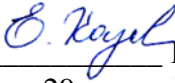


**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
**«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**ТОБОЛЬСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ (филиал)**

**УТВЕРЖДАЮ:**  
Заместитель директора по УМР

  
\_\_\_\_\_ Е. В. Казакова  
«29» августа 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины: Химические реакторы  
направление подготовки: 18.03.01 Химическая технология  
направленность (профиль) : Химическая технология органических веществ  
форма обучения: очная, заочная

Рабочая программа разработана для обучающихся по направлению подготовки 18.03.01  
Химическая технология, направленность «Химическая технология органических веществ».

Рабочая программа рассмотрена  
на заседании кафедры естественнонаучных и гуманитарных дисциплин.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С. А. Татьяненко



Рабочую программу разработал:

Н.И. Лосева, доцент кафедры  
естественнонаучных и гуманитарных дисциплин,  
кандидат химических наук, доцент



## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины: изучение основных закономерностей, принципов работы химических реакторов, основных методов повышения эффективности их использования в технологии нефтехимического синтеза.

Задачи дисциплины:

- изучение основных закономерностей протекания процессов в химических реакторах, основных примеров термодинамических расчетов химико-технологических процессов и использования законов химической кинетики при выборе технологического режима;
- формирование навыков составления материального баланса и математического моделирования химических реакторов в зависимости от стационарности процесса и гидродинамики потока.

## 2. Место дисциплины/модуля в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Химические реакторы» относится к части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются;

- знания по дисциплинам: «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Химия нефти и газа», «Процессы и аппараты химической технологии», «Теоретические основы технологических процессов переработки нефти и газа »;

- умение эксплуатировать основное и вспомогательное технологическое оборудование основных процессов нефтехимического синтеза, обосновывать выбор технологических параметров и оборудования для осуществления основных процессов нефтехимического синтеза;

- владение навыками контроля качества сырья и производимой продукции основных процессов нефтехимического синтеза, навыками предупреждения и устранения неисправностей в работе технологического оборудования основных процессов нефтехимического синтеза.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин «Процессы и аппараты химической технологии» и служит основой для прохождения преддипломной практики, а также выполнения и защиты выпускной квалификационной работы. В процессе изучения дисциплины формируются основные компетенции, направленные на овладение культурой инженерного мышления, способностью к анализу и синтезу.

## 3. Результаты обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Таблица 3.1

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК) <sup>1</sup>	Код и наименование результата обучения по дисциплине
ПКС-1 Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и контролировать эксплуатацию технологических объектов	ПКС-1.1 Осуществляет управление технологическим процессом; проводит сверку сходимости баланса потребляемого сырья и выработки товарной продукции; рассчитывает планируемую потребность реагентов, материалов для выполнения производственных заданий; эффективно и безопасно эксплуатирует оборудование; осуществляет входной и выходной контроль над сырьем и продукцией технологического объекта; пользуется производственно-технологической и	Знать: промышленное значение химических реакторов, условия проведения конкретного химического процесса и его аппаратное оформление (31);
		Знать: производственно-технологическую и нормативную документацию, отечественный и зарубежный опыт по химическим реакторам (32);
		Уметь: определять факторы, влияю-

	нормативной документацией	<p>щие на процесс работы и эффективности химического реактора (У1);</p> <p>Владеть: навыками составления материального баланса химического реактора (В1);</p>
	ПКС-1.2. Выявляет неисправности или отклонения от нормы в работе оборудования, причины этих неисправностей; предупреждает и устраняет нарушения хода производственного процесса; обеспечивает подготовку технологического оборудования к проверке и ремонту	<p>Знать: конструктивные особенности основных типов реакционных устройств (З3);</p> <p>Уметь: определять параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе (У2);</p> <p>Владеть: методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы химических реакторов (В2)</p>
	ПКС-1.3. Применяет меры по устранению причин, вызывающих отклонение от норм технологического регламента; подготавливает предложения по разработке мероприятий по совершенствованию технологических процессов, повышающих качество	<p>Знать: причины, вызывающие отклонения в работе химических реакторов (З4);</p> <p>Уметь: применять меры по устранению причин, вызывающих отклонения от нормальной работы химических реакторов (У3);</p>
		<p>Владеть: навыками разработки мероприятий по модернизации и интенсификации работы химических реакторов (В3)</p>
ПКС-2 Способен осуществлять контроль качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции	ПКС-2.1. Контролирует состояние лабораторного оборудования, обеспечивает достоверность, объективность и точность результатов испытаний	<p>Знать: модели идеальных реакционных устройств, параметры их работы (З5);</p>
		<p>Уметь: контролировать ход технологического процесса (У4);</p>
		<p>Владеть: методами интерпретации полученных результатов лабораторного эксперимента с моделями реакционных аппаратов (В4)</p>
	ПКС-2.2. Анализирует результаты аналитического контроля качества нефти, причины отклонения качества продукции	<p>Знать: требования к качеству сырья многотоннажных нефтехимических производств (З6);</p>
		<p>Уметь: проводить аналитический контроль нефтяного сырья для конкретных многотоннажных производств (У5);</p>
		<p>Владеть: навыками определения причин, вызывающих отклонения по качеству нефтяного сырья для многотоннажных производств (В5)</p>
ПКС-2.3. Принимает решения по изменению технологического режима объектов, воздействию на технологический процесс	<p>Знать: технологические параметры нормального режима многотоннажных нефтехимических производств (З7);</p>	
	<p>Уметь: принимать решения по изменению технологического режима работы химических реакторов (У6);</p>	

		Владеть: методами определения технологических показателей процесса (B6)
--	--	---

#### 4. Объем дисциплины

Общий объем дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов.

Таблица 4.1.

Форма обучения	Курс / семестр	Аудиторные занятия/контактная работа, час.			Самостоятельная работа, час.	Контроль, час.	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			
очная	4/7	16	32	-	33	27	экзамен
заочная	5/9	6	12	-	81	9	экзамен

#### 5. Структура и содержание дисциплины

##### 5.1. Структура дисциплины

##### очная форма обучения (ОФО)

Таблица 5.1.1

п/п	Структура дисциплины		Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Всего, час.	Код ИДК	Оценочные средства <sup>1</sup>
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.				
1.	1	Общие закономерности химических процессов, протекающих в химических реакторах. Реакторы основных производств Тобольской промышленной площадки	2	4	-	5	11	ПКС-1.1 ПКС-1.2 ПКС-1.3 ПКС-2.1 ПКС-2.2 ПКС-2.3	устный опрос
2	2	Гомогенные химические процессы. Кинетические и термодинамические закономерности	4	6	-	6	16	ПКС-1.1 ПКС-1.2 ПКС-1.3 ПКС-2.1 ПКС-2.2 ПКС-2.3	решение практических заданий, тест № 1
3	3	Гетерогенные химические процессы и реакторы	4	6	-	6	16	ПКС-1.1 ПКС-1.2 ПКС-1.3 ПКС-2.1 ПКС-2.2 ПКС-2.3	решение практических заданий,
4	4	Математическое моделирование химических реакторов	2	6	-	6	14	ПКС-1.1 ПКС-1.2 ПКС-1.3 ПКС-2.1 ПКС-2.2 ПКС-2.3	решение практических заданий, тест № 2
5	5	Каскад реакторов идеального смешения непрерывного	2	6	-	6	14	ПКС-1.1 ПКС-1.2	решение практических

		действия						ПКС-1.3 ПКС-2.1 ПКС-2.2 ПКС-2.3	заданий
6	6	Реальные химические реакторы	2	4	-	4	10	ПКС-1.1 ПКС-1.2 ПКС-1.3 ПКС-2.1 ПКС-2.2 ПКС-2.3	решение практических заданий, тест № 3
7	1-6	Экзамен		-	-	27	27	ПКС-1.1 ПКС-1.2 ПКС-1.3 ПКС-2.1 ПКС-2.2 ПКС-2.3	Итоговый тест
		Итого	16	32	-	60	108		

### заочная форма обучения (ЗФО)

Таблица 5.1.2

п/п	Структура дисциплины		Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Всего, час.	Код ИДК	Оценочные средства <sup>1</sup>
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.				
1.	1	Общие закономерности химических процессов, протекающих в химических реакторах. Реакторы основных производств Тобольской промышленной площадки	1	2	-	20	23	ПКС-1.1 ПКС-1.2 ПКС-1.3 ПКС-2.1 ПКС-2.2 ПКС-2.3	устный опрос
2.	2	Гомогенные химические процессы. Кинетические и термодинамические закономерности	1	2	-	15	18	ПКС-1.1 ПКС-1.2 ПКС-1.3 ПКС-2.1 ПКС-2.2 ПКС-2.3	решение практических заданий
3	3	Гетерогенные химические процессы и реакторы	1	2	-	15	18	ПКС-1.1 ПКС-1.2 ПКС-1.3 ПКС-2.1 ПКС-2.2 ПКС-2.3	решение практических заданий
4	4	Математическое моделирование химических реакторов	1	2	-	11	14	ПКС-1.1 ПКС-1.2 ПКС-1.3 ПКС-2.1 ПКС-2.2 ПКС-2.3	решение практических заданий,
5	5	Каскад реакторов идеального смешения непрерывного действия	1	2	-	10	13	ПКС-1.1 ПКС-1.2 ПКС-1.3 ПКС-2.1 ПКС-2.2 ПКС-2.3	решение практических заданий
6	6	Реальные химические	1	2	-	10	13	ПКС-1.1	решение

		реакторы						ПКС-1.2 ПКС-1.3 ПКС-2.1 ПКС-2.2 ПКС-2.3	практических заданий
8	1-6	Экзамен				9	9	ПКС-1.1 ПКС-1.2 ПКС-1.3 ПКС-2.1 ПКС-2.2 ПКС-2.3	Итоговый тест, контрольная работа
		Итого	6	12	-	90	108		

**очно-заочная форма обучения (ОЗФО) - не предусмотрена.**

5.2. Содержание дисциплины.

5.2.1. Содержание разделов дисциплины (дидактические единицы).

**Раздел 1. Общие закономерности химических процессов, протекающих в химических реакторах. Реакторы основных производств Тобольской промышленной площадки.** Определение уровня химического процесса и химического реактора в иерархической структуре химического производства. Качественные и количественные критерии оценки эффективности химического процесса, протекающего в аппарате. Реакторы газодиффузионного, дегидрирования, полимеризации, пиролиза: влияние условий проведения процесса на степень превращения сырья, выход продукта.

**Раздел 2. Гомогенные химические процессы. Кинетические и термодинамические закономерности.** Кинетические и термодинамические закономерности химических процессов. Влияние условий проведения процесса на степень превращения сырья, выход продукта. Пути и способы интенсификации гомогенных процессов. Понятие оптимальных температур для обратимых и необратимых химических процессов. Оборудование для проведения гомогенных процессов. Реакторы полимеризации пропилена.

**Раздел 3. Гетерогенные химические процессы и реакторы.** Понятие, основные особенности и стадии гетерогенного процесса. Наблюдаемая скорость химического превращения. Влияние внешних условий протекания процесса на скорость превращения. Лимитирующая стадия и способы её определения. Области протекания гетерогенных процессов. Гетерогенный некаталитический процесс в системе «газ – твердое тело». Кинетические модели. Математическое описание. Уравнения для определения наблюдаемой скорости превращения. Пути интенсификации процесса. Типы реакторов для проведения процессов в системе «газ - твердое тело».

Гетерогенный некаталитический процесс в системе «газ-жидкость». Кинетические модели. Математическое описание. Уравнения для определения наблюдаемой скорости превращения. Пути интенсификации процесса. Типы реакторов для проведения процессов в системе «газ - жидкость».

**Раздел 4. Математическое моделирование химических реакторов.** Построение математических моделей химических реакторов с идеальной гидродинамикой потоков, работающих в изотермическом режиме. Материальный баланс реакторов в зависимости от стационарности процесса и гидродинамики потока: реактора идеального смешения непрерывного дей-

ствия, реактора идеального смешения периодического действия и реактора идеального вытеснения.

**Раздел 5. Каскад реакторов идеального смешения непрерывного действия.** Каскад реакторов идеального смешения непрерывного действия: характеристика, назначение, уравнение материального баланса. Методики расчета объема реакторов непрерывного и периодического действия. Учет изменения объема реакционной массы при расчете реакторов. Сравнение эффективности работы реакторов, отписываемых различными моделями.

**Раздел 6. Реальные химические реакторы.** Реальные химические реакторы. Причины отклонения от идеальности. Модели реальных реакторов. Функции распределения времени пребывания в проточных реакторах.

### 5.2.2. Содержание дисциплины по видам учебных занятий.

#### Лекционные занятия

Таблица 5.2.1

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.			Тема лекции
		ОФО	ЗФО	ОЗФО	
1.	1	2	1	-	Общие закономерности химических процессов, протекающих в химических реакторах. Реакторы основных производств Тобольской промышленной площадки
2.	2	4	1	-	Гомогенные химические процессы. Кинетические и термодинамические закономерности
3.	3	4	1	-	Гетерогенные химические процессы и реакторы
4.	4	2	1	-	Математическое моделирование химических реакторов
5.	5	2	1	-	Каскад реакторов идеального смешения непрерывного действия
6.	6	2	1	-	Реальные химические реакторы
Итого:		16	6	-	

#### Практические занятия

Таблица 5.2.2

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.			Тема практического занятия
		ОФО	ЗФО	ОЗФО	
1	1	4	2	-	Общие закономерности химических процессов, протекающих в химических реакторах. Реакторы основных производств Тобольской промышленной площадки
2	2	6	2	-	Гомогенные химические процессы. Кинетические и термодинамические закономерности
3	3	6	2	-	Гетерогенные химические процессы и реакторы
4	4	6	2	-	Математическое моделирование химических реакторов
5	5	6	2	-	Каскад реакторов идеального смешения непрерывного действия
6	6	4	2	-	Реальные химические реакторы
Итого:		32	6	-	



## Лабораторные работы

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены.

## Самостоятельная работа студента

Таблица 5.2.3

п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.			Тема	Вид СРС
		ОФО	ЗФО	ОЗФО		
1.	1	5	12	-	Общие закономерности химических процессов, протекающих в химических реакторах. Реакторы основных производств Тобольской промышленной площадки	подготовка к практическим занятиям
2.	2	6	12	-	Гомогенные химические процессы. Кинетические и термодинамические закономерности	подготовка к практическим занятиям
3.	3	6	12	-	Гетерогенные химические процессы и реакторы	подготовка к практическим занятиям
4.	4	6	12	-	Математическое моделирование химических реакторов	подготовка к практическим занятиям
5.	5	6	12	-	Каскад реакторов идеального смешения непрерывного действия	подготовка к практическим занятиям
6.	6	4	11	-	Реальные химические реакторы	подготовка к практическим занятиям
7.	1-6	-	10	-	Контрольная работа	выполнение контрольной работы
8.	Экзамен	27	9	-	Подготовка к экзамену	Подготовка к итоговому тестированию
Итого:		60	90	-		

5.2.3. Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- визуализация учебного материала в PowerPoint в диалоговом режиме (лекционные занятия);
- работа в малых группах (практические занятия).

## 6. Тематика курсовых работ/проектов

Курсовые работы/проекты учебным планом не предусмотрены.

## 7. Контрольные работы

7.1. Методические указания для выполнения контрольных работ.

Основной формой учебы обучающегося на заочной форме является самостоятельная работа с рекомендуемой литературой. По дисциплине «Химические реакторы» контрольная работа для обучающихся заочной формы предусмотрена в 9 семестре. Приступая к изучению

дисциплины, целесообразно вначале ознакомиться с программой и изучить весь материал, включенный в программу по учебнику. Для основательного освоения материала рекомендуется конспектировать отдельные положения, формулировки, выводы. В каждом варианте контрольной работы предусмотрено выполнение четырёх теоретических заданий и решение практической задачи.

В соответствии с учебным планом, до вызова на сессию студенты должны выполнить контрольную работу.

Оформление контрольной работы должно отвечать следующим требованиям:

- работа должна быть написана в тетради (объемом 12 или 18 листов) или на листах формата А – 4 разборчиво и аккуратно;
- следует писать номер задания, полностью его содержание, а затем – ответ;
- обязательно записывается формулировка задания, а затем ответ или решение задачи;
- ответы на вопросы, уравнения реакций записываются полностью. Произвольные сокращения не допускаются, таблицы и рисунки оформляются в соответствии с требованиями, предъявляемыми к оформлению. Должны быть приведены уравнения химических реакций и сведения об их механизме;
- ответы должны быть обстоятельными, недопустимы односложные ответы и ответы, не имеющие прямого отношения к поставленному вопросу;
- в конце контрольной работы студент должен привести список литературы, использованной им при ее выполнении;
- на обложке тетради или титульном листе студент указывает фамилию, имя и отчество, вариант контрольной работы (номер варианта должен совпадать с порядковым номером студента в списке академической группы).

Работа, выполненная по иному варианту, а также работа с визой «на доработку», возвращаются студенту для внесения исправлений и дополнений.

Трудоемкость контрольной работы в составе самостоятельной работы – 10 часов.

## 7.2. Тематика контрольной работы.

Пример варианта контрольной работы

1. В реакторе идеального смешения периодического действия объемом  $5 \text{ м}^3$  проводится изотермическая реакция, описываемая уравнением  $2A \rightarrow P$ . Скорость реакции выражается кинетическим уравнением:  $r_A = kC^2A$ . Константа скорости реакции  $k = 0.8 \text{ м}^3/\text{кмоль} \cdot \text{ч}$ . Начальная концентрация реагента  $C_{A,0} = 11 \text{ кмоль}/\text{м}^3$ . Вспомогательное время (загрузка и выгрузка продукта) составляет 30 мин, степень заполнения реактора  $\alpha = 0.8$ . Определить время, необходимое для достижения степени превращения  $x_A = 0.9$ . Рассчитать производительность и интенсивность работы реактора по реагенту А. Считать, что процесс протекает без изменения объема смеси.
2. Сравнить объемы единичного реактора идеального смешения, каскада, состоящего из  $n$  реакторов идеального смешения объемом  $0.1V_{\text{рис-н}}$  каждый, и реактора идеального вытеснения при проведении жидкофазного процесса, описываемого реакцией  $2A \rightarrow R$ , с константой скорости реакции, равной  $0.6 \text{ м}^3/\text{кмоль} \cdot \text{мин}$ . Степень превращения вещества А составляет 80%, объемный расход вещества А с концентрацией  $24 \text{ кмоль}/\text{м}^3$  —  $2.8 \text{ м}^3/\text{ч}$ .
3. Процесс  $2A \rightarrow R$  с константой скорости  $0.24 \text{ л}/(\text{моль} \cdot \text{мин})$  проводится в реакторе вытеснения. Исходная концентрация вещества А составляет  $1.8 \text{ кмоль}/\text{м}^3$ . Объем РИВ  $0.8 \text{ м}^3$ . Объемный расход вещества А равен  $1.8 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Определить производительность реактора по продукту R.
4. Определите степени превращения реагентов А и В на выходе из проточного реактора идеального смешения объемом  $0.5 \text{ м}^3$  при проведении реакции  $A + B \rightarrow R + S$ , если начальные концентрации реагентов  $C_{A,0} = 1.2 \text{ кмоль}/\text{м}^3$ ,  $C_{B,0} = 1.6 \text{ кмоль}/\text{м}^3$ , объемный расход  $5 \text{ м}^3/\text{ч}$ , константа скорости реакции  $12 \text{ м}^3/\text{кмоль} \cdot \text{ч}$ . Решение выполнить аналитически и графически.
5. Реакция гидролиза уксусного ангидрида  $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COOH}$  проводится в большом избытке воды, поэтому скорость ее можно представить уравнением первого порядка.

Объемный расход реагентов равен 20 л/мин. Константа скорости реакции  $k = 0.38 \text{ мин}^{-1}$ . Степень превращения ангидрида составляет 0.9. Определить необходимые объемы проточных реакторов идеального смешения и идеального вытеснения.

6. В каскаде РИС, состоящем из 4 ступеней, объемом по  $0.18 \text{ м}^3$  каждая, проводится реакция первого порядка  $A \rightarrow B$ .  $C_{A,0} = 0.2 \text{ кмоль/м}^3$ , объемный расход  $0.5 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; константа скорости  $0.8 \text{ ч}^{-1}$ . Определить степень превращения.

7. Рассчитать концентрацию этилацетата на выходе из реактора идеального смешения и степень его превращения.  $0.0121 \text{ н.}$  раствор этилацетата и  $0.0462 \text{ н.}$  раствор едкого натра подают со скоростью соответственно  $3.12$  и  $3.14 \text{ л/с}$ . Реакция гидролиза является реакцией второго порядка. Константа скорости  $k = 0.11 \text{ м}^3/(\text{моль} \cdot \text{с})$ . Считать реакцию в данных условиях необратимой. Объем реактора  $1 \text{ м}^3$ .

8. Твердые частицы размером  $6.35 \text{ мм}$  реагируют с газом постоянного состава и за  $300 \text{ с}$  превращаются в целевой продукт на  $87.5\%$ . В процессе реакции размер частиц остается неизменным. Гетерогенный процесс лимитируется химической реакцией. Рассчитайте время пребывания твердого вещества в реакторе с псевдооживленным слоем для достижения той же степени превращения, если при тех же условиях исходный твердый реагент представляет собой смесь частиц размером  $3.175$  и  $1.588 \text{ мм}$  в равных массовых долях.

## 8. Оценка результатов освоения дисциплины

8.1. Критерии оценивания степени полноты и качества освоения компетенций в соответствии с планируемыми результатами обучения приведены в Приложении 1.

Оценка освоения дисциплины «Химические реакторы» предусматривает использование рейтинговой системы. Нормативный рейтинг дисциплины за семестр составляет 100 баллов. По итогам семестра баллы рейтинга переводятся в пятибалльную систему по следующей шкале:

91-100 баллов – «отлично»;

76-90 балла – «хорошо»;

61-75 баллов – «удовлетворительно»;

60 баллов и менее – «неудовлетворительно».

8.2. Рейтинговая система оценивания степени полноты и качества освоения компетенций обучающихся очной формы обучения представлена в таблице 8.1.

Таблица 8.1

№ п/п	Виды мероприятий в рамках текущего контроля	Количество баллов
1 текущая аттестация		
1.	Работа на практических занятиях	0–20
2.	Тестирование	0–10
	ИТОГО за первую текущую аттестацию	0-30
2 текущая аттестация		
1.	Работа на практических занятиях	0–20
2.	Тестирование	0–10
	ИТОГО за вторую текущую аттестацию	0-30
3 текущая аттестация		
1.	Работа на практических занятиях	0–20
3	Итоговое тестирование	0-20

	ИТОГО за третью текущую аттестацию	0-40
	<b>ВСЕГО</b>	<b>0-100</b>

8.3. Рейтинговая система оценивания степени полноты и качества освоения компетенций обучающихся заочной формы обучения представлена в таблице 8.2.

Таблица 8.2

№ п/п	Виды мероприятий в рамках текущего контроля	Количество баллов
1.	Выполнение контрольной работы	0-21
2.	Работа на практических занятиях	0-30
3.	Итоговое тестирование	0-49
	<b>ВСЕГО</b>	<b>0-100</b>

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

9.1. Перечень рекомендуемой литературы представлен в Приложении 2.

9.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.

1. Электронный каталог/Электронная библиотека ТИУ – <http://webirbis.tsogu.ru/>
2. Электронная нефтегазовая библиотека РГУ нефти и газа им. Губкина (Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина) – <http://elib.gubkin.ru/>
3. Электронная библиотека УГНТУ (Уфимский государственный нефтяной технический университет) – <http://bibl.rusoil.net>
4. Электронная библиотека УГТУ (Ухтинский государственный технический университет) – <http://lib.ugtu.net/books>
5. Научная электронная библиотека ELIBRARY.RU – <http://www.elibrary.ru>
6. Электронно-библиотечная система «Лань» – <https://e.lanbook.com>
7. Электронная библиотека ЮРАЙТ – <https://urait.ru/>
8. Система поддержки дистанционного обучения - <https://educon2.tyuiu.ru/>

9.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в т.ч. отечественного производства:

- MS Office (Microsoft Office Professional Plus);
- MS Windows;
- Zoom (бесплатная версия).

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения для проведения всех видов работы, предусмотренных учебным планом, укомплектованы необходимым оборудованием и техническими средствами обучения.

Таблица 10.1

№ п/п	Наименование учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практики, иных видов учебной деятельности, предусмотренных учебным планом образовательной программы	Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий и используемого программного обеспечения	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом (в случае реализации образовательной программы в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор)
1	2	3	4
	Химические реакторы	<p>Лекционные занятия: Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа; групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащенность: Учебная мебель: столы, стулья, доска аудиторная. Компьютер в комплекте, проектор, проекционный экран. Программное обеспечение: Microsoft Office Professional Plus, Microsoft Windows, Zoom (бесплатная версия), свободно распространяемое ПО</p> <p>Практические занятия: Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа (практические занятия); групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации, Учебная лаборатория. Оснащенность: Учебная мебель: столы, стулья, доска аудиторная. Адаптер №1, 2 шт, Адаптер №3, 4 шт.</p>	<p>626158, Тюменская область, г. Тобольск, Зона ВУЗов, №5, корп. 1</p> <p>626158, Тюменская область, г. Тобольск, Зона ВУЗов, №5, корп. 1</p>

## 11. Методические указания по организации СРС

### 11.1. Методические указания по подготовке к практическим занятиям

Практические занятия на протяжении изучения курса являются одной из основных форм аудиторной работы. Основная задача практических занятий заключается в том, чтобы расширить и углубить знания обучающихся, полученные ими на лекциях и в результате самостоятельной работы с учебниками и учебными пособиями, научной и научно-популярной литературой. На практических занятиях обучающиеся выполняют задания практического характера. Занятия дают возможность осуществлять контроль за самостоятельной работой обучающихся, глубиной и прочностью их знаний.

Практические занятия организуются с использованием различных методов обучения, включая интерактивные (работа в малых группах, решение практических заданий). В процессе

подготовки к практическим занятиям обучающиеся могут прибегать к консультациям преподавателя.

На практических занятиях подробно рассматривается основной теоретический материал дисциплины. К каждому практическому занятию следует проработать лекционный материал по теме или по учебнику.

Подготовка к каждому практическому занятию включает запоминание определений основных терминов, проработку вопросов на данную тему.

В процессе подготовки к практическим занятиям необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому освоению изучаемого материала.

## 11.2. Методические указания по организации самостоятельной работы

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся представляет собой логическое продолжение аудиторных занятий. Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется обучающимися по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия. Затраты времени на выполнение этой работы регламентируются рабочим учебным планом. Режим работы выбирает сам обучающийся в зависимости от своих способностей и конкретных условий.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений обучающихся.

Самостоятельная работа включает в себя работу с конспектом лекций, изучение и конспектирование рекомендуемой литературы, подготовку к лабораторным работам, отчетов по лабораторным работам, тестированию и др. Обучающиеся должны понимать содержание выполненной работы (знать определения понятий, уметь разъяснить значение и смысл любого термина, химической реакции).

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся может осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине и внеаудиторную самостоятельную работу обучающихся по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Самостоятельная работа с преподавателем включает в себя индивидуальные консультации обучающихся в течение семестра.

Самостоятельная работа с группой включает проведение текущих консультаций перед промежуточными видами контроля или итоговой аттестации.

Самостоятельная работа обучающегося без преподавателя включает в себя подготовку к различным видам контрольных испытаний, подготовку и написание самостоятельных видов работ.

Перед выполнением внеаудиторной самостоятельной работы обучающийся должен внимательно выслушать инструктаж преподавателя по выполнению задания, который включает определение цели задания, его содержание, сроки выполнения, ориентировочный объем работы, основные требования к результатам работы, критерии оценки. В процессе инструктажа преподаватель предупреждает обучающихся о возможных типичных ошибках, встречающихся при выполнении задания. В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся используются аудиторные занятия, аттестационные мероприятия, самоотчеты.

Критериями оценки результатов внеаудиторной самостоятельной работы обучающегося являются: уровень освоения обучающимся учебного материала; умение обучающегося использовать теоретические знания при выполнении практических заданий; обоснованность и четкость изложения ответа; оформление материала в соответствии с требованиями.

### Планируемые результаты обучения для формирования компетенции и критерии их оценивания

Дисциплина: Химические реакторы

Код, направление подготовки: 18.03.01 Химическая технология

Направленность: Химическая технология органических веществ

Код компетенции	Код, наименование ИДК	Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения			
			1-2	3	4	5
ПКС-1 Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и контролировать эксплуатацию технологических объектов	ПКС-1.1 Осуществляет управление технологическим процессом; проводит сверку сходимости баланса потребляемого сырья и выработки товарной продукции; рассчитывает планируемую потребность реагентов, материалов для выполнения производственных заданий; эффективно и безопасно эксплуатирует	Знать: промышленное значение химических реакторов, условия проведения конкретного химического процесса и его аппаратурное оформление (31);	не знает промышленное значение химических реакторов, условия проведения конкретного химического процесса и его аппаратурное оформление	демонстрирует неполные знания промышленного значения химических реакторов, условия проведения конкретного химического процесса и его аппаратурное оформление	хорошо знает промышленное значение химических реакторов, условия проведения конкретного химического процесса и его аппаратурное оформление	отлично знает промышленное значение химических реакторов, условия проведения конкретного химического процесса и его аппаратурное оформление
		Знать: производственно-технологическую и нормативную документацию, отечественный и зарубежный опыт по химическим реакторам (32);	не знает производственно-технологическую и нормативную документацию, отечественный и зарубежный опыт по химическим реакторам	частично знает производственно-технологическую и нормативную документацию, отечественный и зарубежный опыт по химическим реакторам	хорошо знает производственно-технологическую и нормативную документацию, отечественный и зарубежный опыт по химическим реакторам	отлично знает производственно-технологическую и нормативную документацию, отечественный и зарубежный опыт по химическим реакторам



оборудование; осуществляет входной и выходной контроль над сырьем и продукцией технологического объекта; пользуется производственно-технологической и нормативной документацией	Уметь: определять факторы, влияющие на процесс работы и эффективности химического реактора (У1);	не умеет определять факторы, влияющие на процесс работы и эффективности химического реактора	может определять факторы, влияющие на процесс работы и эффективности химического реактора	уверенно определяет факторы, влияющие на процесс работы и эффективности химического реактора	свободно определяет факторы, влияющие на процесс работы и эффективности химического реактора
	Владеть: навыками составления материального баланса химического реактора (В1);	не владеет навыками составления материального баланса химического реактора	не в полной мере владеет навыками составления материального баланса химического реактора	достаточно уверенно владеет навыками составления материального баланса химического реактора	отлично владеет навыками составления материального баланса химического реактора
ПКС-1.2. Выявляет неисправности или отклонения от нормы в работе оборудования, причины этих неисправностей; предупреждает и устраняет нарушения хода производственного процесса; обеспечивает подготовку технологического оборудования к проверке и ремонту	Знать: конструктивные особенности основных типов реакционных устройств (З3);	не знает конструктивные особенности основных типов реакционных устройств	частично демонстрирует знания конструктивных особенностей основных типов реакционных устройств	демонстрирует хорошие знания конструктивных особенностей основных типов реакционных устройств	отлично знает конструктивные особенности основных типов реакционных устройств
	Уметь: определять параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе (У2);	не умеет определять параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе	частично умеет определять параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе	хорошо умеет определять параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе	отлично умеет определять параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе
	Владеть: методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы химических реакторов (В2)	не владеет методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы химических реакторов	владеет методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы химических реакторов	уверенно владеет методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы химических реакторов	свободно владеет методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы химических реакторов

	<p>ПКС-1.3. Применяет меры по устранению причин, вызывающих отклонение от норм технологического регламента; подготавливает предложения по разработке мероприятий по совершенствованию технологических процессов, повышающих качество</p>	<p>Знать: причины, вызывающие отклонения в работе химических реакторов (34);</p>	<p>не знает причины, вызывающие отклонения в работе химических реакторов</p>	<p>частично знает причины, вызывающие отклонения в работе химических реакторов</p>	<p>хорошо знает причины, вызывающие отклонения в работе химических реакторов</p>	<p>отлично знает причины, вызывающие отклонения в работе химических реакторов</p>
		<p>Уметь: применять меры по устранению причин, вызывающих отклонения от нормальной работы химических реакторов (У3);</p>	<p>не умеет применять меры по устранению причин, вызывающих отклонения от нормальной работы химических реакторов</p>	<p>не в полной мере применяет меры по устранению причин, вызывающих отклонения от нормальной работы химических реакторов</p>	<p>хорошо умеет применять меры по устранению причин, вызывающих отклонения от нормальной работы химических реакторов</p>	<p>свободно применяет меры по устранению причин, вызывающих отклонения от нормальной работы химических реакторов</p>
		<p>Владеть: навыками разработки мероприятий по модернизации и интенсификации работы химических реакторов (В3)</p>	<p>не владеет навыками разработки мероприятий по модернизации и интенсификации работы химических реакторов</p>	<p>частично владеет навыками разработки мероприятий по модернизации и интенсификации работы химических реакторов</p>	<p>хорошо владеет навыками разработки мероприятий по модернизации и интенсификации работы химических реакторов</p>	<p>уверенно владеет навыками разработки мероприятий по модернизации и интенсификации работы химических реакторов</p>
<p>ПКС-2 Способен осуществлять контроль качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции</p>	<p>ПКС-2.1. Контролирует состояние лабораторного оборудования, обеспечивает достоверность, объективность и точность результатов испытаний</p>	<p>Знать: модели идеальных реакционных устройств, параметры их работы (35);</p>	<p>не знает модели идеальных реакционных устройств, параметры их работы</p>	<p>частично знает модели идеальных реакционных устройств, параметры их работы</p>	<p>хорошо знает модели идеальных реакционных устройств, параметры их работы</p>	<p>отлично знает модели идеальных реакционных устройств, параметры их работы</p>
		<p>Уметь: контролировать ход технологического процесса (У4);</p>	<p>не умеет контролировать ход технологического процесса</p>	<p>не в полной мере может контролировать ход технологического процесса</p>	<p>хорошо может контролировать ход технологического процесса</p>	<p>свободно контролирует ход технологического процесса</p>

	Владеть: методами интерпретации полученных результатов лабораторного эксперимента с моделями реакционных аппаратов (B4)	не владеет методами интерпретации полученных результатов лабораторного эксперимента с моделями реакционных аппаратов	не в полной мере владеет методами интерпретации полученных результатов лабораторного эксперимента с моделями реакционных аппаратов	хорошо владеет методами интерпретации полученных результатов лабораторного эксперимента с моделями реакционных аппаратов	уверенно владеет методами интерпретации полученных результатов лабораторного эксперимента с моделями реакционных аппаратов
ПКС-2.2. Анализирует результаты аналитического контроля качества нефти, причины отклонения качества продукции	Знать: требования к качеству сырья многотоннажных нефтехимических производств (36);	не знает требования к качеству сырья многотоннажных нефтехимических производств	частично знает требования к качеству сырья многотоннажных нефтехимических производств	хорошо знает требования к качеству сырья многотоннажных нефтехимических производств	отлично знает требования к качеству сырья многотоннажных нефтехимических производств
	Уметь: проводить аналитический контроль нефтяного сырья для конкретных многотоннажных производств (У5);	не умеет проводить аналитический контроль нефтяного сырья для конкретных многотоннажных производств	не в полной мере может проводить аналитический контроль нефтяного сырья для конкретных многотоннажных производств	хорошо проводит аналитический контроль нефтяного сырья для конкретных многотоннажных производств	уверенно проводит аналитический контроль нефтяного сырья для конкретных многотоннажных производств
	Владеть: навыками определения причин, вызывающих отклонения по качеству нефтяного сырья для многотоннажных производств (B5)	не владеет навыками определения причин, вызывающих отклонения по качеству нефтяного сырья для многотоннажных производств	частично владеет навыками определения причин, вызывающих отклонения по качеству нефтяного сырья для многотоннажных производств	хорошо владеет навыками определения причин, вызывающих отклонения по качеству нефтяного сырья для многотоннажных производств	свободно владеет навыками определения причин, вызывающих отклонения по качеству нефтяного сырья для многотоннажных производств
ПКС-2.3. Принимает решения по изменению технологического режима объектов, воздействию на технологический процесс	Знать: технологические параметры нормального режима многотоннажных нефтехимических производств (37);	не знает технологические параметры нормального режима многотоннажных нефтехимических производств	частично знает технологические параметры нормального режима многотоннажных нефтехимических производств	хорошо знает технологические параметры нормального режима многотоннажных нефтехимических производств	отлично знает технологические параметры нормального режима многотоннажных нефтехимических производств

		<p>Уметь: принимать решения по изменению технологического режима работы химических реакторов (У6);</p>	<p>не умеет принимать решения по изменению технологического режима работы химических реакторов</p>	<p>не в полной мере может принимать решения по изменению технологического режима работы химических реакторов</p>	<p>уверенно принимает решения по изменению технологического режима работы химических реакторов</p>	<p>свободно принимает решения по изменению технологического режима работы химических реакторов</p>
		<p>Владеть: методами определения технологических показателей процесса (В6)</p>	<p>не владеет методами определения технологических показателей процесса</p>	<p>частично владеет методами определения технологических показателей процесса</p>	<p>хорошо владеет методами определения технологических показателей процесса</p>	<p>свободно владеет методами определения технологических показателей процесса</p>

**КАРТА**  
**обеспеченности дисциплины (модуля) учебной и учебно-методической литературой**

Дисциплина: Химические реакторы

Код, направление подготовки: 18.03.01 Химическая технология

Направленность: Химическая технология органических веществ

№ п/п	Название учебного, учебно-методического издания, автор, издательство, вид издания, год издания	Количество экземпляров в БИК	Контингент обучающихся, использующих указанную литературу	Обеспеченность обучающихся литературой, %	Наличие электронного варианта в ЭБС (+/-)
1	Химические реакторы : учебное пособие / В. Ю. Долуда, А. В. Быков, М. Е. Григорьев [и др.]. — Тверь : ТвГТУ, 2019. — 160 с. — ISBN 978-5-7995-1061-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/171336">https://e.lanbook.com/book/171336</a>	ЭР	22	100	+
2	Воронцов, К. Б. Химические реакторы : учебное пособие / К. Б. Воронцов. — Архангельск : САФУ, 2017. — 80 с. — ISBN 978-5-00058-584-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/161737">https://e.lanbook.com/book/161737</a>	ЭР	22	100	+
3	Корытцева, А. К. Химические реакторы. Введение в теорию и практику : учебное пособие / А. К. Корытцева, В. И. Петьков. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 112 с. — ISBN 978-5-8114-3501-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/206207">https://e.lanbook.com/book/206207</a>	ЭР	22	100	+

**Дополнения и изменения  
к рабочей программе дисциплины  
Химические реакторы  
на 2023-2024 учебный год**

Дополнения и изменения в рабочую программу не вносятся (дисциплина в 2023-2024 учебном году не изучается).

Дополнения и изменения внес:

Канд. хим. наук, доцент

 \_\_\_\_\_ Н.И. Лосева

Дополнения (изменения) в рабочую программу рассмотрены и одобрены на заседании кафедры естественнонаучных и гуманитарных дисциплин.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_



С. А. Татьянаенко

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий выпускающей кафедрой \_\_\_\_\_



С. А. Татьянаенко

«31» августа 2023 г.

**Дополнения и изменения  
к рабочей программе дисциплины  
«Химические реакторы»  
на 2024-2025 учебный год**

Дополнения и изменения в рабочую программу дисциплины не вносятся (дисциплина в 2024-2025 учебном году не изучается).

Дополнения и изменения внес:

Канд. хим. наук, доцент

  
\_\_\_\_\_

Н.И. Лосева

Дополнения (изменения) в рабочую программу рассмотрены и одобрены на заседании кафедры естественнонаучных и гуманитарных дисциплин.

Заведующий кафедрой

  
\_\_\_\_\_

С. А. Татьянаенко

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий выпускающей кафедрой

  
\_\_\_\_\_

С. А. Татьянаенко

«4» апреля 2024 г.