

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
"РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА"**

СОГЛАСОВАНО
Зав. выпускающей кафедры

УТВЕРЖДАЮ

Процессы массопереноса химических производств
рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой	Химической технологии
Учебный план	v18.04.01_25_00.plx 18.04.01 Химическая технология
Квалификация	магистр
Форма обучения	очно-заочная
Общая трудоемкость	4 ЗЕТ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	1 (1.1)		Итого	
Неделя	16			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	8	8	8	8
Лабораторные	16	16	16	16
Практические	8	8	8	8
Иная контактная работа	0,35	0,35	0,35	0,35
Консультирование перед экзаменом и практикой	2	2	2	2
Итого ауд.	34,35	34,35	34,35	34,35
Контактная работа	34,35	34,35	34,35	34,35
Сам. работа	65	65	65	65
Часы на контроль	44,65	44,65	44,65	44,65
Итого	144	144	144	144

г. Рязань

Программу составил(и):

к.т.н., доц., Ларькин Артем Вадимович

Рабочая программа дисциплины

Процессы массопереноса химических производств

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология (приказ Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 910)

составлена на основании учебного плана:

18.04.01 Химическая технология

утвержденного учёным советом вуза от 28.02.2025 протокол № 8.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Химической технологии

Протокол от 28.05.2025 г. № 7

Срок действия программы: 20252027 уч.г.

Зав. кафедрой Коваленко Виктор Васильевич

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры
Химической технологии

Протокол от _____ 2026 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры
Химической технологии

Протокол от _____ 2027 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2028-2029 учебном году на заседании кафедры
Химической технологии

Протокол от _____ 2028 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2029-2030 учебном году на заседании кафедры

Химической технологии

Протокол от _____ 2029 г. № ____

Зав. кафедрой _____

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1.1	Цель изучения дисциплины: формирование у будущих специалистов твердых теоретических знаний и практических навыков в части реализации принципов составления математических описаний, анализа и расчета массообменных процессов, принципов их моделирования и оптимизации.
1.2	Задачи дисциплины:
1.3	1. получение системы знаний по теории процесса переноса, аналогии и особенности явлений переноса для проведения на высоком техническом и научно-обоснованном уровне проектных и технологических расчетов и выявление механизмов протекающих процессов;
1.4	2. подготовка и представление результатов научно-исследовательских работ в выпускной квалификационной работе магистра;
1.5	3. систематизация и закрепление практических навыков и умений по применению стандартных методов расчета массообменного оборудования применительно к действующим производственным установкам.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.О
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Для освоения дисциплины необходимы знания математики и физики, общей и неорганической химии. Студенты должны иметь навыки математических вычислений, применения современных информационных технологий и работы со справочной литературой.
2.1.2	До начала изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:
2.1.3	знать: теоретические основы процессов массопереноса, принципы моделирования процесса массопередачи, методы расчета массообменных аппаратов;
2.1.4	уметь: применять на практике основные приемы и программные средства обработки и представления данных в соответствии с задачей расчета и исследования химических процессов;
2.1.5	владеть: навыками выбора средств решения задач, связанных с математическим описанием процессов массопереноса, в том числе методов моделирования массообменных процессов и расчета массообменных аппаратов.
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)
2.2.2	Перспективные технологии нефтехимии
2.2.3	Теоретические основы каталитических процессов
2.2.4	Учебная практика
2.2.5	Конструирование аппаратов и машин химических производств
2.2.6	Научно-исследовательская работа (часть 2)
2.2.7	Технологическая (проектно-технологическая практика)
2.2.8	Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
УК-6: Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	
УК-6.2. Обладает высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности и повышает свою квалификацию, используя современные образовательные технологии	
Знать	
Уметь	
Владеть	

ОПК-2: Способен использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты	
ОПК-2.2. Использует современные методики, проводит обработку и анализирует результаты исследований	
Знать	
Уметь	
Владеть	

ОПК-3: Способен разрабатывать нормы выработки, технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии, контролировать параметры технологического процесса, выбирать оборудование и технологическую оснастку	
ОПК-3.2. Выбирает оборудование технологического процесса на основе производительности, технологических нормативов на расход материалов, топлива и электроэнергии	
Знать	
Уметь	
Владеть	

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	Способы повышения своей квалификации с использованием современных образовательных технологий;
3.1.2	Основные методы обработки и анализа результатов исследования, в частности прикладные программы, реализующие данную обработку;
3.1.3	Сущность, области применения и способы проведения массообменных процессов; назначение, принцип действия и устройство массообменных аппаратов, используемых для проведения процессов в нефтегазопереработке и нефтехимии.
3.2	Уметь:
3.2.1	Повышать свою квалификацию с использованием современных образовательных технологий;
3.2.2	Применять на практике известные методы обработки и анализа результатов исследований;
3.2.3	Определять основные характеристики массообменных процессов; проводить анализ процессов массопереноса в химической аппаратуре; принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов.
3.3	Владеть:
3.3.1	Способами повышения своей квалификации с использованием современных образовательных технологий;
3.3.2	Навыками использования известных методов обработки и анализа результатов проводимых исследований;
3.3.3	Понятийно-терминологическим аппаратом в области массопереноса; навыками технологических расчетов массообменного оборудования.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Форма контроля
	Раздел 1. Основные понятия и законы массообмена					
1.1	Основные понятия и законы массообмена /Тема/	1	0			Устный опрос
1.2	Особенности массообменных процессов и их роль в нефтепереработке. Способы выражения состава фаз. Общие признаки массообменных процессов. Виды диффузии: дифференциальные уравнения молекулярной и конвективной диффузии. Основное уравнение массопередачи. Коэффициенты массоотдачи и массопередачи, правило аддитивности фазовых сопротивлений массопереносу. Подobie в процессах массообмена. Материальный баланс массообменного процесса. Графическое изображение величины движущей силы. Расчет средней движущей силы массообменного процесса. Число единиц переноса. Понятие об идеальном контакте фаз, теоретическая ступень контакта (теоретическая тарелка). /Лек/	1	2		Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1Л3. 1 Э1 Э2	Устный опрос
1.3	Изучение конспекта лекций и рекомендуемой литературы. Подготовка к экзамену /Ср/	1	12		Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1Л3. 1 Э1 Э2	Устный опрос
	Раздел 2. Равновесные системы					

2.1	Равновесные системы /Тема/	1	0			Устный опрос. Отчеты по практическим занятиям и лабораторным работам
2.2	Применение правила фаз к процессам перегонки. Насыщенные и ненасыщенные (перегретые) пары. Классификация двухкомпонентных смесей жидкостей. Равновесие двухкомпонентной системы идеального раствора. Уравнение и кривая равновесия фаз. Изобарные температурные кривые. Энтальпийная диаграмма. Константы фазового равновесия. Равновесие двухкомпонентных систем, частично отклоняющихся от закона Рауля. Равновесие взаимно растворимых двухкомпонентных систем, образующих азеотропные смеси. Равновесие частично растворимых жидкостей. Равновесие взаимнонерастворимых жидкостей. Равновесие в присутствии инертного газа (водяного пара). Равновесие при высоких давлениях. /Лек/	1	1		Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1Л3. 1 Э1 Э2	Устный опрос
2.3	Решение задач /Пр/	1	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2	Отчет по практическим занятиям
2.4	Выполнение лабораторной работы по теме "Равновесные системы" /Лаб/	1	4		Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2	Отчет по лабораторной работе
2.5	Изучение конспекта лекций и рекомендуемой литературы. Подготовка к экзамену /Ср/	1	10		Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1Л3. 1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2	Устный опрос
	Раздел 3. Испарение и конденсация					
3.1	Испарение и конденсация /Тема/	1	0			Устный опрос. Отчеты по практическим занятиям и лабораторным работам
3.2	Применение правила фаз к процессам перегонки. Насыщенные и ненасыщенные (перегретые) пары. Классификация двухкомпонентных смесей жидкостей. Равновесие двухкомпонентной системы идеального раствора. Уравнение и кривая равновесия фаз. Изобарные температурные кривые. Энтальпийная диаграмма. Константы фазового равновесия. Равновесие двухкомпонентных систем, частично отклоняющихся от закона Рауля. Равновесие взаимно растворимых двухкомпонентных систем, образующих азеотропные смеси. Равновесие частично растворимых жидкостей. Равновесие взаимнонерастворимых жидкостей. Равновесие в присутствии инертного газа (водяного пара). Равновесие при высоких давлениях. /Лек/	1	2		Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1Л3. 1 Э1 Э2	Устный опрос

3.3	Решение задач /Пр/	1	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2	Отчет по практическим занятиям
3.4	Выполнение лабораторной работы по теме "Испарение и конденсация" /Лаб/	1	4		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2	Отчет по лабораторной работе
3.5	Изучение конспекта лекций и рекомендуемой литературы. Подготовка к экзамену /Ср/	1	10		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2	Устный опрос
	Раздел 4. Ректификация					
4.1	Ректификация /Тема/	1	0			Устный опрос
4.2	Физическая сущность процессов ректификации. Принципиальное устройство ректификационной колонны. Материальный баланс колонны в целом. Уравнение линии концентраций в верхней части колонны. Уравнение линии концентраций в отгонной части колонны. Минимальные потоки орошения и паров. Графический расчет числа теоретических тарелок (ЧТТ) на диаграмме X- Y. Расчет состава потоков в секции питания. Выбор оптимального количества орошения. Определение числа теоретических тарелок методом «от тарелки к тарелке». Тепловой баланс колонны. Тепловые балансы верхней и нижней частей колонны. Различные методы отвода тепла на верху колонны. Различные способы подвода тепла в низ колонны. Расчет числа теоретических тарелок с помощью энтальпийной диаграммы. Построение линий концентраций при помощи энтальпийной диаграммы. Эффективность тарелки. Выбор давления в ректификационной колонне. /Лек/	1	1		Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1Л3. 1 Э1 Э2	Устный опрос
4.3	Изучение конспекта лекций и рекомендуемой литературы. Подготовка к экзамену /Ср/	1	13		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1 Э2	Устный опрос
	Раздел 5. Ректификация многокомпонентных смесей					
5.1	Ректификация многокомпонентных смесей /Тема/	1	0			Устный опрос. Отчеты по практическим занятиям и лабораторным работам

5.2	Расчет температуры кипящей жидкости и насыщенных паров. Расчет доли отгона многокомпонентной смеси при однократном испарении. Принципиальные схемы ректификации многокомпонентной системы. Особенности расчета ректификации многокомпонентных смесей. Расчет режима полного орошения при ректификации многокомпонентных смесей. Приближенный метод расчета ректификации многокомпонентных смесей при рабочем флегмовом числе. Аналитический расчет числа тарелок в колонне при ректификации многокомпонентной смеси. Работа колонны с вводом водяного пара. /Лек/	1	1		Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1Л3.1 Э1 Э2	Устный опрос
5.3	Решение задач /Пр/	1	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2	Отчет по практическим занятиям
5.4	Выполнение лабораторной работы по теме "Ректификация многокомпонентных смесей" /Лаб/	1	8		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2	Отчет по лабораторной работе
5.5	Изучение конспекта лекций и рекомендуемой литературы. Подготовка к экзамену /Ср/	1	10		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2	Устный опрос
	Раздел 6. Основные типы и расчет ректификационных и абсорбционных колонн					
6.1	Основные типы и расчет ректификационных и абсорбционных колонн /Тема/	1	0			Устный опрос. Отчеты по практическим занятиям
6.2	Основы классификации аппаратов колонного типа. Тарельчатые колонны. Насадочные колонны. Гидродинамика контактных устройств. /Лек/	1	1		Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1Л3.1 Э1 Э2	Устный опрос
6.3	Решение задач /Пр/	1	2		Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2	Отчет по практическим занятиям
6.4	Изучение конспекта лекций и рекомендуемой литературы. Подготовка к экзамену /Ср/	1	10		Л1.1 Л1.2 Л1.4Л2.1Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2	Устный опрос
	Раздел 7. Промежуточный контроль					
7.1	Экзамен /Тема/	1	0			
7.2	Подготовка к экзамену /Экзамен/	1	44,65		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2	

7.3	Консультирование перед экзаменом /Кнс/	1	2		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2	
7.4	Прием экзамена /ИКР/	1	0,35		Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2Л3.1 Л3.2 Л3.3 Э1 Э2	Ответ по билетам

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Фонд оценочных средств приведен в Приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ «Оценочные материалы по дисциплине «Процессы массопереноса химических производств»).

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л1.1	Романков П. Г., Фролов В. Ф., Флисюк О. М.	Массообменные процессы химической технологии : учебное пособие	Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ, 2017, 440 с.	978-5-93808-289-2, http://www.iprbookshop.ru/67361.html
Л1.2	Дульнев Г. Н.	Теория тепло- и массообмена	Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2012, 194 с.	2227-8397, http://www.iprbookshop.ru/68180.html
Л1.3	Титова Л. М., Алекса́нъян И. Ю., Нугманов А. Х.	Массообменные процессы в химической и пищевой технологии. Лабораторные и практические занятия	Санкт-Петербург: Лань, 2014, 224 с.	978-5-8114-1729-2, http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=53693
Л1.4	Филиппов, В. В., Измайлов, В. Д.	Процессы и аппараты химической технологии : справочник	Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2021, 54 с.	2227-8397, https://www.iprbookshop.ru/111713.html

6.1.2. Дополнительная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л2.1	Разинов А. И., Клинов А. В., Дьяконов Г. С.	Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие	Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017, 860 с.	978-5-7882-2154-0, http://www.iprbookshop.ru/75637.html

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л2.2	Логинов В. С., Крайнов А. В., Юхнов В. Е., Феоктистов Д. В., Шабунина О. С.	Примеры и задачи по тепломассообмену : учебное пособие	Санкт-Петербург: Лань, 2019, 256 с.	978-5-8114-1132-0, https://e.lanbook.com/book/112072

6.1.3. Методические разработки

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л3.1	Лызлова М.В., Логинов В.С.	Процессы и аппараты химической технологии : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2014,	, https://elibrsr.eu.ru/ebs/download/1133
Л3.2	Ларькин А.В., Свиридов Д.В.	Расчет процессов массопереноса химических производств : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2018,	, https://elibrsr.eu.ru/ebs/download/1887
Л3.3	Свиридов Д.В., Ларькин А.В.	Процессы массопереноса химических производств: метод. указ. к лаб. работам : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2021,	, https://elibrsr.eu.ru/ebs/download/3080

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	ЭБС Лань
Э2	IPR BOOKS

6.3 Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

6.3.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

Наименование	Описание
Adobe Acrobat Reader	Свободное ПО
LibreOffice	Свободное ПО
OpenOffice	Свободное ПО
Microsoft Office	Коммерческая лицензия

6.3.2 Перечень информационных справочных систем

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1	321 учебно-административный корпус. учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 44 места, проектор Optima EW775, экран, маркерная доска, место для преподавателя, оснащенное компьютером, жидкостный хромо-тограф Стайер и ИК Фурье-спектрометр ФСМ2202
2	328 учебно-административный корпус. 11 рабочих мест (компьютерный класс (Intel Core i5/4Gb)) с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ
3	315 учебно-административный корпус. учебная лаборатория, оснащенная лабораторным оборудованием, помещение для хранения учебного оборудования Стеклопосуда химическая посуда с притертыми взаимозаменяемыми шлифами, кол-бонагреватели Экрос ES-4100, фены BOSCH GHG 660 LCD и Makita HG651C; УФ-лампа VL 6LC; мембранные насосы, вакуумный насос Vakuubrand, ротационный испаритель IKA RV-10 digital; центрифуга CM-12; поляриметр круговой CM-3, поляриметр полуавтоматический Atago POLAX 2L, рефрактометр ИРФ 454Б2М, спектрофотометр КФК-3КМ; весы Ohaus; магнитные мешалки с подогревом и датчиком температуры IKA C-MAG HS7; установка параллельного синтеза Carousel rodleys Standard, автоклав buchiglasuster, генератор водорода ГВЧ-12А, термостат Julabo, дозаторы одноканальные ВД-100 "Компания "Тензор" Комплекс: интерактивная доска Smart Board SB480iv и проектор V25. Место для преподавателя, оснащенное компьютером.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
ПОДПИСАНО
ЗАВЕДУЮЩИМ
КАФЕДРЫ
ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Коваленко Виктор Васильевич, Заведующий кафедрой ХТ 18.06.25 10:21 (MSK) Простая подпись

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Методические указания приведены в электронном виде
--

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
ПОДПИСАНО
ЗАВЕДУЮЩИМ
КАФЕДРЫ
ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Коваленко Виктор Васильевич, Заведующий кафедрой ХТ 18.06.25 10:23 (MSK) Простая подпись