

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор, проректор по УР  
\_\_\_\_\_ А.Е. Рудин

## Рабочая программа дисциплины

**2.1.3**

Процессы и аппараты химических технологий

Учебный план:

2.6.13. ИХПЭ 2025-2026 уч.год.plx

Кафедра:

**18**

Инженерной химии и промышленной экологии

Научная специальность:

2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий

Уровень образования: аспирантура

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоёмкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия				
6	УП	32	16	96	36	5	Экзамен
	РПД	32	16	96	36	5	
Итого	УП	32	16	96	36	5	
	РПД	32	16	96	36	5	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии приказом Минобрнауки России от 20.10.2021 № 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)"

Составитель (и):

д.т.н., профессор

Витковская Раиса  
Федоровна

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 у обучающихся углубленные знания об основных процессах и аппаратах, применяемых в химических производствах, а также методах целесообразной эксплуатации этого оборудования для достижения максимальной производительности при минимальных затратах.

**1.2 Задачи дисциплины:**

Сформировать у обучающихся умения по выбору, расчету и эксплуатации технологического оборудования, используемого в химической промышленности.

Подготовить обучающихся к владению знаниями и навыками в области процессов и аппаратов химических производств.

**1.3 Место дисциплины в структуре программы аспирантуры:**

Дисциплина относится к Образовательному компоненту «Дисциплины (модули)» Программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Знания и умения, полученные аспирантами при изучении данной дисциплины, необходимы при подготовке к сдаче кандидатского экзамена и написании диссертационной работы

Знания и умения, полученные аспирантами при изучении данной дисциплины, необходимы при подготовке к сдаче кандидатского экзамена и написании диссертационной работы

Современные информационные технологии в научной деятельности

Правовые основы защиты интеллектуальной собственности

Автоматизированные системы обработки экспериментальных данных

Каталитические процессы в химической технологии

## 3 СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)		
Раздел 1. Гидростатика и гидродинамика	6				
Тема 1. Основы теории переноса количества движения, теплоты, массы. Особенности переноса в газах, жидкостях и твердых телах. Молекулярный и турбулентный перенос.		2		2	
Тема 2. Основные свойства жидкости. Гидростатическое давление. Уравнения равновесия жидкости. Основное уравнение гидростатики. Сила давления на стенку. Практическое занятие "Решение задач по гидростатике".		2	2	2	
Тема 3. Гидродинамическая структура потоков. Режимы течения жидкости. Гравитационное течение пленки жидкости. Подobie гидродинамических процессов. Критерии Ньютона, Фруда, Рейнольдса, Эйлера, гомотронности. Производные критерии Галилея и Архимеда. Их физический смысл. Уравнение Бернулли для реальной жидкости. Энергетический смысл уравнения Бернулли. Определение расхода энергии при транспортировании жидкостей и газов по трубам. Потери давления на трение и местные сопротивления. Практическое занятие "Определение потери давления в змеевике, в котором проходит вода".		1	2	2	
Тема 4. Течение жидкостей и газов через зернистые и пористые перегородки. Геометрические характеристики зернистых слоев, регулярных и насыпных насадок: дисперсность, удельная поверхность, порозность, эквивалентный диаметр каналов. Расчет гидравлического сопротивления слоя. Основные характеристики псевдооживленного состояния слоя. Гидравлическое сопротивление. Расчет скоростей псевдооживления, витания и уноса. Пневмо- и гидротранспорт зернистых твердых материалов. Насыпные насадки, виды, конструкции, материалы и их характеристики. Регулярные насадки. Конструкции и характеристики. Гидравлическое сопротивление насадок.		1		3	

Тема 5. Перемещение жидкостей и газов. Классификация насосов. Поршневые насосы одностороннего и двустороннего действия. Принцип действия. Производительность. Высота всасывания. Факторы, влияющие на высоту всасывания. Общий к.п.д. Гидравлический, механический и объемный к.п.д. Центробежные насосы. Устройство и принцип действия. Сжатие и перемещение газов. Общие положения. Изотермический, адиабатический и политропический процессы сжатия газов. Поршневые компрессоры. Индикаторная диаграмма поршневого компрессора. Производительность поршневых компрессоров. Коэффициент подачи. Мощность, потребляемая компрессором. Многоступенчатое сжатие. Компрессоры. Газодувки. Центробежные вентиляторы. Ротационные газовые компрессоры. Практическое занятие "Расчет компрессора".		2	4	4	
Раздел 2. Разделение различных сред под действием сил					
Тема 6. Классификация и характеристика гетерогенных систем и способов их разделения. Процесс отстаивания. Определение скорости осаждения. Закон Стокса. Метод Лященко. Расчет отстойников. Отстойники периодического, полунепрерывного и непрерывного действия.		2		2	
Тема 7. Процесс фильтрования. Общие положения, фильтровальные перегородки, характеристика осадков. Скорость фильтрования. Вывод уравнения фильтрования. Анализ уравнения. Производительность фильтров непрерывного и периодического действия. Фильтры с зернистой перегородкой. Нутч-фильтр. Фильтр-пресс. Барабанные вакуум-фильтры.		2		4	
Тема 8. Процесс центрифугирования. Принцип действия центрифуг. Классификация центрифуг. Фактор разделения. Потребляемая мощность на центрифугирование. Центрифуги периодического и непрерывного действия. Сверхцентрифуги. Сепараторы.		2		4	
Тема 9. Очистка газов от твердых и жидких частиц. Гравитационная очистка газов. Инерционные пылеуловители. Очистка газов под действием центробежной силы. Циклоны. Батарейные циклоны. Разделение суспензий в гидроциклонах. Мокрая очистка газов. Очистка газов и разделение аэрозолей в электростатическом поле. Устройство трубчатых и пластинчатых электрофильтров. Практическое занятие "Расчет электрофильтров".		1	2	4	
Тема 10. Перемешивание. Процесс перемешивания в жидкой среде. Механическое перемешивание. Мощность, потребляемая лопастными мешалками. Типы мешалок. Перемешивание при помощи насосов. Пневматическое перемешивание.		2		5	
Раздел 3. Основы тепло- и массопередачи и выпаривания					

<p>Тема 11. Процессы теплопередачи. Основные понятия. Виды переноса теплоты. Теплопроводность. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплопроводность плоской стенки. Передача теплоты конвекцией. Закон охлаждения Ньютона. Коэффициент теплоотдачи. Факторы, влияющие на коэффициент теплоотдачи. Тепловое подобие. Критерии Нуссельта, Прандтля, Фурье, Грасгофа. Уравнения для определения коэффициентов теплоотдачи при отсутствии и при наличии изменения агрегатного состояния. Лучистый теплообмен. Теплопередача. Основное уравнение теплопередачи. Теплопередача через плоские и цилиндрические стенки. Типовые случаи движения теплоносителей (противоток, прямоток, перекрестный и смешанный ток), средняя разность температур. Математические модели переноса теплоты в теплообменниках. Основные промышленные теплоносители. Нагревание водяным паром. Расход острого пара. Расход глухого пара. Конденсатоотводчики. Основные конструкции теплообменных аппаратов. Расчет теплообменников. Конденсаторы смешения. Барометрический конденсатор. Тепломассообмен в аппаратах с насадкой.</p>		2		6	
<p>Тема 12. Процессы массообмена. Классификация и примеры промышленных массообменных процессов. Фазовое равновесие. Материальный баланс. Движущая сила и направление течения массообменных процессов. Кинетика массообмена. Молекулярная и конвективная диффузия. Дифференциальное уравнение переноса массы в потоке. Теоретические модели процесса массообмена. Уравнения массоотдачи и массообмена. Коэффициенты массообмена. Движущая сила процесса массообмена. Диффузионное подобие. Критерии диффузионного подобия. Критериальные уравнения массоотдачи. Общие методы расчета массообменных аппаратов. Расчет высоты массообменных аппаратов с непрерывным контактом фаз. Средняя движущая сила процесса. Число единиц переноса. Расчет высоты массообменных аппаратов со ступенчатым контактом фаз. Степень изменения концентрации.</p>		2		6	
<p>Тема 13. Процессы выпаривания. Классификация и примеры промышленных массообменных процессов. Фазовое равновесие. Материальный баланс. Движущая сила и направление течения массообменных процессов. Кинетика массообмена. Молекулярная и конвективная диффузия. Дифференциальное уравнение переноса массы в потоке. Теоретические модели процесса массообмена. Уравнения массоотдачи и массообмена. Коэффициенты массообмена. Движущая сила процесса массообмена. Диффузионное подобие. Критерии диффузионного подобия. Критериальные уравнения массоотдачи. Общие методы расчета массообменных аппаратов. Расчет высоты массообменных аппаратов с непрерывным контактом фаз. Средняя движущая сила процесса. Число единиц переноса. Расчет высоты массообменных аппаратов со ступенчатым контактом фаз. Степень изменения концентрации.</p>		2		6	
Раздел 4. Основные процессы и их реализация в аппаратах					

Тема 14. Абсорбция. Характеристика процесса. Степень поглощения. Выбор абсорбента. Методы десорбции. Общая схема абсорбционно-десорбционной установки непрерывного действия. Материальный баланс процесса. Уравнение рабочей линии. Расход абсорбента. Абсорберы. Расчет абсорберов. Практическое занятие "Расчет абсорбера".		2	3	4	
Тема 15. Адсорбция. Общая характеристика процессов адсорбции. Характеристика адсорбентов и ионитов. Принципиальная схема адсорбционно-десорбционных и ионообменных установок. Адсорбционная и ионообменная аппаратура. Расчет основных размеров периодически и непрерывно действующих аппаратов.		1		6	
Тема 16. Дистилляция и ректификация. Общие положения. Классификация жидких смесей. Характеристика двухфазных систем жидкость-пар. Простая перегонка. Средняя концентрация дистиллята. Ректификация. Принцип действия ректификационных колонн. Периодическая и непрерывная ректификация. Уравнения рабочих линий укрепляющей и исчерпывающей частей ректификационной колонны. Минимальное и действительное флегмовое число. Влияние флегмового числа на число тарелок, расход греющего пара, диаметр и высоту колонны. Понятие к.п.д. тарелок. Тепловой баланс ректификационной колонны. Определение расхода пара.		1		6	
Тема 17. Экстракция из растворов. Экстракция в системах жидкость-жидкость. Общие сведения. Принципиальные схемы процесса экстракции. Устройство экстракционных аппаратов. Сравнительные характеристики. Выбор экстракционных аппаратов.		1		6	
Тема 18. Сушка. Общие положения. Классификация процессов сушки. Основные свойства влажного воздуха. Диаграмма состояния влажного воздуха. Конвективная сушка. Материальный баланс. Определение расхода воздуха на сушку. Тепловой баланс конвективной сушилки. Построение теоретического и действительного процессов сушки в I-X диаграмме. Варианты сушильного процесса. Кинетика процесса сушки. Скорость сушки. Конструкции конвективных и контактных сушилок.		1		6	
Тема 19. Кристаллизация и растворение. Общая характеристика процесса кристаллизации и растворения. Равновесие и кинетика процессов. Принципиальная схема установки. Аппаратура для растворения и кристаллизации.		1		6	
Тема 20. Мембранные процессы. Классификация мембранных процессов. Роль, значение и области, применения мембранных процессов в современной науке и технике. Типы мембран. Механизм переноса. Кинетика мембранных процессов. Аппаратура. Принципиальные схемы мембранных установок. Практическое занятие "Расчет мембранных установок".		1	3	6	
Тема 21. Новейшие достижения в области основных процессов и аппаратов химических производств. Перспективы их дальнейшей интенсификации и повышения эффективности. Перспективы промышленного применения новых процессов и аппаратов. Энергоемкие процессы. Эксергетический анализ.		1		6	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		32	16	96	
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)		0		36	
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>		48		132	

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

##### 4.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания	
	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.
4 (хорошо)		Ответ стандартный, в целом качественный, основан на всех обязательных источниках информации. Присутствуют небольшие пробелы в знаниях или несущественные ошибки.
3 (удовлетворительно)		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.
2 (неудовлетворительно)		Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Многочисленные грубые ошибки. Непонимание заданного вопроса. Неспособность сформулировать хотя бы отдельные концепции дисциплины. Попытка списывания, использования неразрешенных технических устройств или пользования подсказкой другого человека (вне зависимости от успешности такой попытки).

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

###### 4.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 6	
1	Идеальные и реальные жидкости. Уравнение неразрывности. Уравнение движения идеальной жидкости (уравнение Эйлера) и его частные случаи.
2	Основное уравнение гидростатики и некоторые его практические приложения.
3	Дифференциальные уравнения движения Навье-Стокса и его физический смысл.
4	Стационарные и нестационарные течения. Уравнение Бернулли и его практическое применение.
5	Методы теории подобия. Критерии подобия Эйлера, Рейнольдса, Фруда и их физический смысл.
6	Движение твердых частиц в сплошных средах. Гидродинамика неподвижных и псевдооживленных зернистых слоев. Гидродинамические основы расчета аппаратов химической технологии с зернистыми слоями.
7	Гидравлические сопротивления. Определения, типы, физический смысл, способы расчёта сопротивлений на участке трубы, коэффициенты сопротивлений, уравнения Дарси – Вейсбаха и Альштуля.
8	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.
9	Скорость осаждения твердых частиц под действием сил тяжести и методы ее расчета. Конструкции отстойных аппаратов для разделения суспензий, эмульсий и очистки запыленных газов и методы их расчета.
10	Фильтрация, предназначение, принцип действия, фильтрующие материалы, плюсы и минусы. Скорость фильтрации и уравнение фильтрации.

11	Мокрая очистка газов от пыли. Основные принципы, особенности, конструкции плюсы и минусы, скрубберы, пенные аппараты, газопромыватели, трубы Вентури.
12	Решение уравнения Навье-Стокса в случае стационарного ламинарного потока в круглой трубе, законы течения Пуазейля.
13	Центробежное отстаивание и фильтрование. Фактор разделения. Классификация центрифуг. Разделение суспензий, эмульсий в гидроциклонах. Методы расчета аппаратов для разделения в поле центробежных сил.
14	Основы гидравлического расчета химико-технологических аппаратов и трубопроводов. Насосы, вентиляторы и компрессоры, используемые в химической технологии, их характеристики и методы расчета.
15	Поверхностная и объемная теории измельчения. Уравнение кинетики измельчения К. А. Разумова. Расчет основных параметров машин для процессов измельчения.
16	Теплопередача. Молекулярная теплопроводность, конвекция, излучение. Основные тепловые свойства жидкостей и твердых тел. Теплоёмкость, теплоты фазовых переходов, коэффициент теплового расширения, коэффициент теплопроводности.
17	Уравнение конвективного теплообмена и его подобное преобразование. Критерии теплового подобия гомохронности, Нуссельта, Пекле, Прандтля, Грасгофа.
18	Схема передачи тепла от ядра потока к плоской стенке. Уравнения теплоотдачи.
19	Схема передачи тепла от одного потока к другому через твердую стенку. Уравнение теплопередачи.
20	Движущая сила процесса теплопередачи, средняя движущая сила, влияние прямотока, противотока и перекрёстного тока на среднюю движущую силу.
21	Алгоритм подбора теплообменников, уравнения теплового баланса, критериальные уравнения, уравнения теплопередачи, тепловой поток и тепловая нагрузка, температуры ядра потока и стенок.
22	Жидкостная экстракция, определение, схема однократной экстракции и построение её на треугольной диаграмме.
23	Треугольная диаграмма для трёхкомпонентной системы ограниченно растворимых жидкостей. Определение точки по составу и составу по точке, правило рычага при смешении двух потоков.
24	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.
25	Кинетика конвективной сушки, влажность материала, скорость сушки, области на кинетической диаграмме сушки. Материальный и тепловой баланс конвективной сушилки, определение расходов воздуха и тепла на сушку.
26	Выпарка, схема однокорпусной и многокорпусной выпарной установки, материальный баланс выпарного аппарата. Тепловой баланс выпарного аппарата, общая полезная разность температур и распределение её по корпусам.
27	Алгоритм расчёта однокорпусной выпарной установки, типы температурных потерь.
28	Общие сведения о процессах переноса массы. Основные понятия. Механизмы переноса. Типы массопередачи. Описание фазового равновесия, правило фаз Гиббса. Число и высота единиц переноса.
29	Уравнения конвективной диффузии и основные массообменные критерии подобия, диффузионные критерии Нуссельта, Фурье, Пекле, Прандтля.
30	Уравнения массоотдачи и массопередачи, общая схема передачи тепла от ядра одной жидкой фазы к другой, через поверхность раздела, схема концентраций для уравнений.
31	Простая перегонка, перегонка под уменьшенным давлением, перегонка с водяным паром, фракционная перегонка, дифференциальное уравнение простой перегонки, плюсы, минусы, область применения, схемы аппаратов.
32	Общие принципы графического расчёта колонных аппаратов. Рабочие линии и равновесные линии, теоретические ступени массопередачи. Подбор сечения, диаметра и высоты колонны. Типы колонных аппаратов, насадочные, ситчатые и тарельчатые колонны, достоинства и недостатки.
33	Схема графического расчёта ректификации. Материальный баланс и рабочие линии, схема расчёта числа ступеней ректификации, флегмовое число, минимальное флегмовое число.
34	Тепловой баланс выпарного аппарата, общая полезная разность температур и распределение её по корпусам. Алгоритм расчёта однокорпусной выпарной установки, типы температурных потерь.
35	Схемы выпарных аппаратов, принцип действия, достоинства и недостатки, однокорпусные, многокорпусные с прямотоком, противотоком и параллельным током.
36	Общая характеристика абсорбции и области ее применения. Аппаратурное оформление абсорбционно-десорбционных процессов. Основы расчета абсорбции. Методы десорбции.
37	Ректификация, общая схема потоков в ректификационных колоннах. Схема графического расчёта ректификации. Материальный баланс и рабочие линии, схема расчёта числа ступеней ректификации, флегмовое число, минимальное флегмовое число.
38	Абсорбция, типы абсорбции, конструкции абсорбционных колонн. Равновесные линии абсорбции. Схема адсорбционной установки непрерывного действия кипящего слоя, принцип работы, достоинства и недостатки.



39	Общая характеристика процесса кристаллизации и области его промышленного применения. Диаграммы состояния раствор (расплав, пар) - кристаллическая фаза для однокомпонентных и многокомпонентных смесей.
40	Теория кинетики зародышеобразования. Экспериментальные методы исследования процессов нуклеации и кинетики роста кристаллов. Аппаратурное оформление процесса кристаллизации.
41	Общая характеристика процессов ионного обмена. Механизм переноса вещества. Типы ионитов, их основные свойства. Аппаратурное оформление процессов ионного обмена.
42	Термодинамическое равновесие в системе мембрана - раствор. Механизм массопереноса в мембранных процессах. Концентрационная поляризация. Типы мембран, конструкции мембранных процессов.

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

1. Обосновать выбор тарельчатых устройств в абсорбционных пылеулавливающих аппаратах.
2. Выбрать насадочные контактные устройства в каталитических аппаратах кипящего слоя.
3. Предложить схему адсорбционной установки для улавливания заданных органических веществ из газовых потоков.

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

##### 4.3.1 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»

##### 4.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная ☐ Письменная ☐ + Компьютерное тестирование ☐ Иная ☐

##### 4.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

1. Изучение дисциплины заканчивается сдачей кандидатского экзамена.
2. Аспирант перед сдачей экзамена предоставляет реферат по выбранной им теме исследования.
3. Процедура сдачи кандидатского экзамена регулируется требованиями по кандидатскому экзамену.

Экзаменуемый получает два вопроса, одним из которых может быть выполнение практико-ориентированного задания (по усмотрению экзаменационной комиссии). Экзамен проводится письменно (на подготовку письменного ответа отводится 90 минут), экзамен принимает комиссия, по результатам оформляется протокол сдачи кандидатского экзамена.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
Витковская Р. Ф., Пушнов А. С.	Процессы и аппараты химических технологий. Теория и практика насадочных аппаратов	Санкт-Петербург: СПбГУПТД	2020	<a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=202011">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=202011</a>
Разинов, А. И., Клинов, А. В., Дьяконов, Г. С.	Процессы и аппараты химической технологии	Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет	2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/75637.html">http://www.iprbookshop.ru/75637.html</a>
Смаль, Д. В., Черкасов, А. В., Осипов, Ю. Н.	Процессы и аппараты химической технологии. Часть 1	Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ	2016	<a href="http://www.iprbookshop.ru/80521.html">http://www.iprbookshop.ru/80521.html</a>
Власова, Г. В., Чудиевич, Д. А., Пивоварова, Н. А.	Основные процессы и аппараты химической технологии	Москва, Вологда: Инфра-Инженерия	2022	<a href="https://www.iprbookshop.ru/124246.html">https://www.iprbookshop.ru/124246.html</a>
Долгунин, В. Н., Пронин, В. А.	Биотехнологические процессы и аппараты	Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ	2020	<a href="http://www.iprbookshop.ru/115710.html">http://www.iprbookshop.ru/115710.html</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				

Гужель, Ю. А.	Процессы и аппараты химической технологии. Ч.3. Массообменные процессы и аппараты	Благовещенск: Амурский государственный университет	2020	<a href="http://www.iprbookshop.ru/103908.html">http://www.iprbookshop.ru/103908.html</a>
Гужель, Ю. А.	Процессы и аппараты химической технологии. Ч.2. Тепловые процессы и аппараты	Благовещенск: Амурский государственный университет	2020	<a href="http://www.iprbookshop.ru/103907.html">http://www.iprbookshop.ru/103907.html</a>
Гужель, Ю. А.	Процессы и аппараты химической технологии. Ч.1. Гидромеханические процессы и аппараты	Благовещенск: Амурский государственный университет	2019	<a href="http://www.iprbookshop.ru/103906.html">http://www.iprbookshop.ru/103906.html</a>
Фролов, В. Ф.	Лекции по курсу «Процессы и аппараты химической технологии»	Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ	2020	<a href="https://www.iprbookshop.ru/97816.html">https://www.iprbookshop.ru/97816.html</a>
Остриков, А. Н., Болгова, И. Н., Копылов, М. В., Наумченко, И. С.	Процессы и аппараты (Основы механики жидкости и газа). Практикум	Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий	2022	<a href="https://www.iprbookshop.ru/122603.html">https://www.iprbookshop.ru/122603.html</a>
Жистин, Е. А., Авrorов, В. А.	Процессы и аппараты пищевых производств. Сборник задач, методика решений, варианты заданий	Москва, Вологда: Инфра-Инженерия	2022	<a href="https://www.iprbookshop.ru/124124.html">https://www.iprbookshop.ru/124124.html</a>

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

ЭБС «IPRbooks», <http://www.iprbookshop.ru>

ЭБС «СПбГУПТД», <http://publish.sutd.ru>

ГУП Водоканал Санкт-Петербурга [www.vodokanal.spb.ru/](http://www.vodokanal.spb.ru/)

## 5.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Microsoft Windows

MicrosoftOfficeProfessional

Mathcad Education – University Edition Term

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

Стенды лаборатории процессов и аппаратов химических производств кафедры инженерной химии и промышленной экологии.

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