

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор, проректор по  
УР

\_\_\_\_\_ А.Е. Рудин

## Рабочая программа дисциплины

**Б1.О.24**

Процессы и аппараты химической технологии

Учебный план: 2024-2025 18.03.01 ИПХиЭ ХБиНВМ ОО №1-1-95.plx

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

Направление подготовки:  
(специальность) 18.03.01 Химическая технология

Профиль подготовки: Химическая, био- и нанотехнологии волокнистых материалов  
(специализация)

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа обучающихся			Сам. работа	Контроль, час.	Трудоё мкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации	
	Лекции	Практ. занятия	Лаб. занятия					
5	УП	34		34	75,75	0,25	4	Зачет
	РПД	34		34	75,75	0,25	4	
6	УП	34	17	17	83	29	5	Экзамен, Курсовая работа
	РПД	34	17	17	83	29	5	
Итого	УП	68	17	51	158,75	29,25	9	
	РПД	68	17	51	158,75	29,25	9	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, утверждённым приказом Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 922

Составитель (и):

кандидат технических наук, Доцент

\_\_\_\_\_

Петров Сергей

-

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой инженерной химии и  
промышленной экологии

\_\_\_\_\_

Бусыгин Николай  
Юрьевич

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

Сашина Елена Сергеевна

Методический отдел:

\_\_\_\_\_

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать компетенции обучающегося в области процессов и аппаратов химической технологии, позволяющие применять знания, умения, навыки и личные качества для успешной работы в отрасли.

### 1.2 Задачи дисциплины:

Рассмотреть основные процессы и аппараты химической технологии.

Рассмотреть принципы моделирования химико-технологических процессов.

Показать особенности процессов химической технологии.

Рассмотреть конструкции аппаратов и методы их расчетов.

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

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

Органическая химия

Аналитическая химия и физико-химические методы анализа

Физика

Информационные технологии

Математика

Общая и неорганическая химия

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**ОПК-4: Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья**

**Знать:** основы теории переноса импульса, тепла и массы; принципы физического моделирования химико-технологических процессов; основные уравнения движения жидкостей; основы теории теплопередачи; основы теории массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз; типовые процессы химической технологии, соответствующие аппараты и методы их расчета.

**Уметь:** определять характер движения жидкостей и газов; основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса

**Владеть:** методами технологических расчетов отдельных узлов химического оборудования.

### 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. Гидравлика	5						Л,Ко
Тема 1. Введение. Предмет дисциплины и его задачи. Классификация процессов химической технологии.		4			5		
Тема 2. Основы теории переноса. Жидкость. Определение. Свойства жидкости. Лабораторная работа. Определение вязкости технологических растворов		4		5	5		
Тема 3. Гидростатика. Гидростатическое давление. Основное уравнение гидростатики. Лабораторная работа. Определение силы гидростатического давления.		3		5	5,75		
Тема 4. Уравнения движения жидкости. Лабораторная работы. Определение режима течения жидкости. Определение коэффициентов расхода при истечении жидкости из отверстий и насадков. Экспериментальное определение коэффициентов местных сопротивлений и трения.		2		7	6		
Тема 5. Физическое моделирование химико-технологических процессов		3			6	НИ	
Раздел 2. Гидравлические процессы							
Тема 6. Течение жидкости через зернистый слой. Гидродинамика взвешенного слоя. Лабораторная работа. Испытание гидродинамики зернистого слоя.	3		5	6			
Тема 7. Классификация насосов. Основные параметры работы. Устройство и принцип действия центробежного и объемных насосов. Лабораторные работы. Испытание центробежного насоса. Испытание шестерённого насоса.	3		6	6			
Тема 8. Сжатие и перемещение газов. Основные закономерности сжатия газов. Устройство и принцип действия	2			6	НИ		
Раздел 3. Гидромеханические процессы						Л,Ко	
Тема 9. Классификация неоднородных систем и способы их разделения. Процесс отстаивания. Конструкции отстойников.	2			6			
Тема 10. Процесс фильтрования. Конструкции фильтров. Лабораторная работа. Экспериментальное определение констант фильтрования.	2		6	6			
Тема 11. Процесс центрифугирования. Конструкции центрифуг.	2			6			
Тема 12. Очистка газов от твёрдых и жидких частиц. Конструкции пылеуловителей.	2			6			

Тема 13. Перемешивание. Мощность, потребляемая мешалкой. Конструкции мешалок.		2			6	НИ	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		34		34	75,75		
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25					
Раздел 4. Основы теплопередачи	6						Ko
Тема 14. Основные понятия. Способы переноса теплоты. Теплопроводность. Уравнения теплопроводности.		2	1		4		
Тема 15. Конвективная теплоотдача. Механизм переноса теплоты. Уравнение теплоотдачи. Тепловое подобие.		2	1		4		
Тема 16. Основное уравнение теплопередачи. Средняя разность температур.		2	1		4	НИ	
Раздел 5. Процессы нагревания и выпаривания							Л,Ко
Тема 17. Промышленные теплоносители. Процессы нагревания, охлаждения, конденсации. Расчёт и конструкции теплообменных аппаратов. Лабораторная работа. Изучение процесса теплопередачи.		2		3	4		
Тема 18. Процессы выпаривания. Уравнения материальных тепловых балансов одно- и многокорпусной установок.		2			4		
Тема 19. Температурные потери при выпаривании. Полезная разность температур и её распределение по корпусам. Устройство выпарных аппаратов. Расчёт выпарных установок. Лабораторная работа. Изучение температурной депрессии технологических растворов.		2		2	4	НИ	
Раздел 6. Основы массопередачи							
Тема 20. Основы массопередачи. Общие положения. Уравнения массоотдачи и массопередачи. Подобие диффузионных процессов.		2			4		
Тема 21. Абсорбция. Материальный баланс. Уравнение рабочей линии. Выбор абсорбента. Конструкции и расчёт абсорберов.	2			4			
Тема 22. Ректификация и перегонка. Фазовое равновесие жидкость-пар. Уравнения рабочих линий для верхней и нижней частей колонны. Конструкции и расчет ректификационных колонн. Лабораторные работы. Изучение простой перегонки. Изучение процесса ректификации бинарных смесей.	2		4	4		Л,Ко	
Тема 23. Экстракция из растворов. Равновесии в системах жидкость-жидкость. Расчёт процесса экстракции. Конструкции экстракторов. Лабораторные работы. Изучение равновесия в трёхкомпонентных растворах. Изучение процесса однократной экстракции.	2		4	4			

Тема 24. Адсорбция. Промышленные адсорбенты. Конструкции и расчёт адсорберов периодического и непрерывного действия.	2			4			
Тема 25. Процессы сушки. Классификация. Диаграмма состояния влажного воздуха. Материальный и тепловой балансы процесса сушки. Расчёт процесса сушки. Конструкции сушилок. Лабораторные работы. Изучение процесса конвективной сушки. Изучение сушки в кипящем слое.	2		4	4			
Тема 26. Новейшие достижения в области процессов и аппаратов. Заключение.	2			4	НИ		
Раздел 7. Проектирование установок							
Тема 27. Насосная установка. Практическое занятие. Расчёт насосной установки.	2	2		4		3,Ко	
Тема 28. Выпарная установка. Практическое занятие. Расчёт выпарной установки.	1	2		4			
Тема 29. Установка непрерывной ректификации. Практическое занятие. Расчёт ректификационной установки.	1	2		4			
Тема 30. Абсорбционная установка. Практическое занятие. Расчёт абсорбционной установки.	1	2		4			
Тема 31. Адсорбционная установка. Практическое занятие. Расчёт адсорбционной установки.	1	2		5			
Тема 32. Сушильная установка. Практическое занятие. Расчёт сушильной установки.	1	2		5	НИ		
Тема 33. Расчёт теплообменных установок. Практическое занятие. Расчёт кожухотрубчатого теплообменника	1	2		5			
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	34	17	17	83			
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен, Курсовая работа)		4,5		24,5			
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>		140,75		183,25			

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

**4.1 Цели и задачи курсовой работы (проекта):** Цель курсового проектирования - привитие студентам навыков самостоятельной работы по решению комплексной инженерной задачи, а также по составлению технической документации. Эти навыки необходимы в предстоящей практической деятельности по специальности. Задачей курсового проектирования является углубление и закрепление знаний по теоретической и лабораторным частям курса «Процессы и аппараты химической технологии» и более глубокому осмыслению сведений, полученных на учебных практиках.

**4.2 Тематика курсовой работы (проекта):** Темой курсового проекта является расчет тепло- или массообменной промышленной установки, включающей кроме основного аппарата вспомогательное оборудование (теплообменники, насосы, компрессорные машины и т. д.) и выбор на основе этих расчётов стандартных аппаратов.

**4.3 Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы (проекта):**  
Требования к выполнению и представлению результатов курсового проекта.  
Результаты представляются в виде расчётно-пояснительной записки объёмом  $\approx 20$  страниц, содержащей следующие разделы: введение, описание установки, расчеты основного и вспомогательного оборудования, заключение и список использованных источников, и графической части, состоящей из принципиальной технологической схемы установки и чертежа общего вида основного аппарата, включая разрезы, сечения и

отдельные узлы. Работа выполняется самостоятельно с использованием справочной и методической литературы и ЭВМ.

## 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-4	Характеризует процессы химической технологии с учетом физических закономерностей. Обосновывает выбор процессов и их Аппаратурное оформление, используя знания физических теорий. Выбирает типовые аппараты, выполняет расчеты, исходя из принципов наиболее эффективного достижения целевого технологического эффекта, составляет технологическую схему.	Перечень контрольных вопросов. Курсовая работа. Практико-ориентированные задания.

#### 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.	Обучающийся всесторонне и глубоко разработал тему на основе широкого круга источников технической литературы и нормативно-технической документации, проявил самостоятельность, представил правильные расчеты и выводы, применил разнообразные методы решения, в том числе сверх оговоренных в задании; нет существенных недостатков в пояснительной записке (графической части и стиле изложения), при защите курсового проекта не допущены погрешности в интерпретации подхода к решению задачи и результатов
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.	Обучающийся в полном объеме выполнил задание на курсовой проект, проявил самостоятельность, представил правильные расчеты и выводы; нет существенных недостатков в пояснительной записке (графической части и стиле изложения), при защите курсового проекта допущены небольшие погрешности в интерпретации подхода к решению задачи и результатов. Обучающийся в полном объеме выполнил задание на курсовой проект, проявил самостоятельность, представил правильные расчеты и выводы; нет существенных недостатков в пояснительной записке (графической части и стиле изложения), при защите курсового проекта допущены небольшие погрешности в интерпретации подхода к решению задачи и результатов, допущены нарушения или небрежность в оформлении пояснительной записки
3 (удовлетворительно)	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	Обучающийся в целом выполнил задание курсового проекта, но проявил недостаточную самостоятельность, и потребовалась существенная помощь преподавателя; нет существенных недостатков в пояснительной записке (графической части и стиле изложения). Обучающийся в целом выполнил задание курсового проекта, но проявил недостаточную самостоятельность, и потребовалась существенная помощь преподавателя; пояснительная записка

	<p>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.</p> <p>Задание выполнено полностью, но с многочисленными существенными ошибками. При этом нарушены правила оформления или сроки представления работы.</p>	оформлена небрежно.
2 (неудовлетворительно)	<p>Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Многочисленные грубые ошибки.</p> <p>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.</p> <p>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).</p> <p>Представление чужой работы, плагиат, либо отказ от представления работы.</p>	<p>Обучающимся представлен частично выполненный курсовой проект.</p> <p>Обучающимся представлен частично выполненный курсовой проект, при этом имеются грубые ошибки, свидетельствующие о непонимании студентом разрабатываемой им темы.</p> <p>Задание курсового проекта не выполнено, пояснительная записка не представлена</p>
Зачтено	<p>Оценки «зачтено» заслуживает обучающийся, имеющий всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного и нормативного материала, умеющий свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой.</p> <p>Также оценкой «зачтено» оцениваются ответы обучающийся, показавших знание основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и в дальнейшей профессиональной деятельности, справляющихся с выполнением заданий, предусмотренных программой, но допустившим погрешности в ответе на зачете и при выполнении контрольных заданий, не носящие принципиального характера, когда установлено, что обучающийся обладает необходимыми знаниями для последующего устранения указанных погрешностей под руководством преподавателя.</p>	
Не зачтено	<p>Оценки «не зачтено» выставляется обучающимся, обнаружившим пробелы в знаниях основного учебного материала, допускающим</p>	



	<p>принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Такой оценки заслуживают ответы, носящие несистематизированный, отрывочный, поверхностный характер, когда обучающийся не понимает сути излагаемых вопросов, что свидетельствует о том, что обучающийся не может дальше продолжать обучение или приступить к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.</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 5	
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	Фильтрование, предназначение, принцип действия, фильтрующие материалы, плюсы и минусы. Скорость фильтрование и уравнение фильтрования
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	Монтежю, 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
Семестр 6	
64	Теплопередача. Молекулярная теплопроводность, конвекция, излучение. Основные тепловые свойства жидкостей и твёрдых тел. Теплоёмкость, теплоты фазовых переходов, коэффициент теплового расширения, коэффициент теплопроводности.
65	Уравнение конвективного теплообмена и его подобное преобразование. Критерии теплового подобия гомохронности, Нуссельта, Пекле, Прандтля, Грасгофа.
66	Схема передачи тепла от ядра потока к плоской стенке. Уравнения теплоотдачи.
67	Схема передачи тепла от одного потока к другому через твёрдую стенку. Уравнение теплопередачи

68	Уравнения теплопроводности, стационарное распределение температуры в плоской стенке.
69	Уравнение теплопроводности и его стационарное решение для цилиндрической трубы
70	Движущая сила процесса теплопередачи, средняя движущая сила, влияние прямого тока, противотока и перекрёстного тока на среднюю движущую силу.
71	Алгоритм подбора теплообменников, уравнения теплового баланса, критериальные уравнения, уравнения теплопередачи, тепловой поток и тепловая нагрузка, температуры ядра потока и стенок.
72	Способы нагрева вещества глухим и острым паром, электрические нагреватели сопротивления и высокочастотные, нагрев инфракрасными излучателями, особенности, области применения, плюсы и минусы.
73	Массопередача, определения, типы массопередачи.
74	Уравнения конвективной диффузии и основные массообменные критерии подобия, диффузионные критерии Нуссельта, Фурье, Пекле, Прандтля
75	Равновесие при массопередаче, типы равновесия между фазами, способы описания, графические схемы описания равновесия.
76	Описание фазового равновесия, фазы, компоненты, концентрации. температуры, химические потенциалы, правило фаз Гиббса
77	Уравнения массоотдачи и массопередачи, общая схема передачи тепла от ядра одной жидкой фазы к другой, через поверхность раздела, схема концентраций для уравнений.
78	Движущая сила уравнений массотдачи, средняя движущая сила, число и высота единицы переноса
79	Простая перегонка, перегонка под уменьшенным давлением, перегонка с водяным паром, фракционная перегонка, дифференциальное уравнение простой перегонки, плюсы, минусы, область применения, схемы аппаратов
80	Основные типы линий равновесия жидкость – пар при перегонке и ректификации
81	Общие принципы графического расчёта колонных аппаратов. Рабочие линии и равновесные линии, теоретические ступени массопередачи. Подбор сечения, диаметра и высоты колонны
82	Типы колонных аппаратов, насадочные, ситчатые и тарельчатые колонны, достоинства и недостатки
83	Ректификация, общая схема потоков в колонне ректификации.
84	Схема графического расчёта ректификации. Материальный баланс и рабочие линии, схема расчёта числа ступеней ректификации, флегмовое число, минимальное флегмовое число.
85	Жидкостная экстракция, определение, схема однократной экстракции и построение её на треугольной диаграмме.
86	Треугольная диаграмма для трёхкомпонентной системы ограниченно растворимых жидкостей. Определение точки по составу и составу по точке, правило рычага при смешении двух потоков
87	Основные параметры влажного воздуха, абсолютная и относительная влажность, удельная энтальпия, парциальное давление влаги в воздухе, диаграмма Рамзина, определение состояния воздуха по температурам холодного и мокрого термометров, что это, построение на диаграмме процесса адиабатической сушки
88	Сушка, определение, конвективная сушка и сушка в кипящем слое, достоинства и недостатки обоих методов.
89	Кинетика конвективной сушки, влажность материала, скорость сушки, области на кинетической диаграмме сушки
90	Материальный и тепловой баланс конвективной сушилки, определение расходов воздуха и тепла на сушку
91	Выпарка, схема однокорпусной и многокорпусной выпарной установки, материальный баланс выпарного аппарата.
92	Тепловой баланс выпарного аппарата, общая полезная разность температур и распределение её по корпусам.
93	Алгоритм расчёта однокорпусной выпарной установки, типы температурных потерь.
94	Схемы выпарных аппаратов, принцип действия, достоинства и недостатки, однокорпусные, многокорпусные с прямотоком, противотоком и параллельным током.
95	Диаграмма состояния влажного воздуха, построение процесса адиабатической сушки на диаграмме состояния, температуры мокрого и сухого термометров.
96	Абсорбция, типы абсорбции, конструкции абсорбционных колонн. Равновесные линии абсорбции
97	Адсорбенты, что это, какие бывают, способы приготовления, свойства, изотермы адсорбции и их типы
98	Схема адсорбционной установки периодического действия и описание стадий работы адсорбера
99	Схема адсорбционной установки непрерывного действия кипящего слоя, принцип работы, достоинства и недостатки
100	Теплообменник «труба в трубе» конструкция, действие, плюсы и минусы.
101	Кожухотрубчатый одноходовой теплообменник, устройство, достоинства, недостатки.
102	Кожухотрубчатый многоходовой теплообменник, устройство, достоинства, недостатки.
103	Кожухотрубчатый теплообменник с плавающей головкой, устройство, достоинства, недостатки.
104	Кожухотрубчатый теплообменник с линзовым компенсатором, устройство, достоинства и недостатки

105	Кожухотрубчатый теплообменник с U образными трубками, устройство, достоинства и недостатки
106	Змеевиковый теплообменник, устройство, достоинства, недостатки.
107	Орѐбренный теплообменник, устройство, достоинства, недостатки.
108	Графитовый теплообменник, устройство, достоинства, недостатки.
109	Спиральный теплообменники, устройство, достоинства, недостатки.
110	Конденсатор водяного пара смешения с барометрической трубой, где применяется, плюсы и минусы
111	Конденсатоотводчики, что это, конструкции, область применения, плюсы и минусы
112	Змеевиковый выпарной аппарат, схема, как работает, достоинства и недостатки
113	Выпарной аппарат с центральной циркуляционной трубой и внутренней нагревательной камерой, конструкция, принцип работы, плюсы и минусы
114	Выпарной аппарат с подвесной нагревательной камерой, конструкция, принцип работы, плюсы и минусы
115	Выпарной аппарат с выносной циркуляционной трубой, конструкция, принцип работы, плюсы и минусы
116	Выпарной аппарат с выносной нагревательной камерой, конструкция, принцип работы, плюсы и минусы
117	Выпарной аппарат с вынесенной зоной кипения, конструкция, принцип работы, плюсы и минусы
118	Выпарной прямоточный аппарат с поднимающейся плёнкой, конструкция, принцип работы, плюсы и минусы
119	Роторный выпарной прямоточный аппарат, конструкция, принцип работы, плюсы и минусы
120	Выпарной аппарат с принудительной циркуляцией, конструкция, принцип работы, плюсы и минусы
121	Схема выпарной установки с тепловым насосом, конструкция, принцип работы, плюсы и минусы
122	Поверхностный абсорбер, устройство, работа, достоинства, недостатки область применимости
123	Трубчатый абсорбер, устройство, работа, достоинства, недостатки область применимости
124	Абсорбер с плоско-параллельной насадкой, устройство, работа, достоинства, недостатки область применимости
125	Абсорбер с восходящей плёнкой, устройство, работа, достоинства, недостатки область применимости
126	Насадочный абсорбер, типы насадок, устройство, работа, достоинства, недостатки область применимости
127	Эмульгационный насадочный абсорбер, устройство, работа, достоинства, недостатки область применимости
128	Тарельчатый абсорбер с провальными решётками, устройство, работа, достоинства, недостатки область применимости
129	Тарельчатый абсорбер с переливными трубками
130	Конструкции массообменных тарелок, ситчатые, колпачковые, конструкция колпачков, капсульные, клапанные, устройство, работа, достоинства, недостатки область применимости
131	Полый распыливающий абсорбер, устройство, работа, достоинства, недостатки область применимости
132	Абсорбер Вентури, устройство, работа, достоинства, недостатки область применимости
133	Схема установки непрерывной ректификации, устройство, работа, достоинства, недостатки область применимости
134	Схема установки периодической ректификации, устройство, работа, достоинства, недостатки область применимости
135	Смесительные многоступенчатые экстракторы, схема, принцип работы, достоинства и недостатки
136	Распылительный колонный экстрактор, схема, принцип работы, достоинства и недостатки
137	Полочный колонный экстрактор, схема, принцип работы, достоинства и недостатки
138	Ситчатый колонный экстрактор, схема, принцип работы, достоинства и недостатки
139	Роторно-дисковый колонный экстрактор, схема, принцип работы, достоинства и недостатки
140	Ситчатый с поршневым пульсатором колонный экстрактор, схема, принцип работы, достоинства и недостатки
141	Насадочный с пневматическим пульсатором колонный экстрактор, схема, принцип работы, достоинства и недостатки
142	Центробежный экстрактор, схема, принцип работы, достоинства и недостатки
143	Горизонтальный адсорбер, устройство, работа, особенности, достоинства и недостатки
144	Вертикальный адсорбер, устройство, работа, особенности, достоинства и недостатки
145	Кольцевой адсорбер, устройство, работа, особенности, достоинства и недостатки
146	Адсорбер, с движущимся слоем активного угля, устройство, работа, особенности, достоинства и недостатки
147	Однокамерный адсорбер с движущимся слоем, устройство, работа, особенности, достоинства и недостатки
148	Многокамерный адсорбер с движущимся слоем, устройство, работа, особенности, достоинства и недостатки

149	Камерная сушилка, устройство, работа, достоинства и недостатки
150	Туннельная сушилка, устройство, работа, достоинства и недостатки
151	Ленточная сушилка, устройство, работа, достоинства и недостатки
152	Барабанная сушилка, устройство, работа, достоинства и недостатки
153	Однокамерная с кипящим слоем сушилка, устройство, работа, достоинства и недостатки
154	Двухкамерная с кипящим слоем сушилка, устройство, работа, достоинства и недостатки
155	Ступенчато-противоточная с кипящим слоем сушилка, устройство, работа, достоинства и недостатки
156	Распылительная сушилка, устройство, работа, достоинства и недостатки
157	Пневматическая сушилка, устройство, работа, достоинства и недостатки
158	Гребковая вакуум сушилка, устройство, работа, достоинства и недостатки
159	Двухвальцовая сушилка, устройство, работа, достоинства и недостатки

### 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 Во сколько раз увеличится производительность подогревателя, если стальные трубы заменить на медные? Коэффициенты теплоотдачи ( $Вт/м^2 К$ )  $\alpha_1 = 10000$ ;  $\alpha_2 = 2000$ . Коэффициент теплопроводности стали –  $\lambda = 17 Вт/(м \times К)$ .

### 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)

Сдача и защита курсовой работы (если предусмотрена планом)

#### 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
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
Романков П. Г., Фролов В. Ф., Флисюк О. М.	Массообменные процессы химической технологии	Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ	2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/67361.html">http://www.iprbookshop.ru/67361.html</a>
Романков, П. Г., Фролов, В. Ф., Флисюк, О. М.	Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи)	Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ	2020	<a href="http://www.iprbookshop.ru/97815.html">http://www.iprbookshop.ru/97815.html</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				

Чулкова Э. Н., Шаханов В. Д., Багров И. В.	Гидрогазодинамика. Контрольные работы	СПб.: СПбГУПТД	2014	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1576">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=1576</a>
Калайдо, А. В., Сердюкова, Е. Я.	Гидравлика, гидромашины и гидропневмопривод	Луганск: Книта	2020	<a href="http://www.iprbookshop.ru/111210.html">http://www.iprbookshop.ru/111210.html</a>

## 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 фильтрования  
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