

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор, проректор
по УР

_____ А.Е. Рудин

Рабочая программа дисциплины

Б1.О.27

Гидрогазодинамика

Учебный план: 2024-2025 18.03.02 ИФСТЗ ПБвРТ ОО №1-1-178.plx

Кафедра: **18** Инженерной химии и промышленной экологии

Направление подготовки:
(специальность) 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической
технологии, нефтехимии и биотехнологии

Профиль подготовки:
(специализация) Производственная безопасность в ресурсосберегающих технологиях

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся			Сам. работа	Контроль, час.	Трудоём- кость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия	Лаб. занятия				
4	УП	17	17	17	66	27	4	Экзамен
	РПД	17	17	17	66	27	4	
Итого	УП	17	17	17	66	27	4	
	РПД	17	17	17	66	27	4	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, утверждённым приказом Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 923

Составитель (и):

кандидат технических наук, Доцент

Петров Сергей Викторович

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой инженерной химии и
промышленной экологии

Бусыгин Николай Юрьевич

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Бусыгин Николай Юрьевич

Методический отдел:

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Сформировать компетенции обучающегося в области гидрогазодинамики, позволяющие применять знания, умения, навыки и личные качества для успешной работы в отрасли.

1.2 Задачи дисциплины:

Рассмотреть основные определения и законы гидрогазодинамики.

Рассмотреть принципы моделирования движения жидких сред в аппаратах.

Рассмотреть конструкции ёмкостей, насосов, трубопроводов и методы их расчета.

Изучить особенности движения жидкостей через пористые среды и процессы отстаивания, центрифугирования, фильтрации

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

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

Физика

Математика

Прикладная механика

Материаловедение и технология материалов

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ОПК-2: Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности

Знать: основные законы гидростатики и гидродинамики, основное уравнение гидростатики, основное уравнение движения жидкости; базовые типовые модели гидродинамической структуры потоков, режимы течения жидкостей и газов; принципы работы и основные конструкции машин и аппаратов для реализации гидромеханических процессов в различных технологиях.

Уметь: рассчитывать силы гидростатического давления в сосудах, вычислять скорости движения жидкостей и газов в аппаратах и оценивать режимы течения жидкостей и газов; определять основные элементы трубопроводной арматуры и принципы их действия.

Владеть: навыками расчета типового оборудования для гидродинамических процессов, в том числе насосов, компрессоров, перемешивающих устройств, фильтров различного типа, применяемых в технологиях защиты окружающей среды и человека, использования информационных систем для выбора доступного производимого оборудования (насосов, воздуходувок, фильтров, перемешивающих устройств, трубопроводной арматуры и пр.) для схем перемещения газовых и жидкостных потоков.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа			СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)	Лаб. (часы)			
Раздел 1. Основные законы гидравлики							З,Л
Тема 1. Введение. Предмет дисциплины и его задачи. История гидравлики. Практические работы. Расчёт сил давления в цистерне с жидкостью. Расчёт прочности газового баллона		1	3		7		
Тема 2. Основы теории переноса. Жидкость. Определение. Свойства жидкости. Лабораторная работа. Определение вязкости технологических растворов		2		3	7		
Тема 3. Гидростатика. Гидростатическое давление. Основное уравнение гидростатики. Лабораторная работа. Определение силы гидростатического давления.		1		3	7		
Тема 4. Уравнения движения жидкости. Лабораторная работы. Определение коэффициентов расхода при истечении жидкости из отверстий и насадков		2		2	7		
Раздел 2. Моделирование гидравлических процессов							
Тема 5. Режимы течения жидкости. Гидравлических сопротивления и их расчёт при слоистом и вихревом течении. Лабораторные работы. Определение режима течения жидкости. Экспериментальное определение коэффициентов местных сопротивлений и трения	4	1		3	5		
Тема 6. Физическое моделирование химико-технологических процессов. Практическая работа. Расчёт времени вытекания жидкости в вискозиметре		2	4		6	НИ	
Раздел 3. Гидравлические процессы						Л,З	
Тема 7. Классификация насосов. Основные параметры работы. Устройство и принцип действия центробежного и объемных насосов. Лабораторные работы. Испытание центробежного насоса. Испытание шестерённого насоса.		2		2	7		
Тема 8. Перемешивание. Мощность, потребляемая мешалкой. Конструкции мешалок. Практические работы. Расчёт расхода жидкости в трубопроводе. Расчёт насосной установки		2	10		7		НИ
Тема 9. Течение жидкости через зернистый слой. Гидродинамика взвешенного слоя. Лабораторная работа. Изучение гидродинамики зернистого слоя.		2		2	7		

Тема 10. Процесс фильтрации. Конструкции фильтров. Лабораторная работа. Экспериментальное определение констант фильтрации.		2		2	6		
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		17	17	17	66		
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)		2,5			24,5		
Всего контактная работа и СР по дисциплине		53,5			90,5		

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

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-2	Объясняет основные законы гидростатики и гидродинамики, уравнения движения жидкости, уравнения неразрывности потоков, уравнения Бернулли, уравнения для расчёта гидравлических сопротивлений. Описывает базовые модели структуры течения и режимы течения жидкости в аппаратах. Описывает конструкцию и основные элементы трубопроводов и запорной арматуры. Объясняет конструкции, принцип работы, особенности, достоинства и недостатки трубопроводов, насосов, отстойников, циклонов, фильтров, мельниц. Определяет скорости и режимы течения жидкости по заданным геометрическим характеристикам трубопроводов и аппаратов, объёмному расходу и физическим свойствам жидкостей. Рассчитывает гидравлические характеристики и размеры трубопроводов и аппаратов. Рассчитывает характеристики и подбирает насосное оборудование из каталогов по заданным характеристикам гидравлической системы. Рассчитывает и подбирает устройства для отстаивания, центробежной сепарации, фильтрации, перемешивания сред. Пользуется каталогами оборудования в бумажном варианте и электронными для выбора аппаратов и трубопроводов.	

5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области. Критический, оригинальный подход к материалу. Качество исполнения всех элементов задания полностью соответствует всем требованиям.	
4 (хорошо)	Ответ полный, основанный на проработке всех обязательных источников информации. Подход к материалу ответственный, но стандартный. Индивидуальное задание выполнено в достаточном объеме, но ограничивается только основными подходами. Ответ стандартный, в целом качественный, основан на всех обязательных источниках информации. Присутствуют небольшие пробелы в	

	знаниях или несущественные ошибки. Работа выполнена в соответствии с заданием. Имеются отдельные несущественные ошибки или отступления от правил оформления работы.	
3 (удовлетворительно)	<p>Ответ воспроизводит в основном только лекционные материалы, без самостоятельной работы с рекомендованной литературой. Демонстрирует понимание предмета в целом, без углубления в детали. Присутствуют существенные ошибки или пробелы в знаниях по некоторым темам. Задание выполнено полностью, но в работе есть отдельные существенные ошибки, либо качество представления работы низкое, либо работа представлена с опозданием.</p> <p>Ответ неполный, основанный только на лекционных материалах. При понимании сущности предмета в целом – существенные ошибки или пробелы в знаниях сразу по нескольким темам, незнание (путаница) важных терминов. Задание выполнено полностью, но с многочисленными существенными ошибками. При этом нарушены правила оформления или сроки представления работы.</p>	
2 (неудовлетворительно)	<p>Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Многочисленные грубые ошибки. Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубое нарушение правил оформления или сроков представления работы.</p> <p>Непонимание заданного вопроса. Неспособность сформулировать хотя бы отдельные концепции дисциплины. Содержание работы полностью не соответствует заданию.</p> <p>Попытка списывания, использования неразрешенных технических устройств или пользования подсказкой другого человека (вне зависимости от успешности такой попытки). Представление чужой работы, плагиат, либо отказ от представления работы.</p>	

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
Семестр 4	
1	Методы подобия. Причины возникновения, основные принципы. Подобное преобразование уравнений Навье-Стокса, критерии подобия Эйлера, Рейнольдса, Фруда и их физический смысл.
2	Истечение жидкостей из отверстий и насадков. Расчёт скорости и расхода, явления сжатия струи.

3	Уравнение Эйлера движения невязкой, несжимаемой жидкости. Стационарные и нестационарные течения. Уравнение Бернулли.
4	Предмет, цели и задачи гидравлики.
5	Насосы и трубопроводы, принципы расчёта насосных установок, характеристики объёмных, инерционных насосов, трубопроводов, совмещённая графическая характеристика насоса и трубопровода.
6	Графическая характеристика трубопровода, что это такое, как рассчитывается, зачем нужна.
7	Определения и основные свойства жидких сред, сжимаемые и несжимаемые (капельные) жидкости.
8	Параметры течения жидкости в трубе. Расход, средняя скорость, гидравлический радиус трубы, эквивалентный диаметр, уравнение сплошности (неразрывности) потока.
9	Параметры жидкой среды, плотность, вязкость, скорость, гидростатическое давление – определения и основные свойства.
10	Правила расчёта сил давления, действующих на произвольно ориентированные плоские поверхности. Примеры расчёта сил давления на вертикальную и горизонтальную крышку заданной площади и глубины погружения.
11	Гидравлические сопротивления. Определения, типы, физический смысл, способы расчёта сопротивлений на участке трубы, коэффициенты сопротивлений, уравнения Дарси – Вейсбаха и Альштуля.
12	Уравнение равновесия неподвижной жидкости и основное уравнение гидростатики.
13	Дисперсные системы, эмульсии, дымы и туманы, пыли. Параметры дисперсных систем, распределение частиц по размерам, концентрация, насыпная и действительная плотность, порозность. Методы определения параметров дисперсных систем.
14	Отстаивание, горизонтальные, радиальные и вертикальные отстойники, особенности, области применения, плюсы и минусы
15	Перемешивание, типы мешалок, критерии мощности, Рейнольдса, Фруда и способ подбора мешалки
16	Фильтрация, предназначение, принцип действия, фильтрующие материалы, плюсы и минусы. Скорость фильтрации и уравнение фильтрации
17	Установки кипящего слоя, конструкция, предназначение, плюсы и минусы, гидравлическая характеристика кипящего слоя, критические скорости и способы их расчёта
18	Мокрая очистка газов от пыли. Основные принципы, особенности, конструкции плюсы и минусы, скрубберы, пенные аппараты, газопромыватели, трубы Вентури
19	Решение уравнения Навье-Стокса в случае стационарного ламинарного потока в круглой трубе, законы течения Пуазейля.
20	Закон Стокса движения гладкого шарика в вязкой жидкости
21	Закон сохранения энергии в движущейся несжимаемой жидкости. Напор, определение, скоростная, пьезометрическая и геометрическая составляющая напора.
22	История гидравлики, инженерные конструкции, аппараты и законы, открытые в древности.
23	Определение и смысл элементарного объёма жидкости. Вывод объёмных плотностей сил тяжести, инерции, давления, вязкости. Уравнения неразрывности потока. Уравнение Навье-Стокса движения вязкой несжимаемой жидкости.
24	Расчёт разрежения, создаваемого водоструйным насосом, исходя из уравнения Бернулли.
25	Местные сопротивления, их типы, способы расчёта падения напора, что такое напор
26	Режимы течения жидкости, характеристика, причины возникновения, формальное описание с помощью критерия Рейнольдса, его физический смысл и простейший вывод.
27	Расчёт усилия, развиваемого гидравлическим прессом
28	Гидравлический удар, почему возникает, полезные и вредные свойства, способы использования и предотвращения
29	Геометрические параметры трубопроводов, внутренний и внешний диаметр, шероховатость, эквивалентный диаметр
30	Режимы течения воды в трубопроводах в зависимости от скорости и шероховатости, гидравлически гладкие и шероховатые трубы
31	Кинетика осаждения частиц близких к сферическим в вязких средах, числа Рейнольдса, Архимеда и их связь в ламинарной и турбулентной области
32	Способы расчёта и подбора отстойников
33	Циклоны, центрифуги, вихревые камеры, предназначение, принцип работы, достоинства и недостатки
34	Электрофильтры, назначение, конструкция, принцип действия, плюсы и минусы, способы подбора и расчёта размеров
35	Гравитационная очистка газов от пыли, пылевые мешки и камеры, принцип действия, особенности, плюсы и минусы, способы расчёта и подбора
36	Способы расчёта и подбора центрифуг
37	Гидроприводы, типы, конструкции, принцип действия, достоинства и недостатки.

38	Устройства для измерения скорости и расхода жидкости и газа, лопастные, поплавковые, Пито-Прандтля и др, конструкции, принцип действия, плюсы и минусы.
39	Устройства для измерения давления, манометры, U образники, конструкции, принцип действия, достоинства и недостатки.
40	Водонапорные башни, устройство, зачем нужны, плюсы и минусы
41	Водопроводная арматура, вентили, задвижки, переходники, соединения, тройники, конструкции, особенности, плюсы и минусы
42	Поршневой насос односторонний, устройство, достоинства и недостатки.
43	Поршневой насос двухсторонний принцип действия, устройство, достоинства и недостатки.
44	Плунжерный насос, принцип действия, устройство, достоинства и недостатки.
45	Мембранный насос, принцип действия, устройство, достоинства и недостатки.
46	Способы сглаживания пульсаций при работе поршневых насосов, многоцилиндровые насосы, воздушные колпаки
47	Ротационный пластинчатый насос, принцип действия, устройство, достоинства и недостатки.
48	Водокольцевой насос, принцип действия, устройство, достоинства и недостатки.
49	Шестерённый насос, принцип действия, устройство, достоинства и недостатки.
50	Винтовой насос, принцип действия, устройство, достоинства и недостатки.
51	Гидравлические прессы, назначение, конструкции, плюсы и минусы.
52	Осевой вентилятор конструкция, особенности, плюсы и минусы
53	Центробежный насос, устройство, принцип действия, особенности, плюсы и минусы
54	Многоступенчатая турбогазодувка, устройство, работа, плюсы и минусы
55	Вихревой насос, устройство, принцип действия, особенности, плюсы и минусы
56	Струйные насосы, конструкции, принцип действия, особенности, плюсы и минусы
57	Эрлифты, конструкции, принцип действия, особенности, плюсы и минусы
58	Монтежу, конструкции, принцип действия, особенности, плюсы и минусы
59	Гидравлический таран, конструкции, принцип действия, особенности, плюсы и минусы
60	Щековая дробилка, конструкция, принцип действия, достоинства и недостатки
61	Шаровые мельницы, конструкция, особенности, плюсы и минусы
62	Вибромельницы, устройство, принцип работы, особенности, плюсы и минусы
63	Коллоидная мельница, конструкция, особенности, плюсы и минусы

5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрены.

5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

№ п/п Условия типовых задач

1 Во сколько раз необходимо уменьшить длину трубопровода, чтобы потеря напора на трение оставалась постоянной при снижении температура воды с

90 оС до 10 оС. Режим течения ламинарный.

2 Определить расход воды в трубопроводе длиной 100 м и диаметром 73x1,5 мм. Потеря на трение – 5 м. Коэффициент трения зависит только от шероховатости, равной 0,03 мм.

3 Рассчитать коэффициент полезного действия центробежного насоса. Подача насос-180 м3/ч. Плотность жидкости - 900 кг/м3. Напор насоса – 50 м. Затраченная мощность – 3000 Вт.

4 Определить максимальный диаметр шарообразной частицы, осаждение которой происходит при ламинарном режиме ($Re = 0,2$). Температура воды – 15 оС. Плотность частиц – 1650 кг/м3.

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»
Успешная сдача лабораторного практикума
Решение и проверка заданных на дом задач (если предусмотрены планом практические занятия)

5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная

Письменная

Компьютерное тестирование

Иная

5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

40 минут на подготовку на три вопроса в экзаменационном билете

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
6.1.1 Основная учебная литература				
Багров И. В., Чулкова Э. Н., Шаханов В. Д.	Процессы и аппараты химической технологии. Лабораторный практикум	СПб.: СПбГУПТД	2013	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1861
Романков П. Г., Фролов В. Ф., Флисюк О. М.	Массообменные процессы химической технологии	Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ	2017	http://www.iprbookshop.ru/67361.html
Романков, П. Г., Фролов, В. Ф., Флисюк, О. М.	Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи)	Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ	2020	http://www.iprbookshop.ru/97815.html
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
Чулкова Э. Н., Шаханов В. Д., Багров И. В.	Гидрогазодинамика. Контрольные работы	СПб.: СПбГУПТД	2014	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1576
Калайдо, А. В., Сердюкова, Е. Я.	Гидравлика, гидромашины и гидропривод	Луганск: Книта	2020	http://www.iprbookshop.ru/111210.html

6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

1. ЭБС «IPRbooks», <http://www.iprbookshop.ru>
2. ЭБС «СПбГУПТД», <http://publish.sutd.ru>

6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Microsoft Windows
MicrosoftOfficeProfessional

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

Установка для измерения гидростатического давления
Установка для изучения равновесия жидкости во вращающемся сосуде
Установка для изучения режимов течения жидкости
Установка для измерения вязкости водных растворов
Установка для определения расхода жидкости при истечении из отверстий и насадков
Установка для определения сопротивлений течению жидкости в трубопроводе, местных и по длине
Установка для испытания центробежного насоса
Установка для испытания шестерённого насоса
Установка для изучения скорости фильтрации
Установка для изучения сопротивления кипящего слоя
Установка для изучения процесса теплопередачи
Установка для изучения простой перегонки
Установка для изучения температурной депрессии
Установка для изучения однократной экстракции
Установка для изучения равновесия с системе трёх ограниченно растворимых друг в друге жидкостей
Установка для изучения конвективной сушки
Установка для изучения сушки в кипящем слое

Аудитория	Оснащение
Компьютерный класс	Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Учебная аудитория	Специализированная мебель, доска