



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«МИРЭА — Российский технологический университет»

**РТУ МИРЭА**

---

---

**УТВЕРЖДАЮ**  
Первый проректор

\_\_\_\_\_ Н.И. Прокопов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **2.1.6 «Технология органических веществ»**

Научная специальность

### **2.6.10 «Технология органических веществ»**

Форма обучения

**Очная**

Москва 2025

### **1. Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Технология органических веществ» являются:

1. Получение знаний по современному состоянию технологий основного органического и нефтехимического синтеза, тенденциям развития указанных отраслей, основных направлений совершенствования существующих технологий

2. Формирование умений анализа технологических схем, выявления узких мест, совершенствования технологического процесса в основном органическом и нефтехимическом синтезе

3. Формирования владений по разработке и совершенствованию технологий основного органического и нефтехимического синтеза

### **2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры**

Дисциплина «Технология органических веществ» является обязательной дисциплиной образовательного компонента блока «Дисциплины (модули)» учебного плана научной специальности 2.6.10 «Технология органических веществ».

### **3. Требования к результатам освоения дисциплины «Технология органических веществ»**

В ходе освоения дисциплины «Технология органических веществ» идет дальнейшее формирование элементов (знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности) аспиранта:

способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, способность к пониманию основных проблем в своей предметной области, выбору методов и средств их решения;

способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой своих исследований;

способность анализировать состояние научно-технической проблемы, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию по теме исследований;

способность оценивать научную значимость и перспективы прикладного использования результатов исследований.

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

принципы технологий основного органического синтеза. Технические и технологические решения характерные для отрасли. теоретические основы органической химии и механизмы реакций органических соединений, методы получения органических соединений, физико-химические основы процессов органического синтеза, химические реакторы для процессов органического синтеза, теоретические основы и практику использования разделительных и

реакционно-массообменных процессов в промышленности, применение информационных технологий при создании, проектировании и управлении производством органического синтеза, перспективы развития промышленности органического синтеза

Уметь:

использовать принципы технологий основного органического синтеза, технические и технологические решения характерные для отрасли, теоретические основы органической химии и механизмы реакций органических соединений, методы получения органических соединений, физико-химические основы процессов органического синтеза, химические реакторы для процессов органического синтеза, теоретические основы и практику использования разделительных и реакционно-массообменных процессов в промышленности, применение информационных технологий при создании, проектировании и управлении производством органического синтеза, перспективы развития промышленности органического синтеза с целью совершенствования существующих и проектирования новых технологических схем и технологий.

Владеть:

методами обработки данных экспериментального исследования, анализа и синтеза химических технологий, оптимизацией технологических решений, программным обеспечением для расчета химико-технологических систем.

#### 4. Содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Технология органических веществ» составляет 3 зачетных единицы (108 акад. часов).

**4.1. Распределение объема дисциплины по разделам (темам), семестрам, видам учебной работы и формам контроля.**

№ раздела	Семестр	Неделя семестра	Объем (в акад. час.)						Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)
			Всего	Контактная работа (по видам учебных занятий)			СР	Контроль	Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Всего	ЛК	ПР			
1	4	1	6	2	2			2	Устное собеседование
2	4	2	6	2	2			2	Устное собеседование
2	4	3	6	2	2			2	Устное собеседование
2	4	4	6	2		2		2 2	Выполнение практических заданий
2	4	5	6	2		2		2 2	Выполнение практических заданий
3	4	6	6	2	2			2	Устное собеседование
3	4	7	6	2	2			2	Устное собеседование
3	4	8	6	2		2		2 2	Выполнение практических заданий
3	4	9	6	2		2		2 2	Выполнение практических

№ раздела	Семестр	Неделя семестра	Объем (в акад. час.)							Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)  Формы промежуточной аттестации (по семестрам)	
			Всего	Контактная работа (по видам учебных занятий)				СР	Контроль		
				Всего	ЛК	ПР	СР под рук.				
										заданий	
4	4	10	4	2	2			2			
4	4	11	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	
4	4	12	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	
5	4	13	4	2	2			2		Устное собеседование	
5	4	14	4	2	2			2		Устное собеседование	
5	4	15	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	
6	4	16	4	2	2			2		Устное собеседование	
6	4	17	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	
6	4	18	8	2		2		2	4	Выполнение практических заданий	
По материалам курса			16						16	Экзамен	
Всего в 4 семестре:			108	36	18	18	0	36	36		
Всего:			108	36	18	18	0	36	36		

#### 4.2. Наименование и содержание разделов дисциплины

Номер темы	Наименование темы	Содержание темы
1	Современное состояние и перспективы развития отрасли органических веществ. (1 неделя)	Характерные черты подотраслей. Организационные, методологические, химические и технологические принципы создания технологий основного органического синтеза. Общие подходы к совершенствованию технологий, оптимизационные критерии и алгоритмы.
2	Новые энергосберегающие технологии органических веществ. (2,3 недели)	Основные понятия Пинч-анализа. Использование внутренней энергии системы. Энергосберегающие технологии очистки и разделения органических веществ. Внутренняя и внешняя теплоинтеграция.
3	Энергосбережение в процессах ректификации (6,7 недели)	Энергосберегающие технологии очистки и разделения органических веществ. Обратимая ректификация, системы с обратимым смешением потоков, колонны Петлюка, колонны Кайбеля, первый класс фракционирования
4	Применение теории графов к синтезу и	Процесс графы, обобщенные графы, суперструктуры. Анализ технологических схем с применением

Номер темы	Наименование темы	Содержание темы
	анализу технологических схем. (10 недели)	различных типов графов. Трансформация графов и синтез новых технологических решений
5	Локальные и нелокальные закономерности структур диаграмм фазового равновесия многокомпонентных многофазных систем (13,14 недели)	Особенности анализа структур диаграмм многокомпонентных систем. Роль разверток разной размерности в формировании внутреннего пространства симплекса. Прогноз наличия внутреннего азеотропа. Структура сепаратрических многообразий (симплексов и комплексов) как границ областей дистилляции. Инварианты областей расслаивания.
6	Новые подходы к синтезу принципиальных схем разделения многокомпонентных смесей (16,17 недели)	Различные приемы фракционирования многокомпонентных смесей (промежуточное заданное разделение, предварительное расслаивание, использование дополнительных веществ на первой стадии разделения). Особенности синтеза принципиальных схем на основе комбинирования функциональных разделительных комплексов. Примеры разработки схем разделения промышленных многокомпонентных смесей.

### 4.3. Лабораторные работы (ЛБ)

Учебным планом не предусмотрены.

### 4.4. Практические занятия (ПР)

№ п/п	Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (в акад. часах)
1	2	Анализ технологий органических веществ и выявление узких мест с целью совершенствования технологических решений, в том числе с применением Пинч-анализа и использованием температурно-энтальпийной диаграммы производственной технологии	4
2	3	Синтез технологических схем разделения многокомпонентных смесей с внешней и внутренней теплоинтеграцией	4
3	4	Построение графов и суперструктур технологий органического синтеза	4
4	5	Проведение термодинамико-топологического анализа фазовых диаграмм конкретных четырехкомпонентных систем с определением следов всех геометрических элементов на развертке второй размерности. Проверка выполнения уравнения баланса топологических индексов особых точек.	2
5	6	Построение структур принципиальных схем	4

№ п/п	Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (в акад. часах)
		разделения 4-х и 5-тикомпонентных смесей заданного состава. Обоснование применения специальных приемов разделения азеотропных смесей.	
<b>Всего:</b>			<b>18</b>

## 5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Виды самостоятельной работы обучающегося, порядок и сроки ее выполнения:

самостоятельная проработка материала по технологиям органических веществ, теоретическим основам органической химии и механизмам реакций органических соединений, методы получения органических соединений, физико-химическим основам процессов органического синтеза, химическим реакторам для процессов органического синтеза с применением источников (п 8.1 и 8.2);

подготовка к лекциям и практическим занятиям с использованием конспекта лекций, материалов практических занятий и приведенных ниже (п 8.1 и 8.2) источников (в соответствии с расписанием занятий);

оформление отчетов по выполненным практическим заданиям и теоретическая подготовка к их сдаче (в соответствии с расписанием занятий).

Перечень вопросов для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации — в соответствии с тематикой дисциплины.

## 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

**6.1. Описание показателей и критериев оценивания знаний, умений и владения на различных этапах их формирования, описание шкал оценивая**

### 6.1.1. Показатели и критерии оценивания, используемые шкалы оценивания

Показатели оценивания	Критерии оценивания	Средства оценивания	Шкалы оценивания
<b>Умение</b>	Правильность выполнения учебных заданий, аргументированность выводов	<i>Текущий контроль:</i> выполнение устных/письменных заданий, тестирование  <i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	Шкала 1
<b>Знание</b>	Правильность и полнота ответов, глубина понимания вопроса	<i>Текущий контроль:</i> выполнение устных/письменных заданий, тестирование  <i>Промежуточная аттестация:</i> экзамен	Шкала 1

Показатели оценивания	Критерии оценивания	Средства оценивания	Шкалы оценивания
Владение	Обоснованность и аргументированность выполнения учебной деятельности	Текущий контроль: выполнение практического задания, тестирование  Промежуточная аттестация: экзамен	Шкала 2

### 6.1.2. Описание шкал оценивания степени сформированности знаний, умений и владений

#### Шкала 1. Оценка сформированности знаний, умений и владений

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности знаний, умений и владений		
Цифр.	Оценка			
		Знать	Уметь	Владеть
1	Неудовлетворительно	Отсутствие знаний	Отсутствие умений	Отсутствие навыков
2	Неудовлетворительно	Фрагментарные знания	Частично освоенное умение	Фрагментарное применение
3	Удовлетворительно	Общие, но не структурированные знания	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение	В целом успешное, но не систематическое применение
4	Хорошо	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	В целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков
5	Отлично	Сформированные систематические знания	Сформированное умение	Успешное и систематическое применение навыков

#### Шкала 2. Комплексная оценка сформированности знаний, умений и владений

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности знаний, умений и владений
Цифр.	Оценка	
1	Неудовлетворительно	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале
2	Удовлетворительно или неудовлетворительно	Знать на уровне ориентирования, представлений. Субъект учения знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности знаний, умений и владений
Цифр.	Оценка	
	<i>(по усмотрению преподавателя)</i>	определенной науке, отрасли или объектам, узнает их в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения
3	Удовлетворительно	Знать и уметь на <b>репродуктивном</b> уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях
4	Хорошо	Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения
5	Отлично	Знать, уметь, владеть на <b>системном</b> уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания учебной дисциплины, его значимость в содержании учебной дисциплины

**6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования знаний, умений и владений в процессе освоения образовательной программы.**

**Типовые вопросы и задания для текущего контроля** (оценка сформированности элементов (знаний, умений, навыков) в рамках текущего контроля по дисциплине) по разделам дисциплины

***Примеры вопросов по теме 1***

Сформулируйте технологические принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза

Проведите сопоставление подотраслей технологии органических веществ с точки зрения применения непрерывных процессов

Проведите ранжирование подотраслей технологии органических веществ по мощности единичных установок

Обоснуйте необходимость применения установок большой единичной мощности в нефтехимии и основном органическом синтезе.

Почему качество продукции при непрерывном производстве выше, чем при периодическом?

Почему нецелесообразно применять непрерывные технологии при производстве лекарственных субстанций?

***Примеры вопросов по теме 2***



Что такое Пинч-анализ?

Какие зависимости используются при Пинч-анализе?

Каким образом может использоваться внутренняя энергия технологической системы?

Предложите способы утилизации тепла для химической технологии органических веществ заданной преподавателем.

Что такое внутренняя теплоинтеграция?

Как можно использовать низкопотенциальное тепло жидкофазных процессов?

В каком процессе тепло реакции используется лучше — в жидкофазном алкилировании или в парофазном алкилировании?

***Пример практического задания по теме 2:***

Задание 1. Используя предложенную преподавателем технологическую схему процесса и ее описание проведите анализ возможности утилизации тепла экзотермической реакции в системе разделения или подготовки сырья.

Задание 2. Используя предложенный преподавателем химический процесс синтезируйте технологическую схему и обоснуйте применение теплоинтеграционных процессов.

***Примеры вопросов по теме 3:***

Охарактеризуйте процесс IHiDiC

Почему исключение зон необратимого смешения при ректификации приводит к повышению термодинамической эффективности?

Что такое тепловые насосы и как они применяются при ректификации смесей органических веществ?

Что такое неадиабатическая ректификация?

В ходе выполнения вашей научной работы Вы исследуете конкретный химический или химико-технологический процесс. Охарактеризуйте его с точки зрения возможности использования тепла при промышленной реализации.

Чем отличаются колонны Петлюка от колонн Кайбеля?

Какими основными особенностями характеризуется процесс обратной ректификации?

***Пример практического задания по теме 3:***

Задание 1. Постройте граф технологической схемы ректификации четырехкомпонентной зеотропной смеси и проведите его преобразование с целью получения системы с частично связанными тепловыми и материальными потоками. На каждом из этапов преобразования укажите в технологической схеме зоны необратимого смешения

Задание 2. Оцените возможность применения тепловых насосов при ректификации многокомпонентной зеотропной смеси, заданной преподавателем. Укажите возможные варианты реализации элементов неадиабатической ректификации в технологической схеме.

***Примеры вопросов по теме 4:***

Что такое суперструктура технологической схемы?

Какие виды суперструктур используются в настоящее время?

Нарисуйте STN суперструктуру для технологической схемы, заданной преподавателем.

Нарисуйте суперструктуру ректификации четырехкомпонентной зеотропной смеси, выделите в ней вариативные подсистемы и элементы.

***Пример практического задания по теме 4:***

Предложите STN суперструктуру для технологической схемы, заданной преподавателем и выделите в ней вариативные элементы

Постройте процесс-граф, описывающий все возможные варианты промышленного производства химического соединения, заданного преподавателем. Проведите анализ и обоснуйте выбор лучшего маршрута.

***Примеры вопросов по теме 5***

1. Дать понятие локальных и нелокальных закономерностей структур фазовых диаграмм.

2. Какой набор знаков характеристических корней соответствует особой точке типа устойчивый, неустойчивый узел и седло в пятикомпонентной системе?

3. Какие свойства сепаратрического многообразия размерности 2 и выше характеризуют его как интегральный инвариант Пуанкаре?

4. В чем состоит методика определения топологического индекса и типа особой точки относительно внутреннего пространства концентрационного симплекса.

5. По количеству характеристических корней определить, сколько компонентов содержит система:  $\lambda < 0$   $\lambda < 0$   $\lambda < 0$   $\lambda < 0$ .

6. Какой информации (из перечисленной) недостаточно для определения типа особой точки диаграммы парожидкостного равновесия: а) температуры кипения компонентов и азеотропов; б) направление дистилляционных линий; в) температуры кипения индивидуальных компонентов смеси?

***Пример практического задания по теме 5***

Задание 1. По заданным температурам кипения чистых компонентов и азеотропов построить развертку и полную структуру диаграммы парожидкостного равновесия четырехкомпонентной системы. Определить число областей дистилляции. Нарисовать структуру сепаратрического многообразия (при его наличии).

Задание 2. Решением уравнения баланса топологических индексов особых точек доказать наличие/отсутствие внутреннего азеотропа в четырехкомпонентной системе.

***Примеры вопросов по теме 6***

1. Обосновать возможность использования диаграммы хода дистилляционных линий для синтеза принципиальных схем ректификации.

2. Дать понятие первого, второго, промежуточного четких заданных разделений.

3. Специальные методы разделения, применение которых позволяет

преодолевать термодинамические ограничения фазового равновесия.

4. Перечислить набор физико-химической информации, необходимой для синтеза схем ректификации.

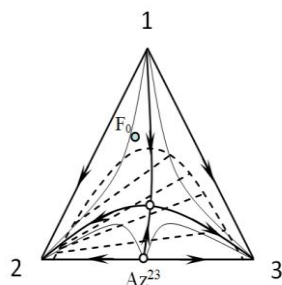
5. Дать краткое изложение алгоритма синтеза принципиальных технологических схем разделения.

6. Проиллюстрировать приемы фракционирования многокомпонентной смеси на составляющие меньшей размерности на конкретной либо модельной смеси.

### ***Пример практического задания по теме 6***

Задание 1. Построением линий материального баланса в диаграмме парожидкостного равновесия тройной смеси с заданными температурами кипения особых точек выделить подобласти ректификации и синтезировать все множество принципиальных схем разделения смесей разного состава.

Задание 2. Для трехкомпонентной системы заданной структуры диаграммы фазового равновесия и точки исходного состава смеси предложить принципиальную схему разделения (содержащую минимально возможное число аппаратов) и определить число свободных переменных, необходимых для решения балансовой задачи.



**Перечень вопросов для подготовки к экзамену** (оценка сформированности элементов (знаний, умений, навыков) в рамках промежуточной аттестации по дисциплине).

1. Химическая технология как наука, основные цели и решаемые задачи  
2. Основные направления развития органического синтеза как отрасли.  
3. Проблемы, стоящие перед отраслью органического синтеза. Общие подходы к созданию ресурсо- и энергосберегающих производств и перспективы их развития.

4. Ключевые принципы, используемые при создании безотходных производств и их классификация.

5. Роль системного подхода в создании безотходных производств.

6. Химические принципы в технологии органических веществ.

7. Проанализируйте заданную технологию и укажите использованные в ней химические принципы технологии органических веществ.

8. Технологические принципы в технологии органических веществ.

9. Проанализируйте заданную технологию и укажите использованные

в ней технологические принципы технологии органических веществ.

10. Термодинамические закономерности химических и фазовых равновесий для реальных многокомпонентных систем. Характеристические функции, химические потенциалы. Понятие активности и коэффициентов активности, методы их расчета и экспериментального определения для реальных газов и жидкостей (растворов).

11. Принципы расчета фазовых и химических равновесий для реальных многокомпонентных систем и сложных реакций.

12. Приведите пример на основании данных вашего исследования и обоснуйте выбор метода расчета фазового и/или химического равновесия.

13. Закон действия масс. Стехиометрический анализ сложных реакций. Степень завершенности реакции.

14. Математическое моделирование фазовых равновесий жидкость-пар, жидкость-жидкость, жидкость-жидкость-пар, жидкость-твердое тело. Явление азеотропии, хемиазеотропии и полиазеотропии.

15. Используя физико-химические данные обоснуйте выбор модели описания фазового равновесия для предложенной бинарной смеси.

16. Анализ статики многофазных реакционных систем с избирательным обменом с внешней средой.

17. Проведите анализ статики заданной многофазной реакционной системы с избирательным обменом с внешней средой

18. Основные понятия термодинамико-топологического анализа структура диаграмм фазового равновесия.

19. Металлокомплексный катализ в промышленном органическом синтезе. Строение комплексов металлов.

20. Природа и механизм основных стадий каталитических реакций с участием металлокомплексов. Особенности кинетики реакций в случае металлокомплексного катализа.

21. Катализаторы и механизм реакции карбонилирования метанола.

22. Катализаторы и механизм реакции процесса оксосинтеза,

23. Катализаторы и механизм реакции процессов окисления олефинов кислородом и гидропероксидами

24. Экспериментальное определение структуры потоков и набор моделей химического реактора. Классификация химических реакторов.

25. Для заданного химического процесса органического синтеза предложите тип реактора и обоснуйте свой выбор.

26. Принцип перераспределения полей концентраций между областями разделения.

27. Для заданной трехкомпонентной смеси азеотропной смеси предложите методы ректификационного разделения используя принцип перераспределения полей концентраций между областями разделения

28. Вопросы выбора экстрагентов, экстрактивных и азеотропных агентов, сорбентов: характеристика их разделяющей способности

29. Сравнительная оценка и выбор методов разделения многокомпонентных смесей, технологических схем разделения и аппаратуры для них.
30. Оптимизация процессов разделения и технологических схем.
31. Предложите алгоритм оптимизации для заданного технологического процесса.
32. Понятие разделительного комплекса функционального действия. Типовые комплексы и схемы переработки и разделения продукта основного органического синтеза.
33. На основе термодинамико-топологического анализа структуры фазовой диаграммы предложите возможные разделительные комплексы функционального действия
34. Сопоставление совмещенных и рециркуляционных вариантов оформления реакционно-массообменных процессов. Общая стратегия исследования и разработки реакционно-массообменных процессов.
35. Влияние процессов массообмена на кинетику гетерогенно-каталитических реакций.
36. Кинетика в условиях кинетической, внешне- и внутреннедиффузионных областей.
37. Роль процессов ректификации в создании наукоемких технологий химических технологий.
38. Понятие локальных закономерностей структур диаграмм фазового равновесия жидкость-пар. Условие реализации особой точки процесса дистилляции.
39. Тип особой точки, его определение по знакам характеристических корней; по ходу дистилляционных линий; по температурам кипения особых точек (азеотропов и компонентов).
40. Концентрационные симплексы и комплексы.
41. Развертки концентрационных симплексов разной размерности.
42. Термодинамические ограничения, накладываемые фазовым равновесием жидкость-пар на процесс ректификационного разделения жидких смесей.
43. Понятие нелокальных закономерностей структур фазовых диаграмм. Уравнение балансов топологических индексов особых точек в форме Л.А. Серафимова.
44. Условия применения топологического индекса Пуанкаре к особым точкам диаграммы (чистые компоненты, азеотропы).
45. Методика синтеза множества возможных схем ректификации смеси заданного состава. Понятие четких заданных разделений (первого, второго, промежуточного).
46. Пути преодоления термодинамических ограничений фазового равновесия.
47. Основные критерии выбора оптимальных технологических схем ректификации

### 6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

Процедуры и средства оценивания элементов знаний, умений и владений по дисциплине «Технология органических веществ»

Процедура проведения	Средство оценивания				
	Текущий контроль				Промежуточный контроль
	Выполнение устных заданий	Выполнение письменных заданий	Выполнение практических заданий	Выполнение тестовых заданий	Экзамен
Продолжительность контроля	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	В соответствии с принятыми нормами времени
Форма проведения контроля	Устный опрос	Письменный опрос	Письменный опрос	Письменный опрос	В письменной форме
Вид проверочного задания	Устные вопросы	Письменные задания	Практические задания	Письменный опрос	Экзаменационный билет
Форма отчета	Устные ответы	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме
Раздаточный материал	Нет	Справочная литература	Справочная литература	Справочная литература	Справочная литература

## 7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина «Технология органических веществ» предусматривает лекции и практические занятия. Успешное изучение дисциплины требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях, выполнения учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на практическое занятие и указания на самостоятельную работу.

При подготовке к лекционным занятиям аспирантам необходимо: перед очередной лекцией необходимо просмотреть конспект материала предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях.

Практические занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности аспирантов по изучаемой дисциплине.

При подготовке к практическому занятию аспиранты имеют возможность

воспользоваться консультациями преподавателя.

При подготовке к практическим занятиям аспирантам необходимо:

приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию;

до очередного практического занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия;

в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения;

в ходе семинара давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов; на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

Аспирантам, пропустившим занятия (независимо от причин), не имеющие письменного решения задач или не подготовившиеся к данному практическому занятию, рекомендуется не позже чем в 2-недельный срок явиться на консультацию к преподавателю и отчитаться по теме, изучавшейся на занятии. Аспиранты, не отчитавшиеся по каждой не проработанной ими на занятиях теме к началу экзаменационной сессии не допускаются к экзамену.

## **8. Ресурсное обеспечение дисциплины**

### **8.1. Основная и дополнительная учебная литература, необходимая для освоения дисциплины**

#### **а) основная литература**

1. Захаров М.К. Процессы и аппараты химической технологии. Теории и способы энергосбережения в ректификации / учебное пособие для вузов – СПб.: Лань, 2024 – 228 с.

2. А.В. Фролкова, А.К. Фролкова. Физико-химические основы процессов разделения (учебное пособие). — М.: РТУ МИРЭА, 2021. — 80 с.

3. Челюскина Т. В. Методология химической технологии. Часть 1. Учебное пособие: в 2 ч. – М.: РТУ МИРЭА. 2020 .— 69 с.

4. Челюскина Т. В. Методология химической технологии. Часть 2. Учебное пособие: в 2 ч. / М.: РТУ МИРЭА, 2021 .— 65 с.

5. Копылова Е.В., Хомутова Е.Г. Технология разработки нормативно-технической документации. [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие – М.: МИРЭА–Российский технологический университет, 2023. 175с.

#### **б) дополнительная литература**

1. Фролкова А.К., Фролкова А.В., Раева В.М., Жучков В.И. Особенности ректификационного разделения многокомпонентных смесей. // Тонкие химические технологии. 2022. Том 17, № 2. С. 87-106.

2. А.К. Фролкова, Л.А. Серафимов, А.В. Фролкова. Термодинамико-топологический анализ фазовых диаграмм и его роль в синтезе схем разделения.

— М.: МИРЭА, 2018. — 64 с.

3. Гаганов И.С., Фролкова А.В., Фролкова А.К. Исследование влияния давления на относительную летучесть компонентов в процессе ректификации смесей разной природы // Теоретические основы химической технологии. 2023. Т. 57. № 6. С. 668-680.

4. Клаузнер П.С., Рудаков Д.Г., Анохина Е.А., Тимошенко А.В. Применение схем неадиабатической экстрактивной ректификации с предварительным отделением азеотропообразующих компонентов для разделения смеси ацетон-толуол-*n*-бутанол // Тонкие химические технологии. 2023. Том 18, №2. С. 83-97.

5. Клаузнер П.С., Рудаков Д.Г., Анохина Е.А., Тимошенко А.В. Оценка энергетической эффективности схем неадиабатической ректификации смеси ацетон-толуол-*n*-бутанол с использованием экстрактивного агента в первой колонне // Тонкие химические технологии. 2023. Том 18, №1. С. 7-20.

6. Решетов С.А. Предсинтез схем ректификации многокомпонентных полиазеотропных смесей. – М.: Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2014. — 190 с.

7. Тимофеев В.С., Серафимов Л.А., Тимошенко А.В. Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза / Учебное пособие. — М.: Высшая школа, 2010. — 536 с.

## **8.2. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимые для освоения дисциплины**

1. <http://library.mirea.ru/>

научно-техническая библиотека РТУ МИРЭА

2. <https://e.lanbook.com/>

электронно-библиотечная системы (ЭБС) Издательства «Лань»

**8.3. Информационные технологии**, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем:

- пакет офисных программ Microsoft Office;
- пакет программ GIBBS, МиРПиА, DWSIM

**8.4. Материально-техническая база**, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

- учебная аудитория;
- компьютерный класс.