

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор, проректор
по УР

_____ А.Е. Рудин

Рабочая программа дисциплины

Б1.О.24

Тепломассообменные процессы в защите окружающей среды

Учебный план: 2025-2026 20.03.01 ИПХиЭ ТБ ЗАО №1-3-98.plx

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

Направление подготовки:
(специальность) 20.03.01 Техносферная безопасность

Профиль подготовки: Инженерная защита окружающей среды
(специализация)

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: заочная

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					
3	УП	8	8	8	116	4	4	Зачет
	РПД	8	8	8	116	4	4	
4	УП	4	4	8	116	12	4	Экзамен, Курсовой проект
	РПД	4	4	8	116	12	4	
Итого	УП	12	12	16	232	16	8	
	РПД	12	12	16	232	16	8	

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

Составитель (и):

кандидат технических наук, Доцент

Власов Павел Петрович

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой инженерной химии и
промышленной экологии

Бусыгин Николай Юрьевич

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Бусыгин Николай Юрьевич

Методический отдел:

1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель дисциплины: Сформировать компетенции обучающегося в области 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:

Метрология и стандартизация

Прикладная механика

Математика

Инженерная и компьютерная графика

Физика

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 человека.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа			СР (часы)	Инновац. формы занятий
		Лек. (часы)	Пр. (часы)	Лаб. (часы)		
Раздел 1. Гидравлика	3					
Тема 1. Гидростатика. Основное уравнение гидростатики. Практические приложения основного уравнения гидростатики Практические занятия. Практические приложения основного уравнения гидростатики.		0,5	0,5		4	ИЛ
Тема 2. Гидродинамика. Основные уравнения движения жидкостей. Гидродинамическая структура потоков. Приложения теоремы Бернулли. Потери давления на трение и местные сопротивления. Практические занятия. Приложения теоремы Бернулли		0,5	0,5		9	ИЛ
Раздел 2. Перемещение жидкостей и газов						
Тема 3. Перемещение жидкостей. Классификация насосов. Основные параметры насосов. Характеристики насосов, принципы действия, выбор. Практические занятия. Насосы. Расчет насосной установки Лабораторные занятия. Испытание центробежного насоса.		0,5	2	4	10	ИЛ
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.		0,5				ИЛ
Раздел 3. Гидромеханические методы разделения						
Тема 5. Осаждение. Классификация неоднородных систем и способы их разделения. Процесс отстаивания. Конструкции отстойников. Практические занятия. Отстаивание		0,5	0,5		4	ИЛ
Тема 6. Фильтрация. Конструкции фильтров.		0,5	0,5		5	ИЛ
Тема 7. Перемешивание. Мощность, потребляемая мешалкой. Конструкции мешалок.		0,5			4	ИЛ
Раздел 4. Основы теплопередачи						
Тема 8. Основные понятия. Способы переноса теплоты. Теплопроводность. Уравнения теплопроводности.		1			10	ИЛ
Тема 9. Конвективная теплоотдача. Механизм переноса теплоты. Уравнение теплоотдачи. Тепловое подобие.	0,5			10	ИЛ	

Тема 10. Основное уравнение теплопередачи. Средняя разность температур Лабораторные работы. Изучение процесса теплопередачи (определение поверхности теплопередачи теплообменников)		0,5		4	10	ИЛ
Раздел 5. Тепловые процессы						
Тема 11. Промышленные теплоносители. Процессы нагревания, охлаждения, конденсации. Расчёт и конструкции теплообменных аппаратов. Практические занятия. Расчёт и конструкции теплообменных аппаратов.		0,5	0,5		10	ИЛ
Тема 12. Процессы выпаривания. Уравнения материальных и тепловых балансов одно- и многокорпусной установок. Практические занятия. Материальные и тепловые балансы одно- и многокорпусной выпарных установок.		0,5	0,5		15	ИЛ
Тема 13. Температурные потери при выпаривании. Полезная разность температур и её распределение по корпусам. Устройство выпарных аппаратов. Расчёт выпарных установок. Практические занятия. Расчёт выпарных установок.		1,5	3		25	ИЛ
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		8	8	8	116	
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25				
Раздел 6. Массопередача						
Тема 14. Основы массопередачи. Общие положения. Уравнения массоотдачи и массопередачи. Подobie диффузионных процессов.		0,5			20	ИЛ
Тема 15. Подobie процессов переноса массы. Уравнение массоотдачи.		0,5			13	ИЛ
Раздел 7. Абсорбция, адсорбция						
Тема 16. Характеристика процессов. Материальный и тепловой баланс абсорбции. Десорбция. Расчет абсорберов. Схемы абсорбционных установок.		0,5			15	ИЛ
Тема 17. Адсорбция. Промышленные адсорбенты. Конструкции и расчёт адсорберов периодического и непрерывного действия.	4	0,5			10	ИЛ
Раздел 8. Перегонка и ректификация						
Тема 18. Фазовое равновесие жидкость-пар. Простая перегонка. Лабораторные работы. Изучение процесса простой перегонки		0,5		4	10	ИЛ
Тема 19. Ректификация. Уравнения рабочих линий для верхней и нижней частей колонны. Конструкции и расчет ректификационных колонн. Практические занятия. Основные положения расчетов выпарной, ректификационной и адсорбционной установок.		0,5	4		10	ИЛ
Раздел 9. Экстракция						

Тема 20. Экстракция из растворов. Равновесие в системах жидкость-жидкость. Лабораторные работы. Изучение процесса экстракции.	0,5		4	10	ИЛ
Тема 21. Расчёт процесса экстракции. Конструкции экстракторов.				10	ИЛ
Раздел 10. Сушка					
Тема 22. Процессы сушки. Классификация. Диаграмма состояния влажного воздуха. Материальный и тепловой балансы процесса сушки. Расчёт процесса сушки.	0,5			10	ИЛ
Тема 23. Специальные виды сушки и типы сушилок. Расчет сушилок				8	ИЛ
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)	4	4	8	116	
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен, Курсовой проект)	5,5			6,5	
Всего контактная работа и СР по дисциплине	45,75			238,5	

4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

4.1 Цели и задачи курсовой работы (проекта): – закрепление, углубление и обобщение знаний, полученных студентом по теоретической и лабора-торным 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): Абсорбция газов (аммиака, сернистого ангидрида, углекислого газа, сероводорода) водой в насадочном абсорбере.

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. 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-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	Вопросы для устного собеседования. Практико-ориентированное задание.

	эффективность теплообменных объектов, применяет математические методы для решения широкого круга задач теплообмена в технологических процессах для снижения загрязнения техносферы	
--	--	--

5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	<p>Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета и широкую эрудицию в оцениваемой области. Критический, оригинальный подход к материалу. Качество исполнения всех элементов практико-ориентированного задания полностью соответствует всем требованиям. Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.</p>	<p>Обучающийся всесторонне и глубоко разработал тему на основе широкого круга источников технической литературы и нормативно-технической документации, проявил самостоятельность, представил правильные расчеты и выводы, 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.</p>
4 (хорошо)	<p>Ответ полный, основанный на проработке всех обязательных источников информации. Подход к материалу ответственный, но стандартный. Индивидуальное практико-ориентированное задание выполнено в достаточном объеме, но ограничивается только основными подходами. Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.</p>	<p>Обучающийся в полном объеме выполнил 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.</p>
3 (удовлетворительно)	<p>Ответ воспроизводит в основном только лекционные материалы, без самостоятельной работы с рекомендованной литературой. Демонстрирует понимание предмета в целом, без углубления в детали. Присутствуют существенные ошибки или пробелы в знаниях по некоторым темам. Практико-ориентированное задание выполнено полностью, но в работе есть отдельные существенные ошибки. Учитываются баллы, накопленные в течение семестра.</p>	<p>Обучающийся в целом выполнил курсовой проект, представил решение всех задач, но проявил недостаточную самостоятельность, и потребовалась существенная помощь преподавателя; нет существенных недостатков в пояснительной записке (графической части и стиле изложения).</p>
2 (неудовлетворительно)	<p>Непонимание заданного вопроса. Неспособность сформулировать хотя бы отдельные концепции дисциплины. Практико-ориентированное задание не выполнено. Не учитываются баллы, накопленные в течение семестра.</p>	<p>Обучающимся представлен частично выполненный проект (решены не все задания проекта), при этом содержащий грубые ошибки, свидетельствующие о непонимании студентом разрабатываемой им темы.</p>
Зачтено	<p>Обучающийся показывает всестороннее знание дисциплины, ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях, не допускает существенных ошибок во время устного собеседования. Обучающийся даёт ответы на все поставленные вопросы, содержание ответов позволяет положительно характеризовать сформированность компетенций. Обучающийся правильно и в достаточном объеме выполняет практическое задание</p>	
Не зачтено	<p>Обучающийся не имеет достаточного уровня знания дисциплины, плохо</p>	

	ориентируется в основных понятиях и определениях, некорректно понимает сущность поставленных вопросов, допускает при ответе на вопросы существенные ошибки, содержание ответов позволяет отрицательно характеризовать сформированность компетенций. Обучающийся не может выполнить практическое задание.	
--	--	--

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
Курс 3	
1	Конструкции выпарных аппаратов.
2	Общая и полезная разность температур в многокорпусной выпарной установке.
3	Температурные потери при выпаривании.
4	Расход теплоты по корпусам в многокорпусной выпарной установки.
5	Расход греющего пара в однокорпусной выпарной установки.
6	Производительность выпарного аппарата по выпаренной воде.
7	Выпаривание. Варианты проведения процесса.
8	Основные принципы оптимального проектирования теплообменной аппаратуры.
9	Способы интенсификации процесса теплопередачи.
10	Конструкции теплообменных аппаратов.
11	Средняя разность температур при прямотоке и противотоке.
12	Уравнение теплопередачи при переменных температурах.
13	Уравнение теплопередачи при постоянных температурах теплоносителей.
14	Уравнение теплоотдачи. Коэффициент теплоотдачи.
15	Уравнение теплопроводности. Коэффициент теплопроводности.
16	Тепловой баланс.
17	Теплопередача. Способы теплопереноса (теплопроводность, конвекция, тепловое излучение-сущность каждого способа).
18	Перемешивание. Мощность, затрачиваемая на механическое перемешивание.
19	Конструкции центрифуг периодического и непрерывного действия.
20	Центрифугирование. Фактор разделения. Индекс производительности.
21	Конструкции фильтров периодического и непрерывного действия.
22	Фильтрация. Скорость фильтрования.
23	Конструкции отстойников.
24	Влияние формы частицы и стесненного осаждения на скорость движения частиц.
25	Осаждение частиц под действием силы тяжести. Коэффициент сопротивления при различных условиях обтекания частицы жидкостью.
26	Классификация неоднородных смесей и способы их разделения.
27	Поршневые компрессоры. Индикаторная диаграмма.
28	Компрессоры, вентиляторы, газодувки. Назначение,
29	Процессы сжатия газов.
30	Поршневой насос. Устройство и принцип действия.
31	Центробежный насос. Устройство и принцип действия.
32	Насосы. Классификация. Параметры работы насосов (производительность, напор, мощность, коэффициент полезного действия).
33	Гидравлический расчет трубопровода. Характеристика трубопровода.
34	Гидродинамические режимы движения жидкости.
35	Практическое применение основных законов гидродинамики.
36	Применение теории подобия при решении гидродинамических задач.
37	Местные гидравлические сопротивления. Причины потери напора (энергии) в местном сопротивлении.
38	Потери энергии (напора) по длине при различных условиях движения жидкости. Определение коэффициентов трения.

39	Основные законы движения жидкостей: дифференциальные уравнения движения- неразрывности, Навье-Стокса, Бернулли и Гагена-Пуазейля.
40	Основные законы гидростатики: Эйлера, Паскаля и основной закон сохранения энергии в гидростатике.
41	Основные физические параметры жидкости, их размерность, физический смысл.
42	Гидравлика-наука о законах жидкости. Ее составные части.
Курс 4	
43	Сушка. Классификация процессов сушки.
44	Сушка. Классификация процессов сушки.
45	Абсорбция. Равновесие газ – жидкость. Материальный баланс.
46	Уравнение массопередачи. Коэффициент массопередачи .
47	Конструкции конвективных и контактных сушилок.
48	Варианты проведения процесса сушки.
49	Расчет однократной экстракции.
50	Уравнение рабочей линии для верхней части ректификационной колонны.
51	Уравнение массопередачи. Коэффициент массопередачи .
52	Массообменные процессы. Классификация массообменных процессов. Движущие силы массообменных процессов.
53	Конструкции конвективных и контактных сушилок.
54	Сушка. Классификация процессов сушки.
55	Конструкции экстракторов.
56	Экстракция. Равновесие жидкость-жидкость. Варианты проведения процесса экстракции.
57	Ректификационная установка непрерывного действия.
58	Уравнение рабочей линии для нижней части ректификационной колонны.
59	Физико-химические основы ректификации. Материальный баланс ректификационной колонны.
60	Варианты проведения процесса перегонки.
61	Физико-химические основы процессов перегонки. Простая перегонка. Материальный баланс.
62	Конструкции адсорберов непрерывного и периодического действия.
63	Стадии процесса адсорбции. Расход пара на десорбцию.
64	Адсорбция. Равновесие при адсорбции. Промышленные адсорбенты.
65	Конструкции абсорберов.
66	Выбор абсорбента. Уравнение рабочей линии. Расход абсорбента.
67	Число единиц переноса. Высота единиц переноса.
68	Средняя движущая сила процесса массопередачи.
69	Перенос вещества в фазе. Молекулярная и турбулентная диффузия. Уравнения. Коэффициенты.
70	Массопередача. Фазовое равновесие. Материальный баланс. Уравнение рабочей линии.

5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

5.2.3 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 51x2,5 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.

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»

К зачету и экзамену допускаются студенты, полностью выполнившие и защитившие лабораторные работы.

5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная Письменная Компьютерное тестирование Иная

5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

- время на подготовку по билету составляет 30 минут;
- время на выполнение практико-ориентированного задания – 20 минут

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
6.1.1 Основная учебная литература				
Агеев, М. А., Мракин, А. Н.	Тепломассообменные процессы и установки промышленной теплотехники	Саратов: Ай Пи Эр Медиа	2018	http://www.iprbookshop.ru/70284.html
6.1.2 Дополнительная учебная литература				
Власов П. П.	Тепломассообменные процессы в защите окружающей среды. Контрольная работа и крсовой проект	Санкт-Петербург: СПбГУПТД	2024	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=202468
Шаханов В. Д.	Тепломассообменные процессы в промышленной экологии	СПб.: СПбГУПТД	2017	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017898
Жуков Б. М., Гриднева А. В.	Тепломассообменные процессы в промышленной экологии. Тепло- и массообмен в пористых телах	СПб.: СПбГУПТД	2017	http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2017139

6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

1. ЭБС «IPRbooks», <http://www.iprbookshop.ru>
2. ЭБС «СПбГУПТД», <http://publish.sutd.ru>
3. Сайт <http://eco.sutd.ru/mathcad/START.htm> (учебник по дисциплине).

6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Лицензия на право использования Учебного комплекта программного обеспечения Пакет обновления КОМПАС-3D

Microsoft Windows Professional Upgrade Академическая лицензия
Microsoft Windows
Mathcad Education – University Edition Term
MicrosoftOfficeProfessional

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

1. Microsoft Windows 10 Home Russian Open No Level Academic Legalization Get Genuine (GGK) + Microsoft Windows 10 Pro Russian Upgrade Open No Level Academic);
2. Office Professional Plus 2007 Russian Academic No Level;
3. Mathcad Education – University Edition.
4. Право на использование программы УПРЗА «Эколог» версия 4.0 + модуль «Застройка и высота» + модуль «ГИС-Стандарт»;
5. Product Design Suite Ultimate 2015 (Autocad), Education network license

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