

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.1.1.28 «Процессы и аппараты химической технологии»  
направления подготовки

18.03.01 «Химическая технология»

Профиль 4 «Технология химических и нефтегазовых производств»

Формы обучения: очная; заочная

Объем дисциплины:

в зачетных единицах: 8 з.е.

в академических часах: 288 ак.ч.

Энгельс 2024

Рабочая программа по дисциплине Б.1.1.28 «Процессы и аппараты химической технологии» направления подготовки 18.03.01 «Химическая технология» профиль «Технология химических и нефтегазовых производств» составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 18.03.01 «Химическая технология», утвержденным приказом Минобрнауки России №922 от 07.08.2020 г.

Рабочая программа:

**обсуждена и рекомендована** к утверждению решением кафедры «Технология и оборудование химических, нефтегазовых и пищевых производств» от «06» июня 2024 г., протокол № 13.

Заведующий кафедрой ТОХП  /Левкина Н.Л./

**одобрена** на заседании УМКН от «14» июня 2024 г., протокол №5.

Председатель УМКН  /Левкина Н.Л./

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель преподавания дисциплины:

формирование у студентов знаний, необходимых для решения технологических задач, связанных с разработкой и проектированием технологических схем производства различных продуктов.

Задачи изучения дисциплины:

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 Б.1.1.28 «Процессы и аппараты химической технологии» относится к базовой части учебного плана Блока 1 «Дисциплины (модули)».

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование следующей компетенции:

ОПК-2 – Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции (составляющей компетенции)	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ОПК-2. Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	ИД-2 <sub>ОПК-2</sub> Способен к изучению методов расчета основных процессов химической и нефтехимической технологии, расчета основных размеров аппаратов и ознакомление с конструктивными схемами основных аппаратов, а также формирование практических навыков для решения задач профессиональной деятельности	<b>знать:</b> основные гидромеханические процессы и аппараты для них; основные законы теплопередачи, теплообмена; законы массообменных процессов; <b>уметь:</b> проводить расчеты различных аппаратов, применяемых для проведения гидромеханических процессов, теплообменников, выпарных и массообменных аппаратов и сушилок.

Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции (составляющей компетенции)	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
		<b>владеть:</b> методиками теплового и материального расчета; методами оптимизации основных процессов; методами расчета и анализа режимов работы технологического оборудования.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

##### *очная форма обучения*

Вид учебной деятельности	ак. часов		
	Всего	по семестрам	
		5 семестр	6 семестр
1. Аудиторные занятия, часов всего, в том числе:	128	64	64
• занятия лекционного типа,	64	32	32
• занятия семинарского типа:			
практические занятия	32		32
лабораторные занятия	32	32	
в том числе занятия в форме практической подготовки			
2. Самостоятельная работа студентов, всего	160	80	80
– курсовая работа (проект)			
– расчетно-графическая работа			
3. Промежуточная аттестация		зачет	экзамен
Объем дисциплины в зачетных единицах	8	4	4
Объем дисциплины в акад. часах	288	144	144

### *заочная форма обучения*

Вид учебной деятельности	ак. часов		
	Всего	по семестрам	
		6 семестр	7 семестр
1. Аудиторные занятия, часов всего, в том числе:	32	16	16
• занятия лекционного типа,	14	8	6
• занятия семинарского типа:			
практические занятия	10		10
лабораторные занятия	8	8	
в том числе занятия в форме практической подготовки			
2. Самостоятельная работа студентов, всего	256	128	128
– курсовая работа (проект)			
– расчетно-графическая работа			
3. Промежуточная аттестация		зачет	экзамен
Объем дисциплины в зачетных единицах	8	4	4
Объем дисциплины в акад. часах	288	144	144

#### **5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием количества академических часов и видов учебных занятий**

##### **5.1. Содержание дисциплины**

###### **Тема 1. Гидромеханические процессы.**

Предмет курса, его цели и задачи. Содержание курса. Связь с другими дисциплинами. Формы учебных занятий и отчетность по курсу. Литература для изучения курса. Гидромеханические процессы. Классификация неоднородных систем. Осаждение под действием силы тяжести. Скорость осаждения. Расчет отстойников. Движение жидкости через неподвижные зернистые и пористые слои. Гидродинамика кипящих зернистых слоев. Фильтрация. Уравнение фильтрации. Порядок расчета фильтров. Центрифугирование. Расчет отстойных фильтрующих центрифуг. Перемешивание в жидких средах. Мощность, затрачиваемая на перемешивание.

###### **Тема 2. Основы теплопередачи.**

Основы теплопередачи. Способы переноса теплоты. Теплоотдача и теплопередача. Тепловые балансы. Основное уравнение теплопередачи. Теплопроводность. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Уравнение теплопроводности плоской стенки. Тепловое излучение. Лучеиспускание и лучепоглощение. Лучеиспускательная способность твердых тел. Закон Стефана - Больцмана. Взаимное излучение твердых тел. Закон Кирхгофа. Лучеиспускание газов. Передача тепла конвекцией. Механизм конвективного теплообмена. Закон Ньютона-Рихмана. Уравнение теплоотдачи. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена. Теплопередача. Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенки при постоянных температурах теплоносителей. Коэффициент теплопередачи. Уравнение теплопередачи при прямотоке и противотоке теплоносителей. Средняя разность температур.

###### **Тема 3. Тепловые процессы**

Тепловые процессы. Теплообменные аппараты и теплоносители. Нагревание, способы нагревания и нагревающие агенты. Требования, предъявляемые к теплоносителям. Охлаждение, охлаждающие агенты и способы охлаждения. Охлаждение водой.

Испарительное охлаждение. Системы оборотного водоснабжения. Аппараты воздушного охлаждения. Конденсация паров. Расчет теплообменных аппаратов. Тепловой расчет теплообменников. Расчет коэффициента теплопередачи методом построения нагрузочной характеристики и методом последовательных приближений. Конструктивный и гидравлический расчет теплообменных аппаратов.

Расчет конденсаторов паров. Методика расчета поверхностных конденсаторов. Методика расчета конденсаторов смешения. Выпаривание. Однокорпусные выпарные установки. Материальный и тепловой баланс однокорпусной выпарной установки. Полезная разность температур, температурные потери. Определение поверхности нагрева.

#### **Тема 4. Основы массопередачи.**

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. Скорость массопередачи. Молекулярная и турбулентная диффузия. Конвективный перенос. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии. Механизм и модели процессов массопередачи. Уравнение массоотдачи. Подобие процессов переноса массы. Уравнение массопередачи. Уравнение аддитивности фазовых сопротивлений. Объемные коэффициенты массопередачи. Движущая сила процессов массопередачи. Средняя движущая сила. Число единиц переноса. Высота единицы переноса. Коэффициент извлечения. Влияние перемешивания на среднюю движущую силу.

#### **Тема 5. Массообменные процессы**

Перегонка и ректификация Характеристики двухфазных систем пар-жидкость. Идеальные и реальные смеси. Закон Рауля. Простая перегонка и ее виды. Ректификация. Схемы ректификационных установок. Материальный баланс ректификационной колонны. Уравнения рабочих линий. Минимальное и действительное флегмовое число. Тепловой баланс ректификационной колонны Расчет ректификационных аппаратов. Расчет основных размеров массообменных аппаратов. Расчет диаметра массообменных аппаратов. Расчет скорости захлебывания насадочных колонн. Межтарельчатый унос. Предельно допустимая и рабочая скорость газа (пара) в колонне. Высота аппарата. Расчет высоты аппаратов с непрерывным и ступенчатым контактом. Аналитический и графоаналитический методы определения числа ступеней контакта. Определение числа теоретических тарелок.

## 5.2. Разделы, темы дисциплины и виды занятий

### *очная форма обучения*

№ п/п	Наименование раздела, темы дисциплины	Виды занятий, включая самостоятельную работу студентов (в акад. часах)						Код индикатора достижения компетенции
		занятия лекционного типа		занятия семинарского типа / из них в форме практической подготовки		самостоятельная работа		
		5 сем	6 сем	5 сем	6 сем.	5 сем.	6 сем.	
1.	Гидромеханические процессы	4	4	8	4	20	20	ИД-2 <sub>ОПК-2</sub>
2.	Основы теплопередачи	8	8	6	8	20	20	ИД-2 <sub>ОПК-2</sub>
3.	Тепловые процессы	6	6	6	6	20	20	ИД-2 <sub>ОПК-2</sub>
4.	Основы массопередачи	6	6	6	6	10	10	ИД-2 <sub>ОПК-2</sub>
5.	Массообменные процессы	8	8	6	8	10	27	ИД-2 <sub>ОПК-2</sub>
	<b>Итого</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	

### *заочная форма обучения*

№ п/п	Наименование раздела, темы дисциплины	Виды занятий, включая самостоятельную работу студентов (в акад. часах)						Код индикатора достижения компетенции
		занятия лекционного типа		занятия семинарского типа / из них в форме практической подготовки		самостоятельная работа		
		6 сем.	7 сем	6 сем	7 сем	6 сем	7 сем	
1.	Гидромеханические процессы	2	2	2	2	24	24	ИД-2 <sub>ОПК-2</sub>
2.	Основы теплопередачи	2		2	2	22	22	ИД-2 <sub>ОПК-2</sub>
3.	Тепловые процессы	2	2	2	2	28	28	ИД-2 <sub>ОПК-2</sub>
4.	Основы массопередачи			2	2	26	26	ИД-2 <sub>ОПК-2</sub>
5.	Массообменные процессы	2	2	-	2	28	28	ИД-2 <sub>ОПК-2</sub>
	<b>Итого</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>128</b>	<b>128</b>	

## 5.2. Перечень практических занятий

№ п/п	Наименование раздела, темы дисциплины	Наименование практического занятия	Объем дисциплины в акад. часах	
			очная форма обучения	заочная форма обучения
1	Гидромеханические процессы	Системы единиц измерения. Система СИ. Пересчет из одной системы единиц измерения в другую. Расчет отстойных и фильтрующих центрифуг. Расчет мощности на перемешивание.	6	2
2	Основы теплопередачи	Закон Фурье. Теплопроводность плоской и цилиндрической стенки. Передача тепла тепловым излучением. Теплоотдача, расчет коэффициента теплоотдачи.	6	2
3	Тепловые процессы	Тепловые балансы. Определение тепловой нагрузки теплообменного аппарата и расхода теплоносителей. Определение поверхности теплообмена. Расчет теплообменных аппаратов.	8	2
4	Основы массопередачи	Способы выражения состава фаз. Пересчет из одного способа выражения состава фаз в другой. Теплофизические характеристики растворов в зависимости от концентрации и температуры.	6	2
5	Массообменные процессы	Материальный баланс процесса ректификации. Построение рабочих линий процесса ректификации на I-X-диаграмме. Тепловой баланс ректификационной колонны. Определение гидравлического сопротивления колонных аппаратов. Определение диаметра и высоты колонны.	6	2
<b>Итого</b>			<b>32</b>	<b>10</b>



### 5.3. Перечень лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела, темы дисциплины	Наименование лабораторной работы	Объем дисциплины в акад. часах		
			очная форма обучения	очно-заочная форма обучения	заочная форма обучения
1	Гидромеханические процессы	Осаждение твердых частиц под действием силы тяжести.	8	-	2
2	Основы теплопередачи	Осаждение твердых частиц под действием силы тяжести.	6	-	2
3	Тепловые процессы	Определение констант фильтрации.	6	-	2
4	Основы массопередачи	Исследование гидродинамических закономерностей кипящего слоя.	6	-	2
5	Массообменные процессы	Определение расхода энергии на перемешивание.	6	-	-
<b>Итого</b>			<b>32</b>	<b>-</b>	<b>8</b>

### 5.4. Задания для самостоятельной работы студентов

№ п/п	Наименование раздела, темы дисциплины	Задания, вопросы, для самостоятельного изучения (задания)	Объем дисциплины в акад. часах	
			очная форма обучения	заочная форма обучения
1	Гидромеханические процессы	Устройство отстойников. Классификация и конструкция фильтров. Классификация и конструкция центрифуг. Устройство и принцип действия аппаратов для очистки запыленных газов. Устройство механических мешалок.	30	50
2	Основы теплопередачи	Температурное поле и температурный градиент. Тепловое подобие. Критериальные уравнения теплоотдачи. Опытные данные по теплоотдаче. Сложная теплоотдача.	30	50
3	Тепловые процессы	Нагревающие агенты и способы нагревания. Охлаждающие агенты и способы охлаждения.	30	50

№ п/п	Наименование раздела, темы дисциплины	Задания, вопросы, для самостоятельного изучения (задания)	Объем дисциплины в акад. часах	
			очная форма обучения	заочная форма обучения
		Классификация и конструкции теплообменных аппаратов. Классификация и конструкции выпарных аппаратов.		
4	Основы массопередачи	Способы выражения состава фаз. Пересчет из одного способа выражения состава фаз в другой. Массопередача с твердой фазой. Распределение концентраций передаваемого компонента в фазах. Дифференциальное уравнение массопроводности. Диффузионный критерий Био. Критериальное уравнение массопроводности.	30	50
5	Массообменные процессы	Хемосорбция. Устройство абсорбционных аппаратов. Схемы абсорбционных установок. Десорбция. Расчет абсорберов. Классификация и устройства абсорбционных аппаратов. Ректификация многокомпонентных смесей. Экстрактивная и азеотропная ректификация. Устройство ректификационных аппаратов.	40	56
	<b>Итого</b>		<b>160</b>	<b>256</b>

## 6. Расчетно-графическая работа

*Расчетно-графическая работа не предусмотрена*

## 7. Курсовая работа

*Курсовая работа не предусмотрена*

## 8. Курсовой проект

*Курсовой проект не предусмотрен*

## 9. Контрольная работа

*Контрольная работа предусмотрена для заочной формы обучения.*

## 10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации

Оценивание результатов обучения по дисциплине и уровня сформированности компетенций (части компетенции) осуществляется в рамках текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации в

соответствии с Фондом оценочных средств.

Степень успешности освоения дисциплины в системе зачетных единиц оценивается суммой баллов, исходя из 10 максимально возможных, и включает две составляющие:

*Первая составляющая* – оценка преподавателем итогов учебной деятельности студента по изучению каждого модуля дисциплины в течение предусмотренного учебным планом временного отрезка (в сумме не более, чем 8 баллов). Структура баллов, составляющих балльную оценку преподавателя, включает отдельные доли в баллах, начисляемые студенту за успешность рубежных контролей по каждому учебно-образовательному модулю.

*Вторая составляющая* - за посещаемость аудиторных лекционных и практических занятий (пропорционально числу посещенных занятий).

*Методика рубежного контроля по первой составляющей балльно-рейтинговой оценки.*

Максимальное количество баллов по каждому учебно-образовательному модулю – 10 баллов. Оценочное средство представляет собой билет, состоящий из 4 вопросов, сформированных на основе дидактического минимума содержания и содержания учебно-образовательного модуля, представленного в рабочей учебной программе. Оценка ответов на билет осуществляется по следующей схеме:

правильный и полный ответ на вопрос - +2 балла;

в целом правильный, но не полный ответ, наличие несущественных ошибок - +1 балл; отсутствие ответа – 0 баллов;

принципиально неверный ответ - 2 балла;

за пропуск каждой лекции и семинара по модулю - 0,05 балла.

Для оценки текущего уровня формирования компетенций проводятся письменные опросы по теории (модули) и практике (контрольные работы). В конце семестра предусмотрено компьютерное тестирование как допуск к экзамену.

Указанные компетенции формируются в соответствии со следующими этапами:

1. Формирование и развитие теоретических знаний, предусмотренных указанными компетенциями (лекционные занятия, самостоятельная работа студентов);

2. Приобретение и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями (практические занятия, самостоятельная работа студентов);

3. Закрепление теоретических знаний, умений и практических навыков, предусмотренных компетенциями, в ходе решения конкретных технических задач на практических занятиях, успешной сдачи экзамена.

Сформированность компетенции в рамках освоения данной дисциплины оценивается по трехуровневой шкале:

- пороговый уровень является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;

- продвинутый уровень характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенции по завершении освоения дисциплины;

- высокий уровень характеризуется максимально возможной выраженностью компетенции и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

• **Пороговый уровень освоения компетенции:** имеет студент, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, знакомый с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившим погрешность в ответе на теоретические

вопросы, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

• **Продвинутый уровень освоения компетенции:** имеет студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий предусмотренные задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

• **Высокий уровень освоения компетенции:** имеет студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины.

При достаточном качестве освоения приведенных знаний, умений и навыков (оценка «отлично» на экзамене и модулях, выполнении практических занятий) преподаватель оценивает освоение данной компетенции в рамках настоящей дисциплины на **высоком** уровне, при освоении приведенных знаний, умений и навыков (оценка «хорошо» на экзамене и модулях, выполнении практических занятий) – на **продвинутом**, при освоении приведенных знаний, умений и навыков (оценка «удовлетворительно» на экзамене и модулях, выполнении практических занятий) - на **пороговом** уровне. В противном случае компетенция в рамках настоящей дисциплины считается неосвоенной.

Критерии оценки для контрольного тестирования (допуск к экзамену):

• Контрольное тестирование зачтено, если студент дал правильные ответы на контрольные вопросы от 60 и более процентов.

- Контрольное тестирование не зачтено, если студент дал правильные ответы в промежутке от 0 до 59%.

Критерии оценки для экзамена:

- Оценки «отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безупречно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины.

- Оценки «хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющий предусмотренные задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, но допустившему при этом непринципиальные ошибки.

- Оценки «удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, знакомый с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившим погрешность в ответе на теоретические вопросы, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

- Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине (формирования и развития компетенций, закреплённых за данной дисциплиной). Оценка «неудовлетворительно» выставляется также, если студент: после начала экзамена отказался его сдавать или нарушил правила сдачи экзамена (списывал, подсказывал, обманом пытался получить более высокую оценку и т.д.).

### **Вопросы для зачета**

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.

## Вопросы для экзамена

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.

## 11. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 11.1 Рекомендуемая литература

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>
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>
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>
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>
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>
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>
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>

## **11.2. Периодические издания**

*Не используются*

## **11.3. Нормативно-правовые акты и иные правовые документы**

*Не используются*

## **11.4 Перечень электронно-образовательных ресурсов**

1. Учебно-методические материалы по дисциплине «Основы энерго- и ресурсосбережения» (электронный образовательный ресурс размещен в ИОС ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А.

<http://techn.sstu.ru/new/SubjectFGOS/Default.aspx?kod=187>

2. Сайт ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А. <http://techn.sstu.ru/>

## **11.5 Электронно-библиотечные системы**

1. «ЭБС IPRbooks»,

2. «ЭБС elibrary»

3. ЭБС «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА»

## **11.6 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. <http://elibrary.ru> / Научная электронная библиотека

2. <http://www.iprbookshop.ru> / Электронная библиотечная система IPRbooks

3. <http://lib.sstu.ru> / Научно-техническая библиотека СГТУ имени Гагарина Ю.А.

4. <https://www.edu.ru> / «Российское образование» - федеральный портал

5. <http://www.runnet.ru> / Федеральная университетская компьютерная сеть России

## **11.7 Печатные и электронные образовательные ресурсы в формах, адаптированных для студентов с ограниченными возможностями здоровья (для групп и потоков с такими студентами)**

1. Адаптированная версия НЭБ, для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечены печатными и электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

## **12. Информационно-справочные системы и профессиональные базы данных**

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ), в том числе в случае применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий, к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

### **12.1 Перечень информационно-справочных систем**

1. Справочная правовая система «Консультант Плюс»

### **12.2 Перечень профессиональных баз данных**

*Не используются*

### **12.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения**

Образовательный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (подлежит обновлению при необходимости).

1) Лицензионное программное обеспечение:

Microsoft Windows 7, Microsoft Office 2010 (Word, Excel, PowerPoint), GoogleChrome.

2) Свободно распространяемое программное обеспечение

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечивается индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечной системе и электронной информационно-образовательной среде.

## **13. 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, подключенный к сети Интернет и доступом в информационно-образовательную среду ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А.; демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по рабочей программе дисциплины.

*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.

*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, подключенный к сети Интернет и доступом в информационно-образовательную среду ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А.; 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.

Рабочую программу составил д.техн.н., доцент  /Черемухина И.В.

#### 14. Дополнения и изменения в рабочей программе

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

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

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

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

\_/