

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ



Рабочая программа дисциплины

Б1.О.24 Теплообменные процессы в защите окружающей среды

Учебный план: _____ ФГОС3++b200301-1_26-14.plx

Кафедра: **17** Процессов и аппаратов химической технологии

Направление подготовки:
(специальность) 20.03.01 Техносферная безопасность

Профиль подготовки:
(специализация) Промышленная и экологическая безопасность

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	39,75	0,25	3	Зачет
	РПД	34		34	39,75	0,25	3	
6	УП	34	17	34	59	36	5	Экзамен, Курсовой проект
	РПД	34	17	34	59	36	5	
Итого	УП	68	17	68	98,75	36,25	8	
	РПД	68	17	68	98,75	36,25	8	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность, утверждённым приказом Минобрнауки России от 25.05.2020 г. № 680

Составитель (и):

Доктор технических наук, заведующий кафедрой

Мидуков Николай
Петрович

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой процессов и аппаратов
химической технологии

Мидуков Н.П.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Шанова О.А.

Методический отдел:

Фахретдинова А. Р.

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Сформировать компетенции обучающегося в области тепломассообменных процессов, позволяющие применить знания, умения и личные качества для решения задач обеспечения техносферной безопасности.

1.2 Задачи дисциплины:

- Показать особенности процессов и аппаратов химической технологии.
- Рассмотреть конструкции аппаратов и методы их расчетов.
- Показать пути интенсификации тепломассообменных процессов.

1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

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

2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ОПК-1: Способен учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий при решении типовых задач в области профессиональной деятельности, связанной с защитой окружающей среды и обеспечением безопасности человека

Знать: основные параметры технологических процессов, конструктивные особенности аппаратов и систем как объектов управления для защиты окружающей среды.

Уметь: обеспечивать решение задач техносферной безопасности при реализации конкретных технологических процессов, использовать оптимальные условия осуществления промышленных технологий для обеспечения безопасности человека.

Владеть: навыками анализа основных параметров технологического процесса для оценки эффективности управленческих решений по защите окружающей среды, энерго- и ресурсосбережения, обеспечению безопасности

3 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа			СР (часы)	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)	Лаб. (часы)		
Раздел 1. Основы гидравлики	5					О,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			1,75	
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.		8		8	6	
Раздел 2. Перемещение жидкостей и газов.						Л,О

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.		6		8	4	
Тема 4. Перемещение и сжатие газов. Процессы сжатия газов. Компрессоры. Работа сжатия и потребляемая мощность. Индикаторная диаграмма. Сравнение и области применения компрессорных машин различных типов		2			4	
Раздел 3. Гидромеханические методы разделения.						
Тема 5. Осаждение. Классификация неоднородных систем и способы их разделения. Процесс отстаивания. Конструкции отстойников. Лабораторная работа №3 - Исследование процесса разделения суспензий методом осаждения.		4		6	6	Л

Тема 6. Разделение под действием сил разности давления. Фильтрование суспензий. Фильтрующие перегородки. Скорость процесса фильтрования. Виды осадков (сжимаемые и несжимаемые). Максимальная производительность фильтров и их экономически оптимальная продолжительность цикла работы. Интегральное уравнение фильтрования, определение его констант. Фильтрование 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 № 4 – Исследование процесса разделения суспензий методом фильтрования.		8		8	6	
Тема 7. Перемешивание. Мощность, потребляемая мешалкой. Конструкции мешалок. Лабораторная работа № 5 - Расход энергии на перемешивание в жидких средах.		4		4	4	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		34		34	31,75	
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25				
Раздел 4. Основы тепловых процессов	6					
Тема 8. Основные понятия. Способы переноса теплоты. Теплопроводность. Уравнения теплопроводности		2	2		4	
Тема 9. Конвективная теплоотдача. Механизм переноса теплоты. Уравнение теплоотдачи. Тепловое подобие.		2	2		4	О,Л
Тема 10. Основное уравнение теплопередачи. Средняя разность температур Лабораторные работы № 6. Определение коэффициента теплопередачи в теплообменнике типа труба в трубе.		4		6	6	
Раздел 5. Тепловые процессы						3,Л

Тема 11. Промышленные теплоносители. Процессы нагревания, охлаждения, конденсации. Расчёт и конструкции теплообменных аппаратов. Практические занятия. Расчёт и конструкции теплообменных аппаратов	4	4		6	
Тема 12. Процессы выпаривания. Уравнения материальных и тепловых балансов одно- и многокорпусной установок. Практические занятия. Материальные и тепловые балансы одно- и многокорпусной выпарных установок.	2	2		6	
Тема 13. Температурные потери при выпаривании. Полезная разность температур и её распределение по корпусам. Устройство выпарных аппаратов. Расчёт выпарных установок. Лабораторная работа № 7 – Определение основных показателей работы выпарного аппарата.	2		4	6	
Раздел 6. Массопередача					
Тема 14. Основы массопередачи. Общие положения. Уравнения массоотдачи и массопередачи. Подobie диффузионных процессов. Практические занятия. Способы выражения состава фаз	4	2		6	3
Тема 15. Уравнение массоотдачи. Подobie процессов переноса массы уравнения массоотдачи. Практические занятия. Методы расчета массообменной аппаратуры	2	2		6	
Раздел 7. Массообменные процессы.					
Тема 16. Характеристика процессов. Материальный и тепловой баланс абсорб-ции. Десорбция. Расчет абсорберов. Схемы абсорбционных установок. Практические занятия. Абсорбция	2	2		6	3,л
Тема 17. Адсорбция. Промышленные адсорбенты. Конструкции и расчёт адсорберов периодического и непрерывного действия. Практические занятия. Адсорбция	2	1		6	

Тема 18. Процессы сушки. Классификация. Диаграмма состояния влажного воздуха. Материальный и тепловой балансы процесса сушки. Расчёт процесса сушки. Лабораторная работа №8.- Определение основных параметров влажного воздуха и графоаналитический расчет процесса конвективной сушки. Лабораторная работа №9 – Исследование кинетики конвективной сушки.		4		12	3	
Тема 19. Фазовое равновесие жидкость-пар. Простая перегонка. Ректификация. Уравнения рабочих линий для верхней и нижней частей колонны. Конструкции и расчет ректификационных колонн. Лабораторная работа №10. Изучение процесса простой перегонки двухкомпонентной смеси спирт-вода.		4		12		
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		34	17	34	59	
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен, Курсовой проект)		2,5			33,5	
Всего контактная работа и СР по дисциплине		155,75			124,25	

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

4.1 Цели и задачи курсовой работы (проекта): – закрепление, углубление и обобщение знаний, полученных студентом по теоретической и лабораторным частям курса;

- привитие студентам навыков самостоятельной работы по решению комплексной задачи, а также по составлению технической документации;
- рассмотреть вопросы современного состояния и перспективы развития тепломассообменных процессов, применяемых в промышленной экологии;
- показать знание технических данных, способов управления технологической установкой; – произвести расчет и проектирование установки в соответствии с темой курсового проекта

4.2 Тематика курсовой работы (проекта): Расчет тепло- или массообменной промышленной установки:

1. Расчет выпарной установки
2. Расчет абсорбционной установки
3. Расчет адсорбционной установки
4. Расчет ректификационной установки

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

- 1) результаты представляются в виде пояснительной записки объемом 25-40 стр., включая тексты разработанных программных продуктов. Пояснительная записка выполняется в текстовом редакторе с соблюдением правил оформления по ГОСТ 7.32-2017, а список использованных источников - по ГОСТ 7.0.100-2018
- 2) графическая часть – принципиальная технологическая схема установки, чертеж общего вида основного аппарата;
- 3) выбор способа реализации заданий курсового проекта (язык программирования, автоматизированная среда моделирования и расчета, математические программы) – по желанию студента. Рекомендуемые средства реализации – Borland Delphi, Mathcad;
- 4) при защите курсового проекта обучающимся должны быть продемонстрированы работоспособные программные продукты и выполненные графические материалы

5 БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ

Использование балльно-рейтинговой системы не предусмотрено.

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

6.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения
ОПК-1	Формулирует основные законы в области тепломассообменных процессов, методы оценивания работы теплоэнергетического оборудования, описывает источники научно-технической информации для выполнения расчетов тепломассообмена с обеспечением техносферной безопасности. Использует полученную в результате обучения теоретическую и практическую базу для получения математического описания объектов и систем в виде дифференциальных уравнений, структурных схем, построения их характеристик для уменьшения воздействия на окружающую среду. Комплексно оценивает техническую и теплоэнергетическую эффективность тепломассообменных объектов, применяет математические методы для решения широкого круга задач тепломассообмена в технологических процессах для снижения загрязнения техносферы

6.2 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	Полное и разностороннее рассмотрение вопросов, свидетельствующее о значительной работе с источниками. Качество исполнения всех элементов проекта соответствует требованиям, содержание полностью соответствует заданию. Даны исчерпывающие выводы и полные ответы на поставленные вопросы. Работа представлена к защите в требуемые сроки.
4 (хорошо)	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.	Работа выполнена в соответствии с заданием. Имеются отдельные несущественные ошибки в работе или в ответах на поставленные при защите вопросы, могут иметь место от правил оформления работы или нарушены сроки предоставления проекта к защите.
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.	Задание выполнено полностью, но в работе есть существенные ошибки, присутствуют неточности в ответах, либо качество представления работы низкое, либо работа представлена с опозданием
2 (неудовлетворительно)	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.	Содержание работы полностью не соответствует заданию. Представление чужой работы, плагиат, либо отказ от представления работы. Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубое нарушение правил оформления или сроков представления работы. Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора.
Зачтено	Обучающийся демонстрирует высокий	

	уровень эрудиции; хорошо разбирается в основных закономерностях, базовых для процессов и аппаратов; усвоил основную и, частично, дополнительную литературу. Точно отвечает на задаваемые преподавателем дополнительные вопросы. Способен к целеустремленному применению базовых знаний в профессиональной деятельности.	
Не зачтено	Обучающийся не имеет достаточного уровня знаний дисциплины; не владеет формулировками основных закономерностей процессов. Путается в понятиях и определениях. Не владеет основной литературой; при ответах допускает существенные и принципиальные ошибки и не в состоянии их устранить.	

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

6.3.1 Типовые контрольные вопросы

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 5	
1	1.Получение суспензий и эмульсий в аппаратах с мешалками. Конструкции механических перемешивающих устройств. Конструкции турбинных мешалок открытого и закрытого типа.
2	2. Вязкость ньютоновских жидкостей. Закон Ньютона.
3	3. Гидравлический радиус и эквивалентный диаметр.
4	4. Уравнение неразрывности потока.
5	5. Режимы движения жидкости. Профили скоростей в различных режимах.
6	6. Вывод дифференциального уравнения движения реальной жидкости (уравнение Навье-Стокса). Уравнение Навье-Стокса для трехмерного движения.
7	7. Уравнение движения идеальной жидкости (уравнение Эйлера). Вывод основного уравнения гидростатики.
8	8. Вывод уравнения Бернулли для идеальной жидкости. Его анализ, геометрическая иллюстрация.
9	9. Практическое применение уравнения Бернулли (трубка Пито-Прандтля, трубка Вентури).
10	10. Уравнение Бернулли для реальной жидкости. Потери энергии при параллельно струйном течении жидкости. Вывод уравнения Дарси.
11	11. Оптимальный диаметр трубопровода. Гидравлический радиус и эквивалентный диаметр.
12	12. Потери энергии при турбулентном движении жидкости. Местные сопротивления.
13	13. Неньютоновские жидкости. Вязкость неньютоновских жидкостей.
14	14. Особенности движения волокнистых суспензий.
15	15. Критерии гидромеханического подобия. Модифицированные и сложные критерии подобия.
16	16. Основные параметры насосов. Напор, развиваемый насосом.
17	17. Высота всасывания насоса.
18	18. Центробежный насос. Принцип действия, устройство. Характеристики центробежных насосов. Законы пропорциональности. Кавитация.
19	19. Основное уравнение центробежных машин (уравнение Эйлера). Действительный напор.
20	20. Термодинамические основы процесса сжатия и перемешивания газов.
21	21. Процесс сжатия газов в одноступенчатом поршневом компрессоре. Предел одноступенчатого сжатия.
22	22. Конструкция водокольцевого вакуум-насоса.
23	23. Конструктивные особенности и выбор центробежных вентиляторов.
24	24. Разделение неоднородных систем. Классификация неоднородных систем и способы их разделения.
25	25. Кинетика свободного отстаивания, расчет скорости свободного отстаивания.

26	26. Расчет скорости процесса отстаивания по методу проф.Лященко.
27	27. Расчет скорости стесненного отстаивания и скорости осаждения частиц не шарообразной формы.
28	28. Расчет площади отстойника.
29	29.Конструкция одноярусного отстойника. Достоинства и недостатки. Многоярусный отстойник.
30	30. Особенности расчета скорости осаждения в поле центробежных сил. Конструкции циклонов, радиклонов, батарейного циклона. Конструкция отстойной центрифуги.
31	31. Особенности расчета скорости осаждения в электрическом поле. Конструкции электрофильтров.
32	32. Мокрая очистка газов. Скрубберы. Мокрый циклон и пенный аппарат.
33	33.Фильтрация. Физический смысл. Основы вывода дифференциального уравнения процесса. Его анализ. Интегральное уравнение фильтрования. Определение констант фильтрования.
34	34. Конструкция ячейкового вакуум-фильтра, барабанного вакуум-фильтра, напорно-вакуумного фильтра, фильтра воздушного давления.
35	35.Основы теории псевдоожижения. Скорость псевдоожижения.
36	36. Перемешивание в жидких средах. Способы перемешивания. Основные параметры. Моделирование процессов перемешивания. Критерий мощности.
37	37.Получение суспензий и эмульсий в аппаратах с мешалками. Конструкции механических перемешивающих устройств. Конструкции турбинных мешалок открытого и закрытого типа.
Семестр 6	
38	1. Тепловые процессы. Виды тепловых процессов. Движущая сила. Температурное поле, температурный градиент, тепловой поток.
39	2. Способы распространения тепла. Перенос теплоты теплопроводностью. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности.
40	3. Перенос теплоты в движущихся средах. Уравнение Фурье-Кирхгофа.
41	4. Подобие тепловых процессов. Основные критерии теплового подобия. Определяющие и определяемый критерии. Физический смысл критериев подобия. Критериальные уравнения.
42	5. Расчет средней движущей силы теплопередачи для прямоточной схемы и противоточной
43	6. Теплоотдача и теплопередача. Анализ уравнений теплоотдачи и теплопередачи.
44	7.Основы расчета теплообменных аппаратов.
45	8.Теплообменные аппараты смешения. Расчет высоты барометрической трубы и расхода воды.
46	9. Конструкции спиральных теплообменных аппаратов для систем «жидкость-пар», «жидкость-жидкость». Их сравнительный анализ.
47	10. Классификация теплообменных аппаратов. Конструкции кожухотрубных теплообменников. Конструкции пластинчатых теплообменников , их преимущества и недостатки.
48	11. Выпаривание. Назначение. Движущая сила. Преимущества водяного пара как теплоносителя. Преимущества выпаривания под вакуумом
49	12. Материальный и тепловой балансы однокорпусной выпарной установки. Материальный и тепловой балансы многокорпусной выпарной установки.
50	13. Общая и полезная разность температур. Температурные потери в многокорпусных выпарных установках.
51	14. Конструкции пленочных выпарных аппаратов. Конструкции выпарных аппаратов с вынесенной зоной кипения.
52	15. Распределение полезной разности температур по корпусам многокорпусной выпарной установки.
53	16. Повышение экономичности выпаривания. Технологические схемы многокорпусных выпарных установок. Сравнительный анализ
54	17. Подобие массообменных процессов. Физический смысл критериев подобия. Критериальные уравнения. Уравнения массоотдачи и массопередачи. Их анализ.
55	18. Сушка. Все виды сушки. Движущая сила процесса сушки.
56	19. Свойства влажного воздуха. Диаграмма I-x влажного воздуха. Ее назначение. Изображение процессов нагрева и охлаждения воздуха на диаграмме Л.К. Рамзина
57	20. Конструкции колонных аппаратов с колпачковыми и провальными тарелками.
58	21. Конструкции колонных аппаратов тарельчатого типа с организованным переливом.
59	22. Механизм и кинетика контактной сушки. Особенности теплопередачи на сушильных цилиндрах.
60	23. Материальный баланс, тепловой баланс конвективной сушки. Кинетика и механизм конвективной сушки.
61	24. Конструкции конвективных сушилок (туннельная; с кипящим слоем).
62	25.Конструкция сушилки с воздухоопорным движением бумажного полотна. Конструкция сушильного цилиндра.
63	26. Конструкции барабанной и пневматической сушилок. Схема сушильной части бумагоделательной машины.
64	27. Абсорбция. Физическая сущность. Условия равновесия при абсорбции. Хемосорбция..

65	28. Материальный баланс процесса абсорбции. Уравнение рабочей линии. Изображение на диаграмме Y-X.
66	29. Средняя движущая сила процесса абсорбции. Число единиц переноса
67	30. Основы расчета абсорберов со ступенчатым контактом фаз и с непрерывным контактом фаз.
68	31. Влияние расхода абсорбента на высоту колонны.
69	32. Конструкции насадочных абсорберов. Их гидродинамические режимы работы.
70	33. Ректификация и дистилляция. Физическая сущность.
71	34. Молекулярная и конвективная диффузия.
72	35. Построение рабочих линий процесса ректификации на Y-X диаграмме.
73	36. Условия равновесия при ректификации. Вывод уравнения линии равновесия. Изображение на Y-X диаграмме. Вывод уравнений рабочих линий процесса ректификации. Материальный баланс процесса ректификации.
74	37. Минимальное количество флегмы. Влияние количества флегмы на движущую силу процесса ректификации, высоту колонны и расход пара в кипятильнике. .
75	38. Схема ректификационной установки. Принцип действия

6.3.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

6.3.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. Определить силу избыточного гидростатического давления на вертикальную прямоугольную стенку в закрытом сосуде. Высота стенки 2 м, ширина 8 м, поверхностное избыточное давление 50 КПа.

2. Точка присоединения открытого пьезометра заглублена на 4 м под уровень воды, а абсолютное давление над свободной поверхностью составляет 1,3 атм. Определите высоту подъема воды в открытом пьезометре.

3. Паропровод длиной 40 м диаметром 51х2,5 мм изолирован слоем пробки толщиной 30 мм. Температура поверхности внутри паропровода 175 оС, поверхности изоляции снаружи – 45 оС. Определить количество теплоты, теряемое в 1 час поверхностью паропровода. Коэффициенты теплопроводности стали и изоляции равны соответственно 46,5 Вт/(м² К) и 1,05 Вт/(м² К).

4. Горячий концентрированный раствор, выходящий из выпарного аппарата с температурой 106 оС, используется для подогрева до 50 оС холодного разбавленного раствора, поступающего на выпарку с температурой 15 оС. В теплообменнике концентрированный раствор охлаждается до 60 оС. Определите температурный напор при прямоточном движении растворов.

5. При проведении ректификации количество пара поступающего из колонны в дефлегматор составляет 3000 кг/ч, количество дистиллята – 1000 кг/ч, количество исходной смеси – 5000 кг/ч. Определите флегмовое число.

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения

6.4.1 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»

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

6.4.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная ☐ + Письменная ☐ + Компьютерное тестирование ☐ Иная ☐

6.4.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Время на подготовку ответа по билету 45 минут.

Ответ по билету 15 минут.

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

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
7.1.1 Основная учебная литература				

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
7.1.2 Дополнительная учебная литература				
Н.П. Мидуков, В.С. Куров, А.О. Никифоров	Сборник кейсов по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» [Текст] :учебно-практическое пособие	М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД	2018	http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/2018_10_03_01.pdf
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, 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-Петербург. 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
Г.Ю. Бутко, А.О. Никифоров	Расчет трехкорпусной выпарной установки [Текст] : учебно-практическое пособие для курсового проектирования	М-во науки и высшего образования РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб. : ВШТЭ СПбГУПТД	2019	http://nizrp.narod.ru/metod/kafpriapxt/2019_07_12_01.pdf

7.2 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/>

7.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

PTC Mathcad 15
MicrosoftOfficeProfessional 2013
MicrosoftWindows 8
AutoCADDesign
Microsoft: Windows Professional 10 Russian Upgrade OLPNL AcademicEdition

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

MicrosoftWindows 8

MicrosoftOfficeProfessional 2013

Microsoft: Windows Professional 10 Russian Upgrade OLPNL AcademicEdition

Microsoft: Office Standard 2016 Russian OLP NL AcademicEdition

AutoCADDDesign

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.
Б-202	Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет». Стенд гидравлический универсальный
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Компьютерный класс	Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду
Б-209	Напорная установка, установка гидравлических сопротивлений, ректификационная установка, установка роторно-пульсационная, установка для исследования процессов перемешивания в жидких средах, установка для исследования кинетики инфракрасной сушки.