

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

**Б1.В.06**  
(индекс дисциплины)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Процессы и аппараты в химической технологии и биотехнологии**

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки

18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

направленность (профиль)

Рациональное использование энергетических и сырьевых ресурсов

Форма обучения: очная

Год набора: 2020

Общая трудоемкость: 9 ЗЕ

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Семестр	5	6	Итого
Форма контроля	Зачет	КР, экзамен	
Вид занятий			
Лекции	34	34	68
Лабораторные	18	18	36
Практические	18		18
Руководство: курсовые работы		1	1
Промежуточная аттестация	0.25	0.35	0.6
Контактная работа	70.25	52.35	122.6
Самостоятельная работа	109.75	56	165.75
Контроль		35.65	35.65
<b>Итого</b>	<b>180</b>	<b>144</b>	<b>324</b>

Рабочую программу составил(и):

Доцент, доцент, к.х.н. Орлов Ю.Н.

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

---

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

---

Рецензирование рабочей программы дисциплины:

☒

Отсутствует

☐

Рецензент

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

---

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

---

**Срок действия рабочей программы дисциплины до «31» августа 2024 г.**

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры

«Химическая технология и ресурсосбережение»

---

(протокол заседания № 2 от «19» сентября 2019 г.)

### 1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – формирование у студентов системного представления о процессах химической технологии, протекающих в аппаратах для их осуществления.

### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: высшая математика; физика; общая и неорганическая химия; органическая химия; общая химическая технология; физическая химия.

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: технология переработки и утилизации отходов; биотехнология; моделирование и оптимизация энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии; процессы и аппараты защиты окружающей среды; энергоресурсосберегающие технологии; технологии очистки сточных вод; технологии переработки полимеров.

### 3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
способность следить за выполнением правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и норм охраны труда на предприятиях (ПК-6)		Знать: основы современной технологии и особенности работы оборудования, правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и охраны труда на предприятиях.
		Уметь: используя знания о технологическом процессе и оборудовании вносить коррективы в работу оборудования и обеспечивать безопасные условия труда.
		Владеть: информацией о нормах технологического режима работы оборудования.
готовность осваивать и эксплуатировать новое оборудование, принимать участие в наладивании, технических осмотрах, текущих ремонтах, проверке технического состояния оборудования и программных средств (ПК-7)		Знать: основы современной технологии и особенности работы оборудования, основы программирования профилактических и ремонтных работ.
		Уметь: на основе этих знаний вносить коррективы в работу оборудования; планировать и проводить профилактику и ремонт оборудования.
		Владеть: информацией о новых химических технологиях и оборудовании, методах проведения профилактики технического состояния оборудования.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### 4.1. Структура и содержание дисциплины «Процессы и аппараты в химической технологии и биотехнологии-1»

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1. Гидромеха- нические процессы	Лек1	Классификация основных химико-технологических процессов. Общие принципы расчета химических процессов и аппаратов.	5	2		-	Вопросы к зачёту № 1-2
	Пр1	Расчёт насоса	5	2	6	-	Вопросы к зачёту № 8-9
	Лек2	Идеальные и реальные жидкости. Гидравлика и гидравлические процессы.	5	2		-	Вопросы к зачёту № 3-4
	Лаб1	Гидростатическое давление и его свойства	5	2	6	-	Вопросы к зачёту № 3-4
	Лек3	Основы гидрокинематики и гидродинамики. Трубопроводы. Насосы и компрессоры.	5	2		-	Вопросы к зачёту № 4-10
	Пр2	Расчёт вентилятора	5	2	6	-	Вопросы к зачёту № 8-10
	Лек4	Гидромеханические процессы разделения неоднородных систем. Материальный баланс процесса разделения. Отстаивание	5	2		-	Вопросы к зачёту № 11-12
	Лаб2	Защита работы «Гидростатическое давление и его свойства»	5	2	6	-	Вопросы к зачёту № 3-4
	Лек5	Осаждение под действием центробежных сил, электрического поля.	5	2		-	Вопросы к зачёту № 13-14
	Пр3	Расчёт отстойника	5	2	6	-	Вопросы к зачёту № 11-12
	Лек6	Фильтрация. Мокрая очистка газов.	5	2		-	Вопросы к зачёту № 15-18

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1. Гидромеханические процессы	Лаб3	Осаждение твёрдых частиц в жидкой среде	5	2	6	-	Вопросы к зачёту № 11-12
	Лек7	Перемешивание в жидкой среде. Псевдоожижение твердого зернистого материала.	5	2		-	Вопросы к зачёту № 19-21
	Пр4	Расчёт барабанного вакуум-фильтра	5	2	6	-	Вопросы к зачёту № 15-17
Модуль 2. Тепловые процессы	Лек8	Основы теории тепловых процессов. Способы передачи тепла. Теплопроводность. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности.	5	2		-	Вопросы к зачёту № 22-23
	Лаб4	Защита работы «Осаждение твёрдых частиц в жидкой среде»	5	2	6	-	Вопросы к зачёту № 11-12
	Лек9	Конвективный теплообмен. Закон Ньютона. Коэффициент теплоотдачи. Теплообмен при изменении агрегатного состояния. Тепловое излучение. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа.	5	2		-	Вопросы к зачёту № 24-27
	Пр5	Расчёт пенного аппарата	5	2	6	-	Вопросы к зачёту № 18
	СР	Изучение теоретического материала	5	54.75	-	-	
	ПА	Промежуточная аттестация	5	0.25	-	-	

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 2. Тепловые процессы	Лек10	Основное уравнение теплопередачи. Коэффициент теплопередачи. Движущая сила тепловых процессов. Вычисление средней разности температур для прямотока, противотока, перекрестного и смешанного тока теплоносителей.	5	2		-	Вопросы к зачёту № 28-29
	Лаб5	Определение скорости фильтрования	5	2	5	-	Вопросы к зачёту № 15-17
	Лек11	Процессы нагрева и испарения.	5	2		-	Вопросы к зачёту № 30-33
	Пр6	Расчёт пластинчатого теплообменника	5	2	6	-	Вопросы к зачёту № 38, 40
	Лек12	Процессы охлаждения и конденсации.	5	2		-	Вопросы к зачёту № 34-36
	Лаб6	Защита работы «Определение скорости фильтрования»	5	2	6	-	Вопросы к зачёту № 15-17
	Лек13	Классификация и конструкции теплообменных аппаратов.	5	2		-	Вопросы к зачёту № 37-39
	Пр7	Расчёт кожухотрубчатого теплообменника	5	2	6	-	Вопросы к зачёту № 37, 40
	Лек14	Основные методы расчета теплообменных аппаратов.	5	2		-	Вопросы к зачёту № 37-40
	Лаб7	Изучение гидродинамики зернистого слоя	5	2	5	-	Вопросы к зачёту № 21

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 2. Тепловые процессы	Лек15	Выпаривание и его применение в химической технологии. Простое выпаривание. Выпаривание с применением теплового насоса.	5	2		-	Вопросы к зачёту № 41-43
	Пр8	Расчёт выпарного аппарата	5	2	6	-	Вопросы к зачёту № 41-43
	Лек16	Многократное выпаривание. Сущность и преимущества многократного выпаривания. Схема расчёта выпарных установок.	5	2		-	Вопросы к зачёту № 44-45
	Лаб8	Защита работы «Изучение гидродинамики зернистого слоя»	5	2	6	-	Вопросы к зачёту № 21
	Лек17	Конструкции выпарных аппаратов и их классификация. Выпарные аппараты со свободной, естественной и принудительной циркуляцией раствора. Плёночные выпарные аппараты.	5	2		-	Вопросы к зачёту № 46
	Пр9	Расчёт трёхкорпусной выпарной установки	5	2	6	-	Вопросы к зачёту № 44-46
	Лаб9	Отчетное	5	2		-	Вопросы к зачёту № 3-4, 11-12, 15-17, 21
	СР	Изучение теоретического материала	5	55		-	
	ТИ	Итоговый тест по курсу через ЦТ			100		
<b>Итого:</b>				<b>180</b>	<b>200</b>		

**Схема расчета итогового балла**  $\langle (Сумма + T_{cp})/2 \rangle$  - сумма баллов по всем учебным мероприятиям, предусмотренным в курсе + среднее арифметическое по всем промежуточным тестам, проводимым через ОТ.

#### 4.2. Структура и содержание дисциплины «Процессы и аппараты в химической технологии и биотехнологии-2»

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1. Массо- обменные процессы	Лек1	Основы теории массообменных процессов, массопередача. Способы выражения составов фаз. Материальный баланс массообменных процессов.	6	2		-	Вопросы к экзамену № 12-13
	Лек2	Основное уравнение массопередачи. Средняя движущая сил массообменных процессов. Зависимость между коэффициентами массопередачи и массоотдачи.	6	2		-	Вопросы к экзамену № 14-16
	Лаб1	Испытание теплообменника типа «труба в трубе»	6	2	6	-	Вопросы к экзамену № 1-7
	Лек3	Абсорбция. Материальный и тепловой балансы процесса абсорбции. Принципиальные схемы абсорбционных процессов.	6	2		-	Вопросы к экзамену № 17-19
	Лек4	Разделение жидких смесей перегонкой. Простая перегонка, перегонка с дефлегмацией, перегонка в токе водяного пара, инертного газа, молекулярная перегонка.	6	2		-	Вопросы к экзамену № 20
	Лаб2	Защита работы «Испытание теплообменника типа «труба в трубе»»	6	2	6	-	Вопросы к экзамену № 1-7
	Лек5	Ректификация. Принципиальные схемы процессов ректификации. Материальный баланс разделения. Флегмовое число.	6	2		-	Вопросы к экзамену № 21-23



Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1. Массо- обменные процессы	Лек6	Уравнения рабочих линий процесса ректификации. Положение рабочих линий на у-х диаграмме и их построение Метод нахождения оптимального флегмового числа.	6	2		-	Вопросы к экзамену № 24-25
	Лаб3	Изучение конструкции теплообменных аппаратов с определением их коэффициентов теплопередачи	6	2	5	-	Вопросы к экзамену № 8-11
	Лек7	Тепловой балансы процесса ректификации. Установки для ректификации многокомпонентных смесей, экстрактивной и азеотропной ректификации.	6	2		-	Вопросы к экзамену № 26-27
	Лек8	Аппаратурное оформление процессов абсорбции и ректификации. Расчёт аппаратов для проведения абсорбции и ректификации.	6	2		-	Вопросы к экзамену № 28-31
	Лаб4	Защита работы «Изучение конструкции теплообменных аппаратов с определением их коэффициентов теплопередачи»	6	4	6	-	Вопросы к экзамену № 8-11
	СР	Изучение теоретического материала	6	29		-	
	ПА	Промежуточная аттестация	6	0.35		-	
	Лек9	Экстракция и её применение в химической технологии. Принципиальная схема процесса. Равновесие в процессах экстракции. Треугольная диаграмма.	6	2		-	Вопросы к экзамену № 32-34

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1. Массо- обменные процессы	Лек10	Методы экстракции. Материальный баланс процесса.	6	2		-	Вопросы к экзамену № 35-37
	Лаб5	Определение температуры кипения смеси четырёххлористого углерода, бензола и воды	6	2	6	-	Вопросы к экзамену № 20
	Лек11	Устройство и расчёт экстракционных аппаратов.	6	2		-	Вопросы к экзамену № 38-39
	Лек12	Адсорбция и её применение в химической технологии. Равновесие в процессах адсорбции. Условия десорбции. Адсорбенты.	6	2		-	Вопросы к экзамену № 40
	Лаб6	Защита работы «Определение температуры кипения смеси четырёххлористого углерода, бензола и воды»	6	2	6	-	Вопросы к экзамену № 20
	Лек13	Материальный баланс процесса адсорбции. Принципиальные схемы абсорбционных процессов.	6	2		-	Вопросы к экзамену № 41-43
	Лек14	Адсорбционная аппаратура. Схема расчёта адсорберов.	6	2		-	Вопросы к экзамену № 44
	Лаб7	Изучение процесса ректификации	6	2	5	-	Вопросы к экзамену № 21-25
	Лек15	Сушка и её применение в химической технологии. Способы проведения сушки. Равновесная влажность и связь влаги с материалом. Скорость сушки.	6	2		-	Вопросы к экзамену № 45-46

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1. Массо- обменные процессы	Лек16	Материальный и тепловой балансы сушки. Диаграмма Рамзина. Изображение процессов изменения состояния воздуха и рабочей линии сушки на диаграмме.	6	2		-	Вопросы к экзамену № 47-48
	Лаб8	Защита работы «Изучение процесса ректификации»	6	2	6	-	Вопросы к экзамену № 21-25
	Лек17	Принципиальные схемы процессов сушки. Типы сушилок. Схема расчёта сушилок.	6	2		-	Вопросы к экзамену № 49-50
	Лаб9	Отчетное	6	2		-	Вопросы к экзамену № 1-11, 20-25
	СР	Изучение теоретического материала	6	26		-	
	КР	Курсовая работа	6	1			Отчет по курсовой работе
		Подготовка к экзамену	6	35.65		-	
	ТИ	Итоговый тест по курсу через ЦТ			100		
<b>Итого:</b>				<b>144</b>	<b>200</b>		

**Схема расчета итогового балла**  $\langle (Сумма + T_{cp})/2 \rangle$  - сумма баллов по всем учебным мероприятиям, предусмотренным в курсе + среднее арифметическое по всем промежуточным тестам, проводимым через ОТ.

## **5. Образовательные технологии**

При реализации учебного курса дисциплины используется технология традиционного обучения – организация учебного процесса в вузе, основанная на лекционно-семинарско-зачетной формах обучения. К формам обучения относятся лекции, практические и лабораторные занятия, самостоятельная работа. На лекциях в основном используются наглядные и словесные методы обучения, а на практических и лабораторных занятиях – наглядные, словесные и практические методы. Самостоятельная работа включает изучение теоретического материала дисциплины с использованием лекционного курса, *Internet*-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы.

## **6. Методические указания по освоению дисциплины**

1. Рассмотреть физические, физико-химические, гидромеханические, тепловые основы процессов химической технологии.
2. Сформировать представления об особенностях конструкции химических аппаратов и оборудования.
3. Закрепить умения и навыки расчёта химического оборудования.

## 7. Оценочные средства

### 7.1. Паспорт оценочных средств

Семестр	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
5,6	ПК-6, ПК-7	Тестовые задания № 1-318 Вопросы к экзамену № 1-50

### 7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

**7.2.1. Банки тестовых заданий (размещены на Образовательном портале ТГУ или в системе электронного обучения Moodle)**

(наименование оценочного средства)

#### Типовой(ые) пример(ы) задания(ий)

1. К какой группе процессов химической технологии относится фильтрование жидкостей или газов через пористую перегородку?
  - а) гидромеханические процессы
  - б) тепловые процессы
  - в) массообменные процессы
  - г) механические процессы
2. Какой интервал значений критерия Рейнольдса соответствует переходному режиму движения жидкости в прямых трубах с малой шероховатостью стенок?
  - а)  $1000 < Re < 2300$
  - б)  $1000 < Re < 4900$
  - в)  $2300 < Re < 10000$
  - г)  $2300 < Re < 4900$
3. Какой интервал значений критерия Рейнольдса соответствует турбулентному режиму осаждения шарообразной частицы в неподвижной неограниченной среде?
  - а)  $Re > 0,2$
  - б)  $Re < 0,2$
  - в)  $0,2 < Re < 500$
  - г)  $Re > 500$
4. Что представляет собой коэффициент теплопроводности?
  - а) количество тепла, переходящее в единицу времени от теплоносителя к хладагенту через единицу поверхности теплообмена при средней разности температур  $1^{\circ}\text{C}$
  - б) количество тепла, переходящее в единицу времени через единицу поверхности при разности температур  $1^{\circ}\text{C}$  на единицу толщины стенки
  - в) количество тепла, передаваемое от единицы теплообменной поверхности в окружающую среду (или наоборот) в единицу времени при разности температур теплообменной поверхности и окружающей среды  $1^{\circ}\text{C}$
  - г) количество тепла, необходимое для нагрева единицы количества вещества на  $1^{\circ}\text{C}$
5. Чему будет равно гидростатическое давление на глубине 15 м от поверхности воды, если давление на поверхность составляет  $1 \text{ кгс/см}^2$ ?
  - а)  $1,15 \text{ кгс/см}^2$
  - б)  $2,5 \text{ кгс/см}^2$

- в)  $8,5 \text{ кгс/см}^2$
- г)  $16 \text{ кгс/см}^2$

6. Какое количество осветлённого продукта может быть получено при разделении 1 т суспензии, если содержание твёрдого вещества в суспензии составляет 10% (масс.), в осадке – 80% (масс.), а его содержанием в осветлённом продукте можно пренебречь?

- а) 900 кг
- б) 875 кг
- в) 850 кг
- г) 800 кг

7. Что характеризует число единиц переноса в массообменных процессах?

- а) Изменение концентрации одной из фаз
- б) Среднюю движущую силу процесса
- в) Поверхность фазового контакта
- г) Изменение рабочей концентрации фазы, приходящееся на единицу движущей силы

8. Какая схема проведения абсорбции используется, если уходящий газ на выходе из аппарата контактирует со свежим абсорбентом?

- а) Прямоточная
- б) Противоточная
- в) Одноступенчатая с рециркуляцией
- г) Многоступенчатая с рециркуляцией

9. Какое соотношение соблюдается между содержаниями легколетучего компонента в исходной смеси ( $x_F$ ), дистилляте ( $x_P$ ) и кубовом остатке ( $x_W$ ) при проведении ректификации?

- а)  $x_F < x_P < x_W$
- б)  $x_P < x_W < x_F$
- в)  $x_W < x_F < x_P$
- г)  $x_P < x_F < x_W$

10. Укажите, какая характеристика соответствует режиму эмульгирования при работе насадочной колонны:

- а) При данном гидродинамическом режиме работы насадочной колонны количество задерживаемой в насадке жидкости практически не зависит от скорости газа
- б) При данном гидродинамическом режиме работы насадочной колонны с возрастанием скорости газа увеличивается смоченная поверхность насадки и, соответственно, интенсивность процесса массопередачи
- в) При данном гидродинамическом режиме работы насадочной колонны достигается максимальная эффективность работы колонны по массообмену, но гидравлическое сопротивление колонны при этом резко возрастает
- г) Данный гидродинамический режим работы насадочной колонны на практике не используется

11. Определить коэффициент массопередачи  $K_y$  в абсорбере, в котором  $\beta_y = 6,1 \cdot 10^{-2} \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)}$ , а  $\beta_x = 1,7 \cdot 10^{-2} \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)}$ . Уравнение линии равновесия в относительных массовых долях:  $\bar{Y}^* = 0,61\bar{X}$ .

- а)  $1,5 \cdot 10^{-2} \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)}$

- б)  $1,2 \cdot 10^{-2} \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$   
 в)  $1,9 \cdot 10^{-2} \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$   
 г)  $1,3 \cdot 10^{-2} \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$

12. Уравнение рабочей линии верхней (укрепляющей) части ректификационной колонны:  $y = 0,6x + 0,39$ . Определить флегмовое число.

- а) 1,54  
 б) 1,50  
 в) 1,46  
 г) 1,58

### Темы письменных работ

№ п/п	Темы
1	Расчет установки концентрирования сточных вод, содержащих примеси $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
2	Расчет установки концентрирования сточных вод, содержащих примеси $\text{CuSO}_4$
3	Расчет установки концентрирования сточных вод, содержащих примеси $\text{KCl}$
4	Расчет установки концентрирования сточных вод, содержащих примеси $\text{MgCl}_2$
5	Расчет установки концентрирования сточных вод, содержащих примеси $\text{MgSO}_4$
6	Расчет установки концентрирования сточных вод, содержащих примеси $\text{NH}_4\text{Cl}$
7	Расчет установки концентрирования сточных вод, содержащих примеси $\text{NaNO}_3$
8	Расчет установки концентрирования сточных вод, содержащих примеси $\text{Na}_2\text{SO}_4$
9	Расчет абсорбционной установки для поглощения водой аммиака из воздушно-аммиачной смеси
10	Расчет абсорбционной установки для поглощения водой диоксида серы из инертного газа (азота)
11	Расчет абсорбционной установки для поглощения водой пара метилового спирта из инертного газа
12	Расчет абсорбционной установки для поглощения паров бензола из парогазовой смеси поглотительным маслом
13	Расчет ректификационной установки разделения бинарной смеси ацетон - бензол
14	Расчет ректификационной установки разделения бинарной смеси ацетон - вода
15	Расчет ректификационной установки разделения бинарной смеси ацетон – этанол
16	Расчет ректификационной установки разделения бинарной смеси бензол – уксусная кислота
17	Расчет ректификационной установки разделения бинарной смеси вода – уксусная кислота
18	Расчет ректификационной установки разделения бинарной смеси метанол - вода
19	Расчет ректификационной установки разделения бинарной смеси метанол - этанол
20	Расчет ректификационной установки разделения бинарной смеси хлороформ - бензол
21	Расчет ректификационной установки разделения бинарной смеси этанол - вода
22	Расчет ректификационной установки разделения бинарной смеси этилацетат – уксусная кислота

### Краткое описание и регламент выполнения

Курсовая работа включает расчёт типовой установки (выпарной, абсорбционной, ректификационной). При выполнении работы студент изучает действующие стандарты, справочную литературу, приобретает навыки выбора аппаратуры, оформления технической документации.

### **Критерии оценки:**

- оценка «отлично» выставляется, если курсовая работа выполнена в полном объеме и в срок, оформление пояснительной записки соответствует стандарту СТП. Защита курсовой работы прошла на высоком уровне, студент показал отличное знание материала, дал четкие и логичные ответы на вопросы;
- оценка «хорошо» выставляется, если курсовая работа выполнена в полном объеме и в срок, оформление пояснительной записки соответствует стандарту СТП, с небольшими замечаниями и пометками. Защита курсовой работы прошла на хорошем уровне, студент показал хорошее знание материала, дал достаточно логичные и правильные ответы на вопросы;
- оценка «удовлетворительно» выставляется, если курсовая работа выполнена с нарушением графика и не в срок. Пояснительная записка оформлена с нарушениями СТП, в пояснительной записке допущены неточности в расчетах. Защита прошла на невысоком уровне, были даны нечеткие и неточные ответы на вопросы;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется, если курсовая работа выполнена менее чем на 50%, защита и ответы на вопросы неудовлетворительны.



### 7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

#### 7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Семестр \_\_\_\_\_5\_\_\_\_\_

№ п/п	Вопросы к зачету
1	Классификация химико-технологических процессов и аппаратов.
2	Общие принципы расчета химических процессов и аппаратов.
3	Понятие жидкости в гидромеханике. Гидростатика и гидродинамика. Закон Паскаля.
4	Уравнение неразрывности (сплошности) потока для неустановившегося и установившегося течения.
5	Дифференциальные уравнения движения Эйлера. Уравнение Бернулли.
6	Режимы движения жидкости. Критерий Рейнольдса.
7	Дифференциальное уравнение Навье-Стокса. Теория подобия.
8	Трубопроводы и трубопроводная арматура. Расчёт трубопровода.
9	Насосы: принцип действия и классификация.
10	Компрессоры: принцип действия и классификация.
11	Разделение неоднородных систем: классификация неоднородных систем, основные методы их разделения. Материальный баланс процесса разделения.
12	Отстаивание: сущность процесса, определение производительности отстойника и скорости осаждения.
13	Центрифугирование: сущность процесса, определение производительности аппарата, скорости и продолжительности осаждения.
14	Осаждение под действием электрического поля: сущность процесса, определение скорости и времени осаждения.
15	Фильтрация: сущность процесса и его применение. Движущая сила, сопротивление и скорость процесса.
16	Режимы постоянного перепада давления и постоянной скорости при фильтрации. Основное уравнение фильтрации. Определение поверхности фильтра.
17	Скорость и кинетическое уравнение фильтрации под действием центробежной силы. Определение фильтрующей поверхности центрифуг.
18	Мокрая очистка газов: сущность процесса, аппаратное оформление.
19	Основные способы и характеристика процесса перемешивания в жидкой среде. Типы мешалок.
20	Определение расхода энергии на перемешивание. Подбор мешалок методом последовательных приближений.
21	Сущность процесса псевдоожижения твердого зернистого материала. График изменения перепада давления в зернистом слое.
22	Общая характеристика тепловых процессов. Основное уравнение теплопередачи. Виды передачи тепла.
23	Передача тепла теплопроводностью.
24	Конвективный теплообмен.
25	Тепловое излучение.
26	Лучистый теплообмен между двумя плоскими параллельно расположенными телами.
27	Совместная передача тепла конвекцией и тепловым излучением.
28	Теплопередача при постоянных температурах теплоносителей. Зависимость между

<b>№ п/п</b>	<b>Вопросы к зачету</b>
	коэффициентом теплопередачи и коэффициентами теплоотдачи.
29	Теплопередача при переменных температурах теплоносителей. Средняя движущая сила тепловых процессов.
30	Нагревание водяным паром. Тепловой баланс процесса, определение расхода пара.
31	Нагревание топочными газами. Тепловой баланс процесса, определение расхода топлива.
32	Нагревание промежуточными теплоносителями. Определение тепловой производительности установки и расхода промежуточного теплоносителя.
33	Нагревание электрическим током. Тепловой баланс процесса.
34	Охлаждение.
35	Поверхностная конденсация.
36	Конденсация смешением.
37	Конструкции трубчатых теплообменных аппаратов.
38	Конструкции теплообменных аппаратов с плоской поверхностью теплопередачи.
39	Конструкции смесительных и регенеративных теплообменников.
40	Схема расчёта теплообменных аппаратов.
41	Выпаривание, его основные способы. Выпаривание с применением теплового насоса.
42	Простое выпаривание: материальный и тепловой балансы процесса.
43	Определение поверхности нагрева выпарного аппарата и полезной разности температур.
44	Сущность многократного выпаривания, материальный и тепловой балансы процесса.
45	Определение общей полезной разности температур многокорпусных выпарных установок и ее распределение по корпусам.
46	Устройство выпарных аппаратов.

Семестр \_\_\_\_ 6 \_\_\_\_

<b>№ п/п</b>	<b>Вопросы к экзамену</b>
1	Нагревание водяным паром. Тепловой баланс процесса, определение расхода пара.
2	Нагревание топочными газами. Тепловой баланс процесса, определение расхода топлива.
3	Нагревание промежуточными теплоносителями. Определение тепловой производительности установки и расхода промежуточного теплоносителя.
4	Нагревание электрическим током. Тепловой баланс процесса.
5	Охлаждение.
6	Поверхностная конденсация.
7	Конденсация смешением.
8	Конструкции трубчатых теплообменных аппаратов.
9	Конструкции теплообменных аппаратов с плоской поверхностью теплопередачи.
10	Конструкции смесительных и регенеративных теплообменников.
11	Схема расчёта теплообменных аппаратов.
12	Массообменные процессы, их виды и характеристика. Способы выражения составов фаз.
13	Материальный баланс массообменных процессов. Основное уравнение массопередачи.

№ п/п	Вопросы к экзамену
14	Средняя движущая сила массообменных процессов.
15	Основные законы массопередачи.
16	Зависимость между коэффициентами массопередачи и массоотдачи.
17	Сущность процесса абсорбции. Законы Генри, Дальтона.
18	Материальный баланс процесса абсорбции. Минимальный расход поглотителя.
19	Принципиальные схемы процессов абсорбции.
20	Разделение жидких смесей перегонкой. Способы проведения данного процесса.
21	Сущность процесса ректификации. Изображение процесса на t-x-y диаграмме.
22	Принципиальные схемы периодически действующих ректификационных установок.
23	Принципиальные схемы непрерывно действующих ректификационных установок.
24	Материальный баланс процесса ректификации.
25	Положение линий рабочих концентраций на y-x диаграмме. Нахождение оптимального флегмового числа.
26	Тепловой баланс процесса ректификации.
27	Ректификация многокомпонентных смесей, экстрактивная и азеотропная ректификация.
28	Аппаратурное оформление процессов абсорбции и ректификации. Плёночные и насадочные аппараты.
29	Аппаратурное оформление процессов абсорбции и ректификации. Тарельчатые, роторные аппараты и распыливающие абсорберы.
30	Схема расчёта насадочных аппаратов для проведения абсорбции и ректификации.
31	Схема расчёта тарельчатых аппаратов для проведения абсорбции и ректификации.
32	Сущность процесса экстракции, его принципиальная схема. Равновесие в процессах экстракции.
33	Треугольная диаграмма. Изображение процессов разбавления и смешения на треугольной диаграмме. Виды треугольных диаграмм.
34	Кривая равновесия процесса экстракции на треугольной диаграмме. Нахождение хорд равновесия и критической точки. Влияние температуры и давления на равновесие в процессах экстракции.
35	Методы экстракции: однократная экстракция; многократная экстракция с перекрёстным током растворителя; многократная экстракция двумя экстрагентами.
36	Многократная экстракция с противотоком растворителя. Материальный баланс экстракции. Определение числа теоретических ступеней.
37	Непрерывная и ступенчатая противоточные экстракции.
38	Устройство и расчёт смесительно-отстойных экстракторов. Центробежные экстракторы.
39	Устройство и расчёт колонных экстракторов.
40	Сущность процессов адсорбции. Виды адсорбентов. Равновесие в процессах адсорбции.
41	Адсорберы с неподвижным зернистым адсорбентом: устройство, принципиальная схема и определение продолжительности процесса адсорбции.
42	Адсорберы с движущимся зернистым адсорбентом: устройство, принципиальная схема процесса, определение высоты зоны адсорбции и времени адсорбции.
43	Адсорберы с циркулирующим псевдооживленным пылевидным адсорбентом: устройство, принципиальная схема процесса адсорбции; определение времени пребывания адсорбента в аппарате.
44	Схема расчёта адсорберов.

№ п/п	Вопросы к экзамену
45	Сушка. Способы ее проведения. Равновесие в процессах сушки.
46	Скорость и продолжительность сушки.
47	Материальный и тепловой балансы сушки.
48	Диаграмма $I$ -х для влажного воздуха. Изображение процессов изменения состояния воздуха и построение рабочей линии сушки на диаграмме.
49	Принципиальные схемы процессов сушки.
50	Виды и расчёт сушилок.

### 7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
5	Зачёт (тестирование)	«зачтено»	оценка «зачтено» выставляется студенту, если студент в результате тестирования и за выполнение и защиту лабораторных работ получает 55 и более баллов по формуле: «(Сумма/2)» - сумма баллов по всем учебным мероприятиям (лабораторные работы + тестирование), предусмотренным в курсе
		«не зачтено»	оценка «не зачтено» выставляется студенту, если студент в результате тестирования и за выполнение и защиту лабораторных работ получает менее 55 баллов по формуле: «(Сумма/2)» - сумма баллов по всем учебным мероприятиям (лабораторные работы + тестирование), предусмотренным в курсе
	Зачёт (устно)	«зачтено»	оценка «зачтено» выставляется студенту, если студент дал ответы на не менее, чем на 85% вопросов для устного зачёта, заданных преподавателем (задаётся не менее 10 вопросов)
		«не зачтено»	оценка «не зачтено» выставляется студенту, если студент дал ответы менее, чем на 85% вопросов, заданных преподавателем (задаётся не менее 10 вопросов)

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
6	Экзамен (тестирование)	«отлично»	оценка «отлично» выставляется студенту, если итоговая оценка составляет 85-100 баллов по формуле: «(Сумма/2)» - сумма баллов по всем учебным мероприятиям (лабораторные работы + практические занятия + тестирование), предусмотренным в курсе
		«хорошо»	оценка «хорошо» - если итоговая оценка составляет 70-84 баллов по формуле: «(Сумма/2)» - сумма баллов по всем учебным мероприятиям (лабораторные работы + практические занятия + тестирование), предусмотренным в курсе
		«удовлетворительно»	оценка «удовлетворительно» - если итоговая оценка составляет 55-69 баллов по формуле: «(Сумма/2)» - сумма баллов по всем учебным мероприятиям (лабораторные работы + практические занятия + тестирование), предусмотренным в курсе
		«неудовлетворительно»	оценка «неудовлетворительно» - если итоговая оценка составляет менее 55 баллов по формуле: «(Сумма/2)» - сумма баллов по всем учебным мероприятиям (лабораторные работы + практические занятия + тестирование), предусмотренным в курсе
	Экзамен (устно)	«отлично»	оценка «отлично» выставляется, если экзаменуемый правильно, четко и в полном объеме изложил теоретический материал, проявив полную самостоятельность и творческий подход при обосновании утверждений
		«хорошо»	оценка «хорошо» выставляется, если ответ в целом отвечает требованиям к оценке

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
			«отлично», но проверяемый допускал отдельные неточности, вызвал необходимость дополнительных (уточняющих) вопросов и дал на них правильные ответы
		«удовлетворительно»	оценка «удовлетворительно» выставляется, если проверяемый показал при ответе знания основного учебного материала, но затруднялся подтвердить теоретические положения конкретными примерами или обосновать их, докладывал материал недостаточно четко, иногда требовал наводящих вопросов
		«неудовлетворительно»	оценка «неудовлетворительно» выставляется, если проверяемый допускал грубые ошибки при ответе на поставленные вопросы, не знал порядок применения полученных знаний на практике

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Таранцева К. Р., Таранцев К.В.	Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды	Учебное пособие	2014	ЭБС «Znanium.com»
2	Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М.; под ред. В.Ф. Фролова.	Массообменные процессы химической технологии	Учебное пособие	2017	ЭБС «IPRbooks»
3	Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М.	Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи)	Учебное пособие	2017	ЭБС «IPRbooks»
4	Айнштейн В.Г., Захаров М.К., Носов Г.А., Захаренко В.В., Зиновкина Т.В., Таран А.Л., Костанян А.Е.	Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс. В двух книгах. Книга 1	Учебник	2022	ЭБС «Лань»
5	Айнштейн В.Г., Захаров М.К., Носов Г.А., Захаренко В.В., Зиновкина Т.В., Таран А.Л., Костанян А.Е.	Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс. В двух книгах. Книга 2	Учебник	2022	ЭБС «Лань»

## 8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно- методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Потехин В.М., Потехин В.В.	Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки	Учебное пособие	2017	ЭБС «IPRbooks»
2	Поникаров И.И., Поникаров С.И., Рачковский С. В..	Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки	Учебное пособие	2017	ЭБС «Лань»
3	Макаренков Д.А., Назаров В.И., Баринский Е.А.	Процессы и аппараты химических технологий	Учебное пособие	2016	ЭБС «Znanium.com»



### 8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- – *Бутлеровские сообщения*

Научный англо-русскоязычный химический журнал. Публикует статьи по основным разделам химии и смежным дисциплинам. **Журнал входит в Перечень ВАК и систему РИНЦ.** Для зарегистрированных пользователей сайта доступен полнотекстовый архив с 1999 года: <http://butlerov.com/stat/reports/view.asp?lang=ru>

- *Химия в интересах устойчивого развития*

В журнале публикуются оригинальные научные сообщения и обзоры по химии процессов, представляющих основу принципиально новых технологий, создаваемых в интересах устойчивого развития, или усовершенствования действующих, сохранения природной среды, экономии ресурсов, энергосбережения. **Входит в Перечень ВАК и систему РИНЦ.** Доступен полнотекстовый архив с 2001 по 2005 год: <http://www.sibran.ru/journals/Hviur/>

- *Oriental Journal Of Chemistry*

Научный рецензируемый журнал открытого доступа. **Страна:** Индия. **Язык:** английский. Публикует результаты научных исследований в области общей химии, биохимии, спектроскопии, химии окружающей среды. Доступен полнотекстовый архив с 2008 года: <http://www.orientjchem.org/Archive.php>

- *Химия растительного сырья*

В журнале публикуются оригинальные научные сообщения, обзоры, краткие сообщения и письма в редакцию, посвященные химии процессов, происходящих при глубокой химической переработке как растительного комплекса в целом, так и отдельных его компонентов, созданию принципиально новых эффективных технологических процессов комплексной переработки растительного сырья или усовершенствованию действующих. **Журнал входит в Перечень ВАК и систему РИНЦ.** Доступен полнотекстовый архив с 1997 года: <http://www.chem.asu.ru/chemwood/>

### 8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows	бессрочная
2	Office Standart	бессрочная

### 8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Лаборатория «Процессы и АХП». Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная	Лабораторные установки по изучению процесса ректификации, процесса теплопередачи (труба в трубе), лабораторная установка для измерения давления, стационарное медиа оборудование, интерактивная доска. Столы ученические, стулья

№ п/п	<b>Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)</b>	<b>Перечень основного оборудования</b>
	аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. А-118	ученические.
2	Лаборатория "Высокомолекулярные соединения". Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. А- 220	Столы лабораторные островные; Столы лабораторные пристенные; Столы лабораторные; шкаф вытяжной; шкаф вытяжной 1500ШВ ; весы аналитические ВЛР200 ; сушильный шкаф Snol 58/350; стол виброустойчивый ; стол письменный; шкафы для химреактивов ; тумба для посуды и химреактивов ; регулятор напряжения БП2100; термостат UTU4 ; автоклав; полимеризатор ; штатив лабораторный ; доска аудиторная трехсекционная; табуреты лабораторные ; химическая посуда.
3	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. А- 307	Столы ученические двухместные (моноблоки), стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная (меловая).
4	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. А- 306	Столы ученические двухместные (моноблоки), стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная (меловая), таблица Менделеева.
5	Компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных	Столы ученические, стол преподавательский, стулья ученические, доска аудиторная (маркерная), ПК с выходом в сеть Интернет

№ п/п	<b>Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)</b>	<b>Перечень основного оборудования</b>
	консультаций Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. УЛК-812	
6	Помещение для самостоятельной работы обучающихся. Г-401	Столы, стулья, компьютеры