

УТВЕРЖДАЮ  
 Директор ВШТЭ



## Рабочая программа дисциплины

**Б1.О.25** Механика жидкости и газов

Учебный план: ФГОС3++z150302.07-1\_22-15.plx

Кафедра: 17 Процессов и аппаратов химической технологии

Направление подготовки:  
 (специальность) 15.03.02 Технологические машины и оборудование

Профиль подготовки:  
 (специализация) Машины и аппараты комплексной переработки возобновляемых ресурсов

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: заочная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоёмкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия				
3	УП	6	8	90	4	3	Зачет, Курсовой проект
	РПД	6	8	90	4	3	
Итого	УП	6	8	90	4	3	
	РПД	6	8	90	4	3	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование, утверждённым приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 09.08.2021 г. № 728

Составитель (и):

Кандидат технических наук, доцент

Тотухов Ю.А.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой процессов и аппаратов  
химической технологии

Никифоров А.О.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Гаузе А.А.

Методический отдел:

Смирнова В.Г.

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Разработка мотивированного подхода для проектирования и эксплуатации гидравлических систем оборудования химического производства.

**1.2 Задачи дисциплины:**

Изучить основные законов гидродинамики, свойств жидкостей и газов. Научить использовать современные методы расчета напорных насосов и трубопроводов. Овладеть оптимальными методами расчета различных трубопроводов.

**1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:**

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Химия

Информационные технологии

Детали машин

Инженерная графика

Основы компьютерного проектирования

Основы проектной деятельности

Метрология, стандартизация и сертификация

Технологические процессы и аппараты в химической отрасли

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**ОПК-13: Способен применять стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов технологических машин и оборудования;**

**Знать:** основные физические свойства жидкостей и газов, законы и уравнения статики и динамики жидкостей и газов

**Уметь:** выполнять расчеты пневмо- и гидросистем узлов машин применительно к задачам профессиональной деятельности

**Владеть:** Оптимальными методами расчета различных трубопроводов; определять с помощью каталогов гидравлических машин соответствующих наиболее выгодным условиям работы.

А также навыками расчета пневмо- и гидросистем узлов машин с использованием типовых методик.

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий
		Лек. (часы)	Пр. (часы)		
Раздел 1. Основные понятия механики жидкости и газов.					
Тема 1. Введение. Предмет и задачи дисциплины «Механика жидкости и газов». Роль гидродинамических процессов, протекающих в машинах и аппаратах ЦБП, в повышении эффективности производства и качества продукции, экономии материальных и энергетических ресурсов. Необходимость интенсификации действующих и разработки новых высокоэффективных процессов и оборудования для обеспечения выпуска высококачественной продукции и охраны окружающей среды.	3	0,5	1	11	ИЛ

<p>Тема 2. Основные понятия механики жидкости и газа. Силы, действующие на жидкость. Давление в жидкости. Массовые и поверхностные силы. Силы давления и трения. Основные понятия гидростатики. Абсолютное и избыточное давление. Основное уравнение гидростатики. Геометрический и пьезометрический напоры. Сила давления на дно сосуда. Физические свойства жидкостей и газов. Сжимаемость. Поверхностное натяжение. Зависимость упругости паров от температуры. Поглощение газов жидкостью. Вязкость жидкости и газа. Динамический и кинематический коэффициенты вязкости. Влияние вязкости на распределение скоростей по сечению трубопровода. Режимы движения жидкости. Опыт Рейнольдса. Число Re. Соотношение средней и максимальной скоростей при ламинарном и турбулентном движениях. Характеристики турбулентного движения. Мгновенная пульсационная скорость. Изотропная и однородная турбулентность. Масштаб турбулентности. Структура турбулентного потока. Турбулентная вязкость. Взаимосвязь пульсаций давления и пульсаций расхода жидкости. Основные понятия кинематики и динамики жидкости. Поле скоростей, расход, локальная и средняя скорости, смоченный периметр, живое сечение, эквивалентный диаметр, линия тока, элементарная струйка. Виды движения жидкости. Уравнение неразрывности.</p>	1	1	11	
<p>Раздел 2. Общие закономерности движения жидкой среды.</p>				
<p>Тема 3. Понятие о реологических характеристиках жидкости Закон внутреннего трения. Классификация жидкостей по реологическим характеристикам. Ньютоновские жидкости. Условия возникновения касательных напряжений в жидкости. Скорость сдвига слоев жидкости. Скорость деформаций жидкости. Распределение касательных напряжений и скоростей по сечению трубы при ламинарном течении (формула Стокса). Нормальные напряжения в потоке жидкости. Неньютоновские жидкости. Жидкости с нестационарной реологической характеристикой. Бингамовские, пластичные, псевдопластичные и дилатантные жидкости. Тиксотропные и реопектантные жидкости. Высокоупругие или максвелловские жидкости.</p>	1	1	11	

<p>Тема 4. Общие закономерности движения жидкой среды.          Применение второго закона Ньютона к жидкости. Уравнение движения вязкой жидкости. Уравнение Навье-Стокса. Интерпретация отдельных членов уравнения Навье-Стокса, уравнение турбулентного движения. Уравнения невязкой жидкости-уравнения Эйлера. Уравнения Бернулли. Геометрическая и энергетическая интерпретация уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости. Построение пьезометрической и напорной линий. Условия применения уравнения Бернулли.</p>	0,5	1	11	
<p>Раздел 3. Методы исследований и математического описания гидромеханических явлений.</p>				
<p>Тема 5. Потери напора при установившемся движении жидкости. Способы исследования гидравлических явлений. Модели жидкой среды. Влияние различных факторов на движение жидкости. Метод анализа размерностей, π-теорема. Основы теории подобия. Моделирование потоков в проточных участках гидравлического оборудования. Примеры местных потерь. Обтекание твердых тел. Водоворотная или циркуляционная область потока. Зоны малых скоростей потока. Потери напора по длине и на местные сопротивления. Выражение местных потерь через эквивалентную длину. Закон ламинарного движения (Пуазейля). Формула Шези. Корректив кинетической энергии для ламинарного течения. Формула для определения потерь по длине (Дарси-Вейсбаха). Влияние полимерных добавок на уменьшение потерь напора-феномен Томса. Опытные данные о коэффициентах гидравлического трения. Влияние выступов шероховатости на потери напора. Гидравлические гладкие и шероховатые трубы. Равнозернистая и эквивалентная шероховатости. Зоны движения жидкости по графику Никурадзе. График Мурина.</p>	1	1	11	

<p>Тема 6. Расчет трубопроводов.          Расчет трубопроводов в квадратичной области сопротивления. Расчет трубопроводов в доквадратичной области сопротивления. Расчет сложных трубопроводов. Выбор экономически выгодного диаметра трубопровода. Явление гидравлического удара. Прямой и не прямой гидравлический удары. Формулы Н.Е. Жуковского для определения ударного давления и скорости распределения ударной волны. Способы защиты трубопровода от разрушения. Истечение из малого отверстия в тонкой стенке. Коэффициенты сжатия, скорости и расхода. Определение коэффициентов расхода и скорости. Истечение из насадок. Коническая и коноидальная насадки. Влияние формы насадки на истечение жидкости. Массонапускные устройства бумагоделательных машин. Сила давления струи на стенку. Теорема импульсов. Струйность потока на выходе из потокораспределителя. Выравнивание потока в напорном ящике.</p>	0,5	1	11	
Раздел 4. Насосы и вентиляторы.				

<p>Тема 7. Устройство центробежного насоса и вентилятора  Понятие об абсолютном и относительном движении в насосе. Понятие об расчетном режиме. Основное уравнение центробежного насоса. Выбор формы лопастей. Учет конечного числа лопастей. Потери в насосах и баланс энергии. Теоретические и действительные характеристики. Оптимальный режим. Подводящие и отводящие устройства, их функция и классификация. Основы теории подобия лопастных машин. Формула подобия и пересчет характеристик лопастных насосов при изменении размеров насосов и частоты вращения ротора. Коэффициент быстроходности и типизации лопастных насосов. Рабочее поле насоса. Области применения центробежных и других лопастных насосов. Основы нормализации лопастных насосов. Высота всасывания. Кавитация в центробежных насосах. Работа насосов на сеть. Схема насосной установки. Характеристика насоса и сети. Условия совместной работы насоса и его внешней сети. Факторы, влияющие на экономичность работы насосной установки.  Работа насоса на простой и сложный трубопроводы. Особенности конструкций вентиляторов. Способы регулирования подачи. Совместная работа на сеть по схеме последовательного и параллельного соединений.  Осевые насосы. Устройство, рабочий процесс, рабочие характеристики. Насосы, применяемые в химической промышленности. Экономия энергии при эксплуатации насосных установок в химической промышленности. Техника безопасности при перекачивании агрессивных жидкостей.</p>	1	1	13	
<p>Тема 8. Объемные гидромашины и машины специальных типов.  Поршневые насосы. Устройство, принцип действия, классификация и область применения. Неравномерность подачи и способы ее выравнивания. Процесс всасывания поршневого насоса без воздушного колпака. Радиально-поршневые, шибберные, вакуумные и другие насосы. Насосы для перекачивания неньютоновских жидкостей.</p>	0,5	1	11	
<p>Итого в семестре (на курсе для ЗАО)</p>	6	8	90	
<p>Консультации и промежуточная аттестация (Зачет, Курсовой проект)</p>	0,25			
<p><b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b></p>	14,25		90	



#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

**4.1 Цели и задачи курсовой работы (проекта):** Цель: создать у студентов навыки поиска и выработки методов работы со специальной технической литературой. Ознакомить с методикой гидравлического расчета насосной аппаратуры.

Задача: максимально приблизить полученные знания в практических целях на оборудовании химического производства.

**4.2 Тематика курсовой работы (проекта):** 1. Гидродинамический и энергетический расчет насосной установки.

2. Расчет потерь энергии на местные сопротивления.

3. Оценка высоты всасывания в различных условиях.

**4.3 Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы (проекта):**

Курсовой проект состоит из графической части формата А1 и расчетно-пояснительной записки в объеме 15-20 листов.

Графическая часть содержит чертеж общего аппарата с разрезами и выносками.

Расчетно-пояснительная записка включает:

описание аппарата;

технологический расчет и подбор аппарата;

расчет аппарата на прочность.

#### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

**5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения**

**5.1.1 Показатели оценивания**

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ОПК-13	Показывает основные сведения по механики жидкости и газа. Демонстрирует умение пользоваться справочной и научной литературой. Использует расчеты современного оборудования и его оценку с точки зрения экономической целесообразности.	1. Вопросы устного собеседования 2. Практико-ориентированные задания. 3. Курсовой проект.

**5.1.2 Система и критерии оценивания**

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)		Полное и разностороннее рассмотрение вопросов, свидетельствующее о значительной работе с источниками. Качество исполнения всех элементов проекта соответствует требованиям, содержание полностью соответствует заданию. Даны исчерпывающие выводы и полные ответы на поставленные вопросы. Работа представлена к защите в требуемые сроки.
4 (хорошо)		Проект выполнен в соответствии с заданием. Имеются отдельные несущественные ошибки в работе или в ответах на поставленные при защите вопросы, могут иметь место отхождения от правил оформления или нарушены сроки предоставления проекта к защите.
3 (удовлетворительно)		Задание выполнено полностью, но в работе есть существенные ошибки, присутствуют неточности в ответах, либо качество представления работы низкое, либо работа представлена с опозданием.
2 (неудовлетворительно)		Содержание работы полностью не соответствует заданию. Представление чужой работы, плагиат, либо отказ от представления работы. Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубое

		нарушение правил оформления или сроков представления работы. Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора.
Зачтено	Обучающийся демонстрирует высокий уровень эрудиции; хорошо разбирается в основных закономерностях, базовых для дисциплины механика жидкости и газов; усвоил основную и, частично, дополнительную литературу. Точно отвечает на задаваемые преподавателем дополнительные вопросы. Способен к целеустремленному применению базовых знаний в профессиональной деятельности.	
Не зачтено	Обучающийся не имеет достаточного уровня знаний дисциплины; не владеет формулировками основных закономерностей и процессов. Путается в понятиях и определениях. Не владеет основной литературой; при ответах допускает существенные и принципиальные ошибки и не в состоянии их устранить.	

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

### 5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Курс 3	
1	Физические свойства жидкостей. Сжимаемость. Поглощение газов жидкостью.
2	Основные понятия гидростатики. Абсолютное и избыточное давление, вакуум. Основное уравнение гидростатики.
3	Вязкость жидкости. Динамический и кинематический коэффициенты вязкости. Зависимость вязкости от температуры и давления.
4	Основные понятия кинематики и динамики жидкости.
5	Режимы движения жидкости. Критерий Рейнольдса. Характеристика ламинарного и турбулентного течения.
6	Силы давления на плоские стенки.
7	Силы давления на криволинейные стенки.
8	Реологические характеристики жидкости. Ньютоновские и неньютоновские жидкости.
9	Теорема импульсов и момента импульсов.
10	Ламинарное течение в плоских зазорах.
11	Уравнение Бернулли в ламинарном и турбулентном течении. Потери напора.
12	Потери напора в трубах. Линейные и местные сопротивления (общие понятия).
13	Потери напора по длине трубопровода. Гидравлически гладкие и шероховатые трубы.
14	Местные сопротивления. Эквивалентная длина. Конкретные примеры.
15	Расчет параллельного соединения трубопроводов.
16	Расчет сложных трубопроводов с концевой раздачей.
17	Гидравлический удар. Способы защиты от гидравлического удара.
18	Истечение жидкостей из отверстий и насадок.
19	Устройство центробежного насоса. Понятие об абсолютном и относительном движении жидкости в насосе.
20	Основное уравнение центробежного насоса.
21	Баланс энергии и потери в насосах.
22	Характеристики центробежных насосов.
23	Пересчет характеристик центробежного насоса при изменении частоты вращения ротора.
24	Область применения лопастных насосов. Рабочее поле насоса.
25	Кавитация при работе насоса. Способы регулирования подачи насоса.

26	Работа насоса на сеть. Способы регулирования подачи насоса.
27	Последовательная и параллельная работа насосов на сеть. Помпаж насосов.
28	Осевые и вихревые насосы.
29	Поршневые и шестеренчатые насосы.
30	Вакуумные насосы.
31	Винтовые насосы.

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено.

### 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. Определить, каков должен быть диаметр насадки в натуре и под каким напором он должен работать на вводе, чтобы получить  $W=0,1$  м<sup>3</sup>/час и  $w=60$  м/с.

2. Определить диаметр отверстия на вводе при истечении керосина ( $\nu = 0,045$  сТ) при соблюдении вязкостного и гравитационного подобия. Истечение моделируется на вводе ( $\nu = 0,01$  сТ).

3. В конденсаторе паровой турбины определить максимально допустимый диаметр трубок, при котором в них будет происходить еще турбулентное движение. При расходе  $W= 8$  л/сек по 250 трубок, между которыми движется конденсируемый пар. Принимаем  $Re_{кр}=3000$ ;  $t_{воды}=100$ ;  $\nu = 0,013$  сТ.

### 5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

#### 5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

#### 5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная  +  Письменная  +  Компьютерное тестирование  Иная

#### 5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Время на подготовку ответа по билету 45 минут.

Ответ по билету 15 минут.

Время, отводимое на защиту курсового проекта, не должно превышать 15 мин, включая краткий доклад по результатам и ответы на вопросы.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
Калякин, А. М., Чеснокова, Е. В.	Механика жидкости и газа. В 2 частях. Ч.1	Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ	2019	<a href="https://www.iprbooks.hop.ru/117210.html">https://www.iprbooks.hop.ru/117210.html</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
Г.Ю. Бутко, А.О. Никифоров	Механика жидкости и газа. Сборник кейсов: учеб. пособие	М-во науки и высшего образования РФ, С.- Петерб. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики. - Санкт- Петербург : ВШТЭ СПбГУПТД	2019	<a href="http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/1600100951.pdf">http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/1600100951.pdf</a>
Г.Ю. Бутко, А.О. Никифоров	Механика жидкости и газа [Текст]: учебное Пособие	М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД	2018	<a href="http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/2018_05_26_01_v2.pdf">http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/2018_05_26_01_v2.pdf</a>

Бутко, Г. Ю., Никифоров, А. О.	Механика жидкости и газа	Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна	2018	<a href="http://www.iprbookshop.ru/102444.html">http://www.iprbookshop.ru/102444.html</a>
-----------------------------------	--------------------------	--	------	---

## 6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

1. Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>
2. Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>
3. Электронно-библиотечная система «Айбукс» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ibooks.ru/>

## 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8

MicrosoftOfficeProfessional 2013

AutoCADDDesign

Microsoft: Office Standard 2016 Russian OLP NL AcademicEdition

Microsoft: Windows Professional 10 Russian Upgrade OLPNL AcademicEdition

## 6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Б-209	Напорная установка, установка гидравлических сопротивлений, ректификационная установка, установка роторно-пульсационная, установка для исследования процессов перемешивания в жидких средах, установка для исследования кинетики инфракрасной сушки.