

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Парлюк Екатерина Петровна

Должность: И.о. директора института механики и энергетики имени В.П. Горячкина

Дата подписания: 26.10.2023 11:47:53

Уникальный программный идентификатор:
7823a3d3181287ca51a86a407186578779345d45



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»**
(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт механики и энергетики им. В.П. Горячкина
Кафедра теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора Института механики и
энергетики им.В.П. Горячкина

Парлюк Е.П.
« 28 » 26 2023 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.О.11 Гидрогазодинамика**

для подготовки бакалавров

ФГОС ВО

Направление: 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность: Энергообеспечение предприятий, тепловые и технические системы

Курс 2

Семестр 4

Форма обучения очная

Год начала подготовки: 2023

Москва, 2023

Разработчик: Кожевникова Н.Г., к.т.н., доцент


« 27 » 06 2023 г.

Рецензент: Андреев С.А., к.т.н., доцент


« 27 » 06 2023 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, профессионального стандарта и учебного плана по направлению подготовки 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника.

Программа обсуждена на заседании кафедры «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий» протокол № 13 от « 27 » 06 2023 г.

И.о.зав. кафедрой Кожевникова Н.Г., к.т.н., доцент


« 27 » 06 2023 г.

Согласовано:

Председатель учебно-методической комиссии ИМиЭ им. В.П. Горячкина академик РАН, д.т.н., профессор Дидманидзе О.Н.
Протокол № 13 от «28» июня 2023 г.

И.о. заведующего выпускающей кафедры «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий» Кожевникова Н.Г., к.т.н., доцент


« 29 » 06 2023 г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ


(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ	4
1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	5
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ	5
3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	6
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	8
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ	8
ПО СЕМЕСТРАМ	8
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	8
4.3 ЛЕКЦИИ/ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ.....	9
5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	16
6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	18
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	18
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ.....	29
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	31
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	31
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	31
7.3 НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ	31
7.4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ	31
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	31
9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ	32
10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	32
11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ..	33
Виды и формы отработки пропущенных занятий.....	34
12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	34

Аннотация

рабочей программы учебной дисциплины Б1.О.11 «Гидрогазодинамика» для подготовки бакалавра по направлению 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника направленность – Энергообеспечение предприятий, тепловые и технические системы

Цель освоения дисциплины: формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих способность применять физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах.

Место дисциплины в учебном плане: дисциплина включена в обязательную часть дисциплин учебного плана по направлению 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника.

Требования к результатам освоения дисциплины: в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции (индикаторы достижения компетенции): ОПК-3 (ОПК-3.1), ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2).

Краткое содержание дисциплины:

Введение в гидрогазодинамику. Основные физические свойства жидкостей и газов. Базовые понятия и определения. Понятия реальной и идеальной жидкости. Силы, действующие в жидкости и газе.

Гидростатика. Гидростатическое давление, его свойства. Уравнение равновесия жидкости. Поверхности равного давления. Абсолютное равновесие. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля. Избыточное давление и вакуум. Сообщающиеся сосуды. Пьезометр и вакуумметр. Гидростатический напор. Определение силы гидростатического давления на плоские стенки. Центр давления. Эпюры гидростатического давления. Гидростатический парадокс. Определение силы гидростатического давления на криволинейные поверхности. Относительное равновесие жидких сред. Закон Архимеда. Основы теории плавания тел.

Кинематика и динамика жидкостей и газов. Общая интегральная форма уравнений количества движения и момента количества движения. Виды движения жидкости. Основные понятия и определения гидрогазодинамики. Элементарная струйка и ее свойства. Уравнение неразрывности для элементарной струйки. Поток жидкости, гидравлические элементы потока. Уравнение неразрывности для потока. Уравнение Навье-Стокса. Уравнение Бернулли для элементарной струйки. Уравнение Бернулли для потока жидкости, его энергетическая и графическая интерпретация. Частные случаи уравнения Бернулли. Два режима движения жидкости, число Рейнольдса. Переходы из ламинарного в турбулентный режим и наоборот. Ламинарное течение вязкой жидкости в круглой трубе. Начальный участок. Общие сведения о турбулентных течениях. Уравнения развитого турбулентного движения вязкой несжимаемой жидкости (уравнения Рейнольдса). Турбулентные напряжения. Гипотезы о турбулентных напряжениях. Турбулентное течение вязкой жидкости в круглой трубе. Виды гидравлических сопротивлений. Определение потерь напора по длине трубопровода и на местных сопротивлениях. Сопротивление тел обтекаемых вязкой жидкостью. Турбулентность и ее основные статистические характеристики. Истечение жидкости и газа через отверстия и насадки при постоянном и переменном напоре. Полное, неполное, совершенное, несовершенное сжатие струи. Инверсия струи. Классификация гидравлических насадков. Сопло Лавала. Трубопроводы. Классификация трубопроводов. Гидравлический расчет коротких напорных трубопроводов. Длинные трубопроводы. Особенности гидравлического расчета напорных длинных трубопроводов. Параллельное и последовательное соединение труб, непрерывная раздача расхода. Плоское (двумерное) движение идеальной жидкости. Уравнение движения для вязкой жидкости. Пограничный слой. Дифференциальное уравнение пограничного слоя. Основы теории пограничного слоя (ПС). Общие сведения о ПС. Дифференциальные уравнения Прандтля для ламинарного ПС. Расчет ламинарного ПС на плоской пластине. Отрыв ПС.

Переход ламинарного ПС в турбулентный. Расчет турбулентного ПС на плоской пластине. Некоторые термодинамические соотношения. Уравнение Бернулли для адиабатного течения идеального газа. Сверхзвуковые течения. Скачки уплотнений. Особенности двухкомпонентных и двухфазных течений. Течение жидкости при фазовом равновесии. Тепловой скачок и скачок конденсации. Критерии подобия. Практическое применение теории подобия гидродинамических явлений. Гидравлический удар в трубопроводах. Формула Н.Е. Жуковского. Способы борьбы с гидравлическим ударом. Гидротаран.

Техническая реализация законов гидрогазодинамики в технологиях, машинах и оборудовании. Назначение и классификация гидравлических машин. Классификация насосов, принцип действия, основные параметры работы насосов. Проектная и эксплуатационные формулы напора насоса. Рабочие характеристики центробежных насосов, пересчет на новую частоту вращения. Работа центробежного насоса на данный трубопровод. Характеристика трубопровода. Рабочая точка насоса. Регулирование подачи. Параллельная и последовательная работа насосов на общий трубопровод. Предельная высота всасывания, кавитация.

Общая трудоемкость дисциплины: 216 часа/ 6 зач. ед.

Промежуточный контроль: экзамен, КР.

1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Гидрогазодинамика» является формирование у обучающихся компетенций, обеспечивающих способность применять физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах систем с использованием современных цифровых инструментов (Google Jamboard, Miro, Kahoot) и программных продуктов Excel, Word, Power Point, Pictochart и др.

2. Место дисциплины в учебном процессе

Дисциплина «Гидрогазодинамика» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины» учебного плана. Дисциплина «Гидрогазодинамика» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС ВО, профессионального стандарта, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Гидрогазодинамика», являются: математика (1,2 курсы 1 - 3 семестры), физика (1 и 2 курсы 2 - 4 семестры), теоретическая механика (2 курс, 3 семестр), начертательная геометрия и инженерная графика (1-2 курсы, 1-3 семестр).

Дисциплина «Гидрогазодинамика» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: теплообменное оборудование предприятий (4 курс, 8 семестр), источники и системы теплоснабжения предприятий (3-4 курсы 6 и 7 семестры), системы отопления и вентиляции (4 курс, 8 семестр).

Особенностью дисциплины является не только ее теоретическое, но прикладное значение при подготовке бакалавров данного профиля.

Рабочая программа дисциплины «Гидрогазодинамика» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Образовательные результаты освоения дисциплины обучающимся, представлены в
таблице 1.

Таблица 1

Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций (для 3++)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1.	ОПК-3	Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ОПК-3.1. Применяет математический аппарат исследования функций, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, рядов, дифференциальных уравнений, теории функций комплексного переменного, численных методов	математические методы анализа и моделирования функций, в том числе с применением современных цифровых инструментов (Google Jamboard, Miro, Kahoot)	применять соответствующий физико-математический аппарат для анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследований, в том числе и с применением современных цифровых инструментов и программных продуктов (Excel, Mathcad и др.).	методами анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследований, навыками обработки и интерпретации информации с помощью программных продуктов Excel, Word, Power Point, Pictochart и др., осуществления коммуникации посредством Outlook, Miro, Zoom.
2.	ОПК-4	Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ОПК-4.1. Демонстрирует понимание основных законов движения жидкости и газа	основные положения статики и динамики жидкости, составляющие основу расчета гидравлических систем, в том числе и с применением современных цифровых инструментов и программных продуктов (Excel, Mathcad и др.)	решать типовые инженерные задачи гидравлики с применением соответствующего физико-математического аппарата, в том числе и с применением современных цифровых инструментов и программных продуктов (Excel, Mathcad и др.).	навыками расчета гидравлических систем теплотехнических установок и систем, в том числе и с применением современных цифровых инструментов и программных продуктов (Excel, Mathcad и др.)
			ОПК-4.2. Применяет знания основ гидродинамики для расчетов теплотехнических установок и систем	основные положения статики и динамики жидкости, составляющие основу расчета теплотехнических установок и систем, в том числе и с применением современных цифровых инструментов и программных продуктов (Excel, Mathcad и др.)	применять современные приборы и средства измерения основных физических параметров изучая их в том числе и посредством электронных ресурсов, официальных сайтов заводов -изготовителей.	навыками расчета и подбора оборудования для теплотехнических установок и систем, в том числе и с применением современных цифровых инструментов и программных продуктов (Excel, Mathcad и др.), посредством электронных ресурсов, официальных сайтов

4. Структура и содержание дисциплины

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 6 зач.ед. (216 часа), их распределение по видам работ в семестре № 4 представлено в таблице 2.

Таблица 2

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ в семестре

	Трудоёмкость, час.
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	216
1. Контактная работа:	72,4
Аудиторная работа	72,4
<i>в том числе:</i>	
<i>лекции (Л)</i>	34
<i>лабораторные работы (ЛР)</i>	34
<i>курсовая работа (КР) (консультация, защита)</i>	2
<i>консультации перед экзаменом</i>	2
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,4
2. Самостоятельная работа (СРС)	143,6
<i>Курсовая работа (подготовка)</i>	36
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным занятиям и т.д.)</i>	83
<i>Подготовка к экзамену (контроль)</i>	24,6
Вид промежуточного контроля:	Экзамен, КР

4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнёно)	Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СР
		Л	ЛР	ПКР	
Введение в гидрогазодинамику	8	2	2	–	4
Раздел 1. Гидростатика	44	6	8	–	30
Раздел 2. Кинематика и динамика жидкостей и газов	93	22	16	–	55
Раздел 3. Техническая реализация законов гидравлики и аэродинамики в технологиях, машинах и оборудовании.	42	4	8		30
<i>курсовая работа (КР) (консультация, защита)</i>	2		–	2	–
<i>консультации перед экзаменом</i>	2	–	–	2	–
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,4	–	–	0,4	–
<i>подготовка к экзамену (контроль)</i>	24,6	–	–	–	24,6
Всего за 5 семестр	216	34	34	4,4	143,6
Итого по дисциплине	216	34	34	4,4	143,6

<i>Раздел</i>	<i>Тема</i>	<i>Перечень рассматриваемых вопросов</i>
Тема 1. Введение в гидрогазодинамику		Основные физические свойства жидкостей и газов. Базовые понятия и определения. Понятия реальной и идеальной жидкости. Силы, действующие в жидкости и газе.
1. Гидростатика	Тема 2. Гидростатическое давление и его свойства. Приборы для измерения	Гидростатическое давление, его свойства. Уравнение равновесия жидкости. Поверхности равного давления. Абсолютное равновесие. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля. Избыточное давление и вакуум. Сообщающиеся сосуды. Пьезометр и вакуумметр. Гидростатический напор.
	Тема 3. Определение силы гидростатического давления на плоские и криволинейные поверхности	Определение силы гидростатического давления на плоские стенки. Центр давления. Эпюры гидростатического давления. Гидростатический парадокс. Определение силы гидростатического давления на криволинейные поверхности.
	Тема 4. Относительное равновесие жидких сред. Закон Архимеда.	Относительное равновесие жидких сред. Закон Архимеда. Основы теории плавания тел.
2. Кинематика и динамика жидкостей и газов	Тема 5. Кинематика жидкости. Основные понятия динамики жидкости и газа.	Общая интегральная форма уравнений количества движения и момента количества движения. Виды движения жидкости. Основные понятия и определения гидрогазодинамики. Элементарная струйка и ее свойства. Уравнение неразрывности для элементарной струйки. Поток жидкости, гидравлические элементы потока. Уравнение неразрывности для потока. Уравнение Навье-Стокса.
	Тема 6. Уравнение Бернулли.	Уравнение Бернулли для элементарной струйки. Уравнение Бернулли для потока жидкости, его энергетическая и графическая интерпретация. Частные случаи уравнения Бернулли.
	Тема 7. Режимы движения жидкости.	Два режима движения жидкости, число Рейнольдса. Переходы из ламинарного в турбулентный режим и наоборот. Ламинарное течение вязкой жидкости в круглой трубе. Начальный участок. Общие сведения о турбулентных течениях. Уравнения развитого турбулентного движения вязкой несжимаемой жидкости (уравнения Рейнольдса). Турбулентные напряжения. Гипотезы о турбулентных напряжениях. Турбулентное течение вязкой жидкости в круглой трубе.
	Тема 8. Потери напора в трубопроводах	Виды гидравлических сопротивлений. Определение потерь напора по длине трубопровода и на местных сопротивлениях. Сопротивление тел обтекаемых вязкой жидкостью. Турбулентность и ее основные статистические характеристики.
	Тема 9. Истечение жидкости и газов через отверстия и насадки	Истечение жидкости и газа через отверстия и насадки при постоянном и переменном напоре. Полное, неполное, совершенное, несовершенное сжатие струи. Инверсия струи. Классификация гидравлических насадков. Сопло Лавала.

	Тема 10. Гидравлический расчет трубопроводов при установившемся напорном движении	Трубопроводы. Классификация трубопроводов. Гидравлический расчет коротких напорных трубопроводов. Длинные трубопроводы. Особенности гидравлического расчета напорных длинных трубопроводов. Параллельное и последовательное соединение труб, непрерывная раздача расхода.
	Тема 11. Плоское (двумерное) движение идеальной жидкости.	Плоское (двумерное) движение идеальной жидкости. Уравнение движения для вязкой жидкости. Пограничный слой. Дифференциальное уравнение пограничного слоя
	Тема 12. Гидродинамический пограничный слой.	Основы теории пограничного слоя (ПС). Общие сведения о ПС. Дифференциальные уравнения Прандтля для ламинарного ПС. Расчет ламинарного ПС на плоской пластине. Отрыв ПС. Переход ламинарного ПС в турбулентный. Расчет турбулентного ПС на плоской пластине.
	Тема 13. Одномерные течения сжимаемого газа.	Некоторые термодинамические соотношения. Уравнение Бернулли для адиабатного течения идеального газа. Сверхзвуковые течения. Скачки уплотнений. Особенности двухкомпонентных и двухфазных течений. Течение жидкости при фазовом равновесии. Тепловой скачок и скачок конденсации.
	Тема 14 Подобие гидромеханических процессов.	Геометрическое, кинематическое и динамическое подобие. Критерии гидромеханического подобия. Практическое применение теории подобия гидродинамических явлений.
	Тема 15. Гидравлический удар в трубопроводах.	Гидравлический удар в трубопроводах. Формула Н.Е. Жуковского. Способы борьбы с гидравлическим ударом. Гидротаран.
3. Техническая реализация законов гидродинамики в технологиях, машинах и оборудовании	Тема 16. Гидравлические машины. Насосы.	Назначение и классификация гидравлических машин. Классификация насосов, принцип действия, основные параметры работы насосов. Проектная и эксплуатационные формулы напора насоса. Рабочие характеристики центробежных насосов, пересчет на новую частоту вращения.
	Тема 17. Работа центробежного насоса на данный трубопровод	Работа центробежного насоса на данный трубопровод. Характеристика трубопровода. Рабочая точка насоса. Регулирование подачи. Параллельная и последовательная работа насосов на общий трубопровод. Предельная высота всасывания, кавитация.

4.3 Лекции/лабораторные занятия

Таблица 4

Содержание лекций/лабораторного практикума и контрольные мероприятия

№ п/п	Название разделов, тем	№ и название лекций/ лабораторных занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	Тема 1. Введение в гидрогазодинамику	Лекция № 1. Введение в гидрогазодинамику	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)		2
		Лабораторная работа № 1-1. «Основные физические свойства жидкостей и газов»	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)	защита лабораторной работы	2
Раздел 1. Гидростатика					
	Тема 2. Гидростатическое давление и его свойства. Приборы для измерения	Лекция № 2. Гидростатическое давление и его свойства. Приборы для измерения	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)		2
		Лабораторная работа № 1-2 «Гидростатическое давление. Методы и средства для измерения давления» с обработкой результатов эксперимента с использованием Excel или Mathcad.	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)	защита лабораторной работы	2
		Лабораторная работа № 1-3. «Исследование закона Паскаля»	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)	защита лабораторной работы	2
	Тема 3. Определение силы гидростатического давления на плоские и криволинейные поверхности	Лекция № 3. Определение силы гидростатического давления на плоские и криволинейные поверхности	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)		2
		Лабораторная работа № 1-4. «Определение силы гидростатического давления на плоскую стенку»	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)	защита лабораторной работы	2
	Тема 4. Относительное равновесие жидких сред. Закон Архимеда.	Лекция № 4. Относительное равновесие жидких сред. Закон Архимеда.	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)		2
		Лабораторная работа № 1-5. «Определение силы Архимеда». Первый рубежный кон-	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)	защита лабораторной работы тестирование	2

№ п/п	Название разделов, тем	№ и название лекций/ лабораторных занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		тестирование – онлайн тестирование с использованием системы Moodle.		№ 1	
	Раздел 2. Кинематика и динамика жидкостей и газов				
2.	Тема 5. Кинематика жидкости. Основные понятия динамики жидкости и газа.	Лекция № 5. Кинематика жидкости. Основные понятия динамики жидкости и газа.	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)		2
	Тема 6. Уравнение Бернулли.	Лекция № 6. Уравнение Бернулли.	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)		2
		Лабораторная работа № 2-1 «Исследование уравнения Бернулли»	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)	защита лабораторной работы	2
	Тема 7. Режимы движения жидкости.	Лекция № 7. Два режима движения жидкости, число Рейнольдса.	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)		2
		Лабораторная работа № 2-2 «Исследование режимов движения жидкости. Определение числа Рейнольдса»	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)	защита лабораторной работы	2
	Тема 8. Потери напора в трубопроводах	Лекция № 8. Потери напора в трубопроводах	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)		2
		Лабораторная работа № 2-3 «Определение коэффициента гидравлического трения по длине трубы» с обработкой результатов эксперимента с использованием Excel или Mathcad.	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)	защита лабораторной работы	2
		Лабораторная работа № 2-4 «Определение коэффициентов местных сопротивлений»	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)	защита лабораторной работы	2
		Тема 9. Истечение жидкости и	Лекция № 9. Истечение жидкости и газа через отверстия и насадки.	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)	

№ п/п	Название разделов, тем	№ и название лекций/ лабораторных занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	газов через отверстия и насадки	Лабораторная работа № 2-5 «Определение коэффициентов расхода, сжатия и скорости при истечении из отверстий и насадков»	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)	защита лабораторной работы	2
	Тема 10. Гидравлический расчет трубопроводов при установленном напорном движении	Лекция № 10. Гидравлический расчет трубопроводов при установленном напорном движении.	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)		2
	Лабораторная работа № 2-6 «Методы определения расхода жидкости. Расходомер».	Лабораторная работа № 2-6 «Методы определения расхода жидкости. Расходомер».	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)	защита лабораторной работы	2
	Тема 11. Плоское (двумерное) движение идеальной жидкости.	Лекция № 11. Плоское (двумерное) движение идеальной жидкости.	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)		2
	Тема 12. Гидродинамический пограничный слой.	Лекция № 12. Гидродинамический пограничный слой.	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)		2
	Тема 13. Одномерные течения сжимаемого газа.	Лекция № 13. Одномерные течения сжимаемого газа.	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)		2
	Лабораторная работа № 2-7 Истечение воздуха из резервуара: докритический, критический режимы течения.	Лабораторная работа № 2-7 Истечение воздуха из резервуара: докритический, критический режимы течения.	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)	защита лабораторной работы	2
	Тема 14. Подобие гидромеханических процессов.	Лекция № 14. Подобие гидромеханических процессов.	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)		2
	Тема 15. Гидравлический удар в трубопроводах.	Лекция № 15. Гидравлический удар в трубопроводах.	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)		2
	Лабораторная работа № 2-8 «Исследование гидравлического удара в напорном трубопроводе». Второй рубежный контроль – онлайн тестирование с использованием системы	Лабораторная работа № 2-8 «Исследование гидравлического удара в напорном трубопроводе». Второй рубежный контроль – онлайн тестирование с использованием системы	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)	защита лабораторной работы тестирование № 2	2

№ п/п	Название разделов, тем	№ и название лекций/ лабораторных занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
		Moodle.			
3.	3. Техническая реализация законов гидрогазодинамики в технологиях, машинах и оборудовании				4
	Тема 16. Гидравлические машины. Насосы.	Лекция № 16. Гидравлические машины. Насосы.	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)		2
		Лабораторная работа № 3-1 «Испытание центробежного насоса»	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)	защита лабораторной работы	2
	Тема 17. Работа центробежного насоса на данный трубопровод	Лекция № 17. Работа центробежного насоса на данный трубопровод.	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)		2
		Лабораторная работа № 3-2 «Параллельная и последовательная работа насосов»	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)	защита лабораторной работы	2
		Лабораторная работа № 3-3 «Построение характеристики трубопровода» с обработкой результатов эксперимента с использованием Excel.	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)	защита лабораторной работы	2
		Лабораторная работа № 3-4 «Подбор насоса по каталогу».	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)	защита лабораторной работы	2

Таблица 5

Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

№ п/п	Название разделов, тем	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
	Тема 1. Введение в гидрогазодинамику	История развития науки. ОПК-3 (ОПК-3.1).
Раздел 1. Гидростатика		
1.	Тема 2. Гидростатическое давление и его свойства. Приборы для измерения	Графическая интерпретация основного уравнения гидростатики. Способы измерения гидростатического давления. Современные приборы для измерения гидростатического давления. Принципы и схемы использования законов гидростатики в гидравлических машинах. ОПК-3 (ОПК-3.1), ОПК-4 (ОПК-4.1 ОПК-4.2).
2.	Тема 3. Определение силы гидростатического давления на плоские и криволинейные поверх-	Сила гидростатического давления, действующая на горизонтальные плоские площадки. Сила давления покоящейся жидкости на цилиндрические и сферические поверхности. Графоаналитический метод Опре-

№ п/п	Название разделов, тем	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
	ности	деления силы давления. ОПК-3 (ОПК-3.1), ОПК-4 (ОПК-4.1 ОПК-4.2).
3.	Тема 4. Относительное равновесие жидких сред. Закон Архимеда.	Относительное равновесие несжимаемой жидкости. Теория плавания тел. ОПК-3 (ОПК-3.1), ОПК-4 (ОПК-4.1 ОПК-4.2).
Раздел 2. Кинематика и динамика жидкостей и газов		
5.	Тема 5. Кинематика жидкости. Основные понятия динамики жидкости и газа.	Вихревое движение. основные характеристики поля вихрей. Безвихревое и потенциальное движение жидкости. ОПК-3 (ОПК-3.1), ОПК-4 (ОПК-4.1 ОПК-4.2).
6.	Тема 6. Уравнение Бернулли.	Энергетическая интерпретация уравнения Бернулли. ОПК-3 (ОПК-3.1), ОПК-4 (ОПК-4.1 ОПК-4.2).
7.	Тема 7. Режимы движения жидкости.	Турбулентные потоки. Определение скорости напряжения. Пульсационные составляющие. ОПК-3 (ОПК-3.1), ОПК-4 (ОПК-4.1 ОПК-4.2).
8.	Тема 8. Потери напора в трубопроводах	График Никурадзе, характеристика зон и областей сопротивления. Потери напора при неравномерном движении жидкости. ОПК-3 (ОПК-3.1), ОПК-4 (ОПК-4.1 ОПК-4.2).
9.	Тема 9. Истечение жидкости и газов через отверстия и насадки	Истечение через малые отверстия в тонкой стенке и насадки при переменном напоре. Время истечения. ОПК-3 (ОПК-3.1), ОПК-4 (ОПК-4.1 ОПК-4.2).
10.	Тема 10. Гидравлический расчет трубопроводов при установившемся напорном движении	Слияние и разделение потоков жидкости в трубопроводах. Вытяжной тройник. инжектор. ОПК-3 (ОПК-3.1), ОПК-4 (ОПК-4.1 ОПК-4.2).
11.	Тема 11. Плоское (двумерное) движение идеальной жидкости.	Безциркуляционное и циркуляционное обтекание круглого цилиндра. ОПК-3 (ОПК-3.1), ОПК-4 (ОПК-4.1 ОПК-4.2).
12.	Тема 12. Гидродинамический пограничный слой.	Пограничный слой на искривленных поверхностях. ОПК-3 (ОПК-3.1), ОПК-4 (ОПК-4.1 ОПК-4.2).
13.	Тема 13. Одномерные течения сжимаемого газа.	Сопло Ловаяля и режимы его работы. ОПК-3 (ОПК-3.1), ОПК-4 (ОПК-4.1 ОПК-4.2).
14.	Тема 14 Подобие гидромеханических процессов.	Анализ размерностей. ОПК-3 (ОПК-3.1), ОПК-4 (ОПК-4.1 ОПК-4.2).
15.	Тема 15. Гидравлический удар в трубопроводах.	Защита от воздействия гидравлических ударов. Использование гидравлического удара для очистки водопроводных труб от отложений. ОПК-3 (ОПК-3.1), ОПК-4 (ОПК-4.1 ОПК-4.2).
3. Техническая реализация законов гидрогазодинамики в технологиях, машинах и оборудовании		
16.	Тема 16. Гидравлические машины. Насосы.	Основы теории подобия лопастных насосов. ОПК-3 (ОПК-3.1), ОПК-4 (ОПК-4.1 ОПК-4.2).
17.	Тема 17. Работа центробежного насоса на данный трубопровод	Условия работы нескольких центробежных насосов на общий трубопровод. Активное и реактивное действие струи на твердое тело. ОПК-3 (ОПК-3.1), ОПК-4 (ОПК-4.1 ОПК-4.2).

5. Образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Гидрогазодинамика» в совокупности с традиционной (объяснительно-иллюстративной) технологией обучения используются инновационные технологии.

Согласно учебному плану и графику учебного процесса для организации процесса освоения студентами дисциплины используются следующие формы теоретического и практического обучения:

- *основные формы теоретического обучения:* лекции, консультации, экзамен.
- *основные формы практического обучения:* лабораторные работы.
- *дополнительные формы организации обучения:* курсовая работа.
- *информационные:* иллюстрация слайд-презентаций, самостоятельная работа студентов с электронными образовательными ресурсами, учебно-методическим порталом при подготовке к лекциями и лабораторным работам;
- *активного обучения:* консультации по сложным, непонятным вопросам; опережающая самостоятельная работа студентов по изучению нового материала до его изучения в ходе аудиторных занятий; работа в команде при выполнении лабораторных работ;
- *интерактивное обучение:* посещение специализированных выставок (экскурсии).

В процессе реализации форм обучения предполагается применение различных методов и средства обучения, соответствующих традиционной и инновационным технологиям.

Таблица 6

Применение активных и интерактивных образовательных технологий

№ п/п	Тема и форма занятия	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	
1.	Тема 1. Введение в гидрогазодинамику	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция.
		ЛР	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении лабораторных работ. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов, самостоятельная работа студентов с электронными образовательными ресурсами, учебно-методическим порталом.
2.	Тема 2. Гидростатическое давление и его свойства. Приборы для измерения	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция.
		ЛР	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении лабораторных работ. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов, самостоятельная работа студентов с электронными образовательными ресурсами, учебно-методическим порталом..
3.	Тема 3. Определение силы гидростатического давления на плоские и криволинейные поверхности	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция.
		ЛР	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении лабораторных работ. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов, самостоятельная работа студентов с электронными образовательными ресурсами, учебно-методическим порталом.
4.	Тема 4. Относительное равновесие жидких сред. Закон Архимеда.	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция.
		ЛР	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении лабораторных работ. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов, самостоятельная работа студентов с электронными образовательными ресурсами, учебно-методическим порталом.
5.	Тема 5. Кинематика жидкости. Основные понятия	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция.

	динамики жидкости и газа.		
6.	Тема 6. Уравнение Бернулли.	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция.
		ЛР	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении лабораторных работ. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов, самостоятельная работа студентов с электронными образовательными ресурсами, учебно-методическим порталом.
7.	Тема 7. Режимы движения жидкости.	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция.
		ЛР	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении лабораторных работ. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов, самостоятельная работа студентов с электронными образовательными ресурсами, учебно-методическим порталом.
8.	Тема 8. Потери напора в трубопроводах	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция.
		ЛР	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении лабораторных работ. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов, самостоятельная работа студентов с электронными образовательными ресурсами, учебно-методическим порталом.
9.	Тема 9. Истечение жидкости и газов через отверстия и насадки	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция.
		ЛР	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении лабораторных работ. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов, самостоятельная работа студентов с электронными образовательными ресурсами, учебно-методическим порталом..
10.	Тема 10. Гидравлический расчет трубопроводов при установившемся напорном движении	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция.
		ЛР	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении лабораторных работ. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов, самостоятельная работа студентов с электронными образовательными ресурсами, учебно-методическим порталом.
11.	Тема 11. Плоское (двумерное) движение идеальной жидкости.	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция.
12.	Тема 12. Гидродинамический пограничный слой.	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция.
13.	Тема 13. Одномерные течения сжимаемого газа.	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция.
		ЛР	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении лабораторных работ. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов, самостоятельная работа студентов с электронными образовательными ресурсами, учебно-методическим порталом.
14.	Тема 14 Подобие гидромеханических процессов.	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция.
15.	Тема 15. Гидравлический удар в трубопроводах.	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция.
		ЛР	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении лабораторных работ. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов, самостоятельная работа студентов с электронными образовательными ресурсами, учебно-методическим порталом.
16.	Тема 16. Гидравлические машины. Насосы.	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция.
		ЛР	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении лабораторных работ. Интерактивное заня-

			тие с применением видеоматериалов, самостоятельная работа студентов с электронными образовательными ресурсами, учебно-методическим порталом.
17.	Тема 17. Работа центробежного насоса на данный трубопровод	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция.
		ЛР	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении лабораторных работ. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов. Экскурсия в «Музей воды» Мосводоканала.

6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

При изучении дисциплины «Гидрогазодинамика» учебным планом предусмотрена курсовая работа.

ЗАДАНИЕ на курсовую работу по дисциплине «Гидрогазодинамика»

Студент _____ Группа _____
Руководитель (консультант) _____

1. Тема курсовой работы: «Гидравлический расчет трубопроводов и их элементов»
Вариант _____

2. Основное содержание:

2.1. Часть 1. Произвести гидравлический расчет элементов трубопровода в соответствии с вариантом задания.

2.2. Часть 2. Сопло Лаваля.

Необходимо:

– дать понятие «сопло Лаваля» и режимов его работы;

– выполнить необходимые расчеты в соответствии со своим вариантом.

3. Требования к оформлению:

3.1. Пояснительная записка должна быть оформлена в соответствии с требованиями ЕСКД, ЕСПД, ГОСТ, СТП и др. на листах формата А4, скрепляется степлером или подшивается в отдельную папку.

3.2. В пояснительной записке должны содержаться следующие разделы:

– задание на курсовую работу;

– задание по своему варианту – задание переписывается полностью, затем кратко, что дано и что надо найти;

– рисунки (если они есть или если их необходимо сделать самим) выполняются аккуратно;

– расчеты делаются подробно с расшифровкой обозначений;

– список литературы, использованной при выполнении курсовой работы – приводится список только той литературы или ссылок на интернет-источники, которыми вы пользовались. Переписывать весь список литературы, который был рекомендован для изучения курса – НЕ НАДО!!!

Пример исходных данные по вариантам

Задача 1.

Трубопровод переменного сечения (рис. 1) отходит от открытого резервуара, площадь сечения которого бесконечно большая, по сравнению с площадями сечения трубопровода. Жидкость с удельным весом $\gamma = 9,81 \text{ кН/м}^3$ вытекает из трубопровода в атмосферу. Движение жидкости в трубопроводе установившееся. Расстояния от плоскости сравнения до соответствующих сечений: $z_1 = \text{_____ м}$; $z_2 = \text{_____ м}$; $z_3 = \text{_____ м}$; $z_4 = \text{_____ м}$; площади сечений: $\omega_2 = \text{_____ м}^2$; $\omega_3 = \text{_____ м}^2$; $\omega_4 = \text{_____ м}^2$. Пренебрегая потерями напора, определить расход жидкости, протекающей в трубопроводе, а также давление и скорости в сечениях, указанных на рисунке.

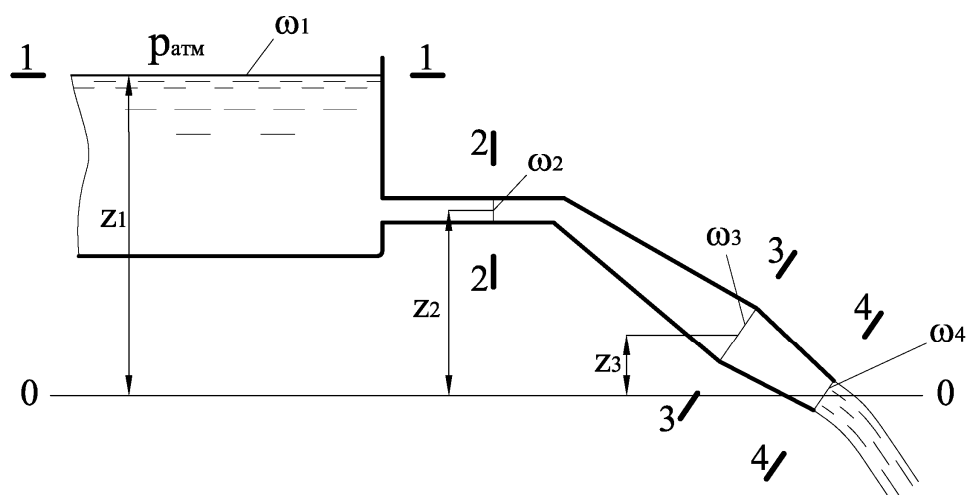


Рис. 1. К задаче 1.

Вариант №	1	2	3	4	5
$z_1, \text{ м}$	4	5	6	7	8
$z_2, \text{ м}$	2	3	2	3	4
$z_3, \text{ м}$	0,5	1	1,5	2	1
$z_4, \text{ м}$	0				
$\omega_2, \text{ м}^2$	0,015	0,02	0,03	0,04	0,05
$\omega_3, \text{ м}^2$	0,045	0,05	0,055	0,05	0,07
$\omega_4, \text{ м}^2$	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06

Задача 2.

В соединяющем резервуары *A* и *B* трубопроводе в точке *C* вмонтирован водовыпускной кран. Трубопровод образован двумя участками: *AC* длиной $l_1 = 1\ 200 \text{ м}$ и диаметром $d_1 = 200 \text{ мм}$; *CB* длиной $l_2 = 900 \text{ м}$ и диаметром $d_2 = 150$

мм. Уровни воды в баках A и B от плоскости сравнения $O - O$ соответственно составляют $H_A = \underline{\hspace{2cm}}$ м и $H_B = \underline{\hspace{2cm}}$ м.

Определить:

- 1) расходы Q_A и Q_B воды из резервуаров при различных расходах воды в точке C от $Q_C = 0$ при закрытом кране до $Q_{C \max}$ при полном открытии крана;
- 2) построить пьезометрическую линию.

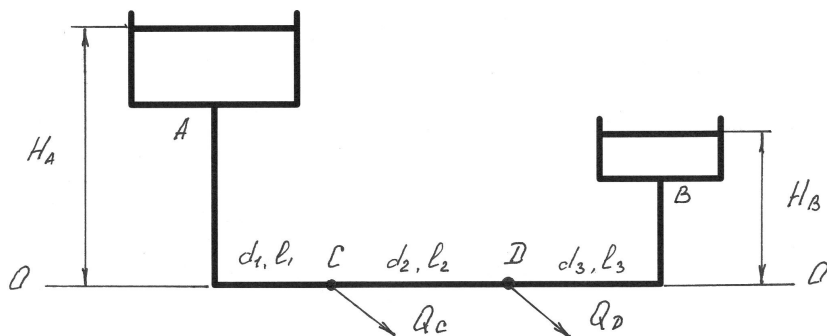


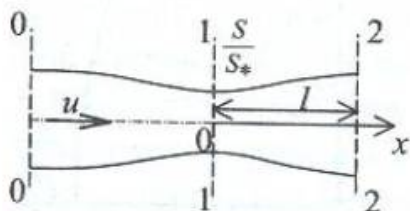
Рис. 33 к задаче 33

Вариант №	1	2	3	4	5
$H_A =$	14,5	14,7	14,9	15,1	15,3
$H_B =$ м	10,6	10,8	11,0	11,2	11,5

Часть 2.

Задача 45.

Из большого резервуара осуществляется истечение воздуха через сопло Лавала без скачков уплотнения внутри сопла. Истечение воздуха происходит в камеру, где поддерживается давление $p' = 100$ кПа. Определить диаметр d_2 выходного сечения сопла и параметры воздуха на выходе из сопла.



Параметры истечения при входе в сопло:

Вариант №	1	2	3	4	5	6	7	8	9
p_0 , кПа	1170	1172	1174	1176	1178	1180	1182	1184	1186
t_0 , °C	1000	1100	1200	1300	1400	1000	1100	1200	1300
u_0 , м/с	0								
d_1 , см	4,0	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	3,0	3,2

Контрольные вопросы при защите курсовой работы:

№ п.п.	Вопрос
1	Как классифицируются трубопроводы?
2	Что такое водопровод?
3	Что лежит в основе гидравлического расчета трубопроводов?
4	Как определить потери напора на участках трубопровода?
5	Что такое диктующая точка и для чего необходимо ее определять?
6	Как определяется минимальный свободный напор?
7	Что такое свободный напор?
8	Для чего необходим в системе напорный резервуар?
9	Как определяется величину вакуума во всасывающей линии насоса?
10	Как определяются диаметры трубопроводов по участкам водопроводной сети?
11	Как определяются производительность и напор насосной станции?
12	Как определяются емкость бака и высота водонапорной башни?
13	Как определяются потери напора на различных участках трубопроводов?
14	В чем заключаются особенности гидравлического расчета длинных трубопроводов?
15	Как определяются напор и производительность насоса?
16	Что означает пьезометрическая линия?
17	Для чего используется последовательная схема установки двух и более насосов?
18	Как построить характеристику трубопровод? Что такое рабочая точка?

19	Как построить характеристику двух последовательно работающих насосов?
20	Как определить эффективность последовательной работы двух насосов на общий трубопровод?

Для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации студентов по итогам освоения дисциплины предусмотрены контрольные вопросы для защиты лабораторных работ и тесты по разделам изучаемой дисциплины.

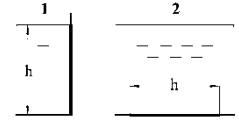
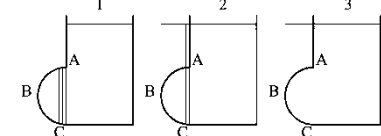
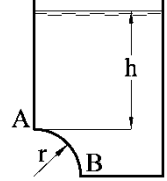
Текущее тестирование необходимо для оценки текущей успеваемости и усвояемости изучаемого студентами материала и предлагается проведение два тестирования: одно – по разделу «Гидростатика», одно – «Гидрогазодинамика». Каждый тест состоит их 10 вопросов и содержит 30 вариантов.

Примерные варианты тестовых заданий представлены ниже.

ПРИМЕРЫ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Первый рубежный контроль (тест № 1).

№ п/п	Вопросы	Ответы
1.	Что такое удельный вес однородной жидкости?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отношение веса жидкости к ее объему. 2. Свойство жидкости изменять объем при изменении температуры и давления. 3. Отношение массы жидкости к ее объему. 4. Свойство жидкости оказывать сопротивление относительно сдвигу ее слоев. 5. Верных ответов нет. Дайте свой правильный ответ.
2.	Сосуд с жидкостью движется с постоянным ускорением 'a' параллельно горизонтальной оси Y. Ось Z направлена вертикально вверх Чему равны значения $\frac{dP}{dX}$, $\frac{dP}{dY}$, $\frac{dP}{dZ}$?	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\frac{dP}{dX} = 0$; $\frac{dP}{dY} = \rho a$; $\frac{dP}{dZ} = \rho g$. 2. $\frac{dP}{dX} = \frac{dP}{dZ} = 0$; $\frac{dP}{dY} = \rho a$. 3. $\frac{dP}{dX} = 0$; $\frac{dP}{dY} = -\rho a$; $\frac{dP}{dZ} = -\rho g$. 4. $\frac{dP}{dX} = \frac{dP}{dY} = \frac{dP}{dZ} = 0$ 5. Верных ответов нет. Дайте свой правильный ответ.
3.	На какой высоте от плоскости сравнения находится свободная поверхность жидкости в открытом резервуаре с жидкостью $\gamma = 7,2$ кН/м ³ , если избыточное давление в точке, расположенной выше плоскости сравнения на 7 м, составляет 36 кПа?	<ol style="list-style-type: none"> 1. 12 м. 2. 10,5 м. 3. 15 м. 4. 1,5 м 5. Верных ответов нет. Дайте свой правильный ответ.
4.	Как измениться уровень в пьезометре, подсоединенном к сосуду с жидкостью с удельным весом 8,0 кН/м ³ , если удлинить его, запаять сверху и откачать полностью воздух?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Увеличится на 1,2 м. 2. Увеличится на 1,23 м. 3. Увеличится на 12,3 м. 4. Уменьшится на 12 м. 5. Верных ответов нет. Дайте свой правильный ответ.

5.	<p>Чему равен гидростатический напор, если избыточное давление на свободной поверхности в неподвижном геометрически закрытом сосуде равно 180 кПа?</p> <p>Плоскость сравнения расположена ниже свободной поверхности на 14 м, удельный вес жидкости 9,0 кН/м³.</p>	<p>1. 24,0 м. 2. 34,0 м. 3. 14 м. 4. 16 м. 5. Верных ответов нет. Дайте свой правильный ответ.</p>
6.	<p>Как изменится величина силы давления воды на вертикальную прямоугольную стенку шириной b и высотой h, если она будет расположена горизонтально?</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <p>1. Не изменится. 2. Увеличится в 2 раза. 3. Уменьшится в 2 раза 4. Уменьшится в 4 раза. 5. Верных ответов нет. Дайте свой правильный ответ.</p>
7.	<p>Дизельное топливо $\rho = 860 \text{ кг/м}^3$ хранится цилиндрической емкости высотой 4 м, диаметром 1 м. Чему равна сила избыточного давления топлива на дно хранилища?</p>	<p>1. 30,0 кН. 2. 26,5 кН. 3. 57,5 кН. 4. 12,5 кН. 5. Верных ответов нет. Дайте свой правильный ответ.</p>
8.	<p>На каком рисунке правильно показано тело давления? Как направлена вертикальная составляющая?</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <p>1. Рис. 2 , вверх. 2. Рис. 3 , вверх. 3. Рис. 1 , вниз. 4. Рис. 3 , вниз. 5. Верных ответов нет. Дайте свой правильный ответ.</p>
9.	<p>Горизонтальная составляющая силы избыточного давления жидкости плотностью ρ на криволинейную цилиндрическую поверхность определяется по формуле:</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <p>1. $P_x = \rho b(h + r)r/2$. 2. $P_x = \rho b(h - r/2)r$. 3. $P_x = \gamma b(h + r/2)r$. 4. $P_x = \rho b(h + r)r/2g$. 5. Верных ответов нет. Дайте свой правильный ответ.</p>
10.	<p>Тело весом $G = 5 \text{ кН}$ плавает в воде в полностью погруженном состоянии. Чему равна выталкивающая сила?</p>	<p>1. 10 кН. 2. 5 кН. 3. 20 кН. 4. 15 кН. 5. Верных ответов нет. Дайте свой правильный ответ.</p>

Второй рубежный контроль (тест № 2).

№ п/п	Вопросы	Ответы
1.	Движение жидкости считается установившимся, если	$1. \frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial p}{\partial y} = \frac{\partial p}{\partial z}.$ $2. \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial u}{\partial z}.$ $3. \frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial p}{\partial y} = 0; \frac{\partial p}{\partial z} \neq 0.$ $4. \frac{\partial u}{\partial x} \neq 0; \frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial u}{\partial z} = 0.$ $5. \frac{\partial u}{\partial t} = 0.$
2.	Расход жидкости, протекающей по трубе равен 16,0 л/с. Чему будет равна площадь живого сечения потока, если средняя скорость потока 4 м/с?	$1. 25 \text{ см}^2.$ $2. 40, \text{ см}^2.$ $3. 4,0 \text{ см}^2.$ $4. 0,40 \text{ см}^2.$ $5. 2,5 \text{ см}^2.$
3.	Площадь сечения в направлении движения струйки постоянно уменьшается. Как при этом изменяются полная удельная и удельная потенциальная энергии струйки?	$1. \text{ Не изменяются.}$ $2. \text{ Уменьшаются.}$ $3. \text{ Увеличиваются.}$ $4. \text{ Полная удельная энергия уменьшается, а удельная потенциальная энергия увеличивается.}$ $5. \text{ Полная удельная энергия увеличивается, а удельная потенциальная уменьшается.}$
4.	Что такое гидравлический радиус?	$1. \text{ Это радиус трубопровода.}$ $2. \text{ Это смоченный периметр, умноженный на площадь живого сечения.}$ $3. \text{ Это отношение площади живого сечения к смоченному периметру.}$ $4. \text{ Это отношение смоченного периметра к площади живого сечения.}$ $5. \text{ Верных ответов нет. Дайте свой правильный ответ.}$
5.	Уравнение Бернулли для безнапорного равномерного потока имеет вид	$1. \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha v_2^2}{2g} + h_w.$ $2. z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{u_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{u_2^2}{2g}.$ $3. z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha v_2^2}{2g} + h_w.$ $4. z_1 = z_2 + h_t.$ $5. \frac{p_1}{\gamma} = \frac{p_2}{\gamma} + h_w.$
6.	При турбулентном движении местные потери напора в напорной трубе равны 9,0 м. Чему будут равны эти потери, если расход увеличится в три раза?	$1. 3,0 \text{ м.}$ $2. 27,0 \text{ м.}$ $3. 1,0 \text{ м.}$ $4. 81,0 \text{ м.}$ $5. \text{ Верных ответов нет. Дайте свой правильный ответ.}$

7.	Укажите формулу Шези. В каких случаях она применяется?	<ol style="list-style-type: none"> $v = c \cdot \sqrt{RI}$, в автомодельной области. $h_t = \frac{32 \cdot v \cdot l \cdot v}{gd^2}$; при ламинарном режиме. $h_t = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$, применяется во всех случаях. $h_{\text{ин}} = \xi \cdot \frac{v^2}{2g}$; при ламинарном режиме. $h_t = \lambda \cdot \frac{l}{4R} \cdot \frac{v^2}{2g}$, в области гидравлически гладких труб.
8.	Движение жидкости в круглых трубах происходит в квадратичной зоне. Как изменятся потери напора по длине, если расход жидкости увеличится в два раза?	<ol style="list-style-type: none"> Увеличится в два раза. Уменьшится в два раза. Не изменится. Увеличится в четыре раза. Уменьшится в четыре раза.
9.	Зависит ли повышение давление при непрямом гидравлическом ударе в трубопроводе от времени перекрытия трубопровода $t_{\text{зак}}$?	<ol style="list-style-type: none"> Не зависит. Чем больше $t_{\text{зак}}$, тем больше повышение давления. Чем больше $t_{\text{зак}}$, тем меньше повышение давления. Увеличение $t_{\text{зак}}$ вызывает квадратичное увеличение повышения давления. Верных ответов нет. Дайте свой правильный ответ.
10.	Истечение жидкости из резервуара в атмосферу происходит через гидравлический насадок при напоре 5,0 м. Расход истечения равен 5 л/с. Как изменится расход, если напор уменьшится в два раза?	<ol style="list-style-type: none"> Останется неизменным. Уменьшится в два раза. Увеличится в два раза. Уменьшится в $\sqrt{2}$ раз. Увеличится в $\sqrt{2}$ раз.

Лабораторные работы (ЛР) направлены на практическое закрепление теоретического материала дисциплины «Гидрогазодинамика», в результате чего студент должен знать основы законы механики жидкости и газов, а также применение этих законов при решении инженерных задач.

В курсе «Гидрогазодинамика» предполагается выполнение 5 лабораторных работ в разделе «Гидростатика», 7 лабораторных работ в разделе «Гидрогазодинамика», 4 – в разделе «Техническая реализация законов гидрогазодинамики в технологиях, машинах и оборудовании». Допуск к выполнению ЛР происходит при условии освоения материала и наличия у студентов подготовленной таблицы опытных данных в журнале лабораторных работ. Отчет по лабораторной работе представляется с полностью обработанными результатами измерений, графическим материалом (при необходимости), выводами по работе. Защита отчета в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя, решение задачи по теме лабораторной работы.

Пример перечня вопросов при защите лабораторной работы № 1-1. «Основные физические свойства жидкостей».

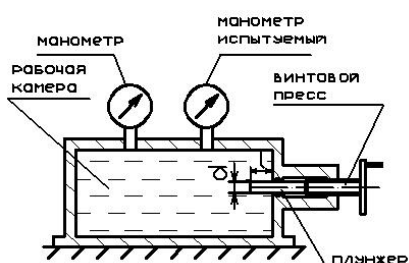
1. Какие физические свойства жидкости Вы знаете?

2. Дайте определение плотности, удельного и относительного веса жидкости.
3. Что такое температурное расширение и сжимаемость жидкости? Чем они характеризуются?
4. Дайте определение вязкости жидкости. Какими параметрами она характеризуется?
5. Какова связь динамической и кинематической вязкости, каковы их единицы измерения? Какими приборами определяется вязкость жидкости?
6. Что такое текучесть жидкости? Можно ли ее оценить количественно?
7. Какова природа явления поверхностного натяжения? От чего зависит коэффициент поверхностного натяжения?
8. Какие приборы используются для измерения плотности и удельного веса жидкости? Каков их принцип действия?
9. Что представляет собой ареометр?
10. Каков принцип действия капиллярного вискозиметра?

В каких единицах в системе СИ измеряются плотность, удельный вес, коэффициенты кинематической и динамической вязкости, коэффициенты объемного сжатия и температурного расширения?

Пример задачи к защите лабораторной работе.

Задача 1



Для тарировки манометров по эталонному манометру применяется винтовой пресс. На какую длину необходимо переместить в рабочую камеру плунжер для создания давления в масле $p = \underline{\hspace{2cm}}$ кПа, если диаметр плунжера $d = \underline{\hspace{2cm}}$ мм, а начальный объем масла в камере (при атмосферном давлении) $W = \underline{\hspace{2cm}}$ см³. Коэффициент объемного сжатия масла $\beta_p = 6,5 \times 10^{-4}$ 1/МПа.

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7
p , кПа	981	1471,5	1962	2452,5	2943	3433,5	3924
d , мм	8						
W , см ³	250						

Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (экзамен)

№ п.п.	Вопрос
1.	Наука «Гидрогазодинамика», история развития, современное состояние.
2.	Основные физические свойства жидкости и газов.
3.	Приборы для измерения плотности, удельного веса и вязкости.
4.	Силы и напряжения, действующие в жидкости. Гидростатическое давление и его свойства.
5.	Дифференциальные уравнения равновесия жидкости (уравнения Эйлера).
6.	Вывести из уравнения Эйлера формулу давления при абсолютном равновесии жидкости в сосуде.
7.	Основное уравнение гидростатического давления.
8.	Поверхности равных давлений при абсолютном и относительном равновесии жидкости.
9.	Определение давления в жидкости при ее абсолютном и относительном равновесии.
10.	Виды относительного равновесия. Определение давления в жидкости при относительном равновесии.
11.	Определение давления в жидкости, находящейся в относительном равновесии в сосуде движущемся прямолинейно равноускоренно.

12.	Определение давления в жидкости, находящейся в относительном равновесии в сосуде вращающемся с постоянной угловой скоростью вокруг собственной оси.
13.	Гидростатический напор. Показать на чертеже сосуда с жидкостью и пьезометрами гидростатический напор и его составные части.
14.	Пьезометрический напор. Показать на чертеже сосуда с жидкостью и пьезометрами пьезометрический напор и его составные части.
15.	Понятие абсолютного давления, избыточного давления и вакуума. Их измерение.
16.	Закон Паскаля. Принцип устройства и расчета гидравлического пресса.
17.	Использование законов Паскаля и сообщающихся сосудов в гидростатических машинах.
18.	Приборы для измерения давления жидкости.
19.	Определение силы гидростатического давления жидкости на плоскую стенку. Центр давления.
20.	Гидростатический парадокс.
21.	Построение эпюр гидростатического давления жидкости на плоские и ломаные стенки.
22.	Определение силы гидростатического давления жидкости на криволинейную поверхность.
23.	Определение вертикальной составляющей силы гидростатического давления на криволинейную поверхность. Построение тела давления.
24.	Определение горизонтальной составляющей силы гидростатического давления на криволинейную поверхность.
25.	Закон Архимеда Плавание тел.
26.	Объяснить следующие понятия: расход, средняя скорость, смоченный периметр, гидравлический радиус. Вывести уравнение неразрывности для потока жидкости.
27.	Объяснить следующие понятия: установившееся и неустановившееся движение, траектория и линия тока, напорное и безнапорное движение потока, равномерное движение потока.
28.	Общая интегральная форма уравнений количества движения и момента количества движения.
29.	Уравнение Навье-Стокса.
30.	Вывести уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной жидкости и объяснить физический и геометрический смысл входящих в него членов.
31.	Вывести уравнение Бернулли для потока идеальной жидкости. Объяснить физический и геометрический смысл входящих в него членов.
32.	Вывести уравнение Бернулли для потока реальной жидкости и объяснить физический и геометрический смысл входящих в него членов.
33.	Объяснить геометрический и физический смысл уравнения Бернулли для потока реальной жидкости.
34.	Режимы движения жидкости. Число Рейнольдса и его критическое значение. Переходы из ламинарного в турбулентный режим и наоборот.
35.	Ламинарное течение вязкой жидкости в круглой трубе.
36.	Общие сведения о турбулентных течениях. Уравнения развитого турбулентного движения вязкой несжимаемой жидкости (уравнения Рейнольдса).
37.	Турбулентные напряжения. Гипотезы о турбулентных напряжениях.
38.	Турбулентное течение вязкой жидкости в круглой трубе.
39.	Виды гидравлических сопротивлений. Определение потерь напора при напорном движении жидкости в круглых трубах.
40.	Определение местных потерь напора при напорном движении жидкости в круглых трубах.

41.	Формула Дарси. Определение коэффициента λ в зависимости от режима движения жидкости.
42.	Соппротивление тел обтекаемых вязкой жидкостью. Турбулентность и ее основные статистические характеристики.
43.	Объяснить следующие понятия: малое отверстие, тонкая стенка, сжатие струи, полное сжатие, совершенное сжатие, инверсия струи.
44.	Вывести формулу для определения скорости истечения жидкости через отверстие в тонкой стенке в атмосферу при постоянном напоре. Дать понятия коэффициентов скорости, сжатия, расхода.
45.	Истечение жидкости и газа через отверстия и насадки при переменном напоре.
46.	Формулы для определения расхода и скорости истечения при истечении жидкости под уровень.
47.	Классификация гидравлических насадков. Сопло Лавалья.
48.	Классификация насадков. Особенности истечения через насадки.
49.	Методы и приборы для измерения расхода жидкости.
50.	Классификация трубопроводов.
51.	Гидравлический расчет коротких трубопроводов. Типы решаемых задач.
52.	Гидравлический расчет коротких трубопроводов. Выбор сечений для составления уравнения Бернулли.
53.	Методика расчета короткого трубопровода.
54.	Гидравлический расчет длинных трубопроводов. Типы решаемых задач.
55.	Тупиковые трубопроводы. Особенности гидравлического расчета.
56.	Параллельное и последовательное соединение труб.
57.	Непрерывная раздача расхода в трубопроводе.
58.	Активное и реактивное действие струи на твердое тело.
59.	Плоское (двумерное) движение идеальной жидкости. Уравнение движения для вязкой жидкости.
60.	Пограничный слой. Дифференциальное уравнение пограничного слоя.
61.	Основы теории пограничного слоя (ПС). Общие сведения о ПС.
62.	Дифференциальные уравнения Прандтля для ламинарного ПС.
63.	Расчет ламинарного ПС на плоской пластине.
64.	Отрыв ПС. Переход ламинарного ПС в турбулентный.
65.	Расчет турбулентного ПС на плоской пластине.
66.	Некоторые термодинамические соотношения. Уравнение Бернулли для адиабатного течения идеального газа.
67.	Сверхзвуковые течения.
68.	Скачки уплотнений.
69.	Особенности двухкомпонентных и двухфазных течений.
70.	Течение жидкости при фазовом равновесии.
71.	Тепловой скачок.
72.	Скачок конденсации.
73.	Теория подобия. Геометрическое, кинематическое и динамическое подобие.
74.	Теория подобия. Критерии гидромеханического подобия.
75.	Теория подобия. Практическое применение теории подобия гидродинамических яв-

	лений.
76.	Гидравлический удар в трубопроводах. Формула Н.Е. Жуковского. Способы борьбы с гидравлическим ударом. Гидротаран.
77.	Общая классификация насосов. Принцип действия насосов различных классов.
78.	Устройство и принцип действия центробежных насосов. Область их применения, пуск в ход, регулирование подачи, достоинства и недостатки.
79.	Что такое напор насоса? Вывести эксплуатационную формулу напора насоса.
80.	Напор насоса. Вывод проектной формулы напора.
81.	Определение напора насоса по показаниям приборов (эксплуатационная формула).
82.	Рабочие характеристики $H-Q$, $N-Q$, $\eta-Q$ центробежных насосов. Как они получаются на практике?
83.	Работа центробежного насоса на данный трубопровод. Характеристика трубопровода и ее построение. Рабочая точка. Как подобрать насос по рабочим характеристикам?
84.	Параллельная и последовательная работа центробежных насосов на общий трубопровод.
85.	Пересчет рабочей характеристики $H-Q$ центробежного насоса на новую частоту вращения.

6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Оценка текущей работы и промежуточный контроль знаний студентов осуществляется на основе традиционной системы контроля и оценки успеваемости. Традиционная система контроля и оценки успеваемости студентов представлена критериями выставления оценок «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично».

Критерии оценки выполнения тестов:

Текущее тестирование (письменное) проводится на 5 и 12 неделях учебного семестра. Каждый тест состоит из 10 вопросов и содержит 30 вариантов.

Критерии оценивания:

- правильные ответы на менее, чем 6 заданий – 2 балла;
- правильные ответы на 6-7 заданий – 3 балла;
- правильные ответы на 7-8 заданий – 4 балла;
- правильные ответы на 8-10 заданий – 5 балла.

Основаниями для снижения оценки на 1 балл являются: отсутствие обоснования выбранного ответа, неполный ответ; небрежное выполнение, ошибки в обозначениях и т.п.

Критерии оценки выполнения и защиты лабораторных работ:

К защите лабораторной работы представляется отчет с полностью обработанными результатами измерений, графическим материалом, выводами. Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае: отсутствия необходимых расчетных формул, обозначений и т.п.; отсутствия необходимого графического материала; некорректной обработки результатов измерений.

Защита отчета по лабораторной работе проходит в устной или письменной форме и оценивается по системе оценки «зачет» / «незачет». В случае получения при защите лабораторной работы неудовлетворительной оценки, работа подлежит повторной защите.

Критерии оценивания защиты лабораторных работ

Оценка	Критерии оценивания
«зачет»	студент представил отчет по выполненной лабораторной работе, правильно ответил на контрольные вопросы, решил задачу по теме лабораторной работы.
«незачет»	студент представил отчет по выполненной лабораторной работе, не ответил на контрольные вопросы или не решил задачу по теме лабораторной работы.

Критерии оценки выполнения курсовой работы (КР)

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	работа выполнена в соответствии с утвержденным планом, полностью раскрыто содержание каждого вопроса, студентом сформулированы собственные аргументированные выводы по теме работы. Оформление работы соответствует предъявляемым требованиям. При защите работы студент свободно владеет материалом и отвечает на вопросы.
Средний уровень «4» (хорошо)	работа выполнена в соответствии с утвержденным планом, полностью раскрыто содержание каждого вопроса. Незначительные замечания к оформлению работы. При защите работы студент владеет материалом, но отвечает не на все вопросы.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	работа выполнена в соответствии с утвержденным планом, но не полностью раскрыто содержание каждого вопроса. Студентом не сделаны собственные выводы по теме работы. Грубые недостатки в оформлении работы. При защите работы студент слабо владеет материалом, отвечает не на все вопросы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	работа выполнена не в соответствии с утвержденным планом, не раскрыто содержание каждого вопроса. Студентом не сделаны выводы по теме работы. Грубые недостатки в оформлении работы. При защите работы студент не владеет материалом, не отвечает на вопросы.

Критерии оценивания результатов обучения

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий.
Средний уровень «4» (хорошо)	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний).
Пороговый уро-	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с

вень «3» (удовлетворительно)	пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, не сформированы.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Основная литература

1. Кудинов А.А. Гидрогазодинамика: Учеб.пособие. – М.: ИНФРА-М, 2011. – 336 с.
2. Гидравлика: Учебник / А.П. Исаев, Н.Г. Кожевникова, А.В. Ещин – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 420 с.
3. Кожевникова Н.Г., Тогунова Н.П., Ещин А.В., Шевкун Н.А., Кривчанский В.Ф. Практикум по гидравлике: Учебное пособие М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 428 с.
4. Гидравлика и гидравлические машины. Лабораторный практикум: Учебное пособие. / Н.Г. Кожевникова, А.В. Ещин, Н.А. Шевкун, А.В. Драный, В.А. Шевкун, А.А. Цымбал, Б.Т. Бекишенв - СПб.: Издательство «Лань», 2016. - 352 с.: ил. - Режим доступа <https://e.lanbook.com/reader/book/76272/#1>
5. Механика жидкости и газа: учебное пособие / Н.Г. Кожевникова, Н.А. Шевкун, А.В. Драный / ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. – М.: ООО «Мегаполис», 2021. – 161.

7.2 Дополнительная литература

1. Калекин А. А. Гидравлика и гидравлические машины: Учебное пособие. – М.: Мир, 2005. – 512 с.
2. Чугаев Р.Р. Гидравлика: Учебник для вузов. – 4-е изд., – Л.: Энергоиздат, 1982. – 672 с.; ил.
3. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: Справочное пособие. 9-е изд. – М.: ООО «БАСЕТ», 2007. – 336 с.

7.3 Нормативные правовые акты

1. ГОСТ 2.704-2011 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения гидравлических и пневматических схем.
2. СП 31.13330.2021 «СНиП 2.04.02-84*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».

7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

1. Кожевникова Н.Г. Гидростатика: методические указания / Н.Г. Кожевникова, А.В. Ещин, Н.А. Шевкун, А. В. Драный ; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева. – Москва : РГАУ-МСХАиме-ни К. А. Тимирязева, 2018. – 84 с.– Текст : электронный.
2. Кожевникова Н.Г. Гидродинамика : практикум/ Н.Г. Кожевникова, А.В. Ещин, Н.А. Шевкун[и др.] ; Российский государственный аграрный университет –МСХА имени

К.А. Тимирязева. - Москва: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2019. –154 с.–Текст : электронный. DOI: 10.34677/2019.049

3. Кожевникова Н.Г., Ещин А.В., Шевкун Н.А. и др. Гидравлика, гидромашины и сельскохозяйственное водоснабжение Часть 3. Гидравлические машины: Практикум / Н.Г. Кожевникова, А.В. Ещин, Н.А. Шевкун, А.В. Драный. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. 82 с.

4. Кожевникова Н.Г., Ещин А.В., Шевкун Н.А., Драный А.В. Гидравлические и пневматические системы транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования: Практикум / Н.Г. Кожевникова, А.В. Ещин, Н.А. Шевкун, А.В. Драный М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2016, 115 с.

5. Кожевникова Н.Г., Ещин А.В., Шевкун Н.А., Драный А.В. Гидравлика и гидропневмопривод: Методические указания / Кожевникова Н.Г., Ещин А.В., Шевкун Н.А., Драный А.В. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2016, 40 с.

6. Кожевникова Н.Г., Ещин А.В., Шевкун Н.А., Драный А.В. Журнал лабораторных работ по дисциплинам «Гидравлика», «Гидравлика и гидравлические машины», «Гидрогазодинамика» и «Водоснабжение» / Кожевникова Н.Г., Ещин А.В., Шевкун Н.А., Драный А.В. – М.: ООО «УМЦ «Триада», 2015. – 44 с.

7. Исаев А.П., Кожевникова Н.Г., Ещин А.В. и др. Насосы: Методическое пособие. – М.: МГАУ, 2008 г. – 80 с.

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

1. <http://www.agrovodcom.ru> ООО «Агроводком» официальный дилер крупнейших производителей насосного оборудования России (открытый доступ).

2. <http://library.timacad.ru> Электронно-библиотечная система ЦНБ имени Н.И. Железнова ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (открытый доступ).

3. <http://rucont.ru> Электронно-библиотечная система «Национальный цифровой ресурс РУКОНТ» (открытый доступ).

4. <http://www.techgidravlika.ru> Информационно-справочная система (открытый доступ).

9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 9

Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Наименование программы	Тип программы	Автор	Год разработки
1	Раздел 1. Гидростатика Раздел 2. . Гидрогазодинамика 3. Техническая реализация законов гидрогазодинамики в технологиях, машинах и оборудовании	Microsoft Office 365	Офисный пакет	Microsoft	2021

10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Таблица 10

Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	2
23 корпус, 7 аудитория	1. Экран ClassicLyra (Инв. № 410134000001609) 2. Проектор BenQMX711 (Инв. № 410134000001611) 3. Доска настенная 3-элементная (Инв. № 210136000005980)
23 корпус, 7б лаборатория	1. Стенд гидравлический универсальный лабораторный ГУЛС-1 (Инв. № 210134000002961) 2. Стенд гидравлический универсальный лабораторный ГУЛС-2 “Гидростатика” (Инв. № 210134000002962) 3. Стенд ОГД-10-13ЛР-01 «Основы газовой динамики» (Инв. № 410124000603122) 3. Манометр МТ2С-712М1-1-0-10 (Инв. №210134000002454) 4. Емкость для воды (Инв.№210134000001926) 5. Макет ГСТ (Инв.№ 410134000001760) 6. Система трубопроводов на станине с гидроемкостью (Инв.№ 210134000002785) 7. Датчик расхода с индикацией параметров (Инв.№210134000002783) 8. Датчик давления –2 шт. (Инв.№210134000002782; 210134000002781). 9. Шкаф системы управления с индикаторами (Инв.№210134000002784). 10. Центробежные насосы –2шт. (Инв. № 210134000002779; 210134000002780)
Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, включающая 9 читальных залов (в том числе 5 компьютеризированных), организованных по принципу открытого доступа и оснащенных WI-FI, Интернет-доступом.	
Общежитие № 4, № 5 и № 11, комната для самоподготовки.	

11. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины

Образовательный процесс по дисциплине организован в форме учебных занятий (контактная работа (аудиторной и внеаудиторной) обучающихся с преподавателем и самостоятельная работа обучающихся). Учебные занятия (в том числе по реализации практической подготовки) представлены следующими видами, включая учебные занятия, направленные на практическую подготовку обучающихся и проведение текущего контроля успеваемости:

- лекции (занятия лекционного типа);
- семинары, практические занятия, лабораторные работы (занятия семинарского типа);
- курсовое проектирование (выполнение курсовых работ);
- групповые консультации;

индивидуальные консультации и иные учебные занятия, предусматривающие индивидуальную работу преподавателя с обучающимся;
самостоятельная работа обучающихся;
занятия иных видов.

На учебных занятиях обучающиеся выполняют запланированные настоящей программой отдельные виды учебных работ, в том числе отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Виды и формы отработки пропущенных занятий

Студент, пропустивший лекционное занятие, обязан самостоятельно проработать пропущенную тему (раздел), предоставить преподавателю конспект пропущенной лекции и ответить в устной форме на вопросы задаваемые преподавателем по теме лекции.

Пропущенные лабораторные работы отрабатываются в конце семестра в соответствии с установленным кафедрой графиком отработок. Перед отработкой лабораторной работы студент самостоятельно изучает теоретический материал по теме работы, порядок ее проведения и методику обработки опытных данных. Данные полученные при выполнении пропущенной лабораторной работы заносит в заранее подготовленный отчет. После обработки опытных данных оформленный должным образом отчет о выполнении лабораторной работы предоставляется ведущему преподавателю для защиты.

12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине

Наилучшей формой организации обучения дисциплине «Гидрогазодинамика» представляется такая, при которой все виды учебных занятий (лекция, лабораторные занятия) образуют единый взаимосвязанный учебный процесс. Главным звеном этого процесса являются лекции, на которых налагается основное содержание курса и дается научная и методическая установка в изучении преподаваемой дисциплины. При условии своевременного закрепления лекционного материала на групповых занятиях и в процессе выполнения домашних заданий студенты являются на очередные лекции достаточно подготовленными для их прослушивания и усвоения.

Во время лекций демонстрация слайдов или презентаций является предпочтительнее. Применение слайдов и презентаций требует тщательной работы, по методическому обеспечению таких занятий: отбор необходимых фрагментов фильмов и слайдов, подбор иллюстраций и чертежей, проверка качества их демонстрации, затрачиваемого времени и т.д.

Проведение лабораторных работ является одним из важнейших элементов закрепления пройденного материала, а также приобретения практических навыков студентами.

Лабораторные работы целесообразнее проводить с подгруппой. Необходимо заранее известить студентов о теме будущей лабораторной работы, указать на необходимость самостоятельного ознакомления с:

- целью лабораторной работы;
- теоретическим материалом, необходимым для выполнения данной работы;
- порядком выполнения работы и снятием экспериментальных данных;
- методикой обработки полученных в процессе лабораторной работы результатов;
- подумать о выводах, которые необходимо сделать в конце работы.

На лабораторную работу студент должен прийти с подготовленным конспектом лабораторной работы.

Все лабораторные работы должны быть оформлены в отдельном «Журнале для лабораторных работ» (рабочей тетради). Это может быть отдельная тетрадь, в которой студент на основе методических рекомендаций для проведения лабораторной работы, разработанных кафедрой, готовит свой персональный конспект, либо отдельный разработанный и изданный кафедрой макет конспекта лабораторной работы.

При достаточной технической оснащенности учебной лаборатории кафедры студенты выполняют лабораторную работу, предварительно разбившись по «бригадам», включающим в себя по 4 – 5 студентов. Если же нет такой технической возможности, то лабораторная работа выполняется сразу всей подгруппой или $\frac{1}{2}$ подгруппы. При этом преподаватель распределяет между студентами обязанности по выполнению лабораторной работы, стараясь задействовать в работе как можно больше студентов.

Перед проведением лабораторной работы преподаватель или ассистирующий ему инженер (лаборант) учебной лаборатории проводит инструктаж по технике безопасности.

После снятия опытных данных студенты обрабатывают результаты эксперимента, строят графики (если они предусмотрены в работе), делают выводы по работе.

После выполнения лабораторной работы целесообразно проводить ее «защиту». Это позволяет студентам еще раз повторить и осмыслить пройденный материал, а преподавателю оценить степень усвоения пройденного студентами материала.

Текущее тестирование целесообразно проводить 2 раза в течение семестра. С его помощью проверяется усвоение студентами материала. Эта проверка должна быть достаточно глубокой с тем, чтобы одновременно служить подготовкой к предстоящему экзамену.

Должно быть разработано несколько вариантов тестовых заданий с тем, чтобы близко сидящие студенты имели разные варианты.

Тест желательно компоновать из десяти вопросов примерно одинаковой трудности, что облегчает преподавателю выставление оценок по количеству верных ответов. Неудовлетворительно написанные тесты переписываются студентами повторно по другому варианту. Важным методическим требованием при проведении тестирования является своевременное ознакомление студентов с допущенными в нем ошибками.

Программу разработала:

Кожевникова Н.Г.
к.т.н., доцент



(подпись)

РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины «Гидрогазодинамика»
ОПОП ВО по направлению 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника
направленность – Энергообеспечение предприятий, тепловые и технические системы
(квалификация выпускника – бакалавр)

Андреевым Сергеем Андреевичем, к.т.н., доцентом кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина Института механики и энергетики им. В.П. Горячкина РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Гидрогазодинамика» ОПОП ВО по направлению 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника, направленность «Энергообеспечение предприятий, тепловые и технические системы» (уровень обучения бакалавриат) разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий (разработчик – Кожевникова Н.Г., зав.кафедрой, к.т.н., доцент).

Рассмотрев представленные на рецензирование материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Гидрогазодинамика» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника. Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе актуальность учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к обязательной части учебного цикла – Б1.

3. Представленные в Программе цели дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО направления 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника.

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Гидрогазодинамика» закреплено 2 компетенции. Дисциплина «Гидрогазодинамика» и представленная Программа способна реализовать их в объявленных требованиях. Результаты обучения, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

5. Общая трудоёмкость дисциплины «Гидрогазодинамика» составляет 6 зачётных единицы (216 часов).

6. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Гидрогазодинамика» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника и возможность дублирования в содержании отсутствует.

7. Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

8. Программа дисциплины «Гидрогазодинамика» предполагает занятия в интерактивной форме.

9. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника.

10. Представленные и описанные в Программе формы текущей оценки знаний соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме экзамена/защиты КР, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины обязательной части учебного цикла – Б1 ФГОС ВО направления 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника.

11. Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 5 источников (базовый учебник), дополнительной литературой – 3 наименования, Интернет-ресурсы – 4 источника и соответствует требованиям ФГОС ВО направления 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника.

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Гидрогазодинамика» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

14. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Гидрогазодинамика».

15.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенного рецензирования можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Гидрогазодинамика» ОПОП ВО по направлению 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника, направленность «Энергообеспечение предприятий, тепловые и технические системы» (квалификация выпускника – бакалавр), разработанная Кожевниковой Н.Г., к.т.н., доцентом соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Андреев С.А., доцент кафедры автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина,
кандидат технических наук

« 27 »  2023 г.