

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ



Рабочая программа дисциплины

Б1.В.04

Процессы и аппараты химической технологии

Учебный план: _____ ФГОС3++b150302.07-3 24-14.plx

Кафедра: 17 Процессы и аппараты 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: очная

План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоём- кость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Лаб. занятия				
6	УП	34	34	40	36	4	Экзамен
	РПД	34	34	40	36	4	
Итого	УП	34	34	40	36	4	
	РПД	34	34	40	36	4	

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 Минобрнауки России от 09.08.2021 г. № 728

Составитель (и):

Доктор технических наук, профессор

Мидуков Н.П.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой процессов и аппаратов
химической технологии

Никифоров А.О.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Тотухов Ю.А.

Методический отдел:

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: закладка базовых знаний, необходимых в последующем при изучении технологических производств, на основе анализа и расчета типовых физических процессов.

1.2 Задачи дисциплины:

- изучение механизма типовых физических процессов
- изучение методов математического описания и расчета этих процессов
- изучение принципиальных аппаратов и машин химической технологии

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

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

Математика

Инженерная и компьютерная графика

Общая химическая технология

Физика

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ПК-4: Способен выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования; составлять заявки на оборудование и запасные части, подготавливать техническую документацию

Знать: основные процессы и аппараты химической технологии, методы составления и решения уравнений материального и теплового балансов основных процессов.

Уметь: выбирать способы реализации процессов химической технологии, пользоваться справочной и научной литературой по всем разделам дисциплины.

Владеть: способами выбора реализации процессов химической технологии и методами технико-экономической оценки процессов с целью обоснованного выбора стандартных аппаратов.

3 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Лаб. (часы)		
Раздел 1. Основы гидравлики	6				Ко,Л
Тема 1. Основные понятия определения. Предмет и задачи дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии». Процессы и аппараты в целлюлозно-бумажной промышленности. Разработка новых высокоэффективных процессов и аппаратов для обеспечения выпуска высококачественной продукции, экономии материальных и энергетических ресурсов и охраны окружающей среды от выбросов предприятий. Классификация процессов. Основы расчётов типовых процессов. Материальный и тепловой балансы процесса. Движущая сила и кинетические коэффициенты процессов переноса. Общий вид уравнений скорости.		2		4	
Тема 2. Жидкость. Понятие о реальной и идеальной жидкостях. Силы, действующие на жидкость. Гидростатика. Сжимаемые и несжимаемые жидкости. Гидростатическое давление. Основное уравнение гидростатики и его практическое приложение. Гидродинамика. Вязкость жидкостей и газов. Закон Ньютона. Гидродинамические режимы движения вязкой жидкости: ламинарный, турбулентный. Число Рейнольдса. Гидродинамический пограничный слой. Основные уравнения гидродинамики. Уравнение неразрывности потока. Расход жидкости и газа. Дифференциальные уравнения движения реальной жидкости (уравнение Навье-Стокса). Распределение скоростей в потоке. Средняя и максимальная скорость потока. Уравнение Бернулли для идеальных и реальных жидкостей. Потери напора в трубопроводах и на участках местных сопротивлений. Суммарные потери напора. Оптимальный диаметр трубопровода. Течение неньютоновских жидкостей. Особенности движения волокнистых суспензий. Реология бумажной массы. Основы теории подобия и принципы физического моделирования. Подобие и аналогия физических явлений, процессов. Теоремы подобия. Преобразование дифференциальных уравнений в критериальные. Критерии подобия и их физический смысл. Условия и критерии гидродинамического подобия. Критериальные уравнения движения вязкой жидкости. Лабораторная работа № 1 - Гидравлические сопротивления элементов напорного трубопровода.		3	4	4	

Тема 3. Перемещение жидкостей. Классификация насосов. Основные параметры насосов. Производительность. Напор. Мощность. Коэффициент полезного действия. Высота всасывания. Поршневые и плунжерные насосы простого и многократного действия. Конструкции поршневых и плунжерных насосов, принцип их действия. Диаграммы подачи поршневых и плунжерных насосов. Воздушные колпаки Центробежные насосы: устройство и принцип действия. Основное уравнение центробежных машин Эйлера. Выбор насоса по каталогу. Рабочие характеристики. Работа насоса на сеть, рабочая точка. Формулы пропорциональности. Насосы для перекачивания бумажной массы. Кавитация. Конструкции осевых, шестеренчатых и диафрагмовых насосов. Сравнительные характеристики основных типов насосов и области их применения. Перемещение и сжатие газов. Принцип действия и классификация компрессорных машин. Степень сжатия. Индикаторная диаграмма. Объемный к.п.д. и производительность. Многоступенчатое сжатие. Конструкции компрессоров: поршневые центробежные, осевые, струйные. Сравнительная характеристика компрессоров и области их применения. Конструкции вентиляторов и вакуум-насосов. Лабораторная работа № 2 – Исследование работы центробежных машин на гидравлическую сеть.					
	3	4	4		
Раздел 2. Гидромеханические процессы неоднородных систем				Л,Ко	

Тема 4. Основные понятия. Методы разделения неоднородных систем. Классификация, принципы выбора и оценка эффективности методом разделения. Осаждение в поле силы тяжести. Движение тела в сплошной среде. Сопротивление движению тела при различных гидродинамических режимах. Основы теории осаждения. Расчет скорости свободного осаждения частиц в поле действия массовых сил. Скорость стесненного осаждения, конструкции отстойников. Расчет их основных размеров. Осаждение в поле центробежных сил. Фактор разделения. Разделение суспензий и эмульсий в гидроциклонах и отстойных центрифугах. Конструкции гидроциклонов и отстойных центрифуг. Производительность и эффективность работы гидроциклонов. Разделение под действием сил разности давления. Фильтрация суспензий. Фильтрующие перегородки. Скорость процесса фильтрации. Виды осадков (сжимаемые и несжимаемые). Максимальная производительность фильтров и их экономически оптимальная продолжительность цикла работы. Интегральное уравнение фильтрации, определение его констант. Фильтрация волокнистых суспензий. Фильтры (барабанный вакуум-фильтр, напорно-вакуумный, секционный, фильтры воздушного и жидкостного давления, ФПАКМ.) Очистка газов в поле центробежных и инерционных сил. Конструкции циклонов и инерционных пылеуловителей. Очистка газов фильтрованием. Конструкции рукавного фильтра. Очистка газов и разделение аэрозолей в электростатическом поле. Физические основы процессов. Устройство электрофильтров. Мокрая очистка запыленных газов. Теория инерционного осаждения. Аппараты для мокрой очистки газовых выбросов целлюлозно-бумажного производства (скрубберы Вентури, пенные и др.). Технико-экономическая оценка аппаратов для очистки газов. Лабораторная работа № 3 – Исследование процесса разделения суспензий методом осаждения, Лабораторная работа № 4 – Исследование процесса разделения суспензий методом фильтрации.				
Тема 5. Перемешивание в жидких средах. Назначение и способы перемешивания. Эффективность перемешивания и ее оценка. Гидродинамические структуры потоков в аппаратах с мешалками. Расчет мощности на механическое перемешивание. Типовые конструкции мешалок. Пневматическое и циркуляционное перемешивание. Применение роторно-пульсационного аппарата в целлюлозно-бумажной промышленности. Конструкция и принцип работы, теоретические основы, технологические и конструктивные параметры. Интенсификация процессов перемешивания в целлюлозно-бумажной промышленности. Лабораторная работа № 5 - Расход энергии на перемешивание в жидких средах.	3	4	4	
Раздел 3. Основы тепловых процессов				Ко,Л

Тема 6. Элементарные способы распространения тепла. Теплопроводность. Движущая сила тепловых процессов. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена. Условия теплового подобия. Основные критерии теплового подобия и их физический смысл. Критериальные уравнения конвективного теплообмена. Теплоотдача и теплопередача. Интенсификация теплообменных процессов. Теплообменные аппараты, их классификация, выбор по каталогам и ГОСТам. Поверхностные теплообменники (кожухотрубные, спиральные, пластинчатые). Смесительные теплообменники (конденсаторы смешения). Сравнительная характеристика, принципы выбора теплообменных аппаратов. Основы расчета теплообменников и оптимальных режимов их работы. Лабораторная работа № 6 – Определение коэффициента теплопередачи в теплообменнике типа труба в трубе.		3	3	4	
Тема 7. Назначение и технические методы выпаривания. Выпаривание под вакуумом. Однократное (простое) выпаривание. Материальный и тепловой балансы. Многократное выпаривание как способ повышения экономичности процесса выпаривания. Схемы многокорпусных выпарных установок. Материальный и тепловой балансы многокорпусной выпарной установки. Общая и полезная разности температур. Температурные потери. Распределение полезной разности температур по корпусам. Особенности теплопередачи в выпарных аппаратах. Пути сокращения вредных выбросов при выпаривании щелоков целлюлозного производства. Выпарные аппараты. Классификация и основные конструктивные типы (аппараты с естественной и принудительной циркуляцией, пленочного типа). Сравнительная характеристика и принцип выбора по каталогам и ГОСТам конструкции выпарных аппаратов. Лабораторная работа № 7 – Определение основных показателей работы выпарного аппарата.		4	4	4	
Раздел 4. Основы массопередачи					Ко,Л

Тема 8. Классификация массообменных процессов. Роль массообменных процессов в задачах охраны окружающей среды. Общие закономерности переноса вещества и энергии как проявление единства материального мира и основа для применения метода аналогий. Статика массообменных процессов. Законы фазового равновесия. Направление процессов массопереноса, их обратимость. Кинетика массообменных процессов. Механизмы переноса массы – молекулярный и конвективный. Закон Фика. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии. Уравнение массоотдачи. Коэффициенты массоотдачи. Движущая сила процесса. Подобие массообменных процессов. Критерии диффузионного подобия и их физический смысл. Обобщенное уравнение массоотдачи. Массопередача. Основное уравнение массопередачи. Коэффициенты массопередачи. Связь между коэффициентами массопередачи и массоотдачи. Средняя движущая сила процесса массопередачи. Аналогия между процессами тепло- и массопереноса. Общие методы интенсификации процессов массопередачи. Роль и значение гидродинамики процесса. Лабораторная работа № 8 - Определение основных параметров влажного воздуха и графоаналитический расчет процесса конвективной сушки.		3	3	4	
Тема 9. Сушка. Общая характеристика процесса и его применения. Методы сушки. Равновесная влажность и связь влаги с материалом. Конвективная сушка. Теплофизические свойства влажных газов. Диаграмма состояния влажного воздуха (диаграмма Л.К. Рамзина). Материальный и тепловой балансы сушки. Удельные расходы воздуха и тепла. Теоретическая и действительная сушилка. Основные варианты конвективной сушки, их изображение и анализ на диаграмме. Кинетика процесса сушки. Тепло- и массообмен между воздухом и материалом. Типовые кинетические кривые сушки. Периоды постоянной и падающей скоростей. Пути интенсификации и повышения экономичности процесса конвективной сушки. Конструкции конвективных сушилок (туннельная, пневматическая, барабанная, с воздухоопорным движением полотна). Контактная сушка. Механизм и кинетика контактной сушки. Схема многоцилиндровой контактной сушильной установки для сушки целлюлозы, бумаги и картона. Конструкции сушильного цилиндра. Способы интенсификации контактной сушки. Утилизация теплоты отработанного воздуха и повышение экономичности сушки. Лабораторная работа № 9 – Исследование кинетики конвективной сушки.		4	4	4	

Тема 10. Абсорбция. Характеристика процесса и области его применения. Физическая абсорбция и хемосорбция. Равновесие в системе жидкость – газ. Влияние температуры и давления на равновесие. Материальный баланс и уравнение рабочей линии. Удельный расход абсорбента, его минимальное и экономически оптимальное значение. Конструкции абсорберов. Сравнительная характеристика и области применения аппаратов различных конструкций. Расчет абсорбционной аппаратуры. Выбор абсорберов по каталогам и ГОСТам. Дистилляция и ректификация. Характеристика процессов дистилляции и ректификации. Равновесие между паром и жидкостью. Ректификация. Физическая сущность ректификации. Материальный баланс непрерывной ректификации бинарных смесей. Уравнение линий изменения рабочих концентраций. Определение минимального и рабочего флегмового числа. Техничко-экономическая оптимизация выбора флегмового числа (зависимость между флегмовым числом, расходом греющего пара, охлаждающей воды, производительностью и основными размерами аппарата. Лабораторная работа № 10 – Изучение процесса простой перегонки двухкомпонентной смеси спирт-вода.		4	4	4	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		34	34	40	
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)		2,5		33,5	
Всего контактная работа и СР по дисциплине		70,5		73,5	

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

5. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, КРИТЕРИЕВ, СИСТЕМЫ И СРЕДСТВ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

5.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения
ПК-4	Излагает базовые закономерности типовых процессов применительно к конкретным производствам общей химической, целлюлозно-бумажной и текстильной промышленности. Показывает степень применения теоретического анализа с целью аппроксимации на реальные процессы в области химической технологии.

5.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Обучающийся показывает всесторонние знания в области процессов и аппаратного их оформления. Владеет основными понятиями и терминологией во время ответов. Хорошо знаком с основной и дополнительной литературой. Целеустремленно использует и применяет базовые знания в области физико-математических наук. Проявляет эрудицию при работе с учебным материалом.	
4 (хорошо)	Обучающийся показывает достаточный	

	уровень знаний по основам теории процессов. В целом разбирается в терминологии. Усвоил основную литературу; допускает некоторые погрешности и несущественные ошибки в ответах на вопросы экзаменационного билета и в ответах на дополнительные вопросы преподавателя.	
3 (удовлетворительно)	Обучающийся показывает знания учебного материала из лекций и основной литературы. В целом показывает знания базовых законов по гидравлическим, тепловым и массообменным процессам. Допускает существенные ошибки в ответах, но может их устранить под руководством преподавателя.	
2 (неудовлетворительно)	Обучающийся не имеет достаточного уровня знаний дисциплины. Путается в понятиях, терминологии и формулировках. Плохо знает литературу. Допускает существенные и принципиальные ошибки и не может их устранить даже с помощью преподавателя. Списывание, попытка использования неразрешенных технических средств или подсказки другого человека.	

5.3 Типовые контрольные задания и/или иные материалы, используемые для оценки результатов обучения

5.3.1 Типовые контрольные вопросы

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 6	
1	Интенсификация процессов перемешивания.
2	Расчет мощности, потребляемой мешалкой.
3	Перемешивание, движущая сила. Эффективность и интенсивность перемешивания.
4	Аппараты для мокрой очистки.
5	Очистка газов под действием центробежных сил.
6	Пути повышения производительности фильтрующих аппаратов.
7	Конструкции фильтров и их сравнительный анализ.
8	Определение констант фильтрования.
9	Фильтрование и скорость процесса фильтрования, фильтрующие перегородки.
10	Конструкции отстойников и их расчет.
11	Расчет скорости свободного осаждения частиц. Скорость стесненного осаждения.
12	Осаждение в поле сил тяжести.
13	Классификации и методы разделения неоднородных систем.
14	Перемещение и сжатие газов. Индикаторная диаграмма.
15	Работа насоса на сеть, рабочая точка.
16	Основное уравнения центробежных машин Эйлера.
17	Центробежные насосы: устройства и принцип действия.
18	Поршневые и плунжерные насосы простого и двойного действия.
19	Высота всасывания.
20	Напор и производительность насосов. Мощность и коэффициент полезного действия.
21	Классификация насосов.
22	Критерии гидродинамического подобия и их физический смысл.
23	Гидравлический радиус и эквивалентный диаметр.
24	Потери напора по длине и на местных сопротивлениях.
25	Уравнение Бернулли для идеальных жидкостей.
26	Расход жидкости и газа.

27	Режимы движения жидкостей. Число Рейнольдса.
28	Вязкость жидкостей. Закон вязкого трения Ньютона.
29	Гидростатика. Основное уравнение гидростатики и его практическое использование.
30	Жидкости. Понятия идеальной и реальной жидкости.
31	Движущая сила процессов и процессы переноса.
32	Материальный и тепловой балансы процессов.
33	Классификация процессов.
34	Основные понятия и определения в процессах и аппаратах.
35	Теплообменные аппараты, классификация и выбор по ГОСТам.
36	Рекуперативные теплообменники: кожухотрубные, спиральные и пластинчатые.
37	Основы расчета теплообменников.
38	Выпаривание. Методы выпаривания. Выпарка под вакуумом.
39	Многократное выпаривание и схемы многокорпусных выпарных установок.
40	Материальный и тепловой балансы многокорпусных выпарных установок.
41	Общая и полезная разности температур. Температурные потери.
42	Особенности теплопередачи в выпарных аппаратах. Скрытая теплота конденсации.
43	Выпарные аппараты и их классификация.
44	Использование выпарных аппаратов, их выбор и сравнительная характеристика. Подбор аппаратов по каталогам и ГОСТам.
45	Классификация массообменных процессов. Общие закономерности переноса вещества и энергии.
46	Направление процессов массопереноса, их обратимость. Кинетика массообменных процессов.
47	Механизмы переноса массы – молекулярный и конвективный. Закон Фика.
48	Уравнение конвективной диффузии и уравнение массоотдачи. Движущая сила процесса.
49	Критерии диффузионного подобия и их физический смысл.
50	Массопередача и её основное уравнение. Коэффициенты массопередачи и их связь с коэффициентами массоотдачи.
51	Гидравлика в массообменных процессах.
52	Теплопередача. Опытное уравнение. Коэффициент теплопередачи.
53	Элементарные и сложные механизмы переноса тяжести.
54	Конвекция и теплоотдача. Физический смысл.
55	Интенсификация теплообменных процессов.
56	Тепловое подобие. Основные критерии теплового подобия. Определяющие и определяемый критерии.
57	Однократное выпаривания. Материальный и тепловой балансы.

5.3.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрены

5.3.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

Определить потерю давления на трение при протекании воды по латунной трубе диаметром 19х2 мм длиной 10. Скорость воды 2 м/с. Температура 55° С. Шероховатость $\epsilon = 0,005$ мм.

Рассчитать плотность водной суспензии, содержащей 10% (масс.) твердой фазы. Относительная плотность твердой фазы 3.

Вывести формулу, по которой можно вычислить скорость центрифугирования твердых шарообразных частиц, исходя из закона Стокса. Частота вращения в об/сек.

5.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

5.4.1 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»

5.4.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная ☒ Письменная ☐ Компьютерное тестирование ☐ Иная ☐

5.4.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Время на подготовку ответа по билету 45 минут.

Ответ по билету 15 минут.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
6.1.1 Основная учебная литература				
Айнштейн В.Г. под ред.	Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс : учебное пособие : в 2 кн. — 6-е изд.	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний	2017	http://ibooks.ru/reading.php?short=1&productid=359645
Н. П. Мидуков, А. О. Никифоров, В. С. Куров	ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ. Расчёт ректификационной установки непрерывного действия. Выполнение курсовой работы : методические указания для студентов всех форм обучения по направлениям подготовки: 18.03.01 – Химическая технология 18.03.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии 15.03.02 – Технологические машины и оборудование	М-во науки и высшего образования РФ, С.-Петерб. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. школа технологии и энергетики.-Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД	2022	http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/1652483952.pdf
Н. П. Мидуков, М. В. Колосова, В. С. Куров, А. О. Никифоров	Процессы и аппараты химической технологии. Испытание динамических насосов : Лабораторные работы.	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	2021	http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/1621337400.pdf
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
Н.П. Мидуков, В.С. Куров, А.О. Никифоров	Процессы и аппараты [Текст] : учебно-практическое пособие для выполнения лабораторных работ	М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД	2016	http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/3.pdf
Н.П. Мидуков, В.С. Куров, А.О. Никифоров	Процессы и аппараты химической технологии [Текст] : учебно-практическое пособие для самостоятельной работы студентов	М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб. : ВШТЭ СПбГУПТД	2017	http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/4.pdf

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
В. С. Куров, Н. П. Мидуков, Ю. А. Тихонов	Диспергирование бумажной массы и равномерность многослойного картона: монография	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	2024	http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/1707884762.pdf
Н.П. Мидуков, В.С. Куров, А.О. Никифоров	Массообменные процессы в целлюлозно-бумажной промышленности [Текст] : учеб.пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2015	http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/2.pdf

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

AutoCADDesign

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
Б-203	Выпарная установка, установка для определения гидравлических сопротивлений; установка для исследования процесса разделения суспензии; установка для исследования кинетики фильтрования; установка по определения теплопередачи в теплообменнике; установка для определения параметров влажного воздуха; установка для процесса перемешивания.
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска