

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Сыров Игорь Анатольевич  
Должность: Директор  
Дата подписания: 30.10.2023 11:57:42  
Уникальный программный ключ:  
b683afe664d7e9f64175886cf9626a196149ad36

СТЕРЛИТАМАКСКИЙ ФИЛИАЛ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

Факультет  
Кафедра

*Естественнонаучный*  
*Химии и химической технологии*

**Аннотация рабочей программы дисциплины (модуля)**

дисциплина ***Б1.О.29 Процессы и аппараты химической технологии***

обязательная часть

Направление

***18.03.01***  
код

***Химическая технология***  
наименование направления

Программа

***Химическая технология синтетических веществ***

Форма обучения

***Заочная***

Для поступивших на обучение в  
***2023 г.***

Стерлитамак 2023

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций**

<b>Формируемая компетенция (с указанием кода)</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>	<b>Результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>
<p>ОПК-4. Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья</p>	<p>ОПК-4.1. способен применять методы и средства диагностики и контроля основных технологических параметров, математические методы, применяемые в теории автоматического управления.</p>	<p>Обучающийся должен: знать базовые закономерности гидромеханических, тепло массообменных процессов и принципы их моделирования, основы расчетов аппаратов для осуществления этих процессов, теорию физического моделирования процессов химической технологии; разделение жидких и газовых неоднородных систем, перемешивание в жидких средах; тепловые процессы и аппараты: основы теории передачи теплоты, промышленные способы подвода и отвода тепла химической аппаратуре; массообменные процессы и аппараты в системах со свободной границей раздела фаз: основы теории массо-передачи и методы расчета массообменной аппаратуры (абсорбция, перегонка и ректификация, экстракция); массообменные процессы с неподвижной поверхностью контакта фаз: адсорбция, сушка, ионный обмен, растворение и кристаллизация; мембранные процессы химической технологии.</p>
	<p>ОПК-4.2. определяет основные статические и динамические характеристики объектов; выбирает рациональную систему</p>	<p>Обучающийся должен: уметь проводить расчеты с использованием экспериментальных и справочных данных; определять характер движения жидкостей и</p>

	регулирования технологического процесса, конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса.	газов; основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса.
	ОПК-4.3. рассчитывает основное и вспомогательное оборудование, материальный и тепловой балансы, основные технологические параметры установки при изменении свойств сырья и готовой продукции химических предприятий.	Обучающийся должен: владеть навыками практической работы с гидромеханическими, теплои массообменными аппаратами, расчетов и определения основных параметров и количественных характеристик процессов.
ПК-2. Выполнение работ по комплексному контролю продукции и технологических процессов производства наноструктурированных композиционных материалов	ПК-2.1. анализирует и рассчитывает основные характеристики химического процесса по получению синтетических веществ	Обучающийся должен: знать теоретические основы химико-технологических процессов и устройство основных типов применяемых машин и аппаратов; общие принципы расчета и назначения технологических параметров химических процессов и методы подбора машин и аппаратов для их реализации.
	ПК-2.2. пользуется знаниями физико-химических основ процессов получения синтетических веществ различной природы; определяет на профессиональном уровне особенности работы различных типов технологических установок, применяемых в производстве химии органического и неорганического синтеза	Обучающийся должен: уметь выполнять расчеты основных размеров машин и аппаратов; рассчитывать оптимальные режимы процессов и подбирать необходимые для этого машины и аппараты.
	ПК-2.3. способен произвести выбор типа	Обучающийся должен: владеть методами

	реактора, рассчитать основные характеристики химического процесса, произвести расчет технологических параметров для заданного процесса	определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования; навыками работы со специальными программами.
--	--	--

## 2. Цели и место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Цели изучения дисциплины:

включает выявление общих закономерностей процессов переноса и сохранения веществ и энергий; ознакомление с конструкциями аппаратов и машин химического производства, их характеристиками; освоение методов расчета технологических процессов и аппаратов для их проведения.

В рамках поставленной цели можно выделить следующие задачи:

- а) формирование знаний о теоретических основах процессов химической технологии, принципе действия и основных конструкциях аппаратов для проведения физикохимических процессов,
- б) изучение механизмов основных химико-технологических процессов,
- в) обоснование выбора оптимальных параметров режима протекающих процессов и расчета основных размеров соответствующих аппаратов для получения максимального выхода продукта,
- г) овладение навыками применения полученных знаний для решения практических задач и проектирования химических производств.

Таким образом, знания, полученные при изучении курса, необходимы при подготовке технологов широкого профиля для научно-исследовательской, проектной и практической работы на предприятиях.

Дисциплина представляет собой взаимосвязь между общенаучными, общехимическими, инженерными дисциплинами и профильными дисциплинами. Знания, полученные в данном курсе, необходимы для дальнейшего обучения по профильным дисциплинам и успешного прохождения преддипломной практики.

Дисциплина изучается на 2, 3 курсах в 4, 5, 6 семестрах

## 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 288 акад. ч.

Объем дисциплины	Всего часов
	Заочная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	288
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	
лекций	18
практических (семинарских)	28
другие формы контактной работы (ФКР)	1,4

Учебных часов на контроль (включая часы подготовки):	11,6
зачет	
экзамен	
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	229

Формы контроля	Семестры
зачет	5
экзамен	6

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

№ п/п	Наименование раздела / темы дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)				СР
		Контактная работа с преподавателем				
		Лек	Пр/Сем	Лаб		
<b>1</b>	<b>Основные закономерности процессов и общие принципы расчета аппаратов химической технологии</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	
1.1	Введение. Предмет и задачи курса процессов и аппаратов химической технологии	1	0	0	8	
1.2	Теоретические основы процессов химической технологии	1	0	0	8	
<b>2</b>	<b>Гидромеханические процессы и аппараты</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>39</b>	
2.1	Основы гидравлики	0	3	0	8	
2.2	Гидростатика	0	3	0	7	
2.3	Гидродинамика	1	3	0	8	
2.4	Транспортирование жидкостей и газов	1	3	0	8	
2.5	Сжатие и разрежение газов	1	0	0	8	
<b>3</b>	<b>Разделение неоднородных систем</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	
3.1	Классификация неоднородных систем и методов разделения	1	0	0	9	
3.2	Основные способы и методы интенсификации процессов разделения неоднородных систем	0	3	0	7	
<b>4</b>	<b>Теплообменные процессы и аппараты</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>73</b>	
4.1	Тепловые процессы в химической технологии, их роль и значение в проведении химико-технологических процессов	1	0	0	10	
4.2	Конвективный теплоперенос	0	0	0	7	
4.3	Передача теплоты теплопроводностью	0	0	0	7	

4.4	Тепловые балансы	1	3	0	9
4.5	Теплоотдача	1	0	0	8
4.6	Теплообмен излучением	0	0	0	8
4.7	Теплопередача	1	0	0	7
4.8	Теплообменные аппараты	1	3	0	9
4.9	Выпаривание	1	0	0	8
<b>5</b>	<b>Массообменные процессы и аппараты</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>85</b>
5.1	Массопередача	1	3	0	7
5.2	Основы расчета массообменных аппаратов	1	4	0	8
5.3	Абсорбция	0	0	0	8
5.4	Перегонка (простая и сложная)	1	0	0	8
5.5	Жидкостная экстракция	0	0	0	7
5.6	Массообменные процессы в системах жидкость-твёрдое: адсорбция, ионный обмен, растворение и кристаллизация	1	0	0	8
5.7	Адсорбция	1	0	0	7
5.8	Ионный обмен	0	0	0	8
5.9	Кристаллизация	0	0	0	8
5.10	Сушка	1	0	0	8
5.11	Мембранные процессы разделения	0	0	0	8
	<b>Итого</b>	<b>18</b>	<b>28</b>	<b>0</b>	<b>229</b>

#### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Курс лекционных занятий

№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
<b>1</b>	<b>Основные закономерности процессов и общие принципы расчета аппаратов химической технологии</b>	
1.1	Введение. Предмет и задачи курса процессов и аппаратов химической технологии	Предмет и задачи курса процессов и аппаратов химической технологии. Общие сведения о процессах химической технологии. Знакомство с современным состоянием химической и других смежных с ней отраслями промышленности, их основными общими характеристиками и проблемами, а так же возможными путями их решения. Место и роль процессов и аппаратов химической технологии в современном мире химической промышленности. Краткая характеристика предмета и задачи данной дисциплины и её роли в деле подготовки высококвалифицированных специалистов

		<p>для отечественной промышленности в условиях многоуровневой системы высшего образования. Краткие исторические сведения о развитии и становлении курса процессов и аппаратов химической технологии. Общие сведения о подобных дисциплинах за рубежом (в США, Великобритании и др. странах). Классификация основных процессов и аппаратов химической технологии. Роль и взаимосвязь типовых процессов в химической технологии. Непрерывные и периодические процессы. Стационарные и нестационарные процессы. Поля скоростей, температур и концентраций в стационарных и нестационарных процессах. Основные принципы составления математических описаний, анализа и расчета типовых процессов и аппаратов. Основные задачи статики, кинетики и динамики химико-технологических процессов</p>
1.2	Теоретические основы процессов химической технологии	<p>Законы сохранения массы, энергии и импульса – как основы составления балансовых уравнений (материальных и тепловых балансов, балансов действующих на систему сил и баланса количества движения). Основные типовые уравнения балансов массы, теплоты и количества движения (методы их составления, цели и способы решения). Уравнения линий рабочих концентраций. Законы термодинамического равновесия – как основы определения условий переноса массы, энергии и импульса (возможности и</p>

		<p>направления переноса, предел протекания процессов переноса, их движущие силы). Основные законы термодинамического равновесия: гидромеханическое и тепловое равновесие, межфазное равновесие: правило фаз Гиббса, законы Дальтона, Генри и Рауля. Законы переноса массы, энергии и импульса в сплошных средах – как основы анализа и моделирования типовых процессов химической технологии и аналогия этих процессов. Определение плотности потоков массы, энергии и импульса, как основы определения интенсивности протекающих химико-технологических процессов и в конечном итоге - производительности аппаратов. Дифференциальные уравнения, описывающие поля скоростей, температур и концентраций. Аналогия между ними. Методы анализа этих уравнений. Условия аналитического решения дифференциальных уравнений (условия однозначности).</p>
<b>2</b>	<b>Гидромеханические процессы и аппараты</b>	
2.3	Гидродинамика	<p>Введение в гидравлику. Предмет и задачи гидравлики - науки о закономерностях поведения жидкостей. Основные понятия, термины и определения: системы координат: гидродинамические понятия точки, элементарного объема, элементарной поверхности, элементарной частицы. Классификация сил, действующих на жидкость. Скалярные и векторные величины. Представление о градиенте. Представление о жидкостях как о сплошных средах. Капельные и</p>

		<p>упругие жидкости. Идеальная и реальная жидкость.</p> <p>Основные физические свойства жидкостей:</p> <p>плотность и удельный вес, сжимаемость, свойство жидкости к расширению, поверхностное натяжение.</p> <p>Понятие о критических параметрах: критическая температура, критическое давление и критический объём.</p>
2.4	Транспортирование жидкостей и газов	<p>Насосы и вентиляторы, их классификация и основные характеристики. Устройства и принципы работы поршневых, центробежных и осевых машин, методика подбора насосов и вентиляторов. Общее представление о других типах насосов и других способах перемещения жидкостей.</p>
2.5	Сжатие и разрежение газов	<p>Основные характеристики процессов сжатия газов, классификация компрессоров. Термодинамические основы процесса сжатия, степень сжатия и её пределы, определение мощности компрессоров. Устройство основных типов и принципы работы поршневых, центробежных, винтовых и осевых компрессоров. Многоступенчатое сжатие. Сравнительная характеристика компрессоров. Вакуум-насосы в химической промышленности.</p>
<b>3</b>	<b>Разделение неоднородных систем</b>	
3.1	Классификация неоднородных систем и методов разделения	<p>Определение, возникновение, основные свойства и характеристики неоднородных систем. Цели и задачи процессов разделения. Особое значение способов и эффективность разделения неоднородных систем при</p>

		<p>решении экологических проблем. Принципы выбора методов разделения и сравнительные оценки эффективности процессов разделения. Основы составления материального баланса процессов разделения. Разделение неоднородных систем осаждением в поле действия гравитационных сил (отстаивание). Основные закономерности процесса, задачи и методы расчета. Принципы устройства сгустителей и пылеосадительных камер. Разделение неоднородных систем осаждением в поле действия центробежных сил. Характеристики и принципы создания центробежных сил. Фактор разделения. Циклонирование и центрифугирование неоднородных систем. Основные типовые конструкции циклонов и отстойных центрифуг, устройства и характеристики их работы. Разделение неоднородных систем осаждением в поле действия электрических сил. Физические основы процессов разделения неоднородных систем в электрическом поле. Способы создания неоднородных электрических полей. Принципиальные особенности конструкций электрофильтров, электролизёров и электродегидраторов. Разделение неоднородных систем фильтрованием. Физическая сущность, виды и методы фильтрования. Способы создания движущей силы процессов фильтрования. Основное уравнение фильтрования и его анализ с точки зрения повышения эффективности процесса. Классификация промышленных</p>
--	--	---

		<p>фильтровальных установок и их основные характеристики: фильтровальные установки, работающие под давлением и под вакуумом, фильтрующие центрифуги. Фильтровальные перегородки: основные типы и требования, предъявляемые к ним</p>
<b>4</b>	<b>Теплообменные процессы и аппараты</b>	
4.1	Тепловые процессы в химической технологии, их роль и значение в проведении химико-технологических процессов	<p>Классификация способов переноса теплоты. Стационарный и нестационарный процессы теплопереноса. Основные понятия, определения и теплофизические свойства веществ: температурное поле, температурный градиент, тепловой поток, теплоёмкость, энтальпия, теплопроводность и температуропроводность. Движущие силы процессов теплообмена. Тепловое равновесие. Основные задачи статики и кинетики процессов теплообмена</p>
4.4	Тепловые балансы	<p>Назначение, цель и методы составления тепловых балансов. Виды тепловых балансов для различных теплообменных процессов.</p>
4.5	Теплоотдача	<p>Теплоотдача в условиях естественной и вынужденной конвекции без изменения агрегатного состояния теплоносителей. Основная цель и принципы расчета кинетики процесса. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния теплоносителей (конденсация паров и кипение жидкостей). Основы расчета кинетики процесса.</p>
4.7	Теплопередача	<p>Основное уравнение теплопередачи при постоянных и переменных температурах теплоносителей. Принципы расчета коэффициентов теплопередачи. Движущая сила процессов теплопередачи.</p>

		Практическое использование уравнения теплопередачи в проектных и поверочных расчётах.
4.8	Теплообменные аппараты	Классификация теплообменных аппаратов, их конструктивные характеристики и особенности практического их использования. Каталоги на теплообменную аппаратуру. Основные методы теплового расчета теплообменных аппаратов: проектный, технологический и поверочный расчеты. Основные тенденции совершенствования конструкций теплообменных аппаратов
4.9	Выпаривание	Назначение и сущность процессов выпаривания. Движущая сила процесса. Однократный и многократный процессы выпаривания. Основные типовые конструкции выпарных аппаратов и схемы выпарных установок. Материальный и тепловой балансы процессов выпаривания. Понятия о располагаемой и общей полезной разности температур. Виды температурных потерь в выпарных установках. Распределение полезной разности температур многокорпусных выпарных установок по корпусам. Методики тепловых расчётов и определение температурных режимов работы выпарных установок. Основные принципы подбора и оптимизации работы выпарных аппаратов и установок в целом. Вспомогательное оборудование. Основные методы повышения эффективности процессов выпаривания в химической и других смежных отраслях промышленности.
<b>5</b>	<b>Массообменные процессы и аппараты</b>	
5.1	Массопередача	Уравнения массопередачи, определение средних движущих сил процессов массопередачи.

		<p>Основные кинетические показатели процесса массопередачи и методы их расчёта: коэффициенты массопередачи, в т.ч. объёмный коэффициент массопередачи, общие и частные числа единиц переноса (ОЧЕП и ЧЕП) и высоты единиц переноса (ОВЕП и ВЕП). Понятие и определение теоретической ступени изменения концентраций или теоретической тарелки, высота эквивалентная одной теоретической ступени изменения концентраций или одной теоретической тарелке. Действительная или реальная степень изменения концентраций или действительная тарелка. Общий коэффициент полезного действия тарелки и коэффициент эффективности по Мэрфри. Определение кинетической кривой процесса массопередачи.</p>
5.2	Основы расчета массообменных аппаратов	<p>Основные типовые конструкции аппаратов колонного типа: массообменные аппараты с фиксированной и со свободной поверхностью контакта фаз, плёночные массообменные аппараты. Общие принципы определения и расчета режимнотехнологических параметров работы и нахождения основных геометрических размеров колонных аппаратов: диаметра и высоты колонных аппаратов. Представления об оптимальных гидродинамических режимах работы аппаратов. Макроэкономика массообменных процессов.</p>
5.4	Перегонка (простая и сложная)	<p>Физико-химические основы процессов массопереноса в системах жидкость-пар. Термодинамическое равновесие в</p>

	<p>системах (правило фаз Гиббса и закон Рауля). Идеальные и неидеальные системы. Основные типы бинарных смесей (по данным Торманна). Основопологающие законы перегонки Коновалова и Вревского. Фазовые диаграммы состояний (t-x-y, y-x и энтальпийная h-xу диаграммы) бинарных смесей.</p> <p>Простая перегонка. Виды простой перегонки (простая, фракционная, с дефлегмацией и без дефлегмации, с водяным паром и инертным носителем). Материальный баланс и основные показатели процесса</p> <p>Сложная перегонка (ректификация). Определение и физико-химические основы ректификационного разделения жидких смесей. Схемы установок непрерывной и периодической ректификации.</p> <p>Принципы составления материального и теплового балансов. Основные показатели процесса ректификации: флегмовое число и коэффициент питания. Графическое представление процесса ректификации на t-x-y диаграмме.</p> <p>Непрерывная ректификация бинарных смесей, материальный и тепловой балансы ректификационной установки. Основные характеристики процесса ректификации и уравнения линий рабочих концентраций фаз.</p> <p>Флегмовое число, его минимальное и оптимальное значение.</p> <p>Основные экономические показатели процесса ректификации.</p> <p>Влияние флегмового числа на характеристики ректификационных колонн и процесса</p>
--	--

		<p>ректификации. Основные способы питания ректификационных колонн: способы орошения колонн, способы ввода исходной смеси, способы питания колонн паром. Основные методы и особенности технологического расчётаректификационных колонных аппаратов и подбор вспомогательного оборудования. Способы интенсификации процессов ректификации. Общие сведения и основные характеристика периодической ректификации, ректификации многокомпонентных смесей, азеотропных смесей и др. Экстрактивная и азеотропная ректификация.</p>
5.6	Массообменные процессы в системах жидкость-твёрдое: адсорбция, ионный обмен, растворение и кристаллизация	<p>Общие сведения о процессах с участием твёрдой фазы: основные закономерности процессов массопереноса в твёрдой и внешней фазах, уравнения диффузии и массоотдачи. Уравнение массопроводности.</p>
5.7	Адсорбция	<p>Назначение и практическое применение процессов адсорбции. Основные промышленные адсорбенты. Термодинамика равновесия при адсорбции. Материальный баланс и основные кинетические закономерности процесса адсорбции. Характеристики неравновесной адсорбции. Устройство и принципы работы адсорбционных аппаратов: адсорберы с неподвижным слоем адсорбента, адсорберы с псевдооживленном слое адсорбента. Основные задачи и принципы проведения технологического расчёта адсорберов. Десорбция, основные задачи и методы проведения процесса.</p>

5.10	Сушка	<p>Определение процесса сушки, общая характеристика процесса и области применения. Методы сушки.</p> <p>Основные задачи статики и кинетики процесса.</p> <p>Динамика и технология процесса сушки влажных материалов. Классификация процессов сушки.</p> <p>Способы сушки влажных материалов: конвективная сушка, сублимационная сушка, радиационная сушка, сушка токами высокой частоты, сушка со спутником, комбинированные способы.</p> <p>Статика процессов сушки. Основные характеристики влажных материалов как объектов процесса высушивания: Классификация влажных материалов, формы связи влаги с твёрдым материалом, основные виды влаги. Равновесие фаз при сушке.</p> <p>Движущие силы процессов переноса влаги во внутридиффузионной и во внешнедиффузионной областях процесса сушки влажных материалов.</p> <p>Основные теплофизические свойства влажного воздуха, диаграмма состояния влажного воздуха</p> <p>Рамзина и её использование в практических расчётах.</p> <p>Материальный и тепловой баланс процесса конвективной сушки. Идеальная и реальная конвективная сушилка. Основные способы конвективного процесса сушки и расчёт процессов сушки по диаграмме Рамзина: простая сушка, сушка с промежуточным подогревом воздуха по зонам, сушка с частичной рециркуляцией отработанного воздуха.</p>
------	-------	---

		<p>Основные кинетические закономерности процесса сушки: кривые сушки и кривые скорости процесса, уравнение массопереноса при сушке, продолжительность процесса.</p> <p>Основные вопросы технологии процессов сушки, качество высушенных материалов.</p> <p>Основные конструкции и принципы работы конвективных сушильных аппаратов и основные экономические показатели их эксплуатации:</p> <p>сушилки с неподвижным или движущимся плотным слоем материала, сушилки с перемешиванием материала, сушилки с кипящим слоем, распылительные сушилки и другие типы сушилок.</p> <p>Методы повышения эффективности процессов сушки.</p>
--	--	--

Курс практических/семинарских занятий

№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
<b>2</b>	<b>Гидромеханические процессы и аппараты</b>	
2.1	Основы гидравлики	<p>Ознакомление с различными системами единиц измерения физических величин. Выражение концентраций смесей в различных единицах измерения. Свойства жидкости: плотность, сжимаемость, расширение</p>
2.2	Гидростатика	Решение задач на основные законы гидростатики.
2.3	Гидродинамика	Решение задач на основные законы гидродинамики.
2.4	Транспортирование жидкостей и газов	<p>Определение сопротивления в трубопроводах. Расчет мощности поршневых и центробежных насосов.</p> <p>Расчет основных параметров в насосах.</p>
<b>3</b>	<b>Разделение неоднородных систем</b>	
3.2	Основные способы и методы интенсификации процессов разделения неоднородных систем	<p>Гидромеханические методы разделения смесей.</p> <p>Характеристики кипящего слоя:</p>

		<p>порозность, коэффициент псевдооживения, гидравлическое сопротивление, фиктивная и действительная скорость. Определение скорости начала псевдооживения и скорости уноса</p>
<b>4</b>	<b>Теплообменные процессы и аппараты</b>	
4.4	Тепловые балансы	Тепловые балансы, средняя движущая сила тепловых процессов, основное уравнение теплопередачи
4.8	Теплообменные аппараты	Критериальные уравнения тепловых процессов, расчет теплообменных аппаратов. Решение задач по лучистому и конвективному теплообмену в трубчатых печах. Тепловой баланс теплообменника. Теплопроводность однослойной и многослойной плоской стенок. Коэффициенты теплоотдачи при теплообмене без изменения агрегатного состояния теплоносителей. Коэффициенты теплоотдачи при теплообмене при конденсации и испарении. Построение диаграмм фазового равновесия идеальной двухкомпонентной смеси.
<b>5</b>	<b>Массообменные процессы и аппараты</b>	
5.1	Массопередача	Способы выражения состава фаз. Материальный баланс массообменных процессов.
5.2	Основы расчета массообменных аппаратов	Средняя движущая сила массообменных процессов, ее определение, методы расчета массообменных аппаратов. Материальный баланс процесса абсорбции, расчет насадочных и тарельчатых абсорберов. Материальный и тепловой баланс процесса ректификации, расчет числа тарелок и высоты насадки колонных аппаратов. Расчет минимального и действительного флегмового числа.

		<p>Определение числа тарелок по кинетической кривой. Материальный и тепловой баланс процесса сушки, диаграмма Рамзина. Расчет процесса экстракции в системе жидкость-жидкость в колонных аппаратах.</p>
--	--	---