соприкасается поток жидкости?

5. Почему давление жидкости в потоке за зоной кавитации повышается?
  6. Почему в потоке жидкости происходит схлопывание кавитационных пузырьков, пузырей, каверн?
  7. В каком месте потока жидкости происходит схлопывание кавитационных пузырьков, пузырей, каверн?
  8. Как доказать, что при  $\chi > \chi_{кр}$  кавитации не должно быть?
  9. Как изменяются значения  $\chi$  для потока жидкости до возникновения кавитации и с момента ее возникновения при дальнейшем развитии кавитации?
  10. Как доказать, что расход жидкости в потоке с кавитацией является максимально возможным?
  11. Почему значение  $Q_{\max}$  в лабораторной работе изменяется при изменении  $P_1$  и не изменяется при изменении  $P_2$ ?
  12. Как определяются значения  $P_1, P_2, Q$  в лабораторной работе?
- По результатам защиты лабораторной работы выставляется:
- 8\* баллов, если на все вопросы даны правильные ответы, без недочетов;
  - 7\*\* балла, если на все вопросы даны ответы, при этом суммарно допущено не более двух ошибок;
  - 6\*\*\* балла, если не менее чем на половину вопросов даны правильные ответы, либо при ответе часто допускались ошибки.

## Экзамен

### Экзаменационные вопросы

1. Основные понятия и определения гидрогазодинамики. Предмет исследования. Свойства жидкостей и газов.
2. Плотность, вязкость, сжимаемость, температурное расширение, поверхностное натяжение, капиллярный эффект, вспениваемость, испаряемость, растворимость газов.
3. Виды движения жидкостей и газов. Установившееся и неуставившееся, равномерное и неравномерное, напорное и безнапорное, потенциальное и вихревое, ламинарное и турбулентное.
4. Кавитация.
5. Математическая формулировка задач ГГД. Дифференциальное уравнение движения вязкой несжимаемой жидкости. Дифференциальное уравнение неразрывности. Краевые условия при решении задач ГГД.
6. Уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной жидкости. Решение задач гидромеханики на основе теории подобия. Приведение системы дифференциальных уравнений гидромеханики к безразмерному виду. Критерии гидромеханического подобия.
7. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости.
8. Расчет инженерных систем. Расчет трубопроводов. Методика расчета простых трубопроводов. Расчет трубопроводов.
9. Методика расчета сложных трубопроводов.
10. Истечение жидкостей через отверстия и насадки. Коэффициенты скорости и расхода. Истечение при переменном напоре.
11. Гидравлический удар в трубах. Формула Жуковского. Прямой и не прямой гидравлический удар. Методы предотвращения гидравлических ударов.
12. Течение газов по каналам переменного сечения.
13. Основное условие соплового и диффузорного течения.
14. Скорость и расход газа. Анализ соплового течения газа через суживающийся канал. Кризис течения.
15. Основное уравнение гидростатики.
16. Классификация и принцип действия нагнетателей

17. Формулировка и методы решения задач гидрогазодинамики.
18. Закон геометрического обращения воздействия.
19. Определение силы давления на плоские и криволинейные стенки.
20. Аналитические и графические методы решения задач по расчету трубопроводных систем.

Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса и практическое задание.

Примеры теоретических вопросов билета:

Билет №1

1. Основное уравнение гидростатики.
2. Уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной жидкости. Решение задач гидромеханики на основе теории подобия. Приведение системы дифференциальных уравнений гидромеханики к безразмерному виду. Критерии гидромеханического подобия.

Билет №2

1. Основное условие соплового и диффузорного течения.
2. Кавитация.

Примеры практических заданий:

Билет №1

1. Объясните природу сил вязкости в жидкостях и газах. Сделайте сравнительную оценку текучести воды и воздуха, температура которых  $T = 293$  К.

Билет №2

2. Объясните характер изменения динамической вязкости ( $\mu/\mu_0$ ) для капельных несжимаемых жидкостей, если  $T/T_0 > 1$ . Используя эмпирическую формулу  $\mu/\mu_0 = (T/T_0)^n$ , определить изменение динамической вязкости воздуха при увеличении его температуры в 3 раза ( $T/T_0 = 3$ ). Принять значение  $T_0 = 114$  К;  $n = 0,75$ .

Время подготовки ответа – 60 минут.

По результатам ответа на экзамене выставляется:

- 36-40 баллов, если правильно выполнено практическое задание, и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся показал, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных фактов или решения задач;
- 26-35, если правильно выполнено практическое задание или в нем допущено не более одной ошибки, которая была самостоятельно исправлена обучающимся, и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся допускает негрубые ошибки;
- 20-25 баллов, если в выполненном практическом задании допущены грубые ошибки, которые затем исправлены обучающимся при участии экзаменатора или практическое задание не выполнено в полном объеме, но обучающийся смог довести решение до конца при участии экзаменатора, и в ответах на вопросы экзаменационного билета допущены ошибки;
- 0 баллов, если практическое задание не выполнено или не даны ответы на вопросы экзаменационного билета и не выполнены критерии для категории 20-25 баллов.

Оценка по дисциплине определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов филиала НИУ «МЭИ» в г. Волжском по совокупности результатов

текущего контроля успеваемости и экзаменационной составляющей.

В зависимости от количества баллов за дисциплину выставляется:

<b>Оценка</b>	<b>Количество баллов</b>
оценка 5 («отлично»)	90 – 100 баллов
оценка 4 («хорошо»)	76 – 89 баллов
оценка 3 («удовлетворительно»)	60 – 75 баллов
оценка 2 («неудовлетворительно»)	0 – 59 баллов