

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце: МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФИО: Силин Яков Петрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 03.06.2026 14:38:22
Уникальный программный ключ:
24f866be2aca16484036a8cbb3c509a9551e6031

ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

Одобрена
на заседании кафедры

09.12.2025 г.
протокол № 4
Зав. кафедрой Лазарев В.А.

Утверждена
Советом по учебно-методическим
вопросам и качеству образования

16 декабря 2025 г.
протокол № 4
Председатель Карх Д.А.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины	Гидравлика
Направление подготовки	15.03.02 Технологические машины и оборудование
Профиль	Инжиниринг технологического оборудования
Форма обучения	очно-заочная
Год набора	2026

Разработана:
Профессор, д.т.н.
Пищиков Г.Б.

Екатеринбург
2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП	3
3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ	3
4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ОПОП	3
5. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН	4
6. ФОРМЫ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ШКАЛЫ ОЦЕНИВАНИЯ	4
7. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	6
8. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ	10
9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	10
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ЛИЦЕНЗИОННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ, ОНЛАЙН КУРСОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	11
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	11

ВВЕДЕНИЕ

Рабочая программа дисциплины является частью основной профессиональной образовательной программы высшего образования - программы бакалавриата, разработанной в соответствии с ФГОС ВО

ФГОС ВО	Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования- бакалавриат по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование (приказ Минобрнауки России от
---------	--

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель изучения дисциплины – развитие у студентов способности самостоятельно решать в будущей инженерной деятельности вопросы, непосредственно связанные с работой гидравлических устройств, ориентироваться в производственных условиях их работы и находить в зависимости от условий соответствующие технические решения.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к обязательной части учебного плана.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Промежуточная аттестация	Часов					3.е
	Всего за семестр	Контактная работа (по уч.зан.)			Самостоятельная работа в том числе подготовительных и контрольных курсовых	
		Всего	Лекции	Практические занятия, включая курсовое проектирование		
Семестр 2						
	36	4	4	0	32	1
Семестр 3						
Экзамен, Контрольная работа	144	20	8	12	115	4
	180	24	12	12	147	5

4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ОПОП

В результате освоения ОПОП у выпускника должны быть сформированы компетенции, установленные в соответствии ФГОС ВО.

Шифр и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности;	ИД-1.ОПК-1 Знать фундаментальные понятия, законы и модели естественнонаучных и общинженерных дисциплин для решения различных задач, в том числе прикладных

ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности;	ИД-2.ОПК-1 Уметь применять естественнонаучные и инженерные знания в профессиональной деятельности
	ИД-3.ОПК-1 Иметь практический опыт использования методов математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

5. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Тема	Наименование темы	Часов	Контактная работа (по уч.зан.)			Самост. работа	Контроль самостоятельной работы
			Все го часов	Лекции	Лабораторные		
Семестр 2		36					
Тема 1.	Основные понятия гидродинамики. Уравнение неразрывности (сплошности) потока.	36	4			32	
Семестр 3		13					
Тема 2.	Полный гидродинамический напор. Уравнение Д.Бернулли. Связь	36	2		2	32	
Тема 3.	Определение потерь напора по длине и местным	30	2		2	26	
Тема 4.	Уравнение Шези. Расчет трубопроводов. Истечение жидкости через отверстие	29	1		2	26	
Тема 5.	Насосы, их классификация. Нормальные характеристики центробежного	14	1		2	11	
Тема 6.	Работа насоса на трубопровод. Построение характеристик трубопровода. Рабочая точка насоса. Способы регулирования подачи	26	2		4	20	

6. ФОРМЫ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ШКАЛЫ ОЦЕНИВАНИЯ

Раздел/Тема	Вид оценочного средства	Описание оценочного средства	Критерии оценивания
Текущий контроль (Приложение 4)			

Тема 1	Контрольная работа №1(приложение 4)	9 вариантов задания к контрольной работе.	10 баллов
Тема 2	Контрольная работа №2(приложение 4)	9 вариантов задания к контрольной работе.	10 баллов
Тема 3	Контрольная работа №3(приложение 4)	9 вариантов задания к контрольной работе.	10 баллов
Тема 4	Контрольная работа №4(приложение 4)	9 вариантов задания к контрольной работе.	10 баллов
Тема 5	Контрольная работа №5(приложение 4)	9 вариантов задания к контрольной работе.	10 баллов
Тема 6	Контрольная работа №6(приложение 4)	9 вариантов задания к контрольной работе.	10 баллов
Промежуточная аттестация(Приложение 5)			
3 семестр(Эк)	Экзаменационный билет (приложение 5)	Билет содержит 2 теоретических вопроса и практическое задание	100 баллов

ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ

Показатель оценки освоения ОПОП формируется на основе объединения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающегося.

Показатель рейтинга по каждой дисциплине выражается в процентах, который показывает уровень подготовки студента.

Текущий контроль. Используется 100-балльная система оценивания. Оценка работы студента в течение семестра осуществляется преподавателем в соответствии с разработанной им системой оценки учебных достижений в процессе обучения по данной дисциплине.

В рабочих программах дисциплин и практик закреплены виды текущего контроля, планируемые результаты контрольных мероприятий и критерии оценки учебных достижений.

В течение семестра преподавателем проводится не менее 3-х контрольных мероприятий, по оценке деятельности студента. Если посещения занятий по дисциплине включены в рейтинг, то данный показатель составляет не более 20% от максимального количества баллов по дисциплине.

Промежуточная аттестация. Используется 5-балльная система оценивания. Оценка работы студента по окончании дисциплины (части дисциплины) осуществляется преподавателем в соответствии с разработанной им системой оценки достижений студента в процессе обучения по данной дисциплине. Промежуточная аттестация также проводится по окончании формирования компетенций.

Порядок перевода рейтинга, предусмотренных системой оценивания, по дисциплине, в пятибалльную систему.

Высокий уровень – 100% - 70% - отлично, хорошо.

Средний уровень – 69% - 50% - удовлетворительно.

Показатель оценки	По 5-балльной системе	Характеристика показателя
100% - 85%	отлично	обладают теоретическими знаниями в полном объеме, понимают, самостоятельно умеют применять, исследовать, идентифицировать, анализировать, систематизировать, распределять по категориям, рассчитать показатели, классифицировать, разрабатывать модели, алгоритмизировать, управлять, организовать, планировать процессы исследования, осуществлять оценку результатов на высоком уровне
84% - 70%	хорошо	обладают теоретическими знаниями в полном объеме, понимают, самостоятельно умеют применять, исследовать, идентифицировать, анализировать, систематизировать, распределять по категориям, рассчитать показатели, классифицировать, разрабатывать модели, алгоритмизировать, управлять, организовать, планировать процессы исследования, осуществлять оценку результатов. Могут быть допущены недочеты, исправленные студентом самостоятельно в процессе работы (ответаи т.д.)
69% - 50%	удовлетворительно	обладают общими теоретическими знаниями, умеют применять, исследовать, идентифицировать, анализировать, систематизировать, распределять по категориям, рассчитать показатели, классифицировать, разрабатывать модели, алгоритмизировать, управлять, организовать, планировать процессы исследования, осуществлять оценку результатов на среднем уровне. Допускаются ошибки, которые студент затрудняется исправить самостоятельно.
49 % и менее	неудовлетворительно	обладают не полным объемом общих теоретическими знаниями, не умеют самостоятельно применять, исследовать, идентифицировать, анализировать, систематизировать, распределять по категориям, рассчитать показатели, классифицировать, разрабатывать модели, алгоритмизировать, управлять, организовать, планировать процессы исследования, осуществлять оценку результатов. Не сформированы умения и навыки для
100% - 50%	зачтено	характеристика показателя соответствует «отлично», «хорошо», «удовлетворительно»
49 % и менее	не зачтено	характеристика показателя соответствует «неудовлетворительно»

7. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Содержание лекций

Тема 1. Основные понятия гидродинамики. Уравнение неразрывности (сплошности) потока. Режимы движения жидкости (ОПК-1)

Основные понятия гидродинамики. Уравнение неразрывности (сплошности) потока. Режимы движения жидкости. Основные физические свойства жидкостей. Определение жидкости. Силы, действующие на жидкость. Давление в жидкости. Удельный вес, плотность, сжимаемость, температурное расширение. Закон Ньютона для жидкостного трения. Вязкость. Неньютоновские жидкости. Модель идеальной жидкости. Давление насыщенного пара жидкости. Растворение газов в жидкости.

Тема 2. Полный гидродинамический напор. Уравнение Д.Бернулли. Связь между скоростью и давлением

Полный гидродинамический напор. Уравнение Д.Бернулли. Связь между скоростью и давлением. Гидростатика. Свойства давления в неподвижной жидкости. Виды гидравлического давления. Уравнение Эйлера равновесия жидкости.

Тема 3. Определение потерь напора по длине и в местных сопротивлениях.

Определение потерь напора по длине и в местных сопротивлениях. Кинематика и динамика жидкости. Виды движения жидкости. Основные понятия кинематики жидкости: линия тока, трубка тока, струйка, живое сечение, расход. Поток жидкости. Местная и средняя скорости. Уравнение постоянства расхода. Дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости. Уравнение Бернулли для установившегося движения идеальной жидкости. Полный гидродинамический напор.

Тема 4. Уравнение Шези. Расчет трубопроводов. Истечение жидкости через отверстие и насадки.

Уравнение Шези. Расчет трубопроводов. Истечение жидкости через отверстие и насадки. Режимы движения жидкости. Гидравлические сопротивления. Основы гидравлического подобия. Ламинарный и турбулентный режим движения жидкости. Число Рейнольдса. Распределение скоростей по сечению круглой трубы при ламинарном режиме. Потери напора на ширине по длине трубы (формула Пуазейля). Особенности турбулентного движения жидкости. Пульсации скоростей и давлений. Распределение осредненных скоростей по сечению. Потери напора в трубах. Зависимость потерь напора от режима движения жидкости. Основные формулы для определения потерь напора по длине. Формула Дарси и коэффициент потерь на трение по длине (коэффициент Дарси). Шероховатость стенок: абсолютная и относительная. Турбулентное ядро потока и пристенный ламинарный слой турбулентном потоке. Гидравлически гладкие и шероховатые трубы. Зоны сопротивления. Полуэмпирические и эмпирические формулы для определения коэффициента гидравлического трения λ в различных зонах сопротивления. Гидравлическое определение коэффициента Дарси λ . Формула Шези. Связь между коэффициентом Дарси λ и коэффициентом Шези C . Гидравлический расчет трубопроводов. Основное расчетное уравнение простого трубопровода. Основные расчетные задачи. Понятие об определении экономически и наиболее выгодного диаметра трубопровода. Сифонный трубопровод. Последовательное и параллельное соединение трубопроводов. Сложные трубопроводы. Явление трубопроводного удара. Формула Н.Е. Жуковского для прямого удара. Понятие о непрямом ударе. Способы ослабления гидравлического удара. Практическое использование гидравлического удара в технике.

Тема 5. Насосы, их классификация. Нормальные характеристики центробежного насоса. Явление кавитации. Меры борьбы с ней.

Насосы, их классификация. Нормальные характеристики центробежного насоса. Явление кавитации. Меры борьбы с ней. Кавитационная характеристика. Лопастные насосы. Общие сведения. Классификация лопастных насосов. Принцип действия насосов. Основные параметры насосов: подача (расход), напор, мощность, КПД. Основы теории лопастных насосов. Центробежные насосы. Принцип действия и схемы центробежных насосов. Уравнение Эйлера. Теоретический напор насоса. Влияние числа лопаток на теоретический напор насоса. Полезный напор. Определение напора действующего насоса. Требуемый напор. Потери энергии в насосе. Коэффициенты полезного действия насоса. Характеристика центробежных насосов. Основы теории подобия и формулы пересчета. Коэффициенты быстроходности и типы лопастных насосов. Эксплуатационные расчеты лопастных насосов. Насосные установки. Расчеты трубопровода с насосной подачей. Определение рабочей точки насоса. Регулирование подачи. Последовательные и параллельные соединения насосов. Кавитация в лопастных насосах.

Тема 6. Работа насоса на трубопровод. Построение характеристики трубопровода. Рабочая точка насоса. Способы регулирования подачи насоса. Параллельное и последовательное включение насосов

. Работа насоса на трубопровод. Построение характеристики трубопровода. Рабочая точка насоса. Способы регулирования подачи насоса. Параллельное и последовательное включение насосов. Основные понятия. Принцип действия объемного гидропривода. Классификация объемных гидроприводов по характеру движения выходного звена и другим признакам. Элементы гидропривода (гидродвигатели, гидроаппаратуры, фильтры, гидроаккумуляторы, гидролинии). Рабочие жидкости, применяемые в гидроприводах. Гидродвигатели. Силовые гидродвигатели, их назначение и устройство. Расчет гидроцилиндров. Поворотные гидродвигатели. Роторные гидродвигатели – гидромоторы. Обратимость роторных насосов и гидромоторов. Гидромоторы роторно-поршневых, шестерённых и винтовых типов. Расчет крутящего момента и мощности на валу гидромотора. Регулирование рабочего объема. Высокомоментные гидромоторы. Гидроаппаратура и другие элементы гидропривода. Классификация гидроаппаратов и элементов гидроавтоматики.

7.2 Содержание практических занятий и лабораторных работ

Тема 3. Определение потерь напора по длине и в местных сопротивлениях.

Определение коэффициентов местных сопротивлений конфузора, диффузора и водомера Вентури.

Тема 4. Уравнение Шези. Расчет трубопроводов. Истечение жидкости через отверстие и насадки.

Определение коэффициента расхода водомера Вентури. Построение графика $h = f(Q)$

Тема 5. Насосы, их классификация. Нормальные характеристики центробежного насоса. Явление кавитации. Меры борьбы с ней.

Тарирование диафрагмы.

Тема 6. Работа насоса на трубопровод. Построение характеристики трубопровода. Рабочая точка насоса. Способы регулирования подачи насоса. Параллельное и последовательное включение насосов

Параметрические испытания центробежного насоса

Испытания гидропривода с объемным регулированием

7.3. Содержание самостоятельной работы

<p>Тема 2. Полный гидродинамический напор. Уравнение Д.Бернулли. Связь между скоростью и давлением</p> <p>Интегрирование уравнений Эйлера. Поверхности равного давления. Свободная поверхность жидкости. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля. Приборы для измерения давления. Силы давления жидкости на плоские поверхности. Центр давления и определение его координат. Эпюры давления и их использование для определения силы и центра давления на плоскую прямоугольную поверхность. Гидростатический парадокс. Сила давления жидкости на криволинейные (цилиндрические) поверхности. Тело давления. Закон Архимеда. Плавание тел. Относительный покой жидкости.</p>
<p>Тема 3. Определение потерь напора по длине и в местных сопротивлениях.</p> <p>Геометрический и энергетический смысл всех его составляющих. Коэффициент кинетической энергии. Уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости. Связь между скоростью и гидродинамическим давлением. Графическое представление уравнения Бернулли. Пьезометрическая напорная линия. Гидравлический и пьезометрический уклоны. Практическое применение уравнения Бернулли (водомер Вентура, расходомерная шайба).</p>
<p>Тема 4. Уравнение Шези. Расчет трубопроводов. Истечение жидкости через отверстие и насадки. Подготовка к тестированию (6)</p>
<p>Тема 5. Насосы, их классификация. Нормальные характеристики центробежного насоса. Явление кавитации. Меры борьбы с ней.</p> <p>Кавитационные характеристики. Вихревые насосы. Схема вихревого насоса, принцип действия, характеристики, области применения. Объемные насосы. Принципы действия, общие свойства и классификация. Поршневые и плунжерные насосы. Устройство и области применения поршневых и плунжерных насосов. Индикаторная диаграмма. КПД поршневых насосов. Графики подачи и способы их выравнивания. Диафрагменные насосы. Роторные насосы. Классификация роторных насосов, общие свойства и области применения. Устройство и особенности роторных насосов различных типов: а) роторно-поршневых; б) пластинчатых (шиберных); в) шестеренных; г) винтовых. Определение рабочих объемов. Подача и её равномерность. Характеристики насосов. Регулирование подачи. Работа насоса на трубопровод.</p>
<p>Тема 6. Работа насоса на трубопровод. Построение характеристики трубопровода. Рабочая точка насоса. Способы регулирования подачи насоса. Параллельное и последовательное включение насосов</p> <p>Распределительные устройства. Назначение, принцип действия и основные типы (золотниковые, крановые, клапанные). Клапаны. Принцип действия, устройство и характеристики. Дроссельные устройства, назначение, принцип действия и характеристики. Фильтры. Гидроаккумуляторы. Гидролинии. Схемы гидроприводы и способы регулирования. Схемы гидропривода с замкнутой и разомкнутой циркуляцией, с дроссельным и объемным регулированием скорости. Сравнение различных способов регулирования скорости гидропривода. Пневмопривод. Газ как рабочее тело пневмопривода. Источники сжатого газа. Основные элементы и схемы пневмоприводов. Пневматические исполнительные устройства, распределительная и регулирующая аппаратура. Пневматические двигатели. Пневматический привод с поршневым двигателем и дроссельным регулированием. Пневматические приводы с роторными и турбинными пневмодвигателями. Пневмоприводы транспортно-технологических машин. Средства пневмоавтоматики.</p>

7.3.1. Примерные вопросы для самостоятельной подготовки к зачету/экзамену
Приложение 1

7.3.2. Практические задания по дисциплине для самостоятельной подготовки к зачету/экзамену
Приложение 2

7.3.3. Перечень курсовых работ
Курсовые работы не предусмотрены

7.4. Электронное портфолио обучающегося
Размещается контрольная работа

7.5. Методические рекомендации по выполнению контрольной работы
Приложение 6

7.6 Методические рекомендации по выполнению курсовой работы
Материалы не предусмотрены

8. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

По заявлению студента

В целях доступности освоения программы для лиц с ограниченными возможностями здоровья при необходимости кафедра обеспечивает следующие условия:

- особый порядок освоения дисциплины, с учетом состояния их здоровья;
- электронные образовательные ресурсы по дисциплине в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья;
- изучение дисциплины по индивидуальному учебному плану (вне зависимости от формы обучения);
- электронное обучение и дистанционные образовательные технологии, которые предусматривают возможности приема-передачи информации в доступных для них формах.
- доступ (удаленный доступ), к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам, состав которых определен РПД.

9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Сайт библиотеки УрГЭУ

<http://lib.usue.ru/>

Основная литература:

2. Парахневич В.Т. Гидравлика, гидрология, гидрометрия водотоков [Электронный ресурс]: Учебное пособие. - Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2023. - 368 с. –Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/2125715>

3. Вольвак С.Ф. Гидравлика. Практикум [Электронный ресурс]: Учебное пособие. - Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2023. - 318 с. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/2127024>

Дополнительная литература:

2. Филин В.М. Гидравлика, пневматика и термодинамика [Электронный ресурс]: Учебное пособие. - Москва: Издательский Дом "ФОРУМ", 2021. - 318 с. – Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1149643>

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ЛИЦЕНЗИОННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ, ОНЛАЙН КУРСОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Перечень лицензионного программного обеспечения:

Astra Linux Common Edition. Договор №0417-ПО/2019 от 08.05.2019, Акт №Sk000343 от 24.05.2019 и Контракт № 35-У/2018 от 13.06.2018, Акт № УТ213 от 17.12.2018. Срок действия лицензии - без ограничения срока.

МойОфис стандартный. Соглашение № СК-281 от 7 июня 2017. Дата заключения - 07.06.2017. Срок действия лицензии - без ограничения срока.

Перечень информационных справочных систем, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Реализация учебной дисциплины осуществляется с использованием материально-технической базы УрГЭУ, обеспечивающей проведение всех видов учебных занятий и научно-исследовательской и самостоятельной работы обучающихся:

Специальные помещения представляют собой учебные аудитории для проведения всех видов занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду УрГЭУ.

Все помещения укомплектованы специализированной мебелью и оснащены мультимедийным оборудованием (информационно-телекоммуникационным, иным компьютерным), доступом к информационно-поисковым, справочно-правовым системам, электронным библиотечным системам, базам данных действующего законодательства, иным информационным ресурсам служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения занятий лекционного типа презентации и другие учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации.

7.3.1. Примерные вопросы для самостоятельной подготовки к зачету/экзамену

К экзамену

1. Основные физические свойства жидкостей. Определение жидкости. Силы, действующие на жидкость. Давление в жидкости.
2. Удельный вес, плотность, сжимаемость, температурное расширение. Закон Ньютона для жидкостного трения. Вязкость. Неньютоновские жидкости.
3. Модель идеальной жидкости. Давление насыщенного пара жидкости. Растворение газов в жидкости.
4. Приборы для измерения давления. Закон Архимеда. Плавание тел. Относительный покой жидкости.
5. Дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости.
6. Основы гидравлического подобия. Распределение скоростей по сечению круглой трубы при ламинарном режиме.
7. Особенности турбулентного движения жидкости. Пульсации скоростей и давлений. Распределение осредненных скоростей по сечению.
8. Основы теории гидравлического подобия. Моделирование гидравлических явлений.
9. Истечение жидкости из отверстий и насадок. Истечение жидкости из отверстий в тонкой стенке при постоянном напоре. Коэффициенты сжатия, скорости, расхода.
10. Истечение жидкости через цилиндрический насадок. Насадки различного типа. Истечение при переменном напоре.
11. Понятие об определении экономически наиболее выгодного диаметра трубопровода. Сифонный трубопровод. Последовательное и параллельное соединение трубопроводов. Сложные трубопроводы.
12. Понятие о непрямом ударе. Способы ослабления гидравлического удара. Практическое использование гидравлического удара в технике.
13. Основные понятия гидродинамики. Уравнение неразрывности (сплошности) потока. Режимы движения жидкости.
14. Полный гидродинамический напор. Уравнение Д.Бернулли. Связь между скоростью и давлением.
15. Определение потерь напора по длине и в местных сопротивлениях.
16. Уравнение Шези. Расчет трубопроводов. Истечение жидкости через отверстие и насадки.
17. Насосы, их классификация. Нормальные характеристики центробежного насоса. Явление кавитации. Меры борьбы с ней. Кавитационная характеристика.
18. Работа насоса на трубопровод. Построение характеристики трубопровода. Рабочая точка насоса. Способы регулирования подачи насоса. Параллельное и последовательное включение насосов.
19. Изучение режимов движения жидкости.
20. Экспериментальная иллюстрация уравнения Бернулли. Построение напорной и пьезометрической линий.
21. Определение коэффициентов местных сопротивлений конфузора, диффузора и водомера Вентури.
22. Определение коэффициента расхода водомера Вентури. Построение графика $h=f(Q)$
23. Тарирование диафрагмы.
24. Параметрические испытания центробежного насоса
25. Испытания гидропривода с объемным регулированием

7.3.2. Практические задания по дисциплине для самостоятельной подготовки к зачету/экзамену

Примерные практические задания к экзамену

Номер задания	Содержание задания	Компетенция
<i>Задания закрытого типа</i>		
1	Как называется насос, в котором основным рабочим элементом является крыльчатка (рабочее колесо)?	ОПК-1
2	При рациональной эксплуатации выпарного оборудования технологу необходимо определить расход по выпаренной влаге в процессе концентрирования сахарного сиропа; расход исходного продукта 2 т/ч, количество концентрированного продукта 1,5 т/ч. Какова величина расходы по выпаренной влаге?	ОПК-1
3	При эксплуатации гравитационного отстойника цилиндрической формы с площадью высотой $h=1$ м его заполняют жидкостью плотностью $\rho = 1000$ м ³ /кг. Каково избыточное давление, действующую на дно аппарата?	ОПК-1
4	1. При эксплуатации прессуемого оборудования на сжимаемое тело действует сила 500 кН. Определить, какую силу необходимо приложить к малому поршню гидравлического пресса в кН для получения качественного продукта на выходе, если диаметры поршней 10 мм и 100 мм, малый поршень расположен на том же уровне, и большой поршень:	ОПК-1
5	Необходимо определить и установить контроль перепада давления при эксплуатации трубчатого аппарата при движении потока воды через заслонку, если коэффициент местного сопротивления заслонки равен 5, скорость потока 2 м/с. Каков перепад давления в Па?	ОПК-1
<i>Задания открытого типа</i>		
1	Как называется давление в аппарате, значение которого выше атмосферного? а) Вакууметрическое б) Барометрическое в) Избыточное г) Равновесное	ОПК-1
2	При каком значении числа Re наблюдается турбулентный режим течения жидкости в трубах а) $Re < 2300$ б) $Re = 2300$ в) $Re > 2300$ г) $Re = 0$	ОПК-1
3	Как называется давление в аппарате, значение которого ниже атмосферного? а) Вакууметрическое б) Барометрическое в) Избыточное г) Равновесное	ОПК-1
4	При каком значении числа Re наблюдается ламинарный режим течения жидкости в трубах а) $Re < 2300$ б) $Re = 2300$ в) $Re > 2300$ г) $Re = 0$	ОПК-1
5	Какая схема движения жидкости наиболее эффективна при эксплуатации теплообменных аппаратов и позволяет получить наиболее качественный продукт на выходе? а) Противоточная б) Прямоточная в) Перекрестная г) Последовательная	ОПК-1

**Приложение 6
к рабочей программе**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДЕНЫ
на заседании кафедры биотехнологии и
инжиниринга

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ

КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

по дисциплине

Гидравлика

ВВЕДЕНИЕ

Целевой установкой контрольной работы по курсу «Гидравлика» является обучение студентов методике расчета и проектирования пищевой аппаратуры путем рассмотрения примеров и решения конкретных задач.

Приступая к решению задачи, следует изобразить схему устройства, обозначить на ней все размеры и величины, отметить стрелками направления движения потоков и разобраться в условиях работы установки. Затем следует выписать все данные задачи, написать основные расчетные уравнения, наметить путь решения, разбив задачу на ряд частных вопросов, выписать нужные численные значения различных физических свойств. Подставив в расчетные уравнения числовые значения, проверить правильность подстановки, после чего приступить к арифметическим вычислениям. Ответ следует с точки зрения соответствия полученного результата практическим условиям работы рассчитываемой установки или аппарата.

Контрольная работа включает в себя задачи по разделу «Основы гидравлики, гидравлические машины» (гидростатика, гидродинамика). Выбор задач для контрольной работы проводится по первой букве фамилии студента, в П.1.

Оформлять контрольную работу следует согласно [1].

При решении задач может использоваться литературу [2,3,4].

1. Тема №1

1.1. Цель работы

Целью контрольной работы по теме №1 является изучение теоретических и практических вопросов по разделу «Основы гидравлики, гидравлические машины».

1.2. Основные зависимости и расчетные формулы.

Для расчетов аппаратов пищевых производств (гидравлические прессы, баковая аппаратура и т.д.) необходимо определить гидростатическое давление на глубине от поверхности жидкости и силу давления жидкости на плоскую стенку.

Гидростатическое давление в объеме жидкости определяется по основному уравнению гидростатики:

$$P = P_0 + \rho gh, \quad (1)$$

где P – гидростатическое давление в объеме жидкости, Па;

P_0 – давление на поверхности жидкости, Па;

ρ – плотность жидкости, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с²

h – расстояние от поверхности жидкости до рассматриваемой точки в объеме, м.

Сила давления жидкости на плоскую стенку определяется по уравнению:

$$F = P \cdot S, \quad (2)$$

где F – сила давления, Н;

S – площадь поверхности стенки, м².

Согласно закону Паскаля, давление, создаваемое в любой точке покоящейся жидкости, передаётся всем точкам её объема.

При расчетах многих процессов и аппаратов пищевых производств важно знать режим течения жидкости в рабочих полостях аппарата. Фактором оценки гидродинамического режима является критерий Рейнольдса Re , который для потока, проходящего по прямым трубам, имеет следующее значения:

ламинарный режим

$$Re \leq 2320;$$

переходный режим

$$2320 < Re \leq 10000$$

турбулентный режим

$$Re > 10000$$

Критерий Рейнольдса определяется отношением следующих физических величин:

$$Re = \frac{Ud}{\nu}, \quad (3)$$

где U – средняя скорость потока жидкости, м/с ;
 d – внутренний диаметр трубопровода, м ;
 ν – коэффициент кинематической вязкости жидкости, м²/с.

Средняя скорость потока связана с объемным расходом жидкости отношением:

$$U = \frac{W}{f}, \quad (4)$$

где W – объемный расход жидкости, м³/с;
 f – площадь поперечного сечения потока, м².

Для потока, проходящего по изогнутым трубам (змеевикам), критическое значение $Re_{кр}$ выше, чем в прямых трубах, и зависит от отношения d/D , где D – диаметр витков змеевика (см. рис. П.1).

Для потоков некруглого поперечного сечения в выражение (3) подставляется эквивалентный диаметр $d_э$, определяемый по формуле:

$$d_э = \frac{4f}{\Pi}, \quad (5)$$

где Π – периметр, омываемый потоком, м.

Удельная энергия потока жидкости, в различных сечениях потока, определяется по уравнению Бернулли, которое для реальной жидкости имеет вид:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{U_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{U_2^2}{2g} + h_p, \quad (6)$$

где Z – геометрический напор, м;
 $P/(\rho \cdot g)$ – пьезометрический напор, м;
 $U^2/(2 \cdot g)$ – скоростной напор, м;
 h_p – потери напора, м.

Потери напора h_p бывают двух видов: потери напора на трение и местные потери напора. Потери напора на трение $h_{тр}$ определяются по уравнению Вейсбаха – Дарси:

$$h_{тр} = \lambda_{тр} \frac{L}{d_э} \times \frac{U^2}{2g}, \quad (7)$$

где $\lambda_{тр}$ – коэффициент трения;

L – длина трубы, м.

Коэффициент трения $\lambda_{тр}$, в зависимости от режима течения, определяется по уравнениям представленным в таблице 1 в зависимости от числа Re .

Таблица 1

Формулы для определения коэффициента трения

Режим течения	Вид формулы	Условие выбора формулы
ламинарный режим	$\lambda_{тр} = \frac{64}{Re}; (8)$	$Re < 2300$
турбулентный режим	$\lambda_{тр} = 0,11 \left(\frac{68}{Re} \right)^{0,25}$	$Re \geq 20 \frac{d}{D}, (9)$
	$\lambda_{тр} = 0,11 \left(\frac{68}{Re} + \frac{D \Delta}{d \delta} \right)^{0,25}$	$20 \frac{d}{D} \leq Re \leq 500 \frac{d}{D}, (10)$
	$\lambda_{тр} = 0,11 \left(\frac{D \Delta}{d \delta} \right)^{0,25}$	$Re \geq 500 \frac{d}{D}. (11)$

где Δ – средняя высота шероховатостей трубы (для новых стальных труб можно принять $\Delta = 0,1$), м.

Местные потери напора h_m , м, определяются по уравнению:

$$h_m = \zeta \frac{U^2}{2g}, \tag{12}$$

где ζ – коэффициент местного сопротивления.

1.3.Примеры расчетов режимных параметров

1) На малый поршень диаметром 40 мм гидравлического пресса действует сила 630 Н. Пренебрегая потерями, определить силу, действующую на прессуемое тело, если диаметр большого поршня 300 мм.

Решение.

Изображаем схему гидравлического пресса (см. рис.1).



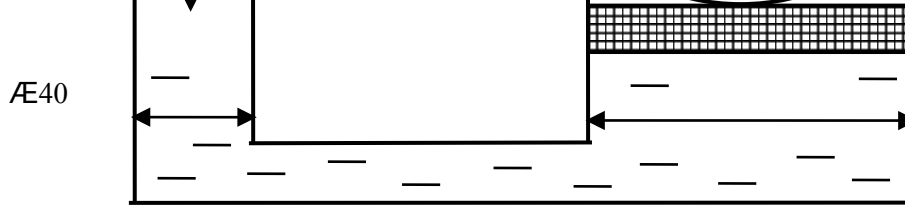


Рисунок 1 – Схема гидравлического пресса

Определяем по уравнению (2) давление на поверхности жидкости, создаваемое малым поршнем:

$$P_1 = \frac{4 \times 630}{3,14 \times (40 \times 10^{-3})^2} = 500 \text{ кПа.}$$

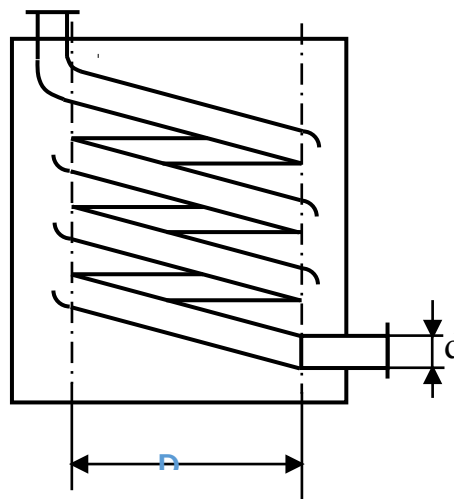
Согласно закону Паскаля, учитывая, что оба поршня находятся на одном уровне, давления жидкости на большой поршень $P_2 = P_1$. Тогда, искомая сила F_2 , по уравнению(2), равна

$$F_2 = \frac{500 \times 10^3 \times 3,14 \times (300 \times 10^{-3})^2}{4} = 35,3 \text{ кН.}$$

2) Определить режим течения воды, при течении её в змеевиковом нагревателе с диаметром трубы 35 x 2,5 мм и диаметром витков 600 мм. Объёмный расход воды $3,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, средняя температура воды 50°C .

Решение.

Изображаем схему змеевикового нагревателя (см. рис.2).



Определяем среднюю скорость потока воды по уравнению (4)

$$U = \frac{4 \times 3,5 \times 10^{-3}}{3,14 \times (30 \times 10^{-3})^2} = 5 \text{ м/с.}$$

Определяем коэффициент кинематической вязкости воды при 50°C (см. таблицу П.2 приложения), учитывая, что коэффициенты кинематической и динамической вязкости связаны отношением $\nu = \mu / \rho$:

$$\nu = \frac{549 \times 10^{-6}}{988} = 5,5 \times 10^{-7} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}.$$

По уравнению (3) критерий Re равен:

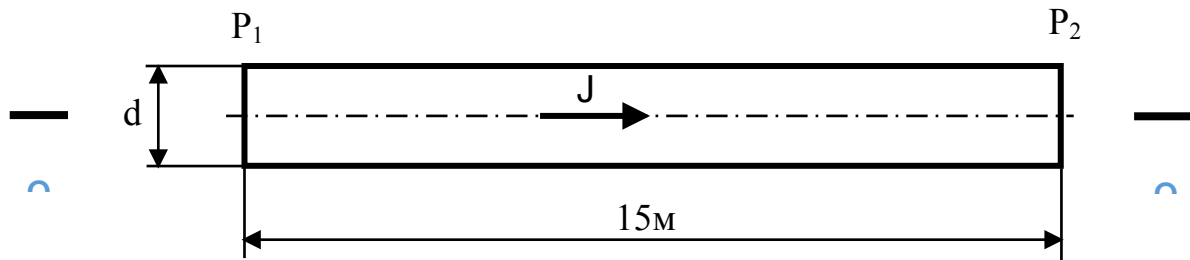
$$Re = \frac{5 \times 30 \times 10^{-3}}{5,5 \times 10^{-7}} = 272727.$$

Согласно графика (рис. П1) критическое значение $Re_{кр}$, при котором еще осуществляется ламинарный режим течения, для данного змеевикового нагревателя $Re_{кр} = 7000$, следовательно, можно сделать вывод, что режим течения турбулентный.

3) Поток воды движется по горизонтальной трубе диаметром 32x2 мм, длиной 15 м со скоростью 3 м/с. Определить перепад давления потока на входе и выходе из трубы. Температура воды 30°C.

Решение

Изображаем расчетную схему процесса (см. рис.3).



Составляем уравнение Бернулли для сечений на входе и выходе потока воды из трубы, взяв в качестве плоскости сравнения плоскость О-О (рис.3, уравнение (6))

$$\frac{\rho_1}{\rho q} = \frac{\rho_2}{\rho q} + h_{тр},$$

откуда

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \rho q h_{тр}$$

Для определения режима течения используем уравнение (3), предварительно определив по П.2 значение коэффициента кинематической вязкости ν (как это было показано в задаче 1), $\nu = 8,1 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$.

$$Re = \frac{3 \times 28 \times 10^{-3}}{8,1 \times 10^{-7}} = 103703,7.$$

Так как режим турбулентный, определяем коэффициент трения $\lambda_{тр}$, применяя уравнения (9-11):

$$\lambda_{тр} = 0,116 \frac{68}{103703,7} + \frac{0,1 \times 10^{-3}}{28 \times 10^{-3}} \frac{\nu^{0,25}}{\nu} = 2,8 \times 10^{-2}.$$

Потери напора, по уравнению (7), равны

$$h_{тр} = 2,8 \times 10^{-2} \frac{15}{28 \times 10^{-3}} \times \frac{3^2}{2 \times 9,81} = 6,9 \text{ м}.$$

Тогда искомый перепад давления равен

$$\Delta P = 996 \cdot 9,81 \cdot 6,9 = 67,4 \text{ кПа}.$$

1.4. Контрольные задачи

1. Аппарат прямоугольной формы с размерами 1,5x0,8x1,0 м заполнен водой. На поверхности воды действует давление 0,15 МПа, температура воды 90⁰С. Определить силу, действующую на дно аппарата.

2. На прессуемое тело действует сила 100 кН. Определить, какую силу необходимо приложить к малому поршню гидравлического пресса, если диаметры поршней 100 мм и 800 мм, малый поршень расположен на 5 м выше уровня большого поршня.

3. Определить силу, действующую на дно аппаратов, если высота их одинакова и равна 2 м, размеры дна аппаратов: первого-2x2 м, второго-диаметр 1м, третьего-1,5x6 м. Аппараты заполнены жидкостью, плотность жидкости 1250 кг/м³. На поверхности жидкости действует атмосферное давление.

4. Определить режим течения воды в трубном пространстве кожухотрубного теплообменника. Объёмный расход воды 1,5·10³ м³/с, диаметр труб 50x2,5 мм, количество труб 20 шт., температура воды 30⁰С.

5. Определить режим течения воды в змеевиковом нагревателе с диаметром трубы 22x2 мм и диаметром витков 200 мм. Объёмный расход воды 2·10⁻⁴ м³/с, средняя температура воды 60⁰С.

6. Вода движется в трубе квадратного сечения, со стороной 30 мм и толщиной стенки 2,5 мм. Скорость потока 0,6 м/с, температура воды 20⁰С. Определить режим течения воды.

7. Определить объёмный расход, при котором произойдет изменение режима течения жидкости в трубе диаметром 5 мм. Плотность жидкости 1500 кг/м³, коэффициент динамической вязкости 2·10⁻³ Па·с.

8. Поток воды движется по наклонной трубе диаметром 60x5 мм, длиной 50 м со скоростью 0,2 м/с. Разность высот трубы на входе и выходе воды составляет 10 м, температура воды 10⁰С. Определить перепад давления потока на входе и выходе из трубы.

9. Определить перепад давления при движении потока воды через заслонку, если коэффициент местного сопротивления заслонки равен 3, скорость потока 2 м/с, температура воды 40⁰С.

10. Определить перепад давления потока воды на входе и выходе из горизонтальной трубы диаметром 100x5 мм, длиной 20 м. Объёмный расход воды 1,5·10⁻³ м, температура воды 20⁰С.

11. Требуется перекачать за 1 ч 20 т воды из бака в реактор. Перепад давления при этом составил $\Delta p = 169995 \text{ Н/м}^2$. Определить мощность и подобрать тип насоса, если КПД насоса равен $\eta_M = 0,65$.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица III

Выбор задач для контрольной работы

Первая буква фамилии	Номер задачи		
А	1;10		
Б	2;9		
В	3;8		
Г	1;7		
Д	2;6		
Е	3;5		
Ж	4;11		
З	5;9		
И	6;3		
К	4;1		
Л	5;2		
М	6;10		
Н	1;9		
О	1;11		
П	1;6		
Р	2;10		
С	2;8		
Т	2;7		
У	3;4		
Ф	3;7		
Х	3;9		
Ц	4;2		
Ч	4;9		
Ш	4;10		
Щ	5;1		
Э	5;8		
Ю	5;10		
Я	6;9		

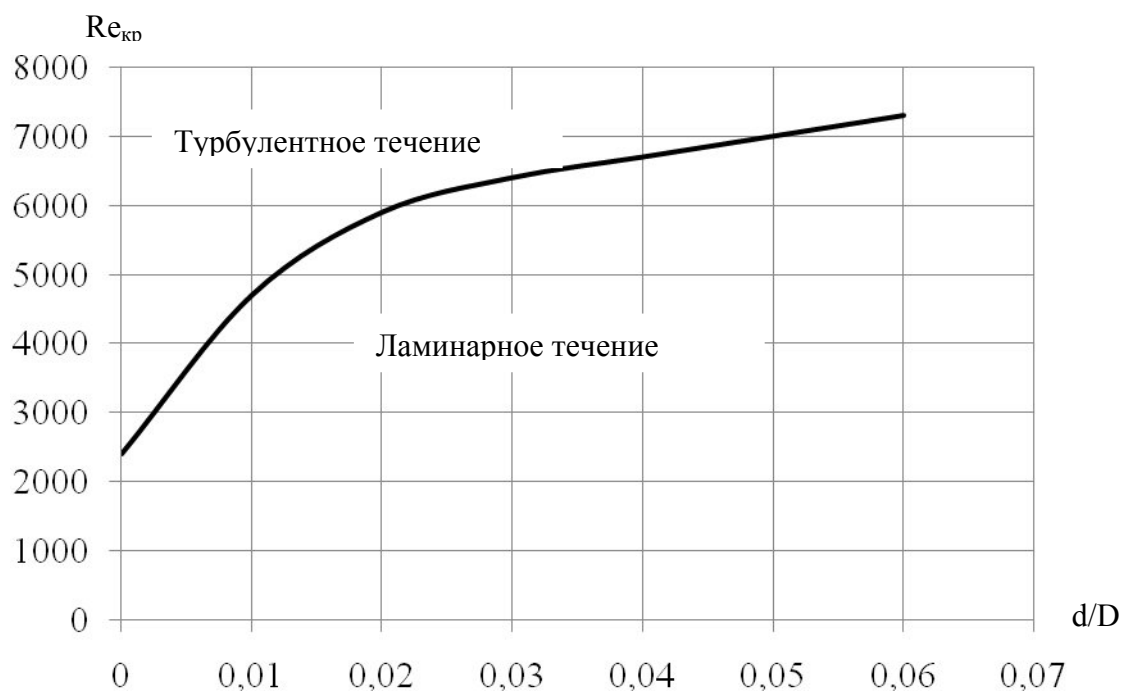


Рисунок П1 – Зависимость Re_{kp} в змеевиках от отношения d/D (см. рис. 2)

Таблица П2

Физические свойства воды на линии насыщения

t , °C	ρ , кг/м ³	C , кДж/(кг·К)	$\lambda \cdot 10^2$, Вт/(м·К)	$\nu \cdot 10^6$, м ² /с	$\beta \cdot 10^4$, 1/К	r , кДж/кг	$\sigma \cdot 10^4$, Н/м	Pr
10	999,7	4,191	57,4	1,306	0,70	2477,4	741,6	9,52
20	998,2	4,183	59,9	1,004	1,82	2453,8	720,9	7,02
30	995,7	4,174	61,8	0,805	3,21	2430,2	712,2	5,42
40	992,2	4,174	63,5	0,659	3,87	2406,5	696,5	4,31
50	988,1	4,174	64,8	0,556	4,49	2382,5	676,9	3,54
60	983,1	4,179	65,9	0,478	5,11	2358,4	662,2	2,98
70	977,8	4,179	66,8	0,415	5,70	2333,8	643,5	2,55
80	971,8	4,187	67,4	0,365	6,32	2308,9	625,9	2,21
90	965,3	4,195	68,0	0,326	6,95	2283,4	607,2	1,95
100	958,4	4,208	68,3	0,295	7,52	2257,2	588,6	1,75
110	951,0	4,220	68,5	0,272	8,08	2230,5	569,0	1,60
120	943,1	4,233	68,6	0,252	8,64	2202,9	548,4	1,47
130	934,8	4,266	68,6	0,233	9,19	2174,4	528,8	1,36
140	926,1	4,287	68,5	0,217	9,72	2144,9	507,2	1,26
150	917,0	4,313	68,4	0,203	10,3	2114,1	486,6	1,17