



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГУ»)

9 28.04.2026

УТВЕРЖДАЮ

Директор института

Теплоэнергетики

_____ С.О. Гапоненко

« 30 » мая 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДЭ.01.06.02 Гидравлика в теплотехнологиях

(Код и наименование дисциплины в соответствии с РУП)

Направление подготовки

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

(Код и наименование направления подготовки)

Направленность
(профиль)

Энергообеспечение предприятий

(Наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Бакалавр

(Бакалавр / Магистр)

г. Казань, 2023

Программу разработал:

Наименование кафедры	Должность, уч. степень, уч. звание	ФИО разработчика
Энергообеспечение предприятий, строительство зданий и сооружений	Зав. каф., д.т.н., проф.	Ильин В.К.

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	Кафедра - разработчик «Энергообеспечение предприятий, строительство зданий и сооружений»	19.05.2023	12	Зав. каф., д.т.н., проф. Ильин В.К.
Согласована	Выпускающая кафедра «Энергообеспечение предприятий, строительство зданий и сооружений»	19.05.2023	12	Зав. каф., д.т.н., проф. Ильин В.К.
Согласована	Учебно-методический совет института Теплоэнергетики	30.05.2023	9	Директор, к.т.н., доц. Гапоненко С.О.
Одобрена	Ученый совет института Теплоэнергетики	30.05.2023	9	Директор, к.т.н., доц. Гапоненко С.О.

1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Гидравлика в теплотехнологиях» является развитие у студентов способности самостоятельно решать в будущей инженерной деятельности многочисленные вопросы, непосредственно связанные с работой различных гидравлических устройств, ориентироваться в производственных условиях их работы и находить в зависимости от условий соответствующие технические решения.

Задачи дисциплины: иметь представление об основных принципах, используемых в гидравлике при изучении общих законов равновесия и движения жидкостей и газов, а также современных методик применения этих законов и точности гидравлических расчетов при решении инженерных задач, связанных с использованием жидкостей и газов; знать и уметь использовать теоретические основы гидравлики и гидропневмопривода и их расчетные формулы, законы движения жидкостей и газов, физическую сущность явлений, изучаемых гидравликой; формы движения жидкости и уравнения, которыми они описываются; иметь опыт проведения расчетов равномерного и неравномерного движения жидкости и газа; рассчитывать трубопроводы.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-3. Способен проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование систем энергообеспечения предприятия с использованием стандартных средств автоматизации проектирования	ПК-3.1. Производит расчет параметров системы энергообеспечения предприятия

2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.: Котельные установки и парогенераторы, Тепловые и атомные электрические станции, Теоретические основы теплотехники, Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях, Теплообменное оборудование предприятий.

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.: Государственная итоговая аттестация.

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр
			7
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	4	144	144
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	-	62	62
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	1,39	50	50
Лекции	0,5	18	18
Практические (семинарские) занятия	0,44	16	16
Лабораторные работы	0,44	16	16
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	1,61	58	58
Проработка учебного материала	0,61	22	22
Курсовой проект	-	0	0
Курсовая работа	-	0	0
Подготовка к промежуточной аттестации	1	36	36
Промежуточная аттестация:			Э

Для заочной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр
			7
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	4	144	144
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	-	42	42
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	0,61	22	22
Лекции	0,22	8	8
Практические (семинарские) занятия	0,17	6	6
Лабораторные работы	0,22	8	8
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	3,14	113	113
Проработка учебного материала	2,89	104	104
Курсовой проект	-	0	0
Курсовая работа	-	0	0
Подготовка к промежуточной аттестации	0,25	9	9
Промежуточная аттестация:			Э

3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1	14	4	-	2	8	ТК1	ПК-3.1
Раздел 2	14	2	-	2	10	ТК1	ПК-3.1
Раздел 3	16	2	-	4	10	ТК2	ПК-3.1
Раздел 4	24	4	8	4	8	ТК2	ПК-3.1
Раздел 5	16	2	-	2	12	ТК3	ПК-3.1
Раздел 6	24	4	8	2	10	ТК3	ПК-3.1
Экзамен	36				36	ОМ	ПК-3.1
ИТОГО	144	18	16	16	94		

3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1. Теоретические основы дисциплины

Основные физические свойства жидкостей. Классификация основных процессов теплотехнологий. Гипотеза сплошности среды. Режимы движения жидких сред. Силы и напряжения, действующих в жидких средах. Механизмы и уравнения переноса субстанций. Законы сохранения массы, энергии и импульса.

Раздел 2. Гидростатика

Основное уравнение гидростатики. Абсолютное и избыточное давление, вакуум, приборы для их измерения. Закон Паскаля. Сила давления жидкости. Закон Архимеда.

Раздел 3. Основные законы движения жидкости (Гидродинамика)

Основные понятия движения жидкости (гидродинамики). Расход и средняя скорость жидкости. Понятие живого сечения жидкости. Уравнение неразрывности. Уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной и вязкой жидкости. Уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости.

Раздел 4. Гидравлические сопротивления аппаратов и трубопроводов. Потери напора.

Виды гидравлических сопротивлений. Режимы движения жидкостей. Критерий Рейнольдса. Общее выражение для потерь напора на трение при равномерном движении жидкости в трубах. Турбулентное равномерное движение жидкости в трубах. Коэффициент гидравлического трения. График Никурадзе. Местные гидравлические сопротивления. Потери напора.

Раздел 5. Трубопроводы и их виды.

Трубопроводы и их виды. Гидравлический расчет трубопроводов, их классификация. Гидравлический удар в трубопроводах.

Раздел 6. Общие понятия о насосах.

Классификация насосов. Центробежные насосы и их основные характеристики. Элементы теории рабочего колеса центробежного насоса. Поршневые насосы и их основные характеристики. Струйные насосы.

3.4. Тематический план практических занятий

Занятие 1. Физические свойства жидкости. Вязкость и плотность жидкости. Законы сохранения массы, энергии и импульса.

Занятие 2. Гидростатическое давление и основное уравнение гидростатики.

Занятие 3. Кинематика жидкости. Элементарная струйка тока, расход и средняя скорость потока жидкости, живое сечение жидкости.

Занятие 4. Динамика жидкости. Уравнение Бернулли.

Занятие 5. Режимы движения жидкостей.

Занятие 6. Потери напора. Гидравлическое сопротивление.

Занятие 7. Расчет простых трубопроводов.

Занятие 8. Перемещение жидкостей и насосы.

3.5. Тематический план лабораторных работ

Занятие 1. Определение потерь напора в прямой трубе круглого сечения.

Занятие 2. Определение местных гидравлических сопротивлений.

Занятие 3. Определение общей напорной характеристики центробежных насосов при их последовательном и параллельном соединениях.

Занятие 4. Изучение последовательной и параллельной работы центробежных насосов на сеть.

3.6. Курсовой проект /курсовая работа

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.

4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции						
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий			
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54			
			Шкала оценивания						
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно			
			зачтено		не зачтено				
ПК-3	ПК-3.1	<p>знать: технические расчеты необходимых параметров оборудования; подбор оборудования по расчетным характеристикам, с использованием каталогов и нормативно – справочной литературы</p> <table border="1"> <tr> <td>знает в полном объеме порядок проведения технических расчетов необходимых параметров оборудования; подбора оборудования по расчетным характеристикам, с использованием каталогов и нормативно – справочной литературы</td> <td>в целом знает порядок проведения технических расчетов необходимых параметров оборудования; подбора оборудования по расчетным характеристикам, с использованием каталогов и нормативно – справочной литературы, но путается в порядке проведения некоторых этапов</td> <td>знает основные этапы, но путается в порядке проведения технических расчетов необходимых параметров оборудования; подбора оборудования по расчетным характеристикам, с использованием каталогов и нормативно – справочной литературы</td> <td>не знает порядка проведения технических расчетов необходимых параметров оборудования; подбора оборудования по расчетным характеристикам, с использованием каталогов и нормативно – справочной литературы</td> </tr> </table>				знает в полном объеме порядок проведения технических расчетов необходимых параметров оборудования; подбора оборудования по расчетным характеристикам, с использованием каталогов и нормативно – справочной литературы	в целом знает порядок проведения технических расчетов необходимых параметров оборудования; подбора оборудования по расчетным характеристикам, с использованием каталогов и нормативно – справочной литературы, но путается в порядке проведения некоторых этапов	знает основные этапы, но путается в порядке проведения технических расчетов необходимых параметров оборудования; подбора оборудования по расчетным характеристикам, с использованием каталогов и нормативно – справочной литературы	не знает порядка проведения технических расчетов необходимых параметров оборудования; подбора оборудования по расчетным характеристикам, с использованием каталогов и нормативно – справочной литературы
		знает в полном объеме порядок проведения технических расчетов необходимых параметров оборудования; подбора оборудования по расчетным характеристикам, с использованием каталогов и нормативно – справочной литературы	в целом знает порядок проведения технических расчетов необходимых параметров оборудования; подбора оборудования по расчетным характеристикам, с использованием каталогов и нормативно – справочной литературы, но путается в порядке проведения некоторых этапов	знает основные этапы, но путается в порядке проведения технических расчетов необходимых параметров оборудования; подбора оборудования по расчетным характеристикам, с использованием каталогов и нормативно – справочной литературы	не знает порядка проведения технических расчетов необходимых параметров оборудования; подбора оборудования по расчетным характеристикам, с использованием каталогов и нормативно – справочной литературы				
<p>уметь: правильно применять гидравлические расчеты при решении практических задач; правильно применять теоретические знания при решении конкретных задач по выбору схемы проведения процессов, конструкции аппаратов и по определению их режимных параметров</p>									

			<p>в полной мере умеет правильно применять гидравлические расчеты при решении практических задач; правильно применять теоретические знания при решении конкретных задач по выбору схемы проведения процессов, конструкции аппаратов и по определению их режимных параметров</p>	<p>умеет правильно применять гидравлические расчеты при решении практических задач; правильно применять теоретические знания при решении конкретных задач по выбору схемы проведения процессов, конструкции аппаратов и по определению их режимных параметров</p>	<p>умеет правильно применять гидравлические расчеты при решении практических задач; правильно применять теоретические знания при решении конкретных задач по выбору схемы проведения процессов, конструкции аппаратов и по определению их режимных параметров, совершает негрубые ошибки</p>	<p>не умеет правильно применять гидравлические расчеты при решении практических задач; правильно применять теоретические знания при решении конкретных задач по выбору схемы проведения процессов, конструкции аппаратов и по определению их режимных параметров или совершает грубые ошибки при анализе и расчете</p>
<p>владеть: основными методами расчёта жидких потоков и параметров гидравлических машин и систем; навыками применения основных законов гидравлики для решения инженерных задач</p>						
			<p>в полной мере владеет основными методами расчёта жидких потоков и параметров гидравлических машин и систем; навыками применения основных законов гидравлики для решения инженерных задач</p>	<p>владеет основными методами расчёта жидких потоков и параметров гидравлических машин и систем; навыками применения основных законов гидравлики для решения инженерных задач</p>	<p>владеет основными методами расчёта жидких потоков и параметров гидравлических машин и систем; навыками применения основных законов гидравлики для решения инженерных задач, совершает негрубые</p>	<p>не владеет основными методами расчёта жидких потоков и параметров гидравлических машин и систем; навыками применения основных законов гидравлики для решения инженерных задач или совершает грубые</p>

					ошибки	ошибки при анализе и расчете
--	--	--	--	--	--------	------------------------------------

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Учебно-методическое обеспечение

5.1.1. Основная литература

1. Крестин, Е. А., Основы гидравлики и теплотехники: учебное пособие / Е. А. Крестин, Д. В. Зеленцов. — Москва: КноРус, 2023. — 343 с. — ISBN 978-5-406-11406-3. — URL: <https://book.ru/book/949237>.

2. Кузнецов, Ю. В. Насосы, вентиляторы, компрессоры / Ю. В. Кузнецов, А. Г. Никифоров. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-9832-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/199508>.

3. Моргунов, К. П. Гидравлика: учебник / К. П. Моргунов. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 288 с. — ISBN 978-5-8114-1735-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211682>.

4. Штеренлихт, Д. В. Гидравлика: учебник / Д. В. Штеренлихт. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 656 с. — ISBN 978-5-8114-1892-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212051>.

5.1.2.Дополнительная литература

1. Гидравлика: учебное пособие / составитель И. Л. Соколов. — пос. Караваево: КГСХА, 2021. — 76 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/252062>.

2. Гидродинамика и гидродинамические процессы : учебное пособие / Н. Х. Зиннатуллин [и др.]. - Казань : КГЭУ, 2010. - 240 с. - 3993. - Текст : непосредственный.

3. Замалеев, З. Х. Основы гидравлики и теплотехники: учебное пособие для вузов / З. Х. Замалеев, В. Н. Посохин, В. М. Чефанов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 352 с. — ISBN 978-5-507-44674-2. — Текст : электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/238526>.

4. Зиннатуллин Н.Х. Гидравлика и теплотехника : конспект лекций / Н. Х. Зиннатуллин, А. И. Гурьянов. - Казань: КГЭУ, 2005. - 68 с.

5. Карангин, В. П. Гидравлика : учебное пособие / В. П. Карангин. — Омск: ОмГТУ, 2019. — 162 с. — ISBN 978-5-8149-2927-3. — Текст :

электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/149105>.

6. Крестин, Е. А. Задачник по гидравлике с примерами расчетов : учебное пособие для вузов / Е. А. Крестин, И. Е. Крестин. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-7345-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/158956>.

7. Трубопроводный транспорт жидкостей: практикум / сост.: Н. Х. Зиннатуллин [и др.]. - Казань : КГЭУ, 2019. - 101 с. - URL: <https://lib.kgeu.ru/> - Текст: электронный.

8. Моргунов К.П. Механика жидкости и газа / К. П. Моргунов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 208 с. — ISBN 978-5-507-47902-3 — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/332123>

9. Доманский И. В. Механика жидкости и газа / И. В. Доманский, В. А. Некрасов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 140 с. — ISBN 978-5-507-45645-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/277058>

10. Кузнецов Ю. В. Насосы, вентиляторы, компрессоры / Ю. В. Кузнецов, А. Г. Никифоров. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2024. — 304 с. — ISBN 978-5-507-47367-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/364508>

5.2. Информационное обеспечение

5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

1. Электронная библиотечная система КГЭУ "ИРБИС64" (<http://lib.kgeu.ru/>).
2. Электронно-библиотечная система «Лань» (<https://e.lanbook.com/>)
3. Энциклопедии, словари, справочники (URL: <http://www.rubricon.com>).
4. Электронно-библиотечная система «book.ru» (<https://www.book.ru/>)
5. Портал "Открытое образование" (<http://npoed.ru>)
6. ДК «Гидравлика в теплотехнологиях» размещенный в LMS Moodle 3.0

5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

1. Российская национальная библиотека (<http://nlr.ru/>)
2. Единое окно доступа к образовательным ресурсам (<http://window.edu.ru/>)
3. Web of Science (<https://webofknowledge.com/>)
4. Scopus (<https://www.scopus.com>)
5. КиберЛенинка (<https://cyberleninka.ru/>)
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (<http://elibrary.ru>)
7. Национальная электронная библиотека (НЭБ) (<https://rusneb.ru/>)
8. Техническая библиотека (<http://techlibrary.ru>)

5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Способ распространения (лицензионное/свободно)	Реквизиты подтверждающих документов
1	Windows 7 Профессиональная (Pro)	Пользовательская операционная система	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2011.25486 от 28.11.2011 Неискл. право. Бессрочно
2	Браузер Chrome	Система поиска информации в сети интернет	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
6	Adobe Acrobat	Пакет программ для создания и просмотра файлов формата PDF	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
4	"ИРБИС 64 (модульная поставка): АРМ "Читатель", АРМ "Книговыдача"	Система автоматизации библиотек, отвечающая всем международным требованиям, предъявляемым к современным библиотечным системам	ГУ здравоохранения "Республиканский медицинский библиотечно-информационный центр" №61/2008 от 17.06.2008 Неискл. право . Бессрочно
5	LMS Moodle	ПО для эффективного онлайн- взаимодействия преподавателя и студента	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран) и др.
Лабораторные работы	Учебная лаборатория Д-624	Специализированное лабораторное оборудование по профилю лаборатории: «Датчики расхода, давления и температуры в системе ЖКХ»

	Компьютерный класс с выходом в Интернет Д-620	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), лицензионное программное обеспечение
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение

7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета www//kgeu.ru. Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную

консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;

- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;

- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;

- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;

- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;

- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

Гражданское и патриотическое воспитание:

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

Духовно-нравственное воспитание:

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

Культурно-просветительское воспитание:

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

Научно-образовательное воспитание:

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

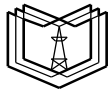
- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая кафедра)
Дополнена литература:					
1	п. 5.1.	01.04.2024	Моргунов К.П. Механика жидкости и газа / К. П. Моргунов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 208 с. — ISBN 978-5-507-47902-3 — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/332123		
2	п. 5.1.	01.04.2024	Доманский И. В. Механика жидкости и газа / И. В. Доманский, В. А. Некрасов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 140 с. — ISBN 978-5-507-45645-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/277058		
3	п. 5.1.	01.04.2024	Кузнецов Ю. В. Насосы, вентиляторы, компрессоры / Ю. В. Кузнецов, А. Г. Никифоров. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2024. — 304 с. — ISBN 978-5-507-47367-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/364508		

*Приложение к рабочей
программе дисциплины*



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
по дисциплине**

Гидравлика в теплотехнологиях

Направление подготовки _____ 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника _____

Квалификация _____ Бакалавр _____
(Бакалавр / Магистр)

г. Казань, 2023

2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено		не зачтено	
ПК-3	ПК-3.1	<p>знать: технические расчеты необходимых параметров оборудования; подбор оборудования по расчетным характеристикам, с использованием каталогов и нормативно – справочной литературы</p>				
		<p>знает в полном объеме порядок проведения технических расчетов необходимых параметров оборудования; подбора оборудования по расчетным характеристикам, с использованием каталогов и нормативно – справочной литературы</p>	<p>в целом знает порядок проведения технических расчетов необходимых параметров оборудования; подбора оборудования по расчетным характеристикам, с использованием каталогов и нормативно – справочной литературы, но путается в порядке проведения некоторых этапов</p>	<p>знает основные этапы, но путается в порядке проведения технических расчетов необходимых параметров оборудования; подбора оборудования по расчетным характеристикам, с использованием каталогов и нормативно – справочной литературы</p>	<p>не знает порядка проведения технических расчетов необходимых параметров оборудования; подбора оборудования по расчетным характеристикам, с использованием каталогов и нормативно – справочной литературы</p>	
		<p>уметь: правильно применять гидравлические расчеты при решении практических задач; правильно применять теоретические знания при решении конкретных задач по выбору схемы проведения процессов, конструкции аппаратов и по определению их режимных параметров</p>				
		<p>в полной мере умеет правильно применять гидравлические</p>	<p>умеет правильно применять гидравлические</p>	<p>умеет правильно применять гидравлические расчеты</p>	<p>не умеет правильно применять гидравлические расчеты</p>	

			кие расчеты при решении практических задач; правильно применять теоретические знания при решении конкретных задач по выбору схемы проведения процессов, конструкции аппаратов и по определению их режимных параметров	расчеты при решении практических задач; правильно применять теоретические знания при решении конкретных задач по выбору схемы проведения процессов, конструкции аппаратов и по определению их режимных параметров	при решении практических задач; правильно применять теоретические знания при решении конкретных задач по выбору схемы проведения процессов, конструкции аппаратов и по определению их режимных параметров, совершает негрубые ошибки	при решении практических задач; правильно применять теоретические знания при решении конкретных задач по выбору схемы проведения процессов, конструкции аппаратов и по определению их режимных параметров или совершает грубые ошибки при анализе и расчете
владеть: основными методами расчёта жидких потоков и параметров гидравлических машин и систем; навыками применения основных законов гидравлики для решения инженерных задач						
			в полной мере владеет основными методами расчёта жидких потоков и параметров гидравлических машин и систем; навыками применения основных законов гидравлики для решения инженерных задач	владеет основными методами расчёта жидких потоков и параметров гидравлических машин и систем; навыками применения основных законов гидравлики для решения инженерных задач	владеет основными методами расчёта жидких потоков и параметров гидравлических машин и систем; навыками применения основных законов гидравлики для решения инженерных задач, совершает негрубые ошибки	не владеет основными методами расчёта жидких потоков и параметров гидравлических машин и систем; навыками применения основных законов гидравлики для решения инженерных задач или совершает грубые ошибки при анализе и расчете

Оценка **«отлично»** выставляется за выполнение *индивидуальных заданий в семестре, тестовых заданий, контрольных работ, полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание);*

Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение *индивидуальных заданий в семестре, тестовых заданий, контрольных работ, ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание) с незначительными ошибками;*

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за выполнение *индивидуальных заданий в семестре, тестовых заданий, контрольных работ с грубыми ошибками и не в полном объеме; при ответе на вопросы билета (теоретическое или практическое задание) допускает грубые ошибки.*

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за выполнение *индивидуальных заданий в семестре, тестовых заданий, контрольных работ с грубыми ошибками, не продемонстрированы знания, сформированные умения и навыки.*

3. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Практическое задание (ПЗ)	Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задание направлено на оценивание компетенций по дисциплине, содержит четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий	Комплект задач и заданий
Опрос по разделам (темам)	Знание основных понятий темы/раздела/дисциплины	Перечень определений основных понятий темы/дисциплины
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий
Творческое задание (ТЗ)	Частично регламентированное задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся	Темы групповых и/или индивидуальных творческих заданий
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)	Выполнение лабораторной работы, обработка результатов испытаний, измерений, эксперимента. Оформление отчета, защита результатов лабораторной работы по отчету	Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы, перечень требований к отчету

4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Примеры заданий

Для текущего контроля ТК1:

Проверяемая компетенция: ПК-3. Способен проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование систем энергообеспечения предприятия с использованием стандартных средств автоматизации проектирования (ПК-3.1. Производит расчет параметров системы энергообеспечения предприятия)

Вопросы для проведения письменного опроса ТК1:

1. Дайте определение закона Фурье.
2. Что такое теплотехнология?
3. Закон сохранения массы.
4. Закон сохранения энергии.
5. Закон сохранения импульса.
6. В чем смысл закона Паскаля? В каких случаях он используется в технике?
7. Основное уравнение гидростатики.
8. В чем физический смысл закона Архимеда?
9. Что называется давлением? Какова размерность давления в различных системах единиц и каковы соотношения между ними?
10. Дайте определение второго закона Фика.
11. Как определяется величина абсолютного, избыточного и вакуумметрического давлений?
12. В каком случае могут совпадать центр тяжести и центр давления для плоской поверхности?
13. Справедливо ли основное уравнение гидростатики в различных случаях относительного покоя?

Примеры практических заданий:

Задача 1. Определить изменение плотности воды при нагревании ее от температуры 5 °С до температуры 94 °С.

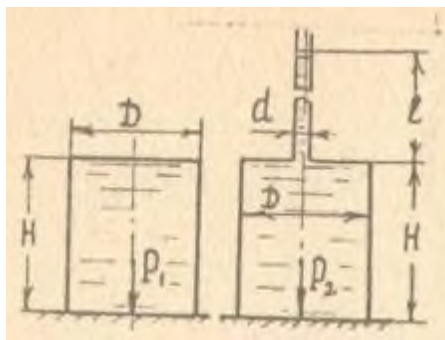
Задача 2. Определите избыточное давление в забое скважины глубиной 85 м, которая заполнена глинистым раствором плотностью 1250 кг/м³.

Задача 3. Стальная бочка диаметром D и высотой H заполнена водой. Определить:

а) силу избыточного давления P_1 на дно бочки и силу G_1 , передаваемую на пол, если масса пустой бочки равна m ;

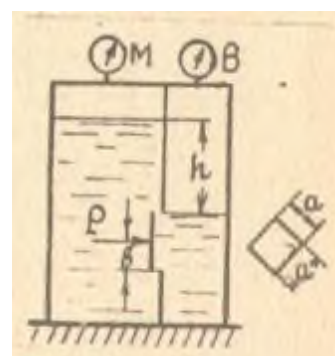
б) силу избыточного давления P_2 на дно бочки, если в крышке просверлить отверстие и к нему приварить вертикальную трубку диаметром d и длиной l , которую заполнить водой;

в) силу G_2 , передаваемую на пол, пренебрегая весом трубки.



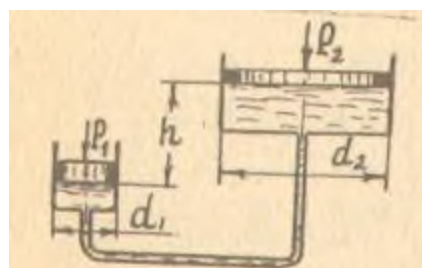
Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$D, \text{ м}$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,95	0,85	0,75	0,65
$H, \text{ м}$	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,5	1,45	1,35	1,24	1,15
$m, \text{ кг}$	35	40	45	50	60	70	65	60	55	50
$d, \text{ мм}$	20	22	24	26	28	30	28	26	24	22
$l, \text{ м}$	15	17	20	22	25	28	26	24	22	20

Задача 4. Замкнутый резервуар с нефтью разделен на две части плоской перегородкой, имеющей квадратное отверстие со стороной a . Давление над нефтью в левой части резервуара определяется манометром M , в правой части – вакуумметром B . Найти величину P и плечо b результирующей силы давления на крышку, закрывающую отверстие.



Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$a, \text{ мм}$	1000	1000	2000	1500	800	2000	1000	150	500	1000
$M \cdot 10^{-5}, \text{ Па}$	10	1	2	3	6	7	8	4	5	1
$B, \text{ мм рт.ст}$	400	300	500	400	400	500	300	400	500	600
$h, \text{ м}$	0,5	1,0	1,2	1,0	0,4	0,8	2,0	3,0	2,2	1,8

Задача 5. Какую силу P_2 необходимо приложить к большему поршню, чтобы система находилась в равновесии? Трубки заполнены водой, весом поршней пренебречь.



Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P_1 , Н	145	160	200	250	120	130	180	150	170	200
d_1 , мм	50	40	30	20	60	45	25	35	40	30
d_2 , мм	300	200	160	150	350	270	150	200	250	200
h , мм	300	350	400	450	250	300	300	400	300	400

Примеры тестовых заданий:

Вопрос	Варианты ответа
Что такое жидкость?	а) физическое вещество, способное заполнять пустоты; б) физическое вещество, способное изменять форму под действием сил; в) физическое вещество, способное изменять свой объем; г) физическое вещество, способное течь.
В каких единицах измеряется давление в системе измерения СИ?	а) в паскалях; б) в джоулях; в) в барах; г) в стоках.
Если давление отсчитывают от абсолютного нуля, то его называют:	а) давление вакуума; б) атмосферным; в) избыточным; г) абсолютным.
... - это наука, изучающая законы равновесия и движения жидкостей	Гидравлика
Силы, действующие в жидкости, делятся на массовые и ...	поверхностные

Творческая работа раздела 1: Разработать тестовые задания в количестве – 50 шт. по разделам 1, 2.

Для текущего контроля ТК2:

Проверяемая компетенция: ПК-3. Способен проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование систем энергообеспечения предприятия с использованием стандартных средств автоматизации проектирования (ПК-3.1. Производит расчет параметров системы энергообеспечения предприятия)

Вопросы для проведения письменного опроса ТК2:

1. Что называется напором? Как определяют статический и полный напоры?
2. Запишите уравнение неразрывности для одномерного потока в интегральной форме.
3. Приведите примеры и дайте объяснение использованию уравнения Бернулли в технике.
4. От каких параметров потока зависит коэффициент гидравлического трения?

5. Запишите уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости при его движении по трубопроводу. В чем состоит физический смысл членов уравнения Бернулли?
6. Что Вы понимаете под местным сопротивлением? Приведите примеры.
7. Чем отличаются уравнения Бернулли для элементарной струйки и потока жидкости?
8. Какие виды гидравлических сопротивлений возникают при движении жидкости?
9. Как определить режим движения жидкости? Какие существуют режимы движения жидкости?
10. Изобразите график Никурадзе, укажите основные зоны определения коэффициентов гидравлического трения λ .
11. Уравнение Навье-Стокса.

Примеры практических заданий:

Задача 1. Определить расход воды Q в трубе $d_1=250$ мм, имеющий плавное сужение до $d_2=125$ мм, если показания пьезометров до сужения $h_1=50$ см, в сужении $h_2=30$ см, температура воды $t=20$ °С.

Задача 2. Скорость потока глицерина (плотностью $\rho =1260$ кг/м³) в сечении круглой трубы с внутренним диаметром $2r_0=10$ мм изменяется по закону $v=0,2 \cdot (1-(r/r_0)^2)$ м/с. Определите объемный и массовый расход.

Задача 3. По прямому горизонтальному трубопроводу длиной l необходимо подавать ацетон в количестве Q . Допустимая потеря напора $\Delta h_{\text{п}}$. Определить требуемый диаметр трубопровода d , принимая коэффициент путевых потерь $\lambda = 0,03$.

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$l, \text{ м}$	150	200	250	300	250	200	150	100	50	30
$Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	10	15	20	25	30	25	20	10	15	10
$\Delta h_{\text{п}}, \text{ м}$	10	15	20	30	30	30	20	10	10	10

Задача 4. Определить скорость жидкости на оси трубопровода внутренним диаметром 75 мм при протекании по нему жидкости в количестве Q при температуре t °С.

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Жидкость	вода		ацетон		глицерин			масло турбинное		
$t, \text{ °С}$	15	14	20	22	20	25	22	20	22	23
$Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	20	24	20	10	5	7	30	8	10	12

Задача 5. Бассейн емкостью V наполняется водой через горизонтальную трубу длиной l с избыточным давлением P в начале, снабженную задвижкой сопротивлением ξ и коленом на конце сопротивления ξ_k . Время наполнения бассейна t . Определить диаметр трубы d , построить пьезометрическую линию. Вязкость воды $\nu = 0,01 \text{ см}^2/\text{с}$, абсолютная шероховатость трубопровода $\Delta = 0,2$ мм.

Параметры	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P , кПа	200	210	220	230	240	250	260	270	280	300
l , м	40	40	45	45	50	50	55	55	60	70
ξ	2	2,5	3	3,5	4	4,5	4,5	4	3	2
ξ_k	0,3	0,3	0,3	0,35	0,35	0,35	0,4	0,4	0,4	0,3
t , мин	30	50	60	75	95	100	120	135	150	100
V , м ³	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75

Примеры тестовых заданий:

Вопрос	Варианты ответа
<i>... гидравлические потери возникают при резкой деформации живого сечения потока и его направления</i>	Местные
<i>Отношение расхода жидкости к площади живого сечения называется</i>	а) средний расход потока жидкости; б) средняя скорость потока; в) максимальная скорость потока; г) минимальный расход потока.
<i>... сопротивлениями можно называть силы вязкостного трения, возникающие в реальной жидкости при ее движении.</i>	Гидравлическими
<i>Член уравнения Бернулли, обозначаемый буквой z, называется</i>	а) геометрической высотой; б) пьезометрической высотой; в) скоростной высотой; г) потерьной высотой.
<i>Линейные потери вызваны</i>	а) силой трения между слоями жидкости; б) местными сопротивлениями; в) длиной трубопровода; г) вязкостью жидкости.
<i>... потока - сечение, проведенное перпендикулярно средним скоростям или линиям тока</i>	Живое сечение
<i>... жидкости – объем жидкости, проходящий через живое сечение за единицу времени</i>	Расход

Для текущего контроля ТКЗ:

Проверяемая компетенция: ПК-3. Способен проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование систем энергообеспечения предприятия с использованием стандартных средств автоматизации проектирования (ПК-3.1. Производит расчет параметров системы энергообеспечения предприятия)

Вопросы для проведения письменного опроса ТКЗ

1. Гидравлический удар в трубопроводах.
2. Приведите алгоритм расчета сифонного трубопровода.
3. Назовите способы определения оптимального диаметра трубопровода.
4. Какие основные задачи решаются при расчете простого трубопровода.
5. Каковы основные признаки, по которым классифицируются насосы?
6. Опишите основные параметры насосов. Как они определяются?
7. Что такое кавитация? Каким образом ее можно предотвратить?
8. В каких случаях используется последовательное соединение двух насосов в одну сеть? Как определяется в этом случае рабочая точка?
9. В каких случаях используется параллельная работа двух центробежных насосов в одну сеть? Как определяется рабочая точка в этом случае?
10. Гидравлические характеристики центробежных насосов.
11. Трубопроводы и их виды.

Примеры практических заданий:

Задание 1 (по вариантам)

Рассчитать трубопровод и подобрать центробежный насос для подачи жидкости Ж с начальной температуры T_0 при расходе \dot{V} из ёмкости в колонну. В теплообменнике, коэффициент сопротивления которого ξ_t , температура жидкости увеличивается на A %. Разность уровней в сосудах ($h + h_{вс}$), давление в колонне p_k , в ёмкости p_0 , высота всасывания $h_{вс}$. Трубопровод состоит из трёх участков, длина которых $l_{вс}$, $l_{н1}$, $l_{н2}$. (рис. 1).

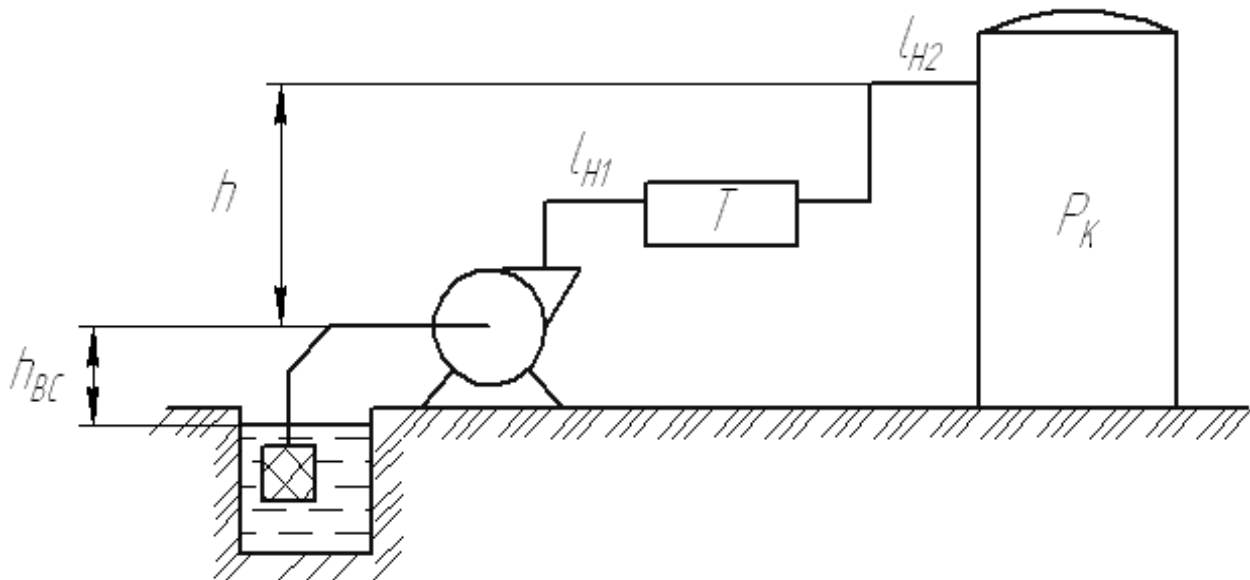


Рис.1

Определить рабочие параметры насоса при заданных условиях и выбрать типоразмер (марку) насоса. Как изменятся рабочие параметры насосной установки при параллельной работе двух одинаковых насосов? Проверить условие бескавитационной работы насоса.

Таблица 1

№ вар	жидкость Ж	ρ_0 , мм рт.ст	$h_{вс}$, м	$h_{в}$, м	$i_{вс}$, м	$i_{н1}$, м	$l_{н2}$, м	ξ_T	материал трубопровода	шероховатость δ , мм
1	Глицерин 100%-ный	740	3,0	9	6	18	20	15	сталь	0,4
2	Глицерин 50%-ный	760	5,0	8	7	72	18	24	сталь	0,3
3	Вода	730	2,0	9	10	10	28	30	чугун	0,5
4	Этилацетат	770	1,5	6,5	7	20	42	18	алюминий	0,3
5	Этилацетат	750	2,5	7	5	30	38	17	алюминий	0,3
6	Вода	736	3,5	12	7	38	17	23	сталь	0,2

Таблица 2

№ варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_{изб\ к}$, МПа	0,11	0,12	0,06	0,02	0,20	0,10	0,20	0,06	0,08	0,03
A , %	600	150	60	500	80	30	120	320	140	400
T , °C	3	15	35	5	53	65	18	20	40	23
\dot{V} , м ³ /ч	20	40	60	80	100	120	200	150	170	90

Задание 2 (по вариантам)

Рассчитать трубопровод и подобрать центробежный насос для подачи жидкости Ж с расходом \dot{V} из ёмкости в колонну. В теплообменнике, коэффициент сопротивления которого ξ_t , жидкость охлаждается от начальной температуры T_n до конечной T_k . Разность уровней в сосудах h , высота подпора $h_{вс}$, давление в колонне p_k , в ёмкости p_0 . Трубопровод состоит из трёх участков, длина которых $l_{вс}$, $l_{н1}$, $l_{н2}$ (рис.5).

Определить рабочие параметры насоса при заданных условиях. Как изменятся рабочие параметры насосной установки при последовательной работе двух одинаковых насосов? Проверить условие безкавитационной работы насоса.

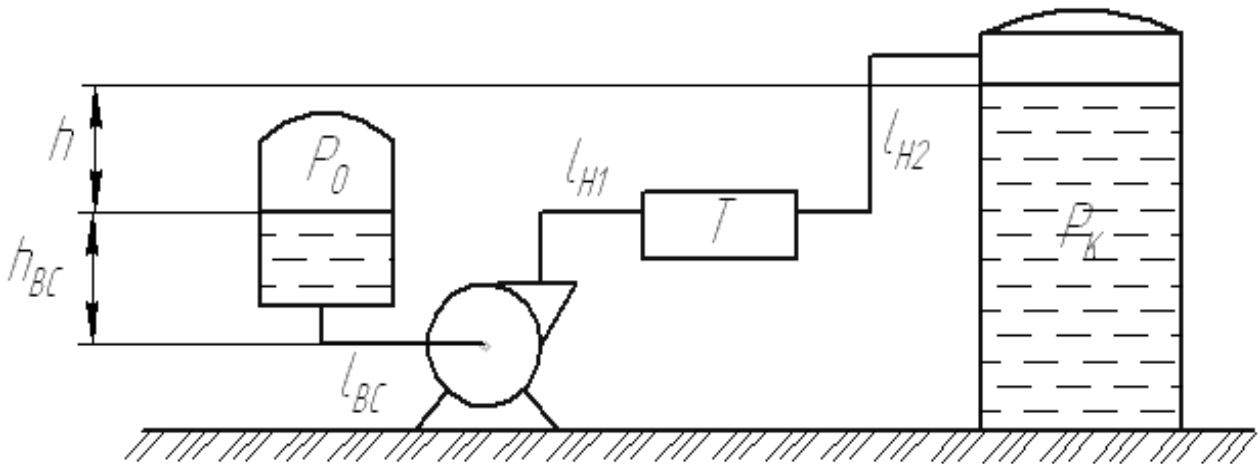


Рис.2

Таблица 1

№ вар	жидкость Ж	p_0 , мм рт.ст	$h_{вс}$ м	$h_{в}$ м	$i_{вс}$ м	$i_{н1}$ м	$l_{н2}$ м	ξ_t	материал трубопровода	шероховатость δ мм
1	Серная кислота 98%	900	1,5	4	50	32	9	12	Резина	0,2
2	Метиловый спирт 100 %	850	2	5	70	18	8,4	15	Стекло	0,3
3	Этиловый спирт 50 % (водный раствор)	736	0,5	3	58	16	6,8	23	нержавею щая сталь	0,3
4	Уксусная кислота 70 %	750	0,7	4	32	21	8,7	17	Сталь	0,5
5	Ацетон	1000	2	6	93	19	10,3	13	Сталь	0,3
6	Толуол	820	1,8	5	54	32	9,8	18	Алюминий	0,2
7	Хлорбензол	980	1,2	3	37	41	7,2	21	чугун	0,3

Таблица 2

№ варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_{изб\ к}$, МПа	0,13	0,23	0,18	0,20	0,28	0,17	0,19	0,09	0,10	0,06
$T_{н}$, °С	50	60	45	70	25	35	53	48	33	28
$T_{к}$, °С	18	22	20	15	15	19	21	21	15	14
\dot{V} , м ³ /ч	80	100	120	40	20	400	170	35	60	85

Приложение

Таблица 1. Сортамент труб

Материал трубопровода	D , мм
Сталь	10, 12, 20, 25, 32, 40, 50, 65, 80, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 350, 400
Стекло	10, 12, 20, 25, 32, 40, 50, 75, 100, 125, 150, 200
Резина	25, 30, 40, 50, 75, 100, 125, 150
Чугун	32, 50, 80, 100, 150, 200, 250, 300, 350
Алюминий	6, 8, 10, 20, 25, 32, 40, 50, 70, 85, 100, 125, 150

Таблица 2. Коэффициенты местных сопротивлений

ВИД СОПРОТИВЛЕНИЯ	ЗНАЧЕНИЕ ξ
Вход в трубу	0,5
Выход из трубы	1,0
Вентиль, задвижка	5,0
Поворот на 90° $R/d = 4$	0,1
Обратный клапан с сеткой	7,0

Таблица 3. Физические свойства жидкостей (ρ , кг/м³ $\rho_{\text{нп}}$, мм рт. ст.; $\mu \cdot 10^3$, Н·с/м²)

ЖИДКОСТЬ	T , °С	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вода	ρ	999,7	998,2	995,6	999,2	998	983,2	977,8	971,8	965,3
	μ	1,31	1,0	0,8	0,66	0,55	0,47	0,41	0,36	0,32
	$\rho_{\text{нп}}$	9,2	17,5	31,8	55,3	92,5	149,4	233,7	355,1	525,8
Глицерин 100%-ный	ρ	1264,2	1261,0	1254,9	1250	1243,8	1237,6	1231,5	1223,9	1262,5
	μ	3950	1480	600	330	180	102	59	35	21
	$\rho_{\text{нп}}$	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,1	0,3	0,8
Глицерин 50%-ный	ρ	1229,0	1126,3	1121,1	1215,0	1208,0	1202,0	1196,0	1188,0	1181,0
	μ	11,2	7,3	5,2	3,8	2,71	2,05	1,45	1,07	0,81
	$\rho_{\text{нп}}$	4,5	8,1	15,3	27,0	46,0	74,0	112,0	175,0	261,0
Серная кислота 98%	ρ	1846,13	1836,1	1826,1	1816,3	1806,8	1797,6	1788,0	1778,0	1769,0
	μ	33,1	25,0	17,5	13,2	10,2	7,5	5,8	4,5	3,5
	$\rho_{\text{нп}}$	0,018	0,042	0,091	0,188	0,367	0,836	1,106	1,95	3,49
Метиловый спирт 100 %	ρ	804	792,0	782,0	774,0	765,0	756,0	746,0	736,0	725,0
	μ	0,65	0,58	0,5	0,44	0,39	0,34	0,3	0,27	0,24
	$\rho_{\text{нп}}$	50,0	96,0	145,0	240,0	360,0	550,0	800,0	1200,0	1700,0
Этиловый спирт 50 % (водный раствор)	ρ	921,3	913,0	905,0	897,5	887,0	877,0	867,0	855,0	843,0

окончание табл.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	μ	4,0	8,9	2,1	1,5	1,12	0,84	0,63	0,47	0,35
	ρ _{нп}	25,0	44,0	72,0	120,0	180,0	275,0	400,0	600,0	850,0
Уксусная кислота 70 %	ρ	1077,9	1068,5	1059,0	1049,3	1039,0	1029,0	1010,0	1010,0	1000,0
	μ	3,2	2,5	2,1	1,7	1,38	1,15	0,94	0,78	0,65
	ρ _{нп}	7,0	12,0	20,0	34,0	56,0	88,0	137,0	202,0	293,0
Ацетон	P	802,0	791,0	779,0	767,0	756,0	745,0	733,0	721,0	
	μ	0,38	0,34	0,31	0,28	0,26	0,24	0,22	0,2	0,19
	ρ _{нп}	110,0	180,0	270,0	390,0	600,0	850,0	1200,0	1700,0	2300,0
Толуол	ρ	876,0	866,0	857,0	848,0	839,0	829,0	819,0	810,0	800,0
	μ	0,68	0,6	0,53	0,48	0,44	0,38	0,36	0,32	0,3
	ρ _{нп}	12,0	22,0	36,0	59,0	92,0	139,0	204,0	291,0	406,0
Хлорбензол	ρ	1117,0	1106,0	1096,0	1085,0	1074,0	1969,0	1053,0	1042,0	1031,0
	μ	0,98	0,85	0,72	0,65	0,57	0,49	0,44	0,39	0,35
	ρ _{нп}	5,0	8,5	14,0	23,0	46,0	55,0	80,0	110,0	160,0
Этилацетат	ρ	962,0	900,0	888,0	876,0	864,0	850,0	937,0	824,0	819,0
	μ	0,51	0,47	0,43	0,38	0,34	0,31	0,28	0,26	0,23
	ρ _{нп}	48,0	73,0	118,0	170,0	260,0	360,0	580,0	700,0	900,0

Примеры тестовых заданий:

<i>Вопрос</i>	<i>Варианты ответа</i>
<i>Простым называют трубопровод...</i>	а) постоянного диаметра б) не имеющий местных потерь в) не имеющий поворотов г) с постоянным расходом и не имеющий боковых ответвлений
<i>... - явление, при котором статическое давление жидкости снижается до уровня ниже давления паров жидкости, что приводит к образованию небольших заполненных паром полостей в жидкости.</i>	Кавитация
<i>Какие трубопроводы называются сложными?</i>	а) последовательные трубопроводы, в которых основную долю потерь энергии составляют местные сопротивления; б) параллельно соединенные трубопроводы разных сечений; в) трубопроводы, имеющие местные сопротивления; г) трубопроводы, образующие систему труб с одним или несколькими ответвлениями.
<i>При расчете длинного трубопровода потери напора на каждом участке в случае параллельного соединения участков...</i>	а) больше при большей длине участка б) больше при меньшем диаметре участка в) зависят от длины и диаметра участков г) равны
<i>При движении воды по трубе площадь поперечного сечения трубы на некотором участке увеличилась в 2,5 раз. Как изменилась скорость движения воды на этом участке?</i>	а) уменьшилась в 5 раз б) уменьшилась в 2,5 раза в) увеличилась в 2,5 раза

Для промежуточной аттестации:

Теоретические вопросы

1. Предмет и задачи дисциплины. Классификация основных процессов теплотехнологий
2. Гипотеза сплошности среды. Режимы движения жидких сред.
3. Силы и напряжения, действующих в жидких средах
4. Дифференциальное уравнение гидростатики. Основное уравнение гидростатики
5. Абсолютное и избыточное давление, вакуум, приборы для их измерения
6. Закон Паскаля и его использование в технике
7. Сила давления жидкости на плоские стенки
8. Сила давления жидкости на криволинейные стенки.
9. Уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной жидкости.

10. Ламинарное движение жидкости в круглой трубе. Уравнение Паузейля.
11. Турбулентное течение жидкости в трубах.
12. Что называется давлением, чем давление отличается от напора?
13. Способы уменьшения гидравлических сопротивлений.
14. Местные гидравлические сопротивления.
15. Как определить величины абсолютного, избыточного давления
16. Гидравлический расчет трубопроводов, их классификация
17. Параллельное соединение трубопроводов.
18. Расчет сифонного трубопровода.
- 19 Уравнение Бернулли для элементарной струйки и потока вязкой жидкости.
20. Гидравлический удар в трубопроводах
21. Назовите способы определения оптимального диаметра трубопровода.
22. Перенос массы, первый закон Фика
23. Перенос энергии.
24. Перенос импульса.
25. Уравнение Навье Стокса.
26. Коэффициенты сопротивления. График Никурадзе.
27. Классификация трубопроводов. Расчет простого трубопровода.