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: 17.0[illegible]
Уникальный программный ключ:
7823a3d3181287ca51a86a4c69d33e1779345d45

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 «Теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий»

УТВЕРЖДАЮ:
И.о. директора Института механики и энергетики им.В.П. Горячкина
_____ Игнаткин И.Ю.
«_____»_____2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.О.11 Гидрогазодинамика

для подготовки бакалавров

ФГОС ВО

Направление: 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника
Направленность: Энергообеспечение предприятий

Курс 2
Семестр 4

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2021

Москва, 2021

Разработчик: Кожевникова Н.Г., к.т.н., доцент _____
«23» 09 2021 г.

Рецензент: Стушкина Н.А., к.т.н., доцент _____
«23» 09 2021 г.

Программа обсуждена на заседании теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий протокол № 3 от 23 сентября 2021 г.

Зав. кафедрой Кожевникова Н.Г., к.т.н., доцент _____

«23» 09 2021г.

Согласовано:

Председатель учебно-методической
комиссии ИМЭ им. В.П. Горячкина
Чистова Я.С., к.п.н. _____
Протокол № 3 от «18» 10 2021 г.

Заведующий выпускающей кафедрой теплотехника, гидравлика и энергообеспечение предприятий Кожевникова Н.Г., к.т.н., доцент _____
«23» 09 2021 г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ _____ Ефимова Л.Б.
(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ **4**

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ **4**

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ..... ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.

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/практические/ занятия 11

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ **15**

6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ **15**

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности 17
6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания 27

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ **29**

7.1 Основная литература 29
7.2 Дополнительная литература 29
7.3 Нормативные правовые акты 29
7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям 29

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) **29**

9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ **30**

10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ) **30**

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ **31**

12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ **31**

Аннотация

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

Цель освоения дисциплины: получение студентами теоретических и практических знаний, приобретение умений и навыков применения математического аппарата для исследования функций, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, рядов, дифференциальных уравнений, теории функций комплексного переменного, численных методов; демонстрации понимания основных законов движения жидкости и газа; способности применять знания основ гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установок и систем.

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 движе-

ния 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 Лаваля. 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. Геометрическое, кинематическое и динамическое подобие. Критерии гидромеханического 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 получение студентами теоретических и практических знаний, приобретение умений и навыков применения математического аппарата для исследования функций, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, рядов, дифференциальных уравнений, теории функций комплексного переменного, численных методов; демонстрации понимания основных законов движения жидкости и газа; способности применять знания основ гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установок и систем.

Дисциплина «Гидрогазодинамика» дисциплина включена в обязательную часть дисциплин учебного плана по направлению 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника направленности – Энергообеспечение предприятий.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Гидрогазодинамика», являются: математика (1,2 курсы 1 - 3 семестры), физика (1 и 2 курсы 2, 3 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: тепломассообменное оборудование предприятий (4 курс, 7 семестр), источники и системы теплоснабжения предприятий (3-4 курсы 6 и 7 семестры), нетрадиционные и возобновляемые источники энергии (3 курс, 2 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)	**Код и содержание индикатора достижения компетенции** (или ее части)	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.	применять соответствующий физико-математический аппарат для анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследований.	методами анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследований
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;	решать типовые инженерные задачи гидравлики с применением соответствующего физико-математического аппарата.	навыками расчета гидравлических систем теплотехнических установок и систем
			ОПК-4.2. Применяет знания основ гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установок и систем	основные положения статики и динамики жидкости, составляющие основу расчета теплотехнических установок и систем	применять современные приборы и средства измерения основных физических параметров;	навыками расчета и подбора оборудования для теплотехнических установок и систем

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**
в том числе:	
лекции (Л)	34
лабораторные работы (ЛР)	34
курсовая работа (КР) (консультация, защита)	2
консультации перед экзаменом	2
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,4
2. Самостоятельная работа (СРС)	**143,6**
Курсовая работа (подготовка)	36
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным занятиям и т.д.)	83
Подготовка к экзамену (контроль)	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
курсовая работа (КР) (консультация, защита)	2		–	2	–
консультации перед экзаменом	2	–	–	2	–
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,4	–	–	0,4	–
подготовка к экзамену (контроль)	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**

Раздел	*Тема*	*Перечень рассматриваемых вопросов*
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 Лаваля.
	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 гидрогазодинамики 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»	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 контроль.	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)	защита лабораторной работы тестирование № 1	2
	Раздел 2. Кинематика и динамика жидкостей и газов				

№ п/п	Название разделов, тем	№ и название лекций/ лабораторных занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во ча-сов
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».	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 газов через отверстия и насадки	Лекция № 9. Истечение жидкости и газа через отверстия и насадки.	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)		2
		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 ус-	Лекция № 10. Гидравлический расчет трубопроводов при установившемся напорном движении.	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)		2
		Лабораторная работа № 2-6	ОПК-3	защита	2

№ п/п	Название разделов, тем	№ и название лекций/ лабораторных занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	тановившемся напорном движении	«Методы определения расхода жидкости. Расходомеры».	(ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)	лабораторной работы	
	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 ресивера: 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.	ОПК-3 (ОПК-3.1) ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2)	защита лабораторной работы тестирование № 2	2
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

№ п/п	Название разделов, тем	№ и название лекций/ лабораторных занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	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»	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 поверхности	Сила гидростатического давления, действующая на горизонтальные плоские площадки. Сила давления покоящейся жидкости на цилиндрические и сферические поверхности. Графоаналитический метод Определения 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).

№ п/п	Название разделов, тем	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
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 Ловаля 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 очитки 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 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.
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.
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.
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.
5.	**Тема 5.** Кинематика жидкости. Основные понятия динамики жидкости и газа.	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция.
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.
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.
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.
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.
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.

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.
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.
16.	**Тема 16.** Гидравлические машины. Насосы.	Л	Иллюстрация слайд-презентаций. Проблемная лекция.
		ЛР	Иллюстрация слайд-презентаций; работа в команде при выполнении лабораторных работ. Интерактивное занятие с применением видеоматериалов.
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.

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 элементов сложного разветвленного трубопровода»

Вариант _____

2. Основное содержание:

2.1. Дать классификацию трубопроводов, объяснить, что является основой для гидравлического расчета трубопроводной сети.

2.2. Произвести гидравлический расчет сложного разветвленного трубопровод.

Необходимо определить:

– расчетные расходы на участках водопровода и диаметр трубопроводов;

– общие потери напора по участкам и необходимую высоту установки напорного бака;

– построить напорную и пьезометрическую линии, объяснить, для чего они необходимы;

– используя кривую суммарного водопотребления и прямую суммарной подачи водонапорной станции, определить регулирующую емкость напорного;

– определить необходимые подачу и напор насоса, подающего воду в систему и выбрать марку насос;

– построить рабочую характеристику нагнетательного трубопровода, найти рабочую точку.

– рассчитать величину вакуума во всасывающей линии насоса, подающего воду в систему водопровода.

2.3. В процессе эксплуатации системы водоснабжения возникла необходимость увеличить напор насоса на 30%. Подберите дополнительный насос. Постройте характеристику двух последовательно работающих насосов, найдите параметры рабочей точки.

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.

В пояснительной записке должны содержаться следующие разделы:

– Классификация трубопроводов, методика гидравлического расчета трубопроводной сети.

– Исходные данные по своему варианту с соответствующими обозначениями и размерностью;

– Гидравлический расчет сложного разветвленного трубопровод согласно заданию и рекомендациям по его выполнению.

– Расчет и построение напорной и пьезометрической линий с объяснением, для чего они необходимы.

– Построение графиков суммарного суточного водопотребления и водоподачи. Определение емкости и высоты напорного бака.

– Подбор насосов. Построение характеристик насосов.

– Расчет и построение рабочей характеристики трубопровода, нахождение параметров рабочей точки.

– Список литературы, использованной при выполнении курсовой работы.

3.2. Графическая часть должна содержать:

3.2.1. Чертеж схемы трубопроводной сети.

3.2.2. Чертеж графиков суточного водопотребления (согласно своему варианту).

3.2.3. Графики суммарного суточного водопотребления и водоподачи.

3.2.4. Построение напорной и пьезометрической линии.

3.2.5. Построение рабочей характеристики трубопровода для:

– одного насоса;

– двух последовательно работающих насосов.

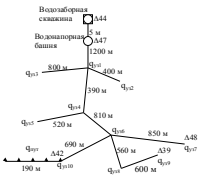


Рисунок 1. Схема трубопроводной сети

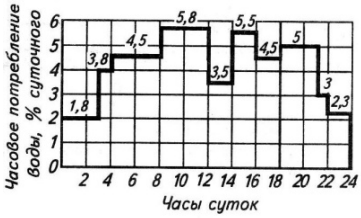


Рисунок 2. График суточного водопотребления

Пример исходных данные по вариантам

Таблица 1

Исходные данные		**Варианты**	
		1	**2**
Схема водопровода		*Рис.1*	
Сводный суточный график часовых расходов воды		*Рис.2*	
Максимальное суточное водопотребление, $м^3$/сут.		150	160
Распределение пикового расхода по узлам водопровода, %	1	2	
	15	7,9	
	10,3	14	
	9	7	
	6	6	
	5	5,3	
	7	5	
	3	9	
	13	12	
	15	18,6	
Путевой расход, л/(с·м)		0,002	
Минимальный свободный напор, м		8	8
Материал труб		асбестоцементные	
Время непрерывной работы насоса		с 6 до 16	с 7 до 18
Вертикальное расстояние от оси насоса до свободной поверхности воды в источнике, м		3	3

Контрольные вопросы при защите курсовой работы:

№ п.п.	**Вопрос**
1	Как классифицируется 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.

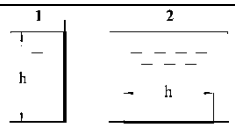
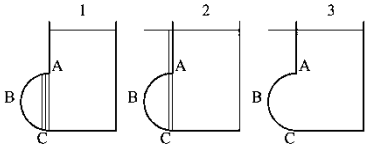
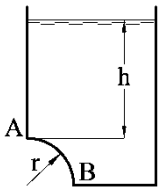
Текущее тестирование необходимо для оценки текущей успеваемости и усвояемости изучаемого студентами материала и предлагается проведение два тестирований: одно – по разделу «Гидростатика», одно – «Гидрогазодинамика». Каждый тест состоит их 10 вопросов и содержит 30 вариантов.

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?	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 относительному 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 $\frac{dP}{dX}, \frac{dP}{dY}, \frac{dP}{dZ}$?	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 γ = 7,2 кН/м³, если избыточное давление в точке, расположенной выше плоскости сравнения на 7 м, составляет 36 кПа?	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?	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.	Чему равен гидростатический напор, если избыточное давление на свободной поверхности в неподвижном геометрически закрытом сосуде равно 180 кПа? Плоскость сравнения расположена ниже свободной поверхности на 14 м, удельный вес жидкости 9,0 кН/м^3.	1. 24,0 м. 2. 34,0 м. 3. 14 м. 4. 16 м. 5. Верных ответов нет. Дайте свой правильный ответ.
6	Как изменится величина силы давления воды на вертикальную прямоугольную стенку шириной *b* и высотой *h*, если она будет расположена горизонтально?	 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.
7	Дизельное топливо ρ = 860 кг/м³ хранится цилиндрической емкости высотой 4 м, диаметром 1 м. Чему равна сила избыточного давления топлива на дно хранилища?	1. 30,0 кН. 2. 26,5 кН. 3. 57,5 кН. 4. 12,5 кН. 5. Верных ответов нет. Дайте свой правильный ответ.
8	На каком рисунке правильно показано тело давления? Как направлена вертикальная составляющая?	 1. Рис. 2 , вверх. 2. Рис. 3 , вверх. 3. Рис. 1 , вниз. 4. Рис. 3 , вниз. 5. Верных ответов нет. Дайте свой правильный ответ.
9	Горизонтальная составляющая силы избыточного давления жидкости плотностью ρ на криволинейную цилиндрическую поверхность определяется по формуле:	 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.
10	Тело весом $G = 5$ кН плавает в воде в полностью погруженном состоянии. Чему равна выталкивающая сила?	1. 10 кН. 2. 5 кН. 3. 20 кН. 4. 15 кН. 5. Верных ответов нет. Дайте свой правильный ответ.

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 тубе равен 16,0 л/с. Чему будет равна площадь живого сечения потока, если средняя скорость потока 4 м/с?	1. 25 см^2. 2. 40, см^2. 3. 4,0 см^2. 4. 0,40 см^2. 5. 2,5 см^2.
3.	Площадь сечения в направлении движения струйки постоянно уменьшается. Как при этом изменяются полная удельная и удельная потенциальная энергии струйки?	1. Не изменяются. 2. Уменьшаются. 3. Увеличиваются. 4. Полная удельная энергия уменьшается, а удельная потенциальная энергия увеличивается. 5. Полная удельная энергия увеличивается, а удельная потенциальная уменьшается.
4.	Что такое гидравлический радиус?	1. Это радиус трубопровода. 2. Это смоченный периметр, умноженный на площадь живого сечения. 3. Это отношение площади живого сечения к смоченному периметру. 4. Это отношение смоченного периметра к площади живого сечения. 5. Верных ответов нет. Дайте свой правильный ответ.
5.	Уравнение Бернулли для безнапорного равномерного потока имеет вид	1. $\frac{p_1}{\gamma}+\frac{\alpha\upsilon_1^2}{2g}=\frac{p_2}{\gamma}+\frac{\alpha\upsilon_2^2}{2g}+h_w$. 2. $z_1+\frac{p_1}{\gamma}+\frac{u_1^2}{2g}=z_2+\frac{p_2}{\gamma}+\frac{u_2^2}{2g}$. 3. $z_1+\frac{p_1}{\gamma}+\frac{\alpha\upsilon_1^2}{2g}=z_2+\frac{p_2}{\gamma}+\frac{\alpha\upsilon_2^2}{2g}+h_w$. 4. $z_1=z_2+h_\ell$. 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 м. 2. 27,0 м. 3. 1,0 м. 4. 81,0 м;. 5. Верных ответов нет. Дайте свой правильный ответ.

7.	Укажите формулу Шези. В каких случаях она применяется?	1. $\upsilon = c \cdot \sqrt{RI}$, в автомодельной области. 2. $h_\ell = \dfrac{32 \cdot \nu \cdot l \cdot \upsilon}{gd^2}$; при ламинарном режиме. 3. $h_\ell = \lambda \cdot \dfrac{l}{d} \cdot \dfrac{\upsilon^2}{2g}$, применяется во всех случаях. 4. $h_{мп} = \xi \cdot \dfrac{\upsilon^2}{2g}$; при ламинарном режиме. 5. $h_\ell = \lambda \cdot \dfrac{l}{4R} \cdot \dfrac{\upsilon^2}{2g}$, 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?	1. Увеличится в два раза. 2. Уменьшится в два раза. 3. Не изменится. 4. Увеличится в четыре раза. 5. Уменьшится в четыре раза.
9.	Зависит ли повышение давление при непрямом гидравлическом ударе в трубопроводе от времени перекрытия трубопровода $t_{зак}$?	1. Не зависит. 2. Чем больше $t_{зак}$, тем больше повышение давления. 3. Чем больше $t_{зак}$, тем меньше повышение давления. 4. Увеличение $t_{зак}$ вызывает квадратичное увеличение повышения давления. 5. 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?	1. Останется неизменным. 2. Уменьшится в два раза. 3. Увеличится в два раза. 4. Уменьшится в $\sqrt{2}$ раз. 5. 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?

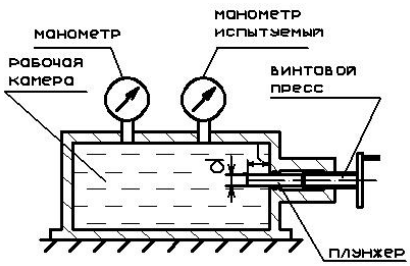
9. Что представляет собой ареометр?

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 = ____ кПа, если диаметр плунжера d =___ мм, а начальный объем масла в камере (при атмосферном давлении) W = ____ см^3. Коэффициент объемного сжатия масла $\beta_p = 6{,}5\times10^{-4}$ 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.	Сопротивление 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 Лаваля.
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, η-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.

Таблица 7а

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.

Таблица 7б

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

Таблица 8

Оценка	Критерии оценивания
Высокиий 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

7.2 Дополнительная литература

1. Калекин А. А. Гидравлика и гидравлические машины: Учебное пособие. – М.: Мир, 2005. – 512 с.
2. Ухин Б.В. Гидравлические машины. Насосы, вентиляторы, компрессоры и гидропривод. – М.: ИД «ФОРУМ» - ИНФРА-М, 2011. – 319 с.
3. Чугаев Р.Р. Гидравлика: Учебник для вузов. – 4-е изд., – Л.: Энергоиздат, 1982. – 672 с.; ил.
4. 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 31.13330.2012 «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

Посещение лекционных занятий является обязательным. Пропущенный лекционный материал необходимо законспектировать и предоставить лектору для отработки.

При проведении лабораторных работ студент должен иметь свой персональный журнал для выполнения лабораторных работ, который он оформляет в отдельной тетради или на листах формата А4 в соответствии с установленной формой. Наличие одного журнала на двух и более студентов при выполнении лабораторной работы недопустимо.

Перед началом конкретной лабораторной работы студент должен самостоятельно уяснить: содержание работы, последовательность выполнения наблюдений и измерений, методику обработки экспериментальных данных. Общие сведения по темам лабораторных работ представлены в методических указаниях к проведению лабораторных работ. Пропущенные лабораторные работы подлежат отработке в соответствии с графиком отработок, составляемым за две недели до конца учебного семестра.

При изучении курса дисциплины особое внимание следует уделить следующим вопросам: основное уравнение гидростатики, силы давления на плоские и криволинейные поверхности, уравнение Бернулли, потери напора, истечение жидкости через отверстия и насадки, гидравлический удар, основные показатели работы насосов, рабочие характеристик насосов, характеристика трубопровода, параллельная и последовательная работа насосов.

Виды и формы отработки пропущенных занятий

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

Пропущенные лабораторные работы отрабатываются в конце семестра в соответствие 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 временя 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 придти 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 ½ 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 «Б1.О.11 «Гидрогазодинамика»
для подготовки бакалавра по направлению 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника
направленность – Энергообеспечение предприятий

Стушкиной Натальей Алексеевной, зав.кафедрой «Электроснабжение и электротехника имени академика И.А.Будзко» Института механики и энергетики им. В.П. Горячкина РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, к.т.н., доцентом (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Гидрогазодинамика» по направлению 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника направленность – Энергообеспечение предприятий (квалификация выпускника – бакалавр) 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 рецензию 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 направленность – Энергообеспечение предприятий. 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 дисциплин учебного цикла – Б1.

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

4. В соответствии с Программой за дисципл иной «Гидрогазодинамика» закреплены следующие компетенции (индикаторы достижения компетенции): ОПК-3 (ОПК-3.1), ОПК-4 (ОПК-4.1, ОПК-4.2). 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 час.).

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 направленность – Энергообеспечение предприятий 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 направленность – Энергообеспечение предприятий.

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

11. Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме экзамена, что *соответствует* статусу дисциплины, как дисци

плины обязательной части учебного цикла – Б1 ФГОС ВО направления 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника направленность – Энергообеспечение предприятий.

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

13. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 4 источника (базовый учебник), дополнительной литературой – 4 наименования, Интернет-ресурсы – 4 источников и ***соответствует*** требованиям ФГОС направления 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника направленность – Энергообеспечение предприятий.

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

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

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии 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 (квалификация выпускника – бакалавр), разработанная Кожевниковой Н.Г., зав.кафедрой, к.т.н. соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Стушкина Н.А., зав.кафедрой «Электроснабжение и электротехника имени академика И.А. Будзко» Института механики и энергетики им. В.П. Горячкина РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, к.т.н., доцент

_____ (подпись) «23» 09 2021 г.

Пронумеровано, прошнуровано и скреплено печатью тридцать пять (35) лист

председатель учебно-методической комиссии института механики и энергетики имени В.П. Горячкина

Чистова Я.С.