

Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Технология и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых  
производств»

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

«Б.1.1.20 Процессы и аппараты химической технологии»

направления подготовки

18.03.01 «Химическая технология»

Профиль 1 «Технология и переработка полимеров»

форма обучения – очная  
курс – 3  
семестр – 5,6  
зачетных единиц – 9  
часов в неделю – 4,4  
всего часов – 288  
в том числе:  
лекции – 32,32  
практические занятия – 32  
лабораторные занятия – 32  
самостоятельная работа – 80,80  
зачет – 5 семестр  
экзамен – 6 семестр  
РГР – нет  
курсовая работа – нет  
курсовой проект – нет

Рабочая программа обсуждена на заседании  
кафедры ТОХП  
20.06.2022 года, протокол №10  
Зав. кафедрой Левкина Н.Л.Левкина

Рабочая программа утверждена  
на заседании УМКН направления  
27.06.2022 года, протокол №5  
Председатель УМКН Левкина Н.Л.Левкина

## **1. Цели и задачи дисциплины**

Цель преподавания дисциплины - формирование комплекса знаний, умений и навыков по теории технологических процессов, их аппаратного оформления, освоение методов расчета процессов и аппаратов химической технологии.

Задачи изучения дисциплины:

Основными задачами курса «Процессы и аппараты химической технологии» являются: изучение методов расчета основных процессов химической и нефтехимической технологии, методов расчета основных размеров аппаратов и ознакомление с конструктивными схемами основных аппаратов, а также формирование практических навыков решения конкретных технических задач и умения проектировать типовые технологические схемы основных химико-технологических процессов.

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО**

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» относится к обязательной части блока 1. Для успешного изучения курса «Процессы и аппараты химической технологии» необходимо знание таких дисциплин как: математика, физика, термодинамика, теоретическая механика, физическая химия.

Знания курса "Процессы и аппараты химической технологии" необходимо для изучения и освоения таких дисциплин как: "Оборудование в технологии переработки полимеров", "Химические реакторы", "Общая химическая технология" и др.

## **3. Требования к результатам освоения дисциплины**

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие профессиональные компетенции при освоении ОПОП ВО, реализующей ФГОС ВО:

ПК-1 - способностью и готовностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен продемонстрировать следующие результаты образования.

**Студент должен знать:**

- основные гидромеханические процессы и аппараты для них;
- основные законы теплопередачи, теплообмена;
- законы массообменных процессов.

**Студент должен уметь:**

- проводить практические расчеты различных аппаратов, применяемых для проведения гидромеханических ;
- проводить расчеты теплообменников и выпарных аппаратов;
- проводить расчеты массообменных аппаратов;
- проводить практические расчеты сушилок.

**Студент должен владеть:**

- методиками теплового и материального расчета;
- методами оптимизации основных процессов;
- методами расчета и анализа режимов работы технологического оборудования и аварийных ситуаций.

#### 4. Распределение трудоемкости ( час.) дисциплины по темам и видам занятий

№ Мо-ду-ля	№ Неде-ли	№ Те-мы	Наименование темы	Часы					
				Всего	Лек-ции	Кол-лок-виу-мы	Лабора-торные	Практичес-кие	СРС
<b>5 семестр</b>									
1	1	1	Вводная часть	10	2		2		6
2	2-5	2	Основы гидравлики	44	10		10		24
2	6-10		Перемещение жидкостей	44	10		10		24
3	11-16	3	Гидромеханические процессы	46	10		10		26
<b>6 семестр</b>									
4	8		Основы теплопередачи	42	6			8	28
4	9		Тепловые процессы	46	8			8	30
5	10		Основы массопередачи	44	8			8	28
6	11		Массообменные процессы	48	10			8	30
			<b>ВСЕГО:</b>	<b>324</b>	<b>64</b>		<b>32</b>	<b>32</b>	<b>196</b>

## 5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
<b>5 семестр</b>				
1	2	1	Вводная часть. Предмет курса "Процессы и аппараты. Задачи курса. Возникновение и развитие курса ПАХТ. Классификация основных процессов химической технологии по назначению и способу проведения. Задача расчета процессов и аппаратов химической технологии.	[15.1,15.2,15.3]
2	6	2	Гидростатика. Гидростатическое давление и его свойства. Дифференциальные уравнения равновесия жидкости Эйлера. Основное уравнение гидростатики. Геометрический и энергетический смысл основного уравнения гидростатики.	[15.1,15.2,15.3, 15.4]
		3	Гидродинамика. Основные задачи гидродинамики. Методы исследования гидродинамики. Элементарная струйка и ее свойства. Уравнение неразрывности для элементарной струйки. Характеристики потока. Виды движения потока жидкости.	
		4	Уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной жидкости. Геометрический и энергетический смысл уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной жидкости.	[15.1,15.2,15.3, 15.4]
2	4	5	Гидравлический уклон. Понятие о плавно-изменяющемся потоке жидкости. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости.	[15.1,15.2,15.3, 15.4]
		6	Потери напора и гидравлические сопротивления. Классификация потерь напора. Режимы движения жидкости. Опыт Рейнольдса, критерий Рейнольдса.	[15.1,15.2,15.3, 15.4]
		7	Распределение скоростей и касательных напряжений по живому сечению трубы	

			при ламинарном режиме. Расход потока и потери напора при ламинарном движении жидкости в прямых круглых трубах. Уравнение Пуазейля. Уравнение Дарси.	
		8	Механизм и структура турбулентного потока. Осредненная скорость, турбулентные пульсации, интенсивность турбулентности. Напряжение силы трения в турбулентном потоке. Турбулентная вязкость. Понятие о пограничном слое. Распределение скоростей по живому сечению трубы при турбулентном режиме.	
		9	Потери напора при турбулентном режиме. Гидравлически гладкие и шероховатые стенки. Потери напора в местных сопротивлениях. Уравнение Дарси-Вейсбаха. Эквивалентная длина.	
		10	Истечение жидкости через малое незатопленное отверстие в тонкой стенке. Истечение жидкости через затопленные отверстия. Истечение жидкости через насадки при постоянном напоре. Истечение жидкости через отверстия и насадки при переменном напоре	[15.1,15.2,15.3, 15.4,15.5]
3	10	11	Гидромеханические процессы. Классификация неоднородных систем. Методы разделения неоднородных систем. Материальный баланс процессов разделения.	[15.1,15.2,15.3, 15.4, 15.5]
		12	Осаждение под действием силы тяжести. Методы определения скорости осаждения, критериальные уравнения. Расчет отстойников. Конструкции отстойников.	
		13	Фильтрация. Способы фильтрации. Движущая сила процесса фильтрации. Уравнение фильтрации при постоянной разности движений и с постоянной скоростью.	
		14	Порядок расчета фильтров. Константы фильтрации. Производительность цикла фильтрации. Фильтровальные перегородки. Конструкции фильтров.	

<b>6 семестр</b>				
4	6	15	<p>Основы теплопередачи. Способы переноса теплоты. Теплоотдача и теплопередача. Тепловые балансы, основное уравнение теплопередачи. Теплопроводность. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Уравнения теплопроводности плоской и цилиндрической стенки. Теплопроводность многослойной стенки.</p>	[15.1,15.2,15.3, 15.4,15.6, 15.7]
		16	<p>Тепловое излучение. Лучеиспускание и лучепоглощение. Лучеиспускательная способность твердых тел. Закон Стефана-Больцмана. Взаимное излучение твердых тел. Закон Кирхгофа. Лучеиспускание газов.</p>	
		17	<p>Передача тепла конвекцией. Механизм конвективного теплообмена. Закон Ньютона-Рихмана. Уравнение теплоотдачи. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена.</p>	
		18	<p>Теплопередача. Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенки при постоянных температурах теплоносителей. Коэффициент теплопередачи. Уравнение теплопередачи при прямотоке и противотоке теплоносителей. Средняя разность температур.</p>	
5	8	19	<p>Тепловые процессы. Теплообменные аппараты и теплоносители. Нагревание, способы нагревания и нагревающие агенты. Охлаждение, охлаждающие агенты и способы охлаждения.</p>	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7]
		20	<p>Конструкции теплообменных аппаратов. Кожухотрубчатые теплообменники. Погружные и оросительные теплообменники. Пластинчатые и спиральные теплообменники. Оребренные теплообменники. Теплообменные устройства реакционных аппаратов. Конденсаторы смешения.</p>	
		21	<p>Расчет теплообменных аппаратов.</p>	

			Тепловой расчет теплообменников. Расчет коэффициента теплопередачи методом построения нагрузочной характеристики и методом последовательных приближений. Конструктивный и гидравлический расчет теплообменных аппаратов	
		22	Выпаривание. Однокорпусные выпарные установки. Материальный и тепловой баланс однокорпусной выпарной установки. Полезная разность температур, температурные потери. Определение поверхности нагрева.	
6	4	23	Основы массопередачи. Виды массообменных процессов. Движущая сила процессов массопередачи. Способы выражения состава фаз. Правило фаз. Фазовое равновесие. Линия равновесия. Материальный баланс. Уравнение рабочей линии. Направление массопередачи.	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7]
		24	Расчет основных размеров массообменных аппаратов. Расчет диаметра массообменных аппаратов. Расчет скорости захлебывания насадочных колонн.	
6	4	25	Абсорбция. Равновесие при абсорбции. Закон Генри. Материальный баланс абсорбции. Расход абсорбента. Тепловой баланс абсорбции. Скорость абсорбции. Хемосорбция. Устройство абсорбционных аппаратов. Схемы абсорбционных установок. Десорбция. Расчет абсорберов.	[15.1,15.2,15.3, 15.7]
		26	Перегонка и ректификация. Характеристики двухфазных систем пар-жидкость. Идеальные и реальные смеси. Закон Рауля. Простая перегонка и ее виды.	[15.1,15.2,15.3, 15.7, 15.9]
		27	Ректификация. Схемы ректификационных установок. Материальный баланс ректификационной колонны. Уравнения рабочих линий.	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7, 15.9]

			Минимальное и действительное флегмовое число.	
7	10	28	Тепловой баланс ректификационной колонны Расчет ректификационных аппаратов. Ректификация многокомпонентных смесей. Экстрактивная и азеотропная ректификация. Устройство ректификационных аппаратов.	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7, 15.9]



## 6. Содержание коллоквиумов

Учебным планом не предусмотрены

## 7. Перечень практических занятий

№ темы	Всего часов	№ занятия	Тема практического занятия. Задания, вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
<b>6 семестр</b>				
1	2	1	Системы единиц измерения. Система СИ. Пересчет из одной системы единиц измерения в другую.	[15.1,15.2,15.3, 15.6]
2-5	4	2	Физические свойства жидкости. Основное уравнение гидростатики. Закон Архимеда.	[15.1,15.2,15.3, 15.6]
		3	Уравнение Бернулли. Истечение жидкости через отверстия и насадки.	[15.1,15.2,15.3, 15.6]
		4	Определение потерь напора на гидравлические сопротивления.	[15.1,15.2,15.3, 15.6]
6	2	5	Расчет центробежных и поршневых насосов.	[15.1,15.2,15.3, 15.6]
8	4	6	Материальный баланс процессов разделения. Определение скорости осаждения под действием сил тяжести.	[15.1,15.2,15.3, 15.6]
		7	Расчет фильтров, работающих при постоянной разности давлений и с постоянной скоростью.	[15.1,15.2,15.3, 15.6]
		8	Расчет отстойных и фильтрующих центрифуг. Расчет мощности на перемешивание.	[15.1,15.2,15.3, 15.6]
8	4	9	Закон Фурье. Теплопроводность плоской и цилиндрической стенки. Передача тепла тепловым излучением. Теплоотдача, расчет коэффициента теплоотдачи.	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7]
		10	Расчет коэффициентов теплопередачи при постоянных и переменных температурах теплоносителей.	[15.1,15.2,15.3, 15.6]
		11	Тепловые балансы. Определение тепловой нагрузки теплообменного аппарата и расхода теплоносителей. Определение поверхности теплообмена.	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7, 15.9]
9	6	12	Расчет кожухотрубчатых теплообменников.	[15.1,15.2,15.3, 15.6]

		13	Расчет конденсаторов паров	[15.1,15.2,15.3, 15.6]
		14	Расчет выпарного аппарата.	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7, 15.9]
		15	Расчет многокорпусных выпарных установок.	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7, 15.9]
		16	Расчет трехкорпусной выпарной установки.	[15.1,15.2,15.3, 15.6]
10	4	17	Способы выражения состава фаз. Пересчет из одного способа выражения состава фаз в другой. Теплофизические характеристики растворов в зависимости от концентрации и температуры.	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7, 15.9]
		18	Линия равновесия. Построение линии равновесия на I-X-диаграмме. Уравнение рабочей линии.	[15.1,15.2,15.3, 15.6]
11	6	19	Материальный баланс процесса ректификации. Построение рабочих линий процесса ректификации на I-X-диаграмме.	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7, 15.9]
		20	Расчет внутренних материальных потоков ректификационной колонны.	[15.1,15.2,15.3, 15.6]
		21	Тепловой баланс ректификационной колонны. Расчет количества тепла, подводимого в куб колонны.	[15.1,15.2,15.3, 15.6]
		22	Определение гидравлического сопротивления колонных аппаратов. Определение диаметра и высоты колонны.	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7, 15.9]
		23	I-X- диаграмма влажного воздуха. Определение параметров влажного воздуха по I-X- диаграмме. Изображение процессов изменения состояния воздуха на I-X-диаграмме	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7, 15.9]
		24	Материальный баланс сушки. Определение расхода воздуха на сушку.	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7, 15.9]
		25	Тепловой баланс сушки. Определение расхода тепла на сушку.	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7, 15.9]
ВСЕГО:	32			

## 8. Перечень лабораторных работ

№ темы	Всего часов	Наименование лабораторной работы. Задания, вопросы, отработываемые на лабораторном занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
<b>5 семестр</b>			
4	14	Смена режимов движения жидкости Определение коэффициента трения. Определение коэффициентов местных сопротивлений.	[15.1,15.2,15.3, 15.6]
5	4	Истечение жидкости через отверстия и насадки. Снятие характеристик центробежного насоса.	
6			
7	14	Определение скорости осаждения под действием силы тяжести. Разделение неоднородных систем в поле центробежных сил. Определение констант фильтрации. Исследование гидродинамики кипящего слоя. Определение расхода мощности на перемешивание.	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7, 15.9]
<b>ВСЕГО:</b>	<b>32</b>		

## 9. Задания для самостоятельной работы

№ темы	Всего часов	Задания, вопросы, для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
<b>5 семестр</b>			
1	2	История возникновения и развития науки о процессах и аппаратах.	[15.1,15.2]
2	12	Способы и приборы для измерения давления Течение неньютоновских жидкостей. Уравнение поверхности жидкости во вращающемся сосуде. Измерение расхода жидкости с помощью сужающих устройств	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7]
3	24	Конструкции центробежных насосов. Кавитация. Совместная работа центробежных насосов на сеть. Конструкции поршневых насосов. Устройство и принцип действия воздушных колпаков.	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7, 15.9]
3	4	Роторные насосы. Шестеренчатые, пластинчатые, винтовые насосы. Аксиально-поршеньковые и радиально-поршеньковые насосы.	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7, 15.9]
4	24	Устройство отстойников. Классификация и конструкции фильтров. Классификация и конструкции центрифуг. Устройство и принцип действия аппаратов для очистки запыленных газов. Устройство механических мешалок.	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7, 15.9]
5	14	Температурное поле и температурный градиент. Опытные данные по теплоотдаче.	[15.1,15.2,15.3, 15.6]
<b>6 семестр</b>			
6	6	Уравнения теплопроводности плоской и цилиндрической стенки. Теплопроводность многослойной стенки.	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7, 15.9]
	8	Тепловое подобие. Критериальные уравнения теплоотдачи. Опытные данные по теплоотдаче. Сложная теплоотдача.	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7, 15.9]
6	12	Нагревающие агенты и способы нагревания. Охлаждающие агенты и способы охлаждения.	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7, 15.9]

		Классификация и конструкции теплообменных аппаратов. Классификация и конструкции выпарных аппаратов.	
	6	Расчет конденсаторов паров. Методика расчета поверхностных конденсаторов. Методика расчета конденсаторов смешения.	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7, 15.9]
	10	Устройство выпарных аппаратов. Схемы многокорпусных выпарных установок. Общая полезная разность температур и ее распределение по корпусам. Выбор числа корпусов. Расчет многокорпусных выпарных установок.	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7, 15.9]
	10	Скорость массопередачи. Молекулярная и турбулентная диффузия. Конвективный перенос. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии. Механизм и модели процессов массопередачи. Уравнение массоотдачи.	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7, 15.9]
	10	Подобие процессов переноса массы. Уравнение массопередачи. Уравнение аддитивности фазовых сопротивлений. Объемные коэффициенты массопередачи.	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7, 15.9]
7	12	Классификация и устройство абсорбционных аппаратов. Устройство ректификационных аппаратов.	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7, 15.9]
8	10	Классификация и устройство сушилок. Способы сушки. Основные параметры влажного воздуха. 1-х-диаграмма влажного воздуха. Изображение процессов изменения состояния влажного воздуха на диаграмме. Равновесие при сушке. Формы связи влаги с материалом.	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7, 15.9]
	10	Материальный баланс сушки. Расход воздуха на сушку. Тепловой баланс сушки. Расход тепла на сушку. Аналитический и графоаналитический методы расчета расходов воздуха и тепла на сушку. Варианты процесса сушки.	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7, 15.9]
	10	Скорость и периоды сушки. Интенсивность испарения влаги. Перемещение влаги внутри материала. Продолжительность процесса сушки. Устройство сушилок.	[15.1,15.2,15.3, 15.6, 15.7, 15.9]

Самостоятельная работа студентов состоит в подготовке к практическим занятиям, промежуточному контролю (модулям), к зачету, экзамену.

В процессе самостоятельного изучения вопросов по дисциплине студенту осваивают компетенции ОПК-2, ПК-2. Освоение компетенций проверяется при выполнении студентами знаний модулей, на зачете и экзамене по дисциплине.

Самостоятельная работа выполняется в специальной тетради и проверяется при сдаче модулей, а также путем проведения собеседований. По вопросам, вызывающим затруднения у студентов, предусмотрены еженедельные консультации.

## **10. Расчетно-графическая работа**

Учебным планом не предусмотрена

## **11. Курсовая работа**

Учебным планом не предусмотрена

## **12. Курсовой проект**

Учебным планом не предусмотрен

## **13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

В процессе освоения образовательной программы и дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» должна сформироваться компетенция ПК-1.

Под компетенцией ПК-1 способностью и готовностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции.

Формирование данной компетенции происходит также в рамках дисциплин Б.1.1.23 Системы управления химико-технологическими процессами, Б.1.2.7.1 Технология переработки полимеров

Код компетенции	Этап формирования	Показатели оценивания	Критерии оценивания		
			Промежуточная аттестация	Типовые задания	Шкала оценивания

					ния
ПК-1	5,6 семестр	Знание основных методов расчета важнейших процессов и аппаратов химической технологии	зачет  экзамен	Вопросы к зачету  вопросы к экзамену	Зачтено/ не зачтено  5-ти бальная шкала

### Уровни освоения компетенции

Ступени уровней освоения компетенций	Отличительные признаки
Пороговый (удовлетворительно)	Знает: основные методы расчета гидромеханических, тепловых и массообменных процессов, устройство, принцип действия и основные типы аппаратов для их проведения.
	Умеет: делать расчеты основных процессов и аппаратов химической технологии и определять количество исходных веществ и готовых продуктов, расход тепла и теплоносителей для проведения процессов, определять основные размеры аппаратов для проведения гидромеханических, тепловых и массообменных процессов.
	Владеет: необходимыми методами для решения поставленных профессиональных задач инженерной деятельности.
Продвинутый (хорошо)	Знает: особенности методов расчета гидромеханических, тепловых и массообменных процессов, , принцип действия и основные типы устройств для проведения этих процессов.
	Умеет: проводить расчеты основных технологических процессов протекающих в аппаратах химической технологии и определять количество исходных веществ и готовых продуктов, расход тепла и теплоносителей для проведения процессов, определять основные размеры аппаратов для проведения изучаемых процессов.
	Владеет: математическими,

	физическими, физико-химическими, химическими методами для решения задач профессиональной деятельности.
Высокий (отлично)	Знает: знает и понимает теоретический материал в полном объеме, без пробелов, основную нормативно-техническую документацию, принцип действия и основные типы применяемых аппаратов для проведения гидромеханических, тепловых и массообменных процессов.
	Умеет: квалифицированно проводить расчеты основных технологических процессов протекающих в аппаратах химической технологии.
	Владеет: высокое качество решения всех задач профессиональной деятельности физическими, физико-химическими, химическими методами.

**Межсессионная аттестация** проводится по результатам выполненных практических работ, предусмотренных учебным планом.

**Рубежный контроль** уровня освоения учебной дисциплины обучающимися определяется по критериям: зачтено, не зачтено.

**К зачету или экзамену** студенты допускаются при наличии всех практических работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины, выполненные надлежащего качества.

## 5 семестр

### Вопросы к зачету

1. Предмет и задачи курса процессы и аппараты.
2. Классификация основных процессов химической технологии.
3. Общие принципы анализа и расчета процессов и аппаратов.
4. Принципы моделирования. Основы теории подобия.
5. Основы гидравлики. Жидкость, основные понятия и определения, основные физические свойства жидкости.
6. Гидростатика. Гидростатическое давление и его свойства.
7. Дифференциальное уравнение равновесия жидкости Эйлера.
8. Основное уравнение гидростатики, его геометрический и энергетический смысл.



9. Определение силы полного давления жидкости на плоские фигуры.
10. Закон Архимеда. Основы теории плавания тел.
11. Практическое применение законов гидростатики.
12. Гидродинамика. Линия тока. Элементарная струйка и ее свойства.
13. Уравнение неразрывности для элементарной струйки.
14. Поток жидкости и его характеристики.
15. Дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости Эйлера.
16. Дифференциальное уравнение неразрывности потока.
17. Дифференциальные уравнения движения вязкой жидкости Навье-Стокса.
18. Уравнение Бернулли для элементарной струйки идеальной и реальной жидкости.
19. Уравнение Бернулли для потока жидкости.
20. Практическое применение уравнения Бернулли.
21. Гидравлические сопротивления. Режимы движения жидкости. Опыт Рейнольдса.
22. Распределение скоростей и напряжение силы трения по живому сечению при ламинарном режиме.
23. Определение расхода и средней скорости при ламинарном режиме.
24. Определение потерь напора при ламинарном режиме.
25. Механизм и структура турбулентного потока. Пограничный слой. Напряжение силы трения и распределение скоростей в турбулентном потоке.
26. Потери напора на гидравлические сопротивления при турбулентном режиме. Зоны гидравлических сопротивлений, график Никурадзе.
27. Потери напора в местных сопротивлениях.
28. Истечение жидкости через малые незатопленные отверстия в тонкой стенке при постоянном напоре.
29. Истечение через насадки при постоянном напоре.
30. Истечение жидкости через отверстия и насадки при переменном напоре.
31. Определение и классификация гидравлических машин. Насосы, производительность, напор, мощность и КПД насоса.
32. Схема насосной установки. Напор насоса, высота всасывания.
33. Устройство и принцип действия центробежного насоса.
34. Основное уравнение центробежных машин Эйлера.

35. Характеристики центробежного насоса.
36. Определение режима работы центробежного насоса и регулирование его производительности.
37. Осевые насосы. Вихревые насосы.
38. Устройство и принцип действия поршневых насосов. Формулы производительности, графики подачи, коэффициент неравномерности подачи.
39. Роторные насосы, их характеристики и область применения.
40. Классификация и методы разделения неоднородных систем.
41. Материальный баланс процессов разделения неоднородных систем.
42. Осаждение под действием силы тяжести, скорость осаждения.
43. Расчет отстойников. Конструкции отстойников.
44. Движение жидкости через неподвижные зернистые и пористые слои.
45. Гидродинамика кипящих зернистых слоев.
46. Фильтрация. Виды и способы фильтрации, фильтровальные перегородки.
47. Основное уравнение фильтрации.
48. Константы фильтрации.
49. Конструкции фильтров.
50. Центрифугирование, центробежная сила, фактор разделения.
51. Расчет отстойных и фильтрующих центрифуг.
52. Классификация и конструкции центрифуг.
53. Очистка запыленных газов.
54. Перемешивание в жидких средах, способы перемешивания.
55. Механическое перемешивание, расчет мощности на перемешивание.
56. Конструкции мешалок. Область их применения.

## **6 семестр**

### **Экзаменационные вопросы**

1. Основы теплопередачи. Способы переноса тепла.
2. Тепловые балансы. Основное уравнение теплопередачи.
3. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
4. Уравнение теплопроводности плоской и цилиндрической стенки.
5. Тепловое излучение.
6. Передача тепла конвекцией. Закон Ньютона.
7. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена.
8. Тепловое подобие. Опытные данные по теплоотдаче.

9. Теплопередача, коэффициент теплопередачи, средняя движущая сила.
10. Нагревание, нагревающие агенты и способы нагревания.
11. Охлаждение, охлаждающие агенты, способы охлаждения, конденсация.
12. Конструкции теплообменных аппаратов.
13. Расчет теплообменных аппаратов.
14. Расчет конденсаторов паров.
15. Выпаривание. Однокорпусные выпарные установки, уравнения материального и теплового баланса.
16. Многокорпусные выпарные установки, схемы МВУ.
17. Материальный и тепловой баланс многокорпусной выпарной установки.
18. Расчет многокорпусных выпарных установок.
19. Конструкции выпарных аппаратов.
20. Классификация и характеристика массообменных процессов.
21. Фазовое равновесие. Линия равновесия.
22. Уравнение материального баланса. Рабочая линия.
23. Скорость массопереноса. Молекулярная и турбулентная диффузия, конвективный перенос.
24. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии.
25. Механизм и модели массопереноса.
26. Уравнение массоотдачи. Уравнение массопередачи.
27. Уравнение аддитивности фазовых сопротивлений.
28. Средняя движущая сила процессов массопередачи.
29. Число единиц переноса. Высота единицы переноса.
30. Определение основных размеров массообменных аппаратов. Диаметр массообменных аппаратов.
31. Определение высоты массообменных аппаратов. Аналитический и графический метод определения числа ступеней контакта.
32. Массопередача с твердой фазой.
33. Абсорбция. Равновесие при абсорбции, закон Генри.
34. Материальный и тепловой баланс абсорбции.
35. Устройство абсорберов.
36. Схема абсорбционных установок. Десорбция.
37. Перегонка жидкости и ректификация. Характеристики двухфазных систем пар-жидкость и их классификация.
38. Фазовое равновесие в идеальных и реальных смесях.
39. Простая перегонка и ее виды.
40. Принцип ректификации. Схемы ректификационных установок.

41. Материальный баланс ректификационной колонны. Уравнения рабочих линий.
42. Построение рабочих линий на  $Y-X$  – диаграмме.
43. Минимальное и действительное флегмовое число.
44. Тепловой баланс ректификационной колонны.
45. Ректификация многокомпонентных смесей. Специальные виды ректификации.
46. Устройство ректификационных аппаратов.
47. Сушка, виды и способы сушки.
48. Основные параметры влажного воздуха.  $I-X$ - диаграмма влажного воздуха.
49. Равновесие при сушке. Влажность материала и изменение его состояния в процессе сушки.
50. Формы связи влаги с материалом.
51. Материальный баланс сушки. Расход воздуха на сушку.
52. Тепловой баланс сушки. Расход тепла на сушку.
53. Аналитический и графоаналитический методы расчета процесса сушки.
54. Варианты процесса сушки.
55. Скорость и периоды сушки.
56. Интенсивность испарения влаги.
57. Перемещение влаги внутри материала.
58. Продолжительность процесса сушки.
59. Устройство сушилок.

#### **14. Образовательные технологии**

Реализация компетентного подхода предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

В учебном процессе при изучении дисциплины используются следующие формы лекции с изложением определений основных понятий, изучаемых в рамках дисциплины, демонстрацией последовательности выполнения этапов макетирования; практические занятия связаны с непосредственной работой с манекеном, для формирования навыков выполнения этапов выполнения накладки изделий простых и сложных форм, оформления чертежей;

индивидуальные и коллективные консультации с активным участием обучающихся по наиболее сложным частям теоретического и практического материала самостоятельная работа по выполнению заданий по основным разделам дисциплины.

## 15. Перечень учебно-методического обеспечения по дисциплине

### Основная

15.1 Бородулин Д.М. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / Бородулин Д.М., Иванец В.Н.. — Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2007. — 168 с. — ISBN 978-5-89289-435-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/14388.html>

15.2 Фролов В.Ф. Лекции по курсу «Процессы и аппараты химической технологии» / Фролов В.Ф.. — Санкт-Петербург : ХИМИЗДАТ, 2020. — 608 с. — ISBN 078-5-93808-348-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/97816.html>

15.3 Романков П.Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи) : учебное пособие для вузов / Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М.. — Санкт-Петербург : ХИМИЗДАТ, 2020. — 544 с. — ISBN 078-5-93808-349-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/97815.html>

15.4 Акбаева Д.Н. Тестовые задания по дисциплине «Основные процессы и аппараты химической технологии» : учебное пособие / Акбаева Д.Н., Ешова Ж.Т.. — Алматы : Казахский национальный университет им. аль-Фараби, 2014. — 86 с. — ISBN 978-601-04-0438-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/58754.html>

### Дополнительная литература

15.5 Разинов А.И. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / Разинов А.И., Клинов А.В., Дьяконов Г.С.. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. — 860 с. — ISBN 978-5-7882-2154-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/75637.html>

15.6 Гужель Ю.А. Процессы и аппараты химической технологии. Ч.1. Гидромеханические процессы и аппараты : учебное пособие / Гужель Ю.А.. — Благовещенск : Амурский государственный университет, 2019. — 96 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/103906.html>

15.7 Гужель Ю.А. Процессы и аппараты химической технологии. Ч.2. Тепловые процессы и аппараты : учебное пособие / Гужель Ю.А.. — Благовещенск : Амурский государственный университет, 2020. — 65 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/103907.html>

### Перечень информационных справочных систем

15. 8 Российский образовательный портал – <http://www.school.edu.ru/>

- 15.9 Федеральный портал «Российской образование» – <http://www.edu.ru/>
- 15.10 Университетская информационная система «Россия» – <http://uisrussia.msu.ru>
- 15.11 "Chem Net" химическая информационная сеть - [www/chem.msu.ru](http://www/chem.msu.ru)
- 15.12 Научная электронная библиотека - <http://elibrary.ru>

## **16. Материально-техническое обеспечение**

### **Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа**

Укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения: 24 рабочих мест обучающихся; рабочее место преподавателя; классная доска; проекционный экран; мультимедийный проектор; ноутбук; демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по рабочей программе дисциплины.

Программное обеспечение: Microsoft Windows 7, Microsoft Office 2010 (Word, Excel, PowerPoint), GoogleChrome

### **Учебная аудитория для проведения занятий практического типа, текущего контроля и промежуточной аттестации, групповых и индивидуальных консультаций**

Укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения: 24 рабочих мест обучающихся; рабочее место преподавателя; классная доска; проекционный экран; мультимедийный проектор; ноутбук; демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по рабочей программе дисциплины.

Программное обеспечение: Microsoft Windows 7, Microsoft Office 2010 (Word, Excel, PowerPoint), GoogleChrome

### **Учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа**

Укомплектована специализированной мебелью и техническими средствами обучения: 40 рабочих мест обучающихся; рабочее место преподавателя; классная доска; проекционный экран; мультимедийный проектор; ноутбук; демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по рабочей программе дисциплины.

Укомплектована оборудованием:

1. Центрифуга
2. Установки нестандартного изготовления: установка для определения скорости осаждения под действием силы тяжести

3. Лабораторная центрифуга для разделения неоднородных систем в поле центробежных сил

4. Установка для определения констант фильтрации

5. Установка для исследования гидродинамики кипящего слоя

6. Установка для определения мощности на перемешивание в жидких средах.

Экран, проектор, ноутбук Программное обеспечение: Microsoft Windows 7, Microsoft Office 2010 (Word, Excel,

Рабочую программу составил \_\_\_\_\_/Черемухина И.В./

## 17. Дополнения и изменения в рабочей программе

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

Внесенные изменения утверждены на заседании УМКС/УМКН  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_

Председатель УМКС/УМКН \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /